**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz”**

Toxicidade residual de inseticidas utilizados para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, e efeitos sobre o predador *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae)

Kleber Batista da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2017**

Kleber Batista da Silva
Biólogo

Toxicidade residual de inseticidas utilizados para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, e efeitos sobre o predador *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae)

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO TAKAO YAMAMOTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Kleber Batista

Toxicidade residual de inseticidas utilizados para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, e efeitos sobre o predador *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) / Kleber Batista da Silva. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

95 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Inseticidas 2. MIP 3. Soja 4. Milho I. Título

A Deus pelo dom da vida, e ao espírito santo pela sabedoria

Agradeço

Aos meus pais, Helena e João e a minha irmã Camila pelo amor, carinho, confiança e paciência.

Dedico

A minha esposa Bianca Pereira Alves da Silva
por todo amor, paciência e companheirismo.
“Sem você ao meu lado não conseguiria”

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e sabedoria para ultrapassar barreiras que não foram fáceis;

Ao orientador Professor Pedro Takao Yamamoto pela confiança, ensinamentos, paciência e amizade. Sem dúvida uma pessoa que jamais esquecerei, principalmente por ser exemplo de pesquisador e pessoa;

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, especialmente ao Departamento de Entomologia e Acarologia ESALQ/ USP por toda infraestrutura fornecida;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da ESALQ/ USP pelo conhecimento compartilhado, algo sem dúvida primoroso e especial; e aos funcionários pela dedicação e suporte durante às aulas e projeto, em especial à secretária Andrea, pelo ser humano fantástico que é;

A Monsanto, especialmente ao time Entomology Development Platform (EDP) – Trait Testing Brasil, pela oportunidade de trabalhar e estudar simultaneamente, e pelo financiamento de todo o projeto;

Aos meus colegas de trabalho, em especial Jander, Camila, Aline, Angela, Ancideriton, Leandro, Altair, Bruno e Nicolas pela ajuda na elaboração e execução do projeto de pesquisa;

Aos meus primeiros gerentes Monsanto e amigos, Fabricio Francischini, Marcio Tavares e Tederson Galvan, pelo incentivo, ensinamento e oportunidade;

A todos os integrantes do Laboratório de MIP, em especial, ao Vitor, Rodrigo, Fernanda, Maina e Lucas, pela amizade, ajuda e companheirismo;

Ao amigo, parceiro e estatístico José Bruno, que além da estatística me ensinou muito sobre experimentação;

Aos meus amigos de vida, Cesar, Christiano e Ivens, pelas cervejas e parceria de sempre;

A minha sogra Maria Regina, por cuidar de minha esposa e de mim, contribuindo na minha vida de mestrado;

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa e meta de vida.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
REFERÊNCIAS	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. <i>CHRYSODEIXIS INCLUDENS</i>	15
2.1.1. Aspectos bioecológicos e importância de <i>Chrysodeixis includens</i> em soja	15
2.1.2. Controle de <i>Chrysodeixis includens</i>	17
2.2. <i>SPODOPTERA FRUGIPERDA</i>	18
2.2.1. Aspectos bioecológicos e importância de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho	18
2.2.2. Controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	20
2.3. <i>DORU LUTEIPES</i>	22
2.3.1. Aspectos bioecológicos de <i>Doru luteipes</i>	22
2.3.2. Importância do predador <i>Doru luteipes</i> no controle biológico de pragas	24
2.3.3. Efeito de inseticidas sobre <i>Doru luteipes</i>	25
2.4. INSETICIDAS.....	26
2.4.1. Antranilamida – chlorantraniliprole	26
2.4.2. Espinosina - spinosad	27
2.4.3. Benzoiluréia - teflubenzuron	29
2.4.4. Oxadiazina - indoxacarb	30
REFERÊNCIAS	31
3. TOXICIDADE RESIDUAL DE INSETICIDAS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE CHRYSODEIXIS INCLUDENS (WALKER, 1858) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM SOJA.....	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT	39
3.1. INTRODUÇÃO	40
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	42
3.2.1. Local e condições ambientais	42
3.2.2. Manutenção da criação de <i>Chrysodeixis includens</i> em laboratório.....	42
3.2.3. Instalação do experimento	42
3.2.4. Pulverização dos inseticidas	43
3.2.5. Experimento em laboratório para avaliar a toxicidade residual dos inseticidas.....	44
3.2.6. Análises estatísticas	45
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.4. CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	55
4. TOXICIDADE RESIDUAL DE INSETICIDAS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT	59
4.1. INTRODUÇÃO	60

4.2. MATERIAL E MÉTODOS	61
4.2.1. Local e condições ambientais	61
4.2.2. Manutenção da criação de <i>S. frugiperda</i> em laboratório	61
4.2.3. Instalação do experimento	62
4.2.4. Pulverização dos inseticidas.....	62
4.2.5. Experimento em laboratório para avaliar a toxicidade residual dos inseticidas	63
4.2.6. Análises estatísticas.....	63
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.4. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	70
5. EFEITOS LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA SOJA E MILHO SOBRE O PREDADOR <i>DORU LUTEIPES</i>.....	75
RESUMO	75
ABSTRACT.....	75
5.1. INTRODUÇÃO.....	76
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	78
5.2.1. Local e condições ambientais	78
5.2.2. Criação e manutenção de <i>Doru luteipes</i>	78
5.2.3. Bioensaio para avaliar efeitos letal e subletais de inseticidas sobre ninfas de <i>Doru luteipes</i>	79
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
5.3.1. Avaliação do efeito letal de inseticidas para ninfas de <i>D. luteipes</i>	81
5.3.2. Avaliação do efeito subletal de inseticidas para <i>Doru luteipes</i>	87
5.4. CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS.....	91

RESUMO

Toxicidade residual de inseticidas utilizados para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, e efeitos sobre o predador *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae)

O controle químico de pragas, para muitas culturas agrícolas é uma das principais táticas em programas de manejo integrado de pragas (MIP), trazendo benefícios reais e diminuindo as perdas por insetos-praga, além do aumento na produção de alimentos e fibras, proteção de produtos armazenados e proteção de pragas e doenças de seres humanos. O controle de pragas em soja e milho tem sido realizado, em sua maioria, utilizando-se plantas *Bt* e produtos químicos, este último, além das diversas vantagens citadas, pode ter desvantagens, principalmente quando utilizado de maneira inadequada, com potencial de causar diversos problemas no agroecossistema, além de desequilíbrios ambientais. Devido a importância da cultura da soja e do milho para o Brasil e para o mundo, como base da alimentação animal e humana, reconhecendo o grande uso e papel dos inseticidas como uma das principais táticas usadas para o controle de insetos-praga destas culturas, se faz necessário estudos que tratem da melhor forma de uso dos inseticidas e estudos que avaliem possíveis efeitos adversos destas moléculas em insetos benéficos, para que estejam de acordo com as premissas do MIP. Para viabilizar esta importante tática de controle, realizou-se estudos com os seguintes objetivos: 1) Estudar a toxicidade residual dos inseticidas indoxacarb (Avatar®), chlorantraniliprole (Premio®), spinosad (Tracer®) e teflubenzuron (Nomolt 150®) para *C. includens* em soja, em ensaio com e sem simulação de chuva; 2) Estudar a toxicidade residual dos inseticidas indoxacarb (Avatar®), chlorantraniliprole (Premio®), spinosad (Tracer®) e teflubenzuron (Nomolt 150®) para *S. frugiperda* em milho, em ensaio com e sem simulação de chuva; 3) Avaliar efeito letal e subletal de inseticidas recomendados para soja e milho sobre o predador *Doru luteipes*. Para o primeiro objetivo, teflubenzuron (15 g i. a. ha⁻¹); spinosad (36 g i. a. ha⁻¹); chlorantraniliprole (5, 10 e 20 g i. a. ha⁻¹); indoxacarb (30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹) não tiveram a eficácia afetada quando submetidos à simulação de chuva em todos os tempos avaliados. Quanto a toxicidade residual ao longo do tempo, teflubenzuron, chlorantraniliprole e indoxacarb, nas duas condições, com e sem simulação de chuva, tiveram redução da eficácia após o 5º dia. Diferentemente, os inseticidas spinosad (36 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g i. a. ha⁻¹), nas duas condições, não tiveram redução da eficácia até 15 dias após aplicação, e em todos os tempos avaliados foram mais eficazes do que os demais inseticidas. Para o segundo objetivo, spinosad (36 g i. a. ha⁻¹) e chlorantraniliprole (10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹) mantiveram a eficácia até o 15º dia após pulverização. Quanto aos efeitos da simulação da chuva, spinosad (36 g i. a. ha⁻¹), chlorantraniliprole (10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g i. a. ha⁻¹) mantiveram a eficácia. O inseticida chlorantraniliprole na maior dose utilizada e recomenda para o controle da praga na cultura foi o mais efetivo dentre todos, quanto a toxicidade residual e sob ação da simulação de chuva. Quanto ao terceiro objetivo, ensaio de efeito letal, Tracer, Premio e Avatar foram classificados como nocivos (classe 4), e somente Nomolt foi inócuo (classe 1). No ensaio de efeito subletal apenas o inseticida Nomolt teve parâmetros avaliados. Apesar disso, causou efeitos adversos ao predador, como: aumento do período de pré-oviposição; aumento do período embrionário e diminuição da fecundidade; não sendo, portanto, recomendado para utilização em programas de MIP, pois, altera a capacidade de desenvolvimento e reprodutiva da tesourinha predadora. Os resultados obtidos nesses estudos proveram importantes informações para o refinamento do uso de moléculas inseticidas e classificação desses quanto a seletividade ao predador generalista *D. luteipes*, agregando informações práticas para o manejo de pragas na cultura da soja e milho.

Palavras-chave: Controle químico; Seletividade de inseticidas; Controle biológico; Efeito inseticida sob chuva

ABSTRACT

Residual toxicity of insecticides used for *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in corn and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean, and effects on the predator *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae)

Chemical pest control for many agricultural crops is one of the main tactics in integrated pest management (IPM) programs, bringing real benefits and decreasing losses by pest insects, as well as increased food and fiber production, protection of stored products and protection of pests and diseases of humans. Pest control in soybean and corn has been mostly carried out using *Bt* plants and chemical products, for the latter, in addition to the several advantages cited, may have some disadvantages, especially when used improperly, with the potential to cause several problems in the agroecosystem, as well as environmental impacts. Owing to the importance of soybean and corn cultivation to Brazil and to the world, as a basis of animal and human feeding, recognizing the great use and role of insecticides as one of the main tactics used to control insect pests of these crops, it is necessary to study the best use of insecticides and studies that evaluate the possible adverse effects of these chemical molecules on beneficial insects, so that they are in accordance with the IPM premises. To enable this important control tactic, studies were carried out with the following objectives: 1) To study the residual toxicity of insecticides indoxacarb (Avatar®), chlorantraniliprole (Premio®), spinosad (Tracer®) and teflubenzuron (Nomolt 150®) for *C. includens* in soybeans, with and without rainfastness; 2) To study the residual toxicity of insecticides indoxacarb (Avatar®), chlorantraniliprole (Premio®), spinosad (Tracer®) and teflubenzuron (Nomolt 150®) for *S. frugiperda* in maize, with and without rainfastness; 3) To evaluate the lethal and sublethal effect of insecticides recommended for soybean and corn on the earwing predator *Doru luteipes*. For the first objective, teflubenzuron (15 g a. i. ha⁻¹); spinosad (36 g a. i. ha⁻¹); chlorantraniliprole (5, 10 and 20 g a. i. ha⁻¹); indoxacarb (30, 60 and 90 g a. i. ha⁻¹) were not affected when submitted to rainfastness at all evaluated times. Concerning for residual toxicity over time, teflubenzuron, chlorantraniliprole e indoxacarb, under both conditions, with and without rainfastness, had a reduction in efficacy after 5 day. In contrast, the insecticides spinosad (36 g a. i. ha⁻¹) and indoxacarb (90 g a. i. ha⁻¹), in both conditions had no efficacy reduction until 15 days after application and at all times evaluated were more effective than the other insecticides. For the second objective, spinosad (36 g a. i. ha⁻¹) e chlorantraniliprole (10, 20 and 30 g a. i. ha⁻¹) maintained efficacy until the 15th day after spraying. As for the effects of rainfastness, spinosad (36 g a. i. ha⁻¹), chlorantraniliprole (10, 20 and 30 g a. i. ha⁻¹) and indoxacarb (90 g a. i. ha⁻¹) remained effective. The insecticide chlorantraniliprole at the highest dose used and recommended for the control of the pest in the crop was the most effective of all, regarding residual toxicity and under the action of the rainfastness. About the third objective, lethal effect bioassay, Tracer, Premio e Avatar were classified as harmful (class 4), and only Nomolt was innocuous (class 1). In the test of sublethal effect, just the insecticide Nomolt had parameters evaluated. Nevertheless, it caused adverse effects to the predator, such as: increased pre-oviposition period; increase in the embryonic period and decrease in fecundity; therefore, it is not recommended for use in IPM programs, because it modify the developmental and reproductive capacity of predatory earwings. The results obtained in these studies provided important information for the refinement of the use of insecticidal molecules and the classification of these as the selectivity to the generalist predator *D. luteipes*, adding practical information for pest management in soybean and corn crops.

Keywords: Chemical control; Insecticide selectivity; Biological control; Rainfastness

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque na produção de alimentos há muito tempo, sendo considerado por especialistas da economia agrícola, como o país com maior potencial para suprir a atual escassez e a futura demanda de alimentos do mundo. Já contribuindo para isso e comprovando a teoria, a safra 2016/17 de grãos tem previsão de aumento expressivo de produção, com isso, o Brasil poderá ter neste ano a maior safra da história (CONAB, 2017; IBGE, 2017).

Dentre as maiores culturas que contribuem e fazem parte da produção histórica de grãos está a soja *Glycine max* L. Merrill (Fabales: Fabaceae) e o milho, *Zea mays* L. (Poales: Poaceae). A soja é considerada como uma das principais culturas cultivadas no país, sendo atualmente a cultura mais plantada. A importância da soja é mundial, e neste contexto o Brasil ocupa posição de destaque no cultivo desta cultura, é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA. Na safra 2015/2016, a cultura ocupou uma área de 33,251 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 95,434 milhões de toneladas, com produtividade média de 2.870 kg ha⁻¹. A previsão é que a safra 2016/2017, que tem praticamente a mesma área plantada da safra anterior, consigamos uma produção estimada em 113,013 milhões de toneladas, aumento de 18% em relação à safra anterior, com produtividade média de 3.338 kg ha⁻¹, sairia de 48 sacas, para 56 sacas ha⁻¹, aumento real de 8 sacas de 60 kg ha⁻¹ plantado (CONAB, 2017; EMBRAPA, 2017; IBGE, 2017).

O milho, também considerado uma das principais culturas do país, é a segunda mais plantada, atrás apenas de soja. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, somente EUA e China produzem mais. Na safra 2015/2016, a cultura ocupou no país uma área de 15,922 milhões de hectares, totalizou uma produção de 66,530 milhões de toneladas, com produtividade média de 4.178 kg ha⁻¹. Assim como a soja, o milho tem previsão de recorde da safra 2016/2017, com área plantada aumentada para pouco mais de 1 milhão de hectare, a produção estimada é de 92,832 milhões de toneladas, aumento de 39% em relação à safra anterior, atingindo média de 5.383 kg ha⁻¹ de produtividade, sairia de uma média de 69 sacas de 60 kg ha⁻¹, para 90 sacas previstas (CONAB, 2017; FIESP, 2017).

Dentre as maiores perdas na produção de plantas cultivadas, tais como soja e milho, está o causado por insetos-praga, sendo considerados um dos maiores responsáveis, juntamente com os fitopatógenos e plantas daninhas, podendo alcançar 38% da capacidade produtiva. Há uma considerável variação de danos causados por insetos, dependentes da densidade populacional da praga, do estágio de desenvolvimento, estrutura vegetal atacada, e duração do ataque, podendo estes, serem observados em todos os órgãos da planta (GALLO et al. 2002).

Neste contexto, o milho é cultura tradicional no Brasil, pois pode ser cultivado em diferentes condições climáticas e solo, e, portanto, em praticamente todas as regiões do país. Nos últimos anos, surgiram novas técnicas de cultivo, a cultura passou a ter 2 safras, portanto, é cultivada praticamente o ano inteiro, além disso, o sistema de irrigação com pivô central, rotação com outras culturas hospedeiras das mesmas pragas, e principalmente a aplicação indiscriminada e irresponsável de produtos químicos, levou a um desequilíbrio e modificação da entomofauna prejudicial e benéfica da cultura. Dentre as espécies-praga da cultura, a lagarta *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), se destaca como a principal, e vem aumentando sua população, principalmente devido à resistência a produtos químicos, usados indiscriminadamente nestes sistemas agrícolas (PINTO et al. 2004).

Devido à complexidade e intensidade do sistema agrícola brasileiro, em todo ano de cultivo, em praticamente todas as áreas plantadas com milho há presença desta praga. Em áreas têm atacado a planta de milho na sua emergência, podendo afetar até o *stand* de plantas, sendo este ataque geralmente de lagartas de quinto e sexto ínstar, remanescentes de outras culturas ou cultivos. Dentre as culturas hospedeiras de *S. frugiperda*, milho é a que tem maiores prejuízos na produção, da ordem de 15 a 34%, gerando somente no Brasil, prejuízos em torno de US\$ 40 milhões por ano (CARVALHO, 1970; CRUZ, 1995; PINTO et al. 2004).

De forma parecida, o cenário agrícola da soja sempre passou por grandes mudanças, e estas continuam acontecendo nas diversas regiões produtoras do Brasil. Entre as alterações, destaca-se o sistema de plantio direto consolidado e adotado na grande maioria do cultivo do grão, o uso de cultivares de ciclo precoce e de crescimento indeterminado, presença das populações de artrópodes resistentes a inseticidas, poucas formulações de inseticidas para combate às pragas e também as extensas áreas de cultivo. Junto às alterações, estão os problemas de inadequado manejo de plantas daninhas, pragas e da própria cultura. Paralelamente, os sistemas de cultivos atuais envolvem diversas culturas em sucessão ou rotação, o que promove a chamada “ponte-verde”, que facilita a disponibilidade de alimentos, migração e desenvolvimento das principais pragas da soja (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

Segundo Hoffmann-Campo et al. (2012), várias espécies de insetos e ácaros se alimentam de soja, dentre os artrópodes que causam desfolha direta, principalmente os noctuídeos, destaca-se a lagarta conhecida vulgarmente como falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858), que tornou-se recentemente praga primária para a cultura da soja no Brasil, e tem sua importância aumentada, principalmente pelos diversos surtos registrados em várias regiões de plantio da cultura no país.

O estágio larval é o responsável pelos danos atribuídos à *C. includens*, que se inicia no primeiro ínstar do desenvolvimento, quando as lagartas pequenas, de primeiro ao terceiro ínstar, selecionam folhas novas, geralmente com baixo teor de fibras, enquanto que após estes estágios, as lagartas maiores tornam-se menos exigentes, e passam a se alimentar de folhas mais velhas e mais fibrosas (BERNARDI, 2012). Em média, uma lagarta de *C. includens* pode consumir de 64 cm² a 200 cm², sendo esta variação decorrente dos tipos de folhas consumidas. Os fatores que podem contribuir são: espécie de planta, espessura de folha, idade, cultivares, etc. (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

O uso do controle químico de pragas é um componente da cultura tecnológica da humanidade atual, para muitas culturas agrícolas é a principal forma de controle, trazendo benefícios reais e diminuindo as perdas por insetos-praga, além do aumento na produção de alimentos e fibras, proteção de produtos armazenados e proteção de pragas e doenças de seres humanos (FREEDMAN, 1989). Para o milho e a soja não é diferente, atualmente junto com as plantas *Bt*, o controle químico é a forma mais utilizada para o controle de pragas, principalmente para as espécies citadas, que são consideradas pragas primárias. Desde 2008, o Brasil ocupa o primeiro lugar no *ranking* mundial de consumo de agrotóxicos, sendo a soja, milho, algodão e cana-de-açúcar as culturas que mais utilizam, representando 80% do total de vendas do setor (ABRASCO, 2017; CARNEIRO, 2015). A cultura da soja utilizou 40% do volume total de agroquímicos, entre herbicidas, fungicidas, acaricidas, inseticidas e outros (adjuvantes, surfactantes e reguladores); o segundo maior consumidor foi o milho, com 15% do total (CASTRO, 2013; CARNEIRO, 2015).

O controle químico, representado pelos defensivos agrícolas é considerado como extremamente relevante no modelo de desenvolvimento da agricultura do país, e como uma ferramenta importante do manejo

integrado de pragas, que traz vantagens consideráveis quando comparada com outras táticas em alguns casos, como: controle mais efetivo; menor custo; de rápida aplicação e resultado; requer menos conhecimento por parte do aplicador, dentre outras vantagens quando utilizadas de modo correto, dentro das premissas de MIP. Entretanto, quando o controle químico é usado de maneira errada e indiscriminada, as desvantagens podem variar em magnitude e importância, de acordo com a categoria do agroquímico, bem como entre os diferentes ingredientes ativos, podendo muitas vezes causar desequilíbrios biológicos, como: a resistência de insetos-praga à inseticidas, ressurgência de pragas, aumento do ataque de pragas secundárias, efeitos a insetos não alvo, como para os inimigos naturais; pode também impactar negativamente o meio ambiente com: contaminação de água, solo, plantas adjacentes, podendo causar intoxicações em várias formas vivas, dentre estas, o próprio homem (DENT, 1995; NORRIS et al. 2003; REDOAN, 2011; MMA, 2017).

Assim como qualquer tática de controle de insetos-praga, o controle químico, feito através de inseticidas, quando aplicado fora dos padrões recomendados e/ou fora dos preceitos de MIP, além de diversos problemas já citados, pode afetar organismos não alvos, dentre eles, organismos benéficos como inimigos naturais de pragas agrícolas, incluindo parasitoides e predadores.

O MIP é definido como um sistema integrado de conhecimentos, considerando o ambiente e dinâmica populacional da espécie alvo, e utiliza todos os métodos e técnicas apropriadas de forma tão compatível quanto possível de ser utilizada, para manter a população da praga em níveis abaixo de dano econômico (DENT, 1995; NORRIS et al. 2003). Dentro de MIP há o conceito de nível de não controle (NCC), ou seja, quando a densidade populacional do inimigo natural é suficiente para controlar a população da praga a um ponto que não seria necessário o agricultor entrar com medidas de controle (WAQUIL et al. 2002). Entretanto, quando o nível populacional dos inimigos naturais é desconsiderado, muitas vezes, aplica-se o defensivo agrícola sem necessidade, e em muitos casos, este produto não é seletivo para os inimigos naturais presentes na área, perdendo, portanto, um potencial controle natural, com a morte destes importantes agentes naturais de controle.

Dentre os inimigos naturais que podem ser afetados negativamente pelos inseticidas, as tesourinhas do gênero *Doru* tem papel importante como predadores polívoros, atacando principalmente ovos e lagartas de primeiros estágios de pragas da ordem Lepidoptera, mas também se alimenta de insetos Hemiptera, Coleoptera e Diptera, encontrados em diversas culturas como soja, milho, algodão e cana-de-açúcar (TONET, 1995; REIS et al. 1998; SOARES; BUSOLI, 2000; PICANÇO et al. 2003; PASINI et al. 2010; MARQUES, 2011; STECCA et al. 2014; AMANCIO et al. 2014).

Sabendo-se da importância da cultura da soja e do milho para o Brasil e para o mundo, como base da alimentação animal e humana, reconhecendo o grande uso e papel dos inseticidas como uma das principais táticas usadas para o controle de insetos-praga destas culturas, se faz necessário estudos que tratem da melhor forma de uso destas moléculas. Dentre estes, a influência da chuva (precipitação) e tempo (período pós aplicação) sobre a toxicidade residual de inseticidas à insetos-praga. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade dos inseticidas indoxacarb (Avatar), chlorantraniliprole (Premio), spinosad (Tracer) e teflubenzuron (Nomolt) para *S. frugiperda* em milho e *C. includens* em soja. Além disso, atualmente é consenso da comunidade científica, bem como de parte da população, a importância da conservação dos recursos naturais, aplicação da sustentabilidade e integração de diferentes táticas de controle de pragas, em programas de MIP; assim, também objetivou-se estudar a seletividade desses inseticidas ao predador *Doru luteipes* (Scudder, 1876), um dos mais presentes e importantes inimigos naturais da cultura do milho, avaliando seus efeitos letais e subletais.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO (Associação Brasileira de Saúde Coletiva). Disponível em: <www.abrasco.org.br/site/noticias/ecologia-e-meio-ambiente/o-retrocesso-no-controle-dos-agrotoxicos-no-brasil/28221/>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.
- AMÂNCIO, M.B.; CRUZ, I.; REDOAN, A.C.M.; SILVA, C.; SILVA, R.B.; SANTOS, H.M. Efeito de produtos utilizados no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Adultos de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: forficulidae). **XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Salvador – BA, 2014
- BERNARDI, O. Avaliação do risco de resistência de lepidoptera-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON87701 x MON89788 no Brasil. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, p. 624, 2015.
- CARVALHO, R.P.L. Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo. 1970. 170 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1970.
- CASTRO, A.A. Toxicity of insecticides to lepidopteran pests, selectivity to predatory stinkbugs and behavioral aspects of these natural enemies. 99p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2013
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Disponível em: <www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 10 junho. 2017.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. EMBRAPA/ CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA/ CNPMS. Circular Técnica, 21).
- DENT, D. **Integrated Pest Management**. Chapman & Hall, 1995. 356 p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>. Acessado em: 10 Junho. 2017.
- FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2>>. Acessado em: 10 Junho. 2017.

- FREEDMAN, B. **Enviromental ecology**: the impacts of pollution and others stresses on ecosystem struture and function. Academic Press, 1989. 424p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. FEALQ, 2002. 920p.
- HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, Embrapa, 2012. 859p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf>. Acesso em: 10 junho. 2017.
- MARQUES, A.S. **Aspectos biecológicos de dermápteros (Insecta, Dermaptera) presentes em canaviais da região de Piracicaba**. 2011. 57 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: <www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.
- NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in Integrated Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586 p.
- PASINI, A.; PARRA, J.R.P.; NAVA, D.E.; BUTNARIU, A.R. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs. e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p.1562-1568, 2010.
- PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; MIRANDA, M.M.M.; GONTIJO, L.M.; FERNANDES, F.L. Seletividade de inseticidas a *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) e *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) inimigos naturais de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1818) (Lepidoptera: Pieridae). **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 183-188, 2003.
- PINTO, A. de S.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N. de. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004. 108p.
- REDOAN, A.C. Seletividade de inseticidas para *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) com registro para o controle da *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. 2011. 104p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – UFLA (Universidade Federal de Lavras), 2011.

REIS, L.L.; OLIVEIRA, L.J.; CRUZ, I. Biologia e potencial de *Dorus luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 333-342, 1988.

STECCA, C.S.; PASINI, A.; BUENO, A.F.; DENEZ, M.D.; SILVA, D.M.; MANTOVANI, M.A.M. Insecticide selectivity for *Doru lineare* (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p.107-115, 2014.

TONET, G.L. Seletividade de inceticidas ao predador *Doru lineare* (Dermaptera, Forficulidae), em Soja. p. 102-105, 1995.

WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A.; CRUZ, I. **Cultivo do milho: manejo integrado de pragas (MIP)**. Embrapa Milho e Sorgo, 2002, 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico 50).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Chrysodeixis includens*

2.1.1. Aspectos bioecológicos e importância de *Chrysodeixis includens* em soja

A cultura da soja é uma das principais atividades geradoras de divisas ao país, tendo participação importante na economia brasileira. A safra 2015/16 teve produção de 95,4 milhões de toneladas, com projeção de crescimento na safra 2016/17, com perspectivas de recorde de produção. O estado de Mato Grosso se mantém líder nacional na produção da leguminosa.(CONAB, 2016; IBGE, 2016).

O cenário agrícola da soja sempre passou por grandes mudanças, e estas continuam acontecendo nas diversas regiões produtoras do Brasil. Entre as alterações, destaca-se o sistema de plantio direto consolidado e adotado na grande maioria do cultivo do grão, o uso de cultivares de ciclo precoce e de crescimento indeterminado, presença das populações de artrópodes resistentes a inseticidas, poucas formulações de inseticidas para combate às pragas e também as extensas áreas de cultivo. Junto às alterações, estão os problemas de inadequado manejo de plantas daninhas, pragas e da própria cultura. Paralelamente, os sistemas cultivos atuais envolvem diversas culturas em sucessão ou rotação, o que promove a chamada “ponte-verde”, que facilita a disponibilidade de alimentos, migração e desenvolvimento das principais pragas da soja (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

Segundo Hoffmann-Campo et al. (2012) várias espécies de insetos e ácaros se alimentam de soja, dentre os artrópodes que causam desfolha direta, principalmente os noctuídeos, destaca-se a lagarta conhecida vulgarmente como falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858), anteriormente denominada de *Pseudoplusia includens*, cuja reclassificação foi realizada por Goater et al. (2003). Essa espécie é considerada, em muitas regiões, praga primária para a cultura da soja no Brasil, e tem sua importância aumentada, principalmente pelos diversos surtos registrados em várias regiões de plantio da cultura no país (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

Fazem parte do complexo Plusiinae, lepidópteros comumente chamados de “falsas medideiras”, por se deslocarem arqueando o corpo, como se estivessem “medindo palmos”, isso por terem apenas dois pares de pernas abdominais (SOSA-GÓMEZ et al. 2010).

As lagartas apresentam coloração verde-clara com listras longitudinais brancas e pontuações pretas. Os adultos deste inseto apresentam asas dispostas em forma inclinada e, principalmente, as mariposas recém emergidas, detém manchas prateadas brilhantes na parte central do primeiro par de asas. As fêmeas apresentam longevidade média de 15 a 18 dias, e durante este estágio, pode colocar até 600 ovos. Os ovos se desenvolvem em 2,5 dias, são globulares, medem cerca de 0,5 mm de diâmetro, e são de coloração creme-clara quando novos, passam para a cor marrom-claro próximos a eclosão. A duração da fase larval é de 14 a 20 dias, este é o estágio que causa os danos de herbivoria em folha, e consequentemente os danos econômicos. No ataque, as lagartas

consomem o parênquima foliar deixando as nervuras, sintoma característico do inseto. No último estágio larval, as lagartas podem atingir de 40 a 45 mm de comprimento e a transformação para a fase de pupa ocorre sob uma teia, comum na face ventral das folhas. A coloração da pupa é amarelo-palha, para verde-clara. A duração desta fase é de 7 a 9 dias, e com o passar dos dias as pupas tornam-se mais escuras (HOFFMANN-CAMPO et al. 2000, 2012; SOSA-GÓMEZ et al. 2014).

A falsa-medideira é um inseto polífago, tendo como planta hospedeira 73 espécies, pertencentes a 29 famílias. Além da soja e algodão foi constatada em feijão, fumo, girassol, alface, tomate, couve-flor entre outras. Apesar da grande quantidade de plantas hospedeiras, a falsa-medideira é um inseto com preferência e maior adaptação à soja, quando comparada com outras 17 culturas estudadas. A capacidade de polifagia pode estar diretamente relacionada a capacidade de infestação e dinâmica populacional desta praga, visto que poderia persistir em baixa densidade utilizando de hospedeiros alternativos e menos preferidos, até encontrar um hospedeiro adequado para um desenvolvimento completo (BERNARDI, 2012).

No Brasil, esta espécie tem sido o principal inseto praga em soja, diagnosticados em diversos surtos pelo país, ocorrendo isolada ou algumas vezes associada à *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818. Até o final da década de 1990, o complexo Plusiinae não representava uma ameaça fitossanitária, e raramente exigia medidas específicas de controle, mas algumas mudanças no sistema produtivo da soja contribuíram para que esta espécie passasse a ser considerada praga primária para a cultura da soja no país (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012)

O fato pode estar relacionado ao aumento das aplicações de fungicidas que controlam o fungo *Phakopsora pachyizi* Sydow, causador da ferrugem asiática da soja, e por consequência pode estar diminuindo a ação de inimigos naturais, como algumas espécies de fungos entomopatogênicos. Outro fator, foi o uso crescente e indiscriminado de agroquímicos não seletivos como inseticidas do sub-grupo químico dos piretroides, e herbicidas utilizados em sistema de plantio direto, que foi e tem sido desastrosos quando aplicados de maneira errada, desequilibrando o sistema produtivo, inibindo a ação de inimigos naturais e permitindo surtos de populações de pragas que antes eram consideradas de importância secundárias, e muitas vezes levando estes insetos a tolerância aos inseticidas químicos e à base de *Bt* (BUENO et al. 2010; HOFFMANN-CAMPO et al. 2012; BERNARDI, 2012; SOSA-GÓMEZ et al. 2014).

A distribuição desta praga é restrita ao Hemisfério Ocidental, ocorrendo desde o norte dos EUA até o sul da América do Sul (ALFORD; HAMMOND, 1982). Pode ser encontrada em diversas regiões produtoras de soja, e pode ocorrer simultaneamente ou mais tardiamente em relação as infestações de *A. gemmatalis*. Pode ser encontrada em praticamente todas as regiões produtoras de soja, desde o Rio Grande do Sul até Roraima (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

As mariposas desta espécie são consideradas migratórias, a explicação deste comportamento está nos elevados níveis de lipídios no corpo, característica típica deste comportamento, que acontece no hemisfério norte, principalmente nos Estados Unidos (MASON et al. 1989).

No Brasil, *C. includens* é muito comum no oeste da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, aparentemente mais adaptada a localidades mais quentes, quando comparada com *Rachiplusia nu* (Guenée) (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

2.1.2. Controle de *Chrysodeixis includens*

O estágio larval é o responsável pelos danos atribuídos à *C. includens*, que se inicia no primeiro ínstar do desenvolvimento, quando as lagartas pequenas, de primeiro ao terceiro ínstar, selecionam folhas novas, geralmente com baixo teor de fibras, enquanto que após estes estágios, as lagartas maiores, tornam-se menos exigentes, e passam a se alimentar de folhas mais velhas e mais fibrosas (BERNARDI, 2012).

Lagartas falsa-medideiras, geralmente se alimentam do terço inferior das plantas, e de folhas tenras de ramos secundários de soja e algodão. Quando em primeiro e segundo ínstar, apenas raspam as folhas, e após, conseguem perfurá-las, deixando de comer apenas as nervuras centrais e laterais, diferenciando seu dano de outros desfolhadores praga (GALLO et al. 2002; BUENO, 2007).

Em média, uma lagarta de *C. includens* pode consumir de 64 cm² a 200 cm², sendo esta variação decorrente dos tipos de folhas consumidos, ou que foram utilizados no estudo. Os fatores que podem contribuir são: espécie de planta, espessura de folha, idade, cultivares, etc. (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

Quando há proximidade no cultivo de soja e algodão, os surtos da praga são maiores, pois segundo estudos realizados em Lousiana (EUA), quando adultos de *C. includens* foram alimentados com o néctar das flores do algodoeiro, houve aumento da longevidade, oviposição e frequência de cópulas (JENSEN et al. 1974). Bernardi (2012), descreve situação semelhante ocorrendo no Brasil Central, onde a sobreposição de áreas de cultivo de soja e algodão, pode dar melhores condições de desenvolvimento para a praga. Neste cenário, é muito importante considerar o sistema de cultivo atual, onde soja e algodão se sobrepõe, para definir as melhores estratégias de manejo da praga.

Diante da importância que a soja tem para o Brasil e o potencial de dano que pode causar a falsa-medideira e demais insetos praga para a cultura, é de extrema importância ter implementado e consolidado um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP-Soja).

Este programa, hoje com 42 anos, é considerado por muitos profissionais da área como o maior e melhor programa de manejo de pragas, no Brasil. Com início na década de 70, resultado da intervenção de vários profissionais de instituições brasileiras de pesquisa, entre elas a Embrapa, que diante de muitos problemas resultantes do uso exagerado e errôneo de agrotóxicos, perceberam a importância e necessidade de buscar e desenvolver ações que pudessem conter ou minimizar estes problemas de manejo (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

Atualmente, o MIP-Soja é composto por várias tecnologias, que quando adotadas em conjunto visam manter o agroecossistema da soja o mais próximo possível de um equilíbrio ecológico. Este programa tem como base as premissas como: taxonomia para identificação da espécie praga, mortalidade natural por inimigos naturais, amostragem da população da praga e níveis confiáveis de nível de ação (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

As vistorias das lavouras devem ser periódicas, atualmente o método mais utilizado no monitoramento das principais pragas de parte aérea, como no caso de *C. includens*, é o pano de batida (1 × 0,6 metros), que deve ser usado entre duas fileiras de soja, afim de apanhar os insetos que irão cair da planta, e fazer a contagem. A amostragem deve ser feita a 20 a 30 metros da bordadura do campo, semanalmente. O número de amostragem depende do tamanho do campo de soja, como exemplo, um campo que tem de 1 a 9 hectares, deverá ter pelo menos

6 pontos de amostragem ha⁻¹ (HOFFMANN-CAMPO et al. 2000; GALLO et al. 2002; HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

A técnica de amostragem do número de insetos presentes na área, pode ser considerada, em algumas situações, muito trabalhosa, por isso, para insetos desfolhadores, há a alternativa da avaliação da intensidade de desfolha, pelo fato das plantas de soja apresentarem capacidade de recuperação perante determinados níveis de desfolha, onde a área foliar restante tem potencial de fotossíntese suficiente para uma boa nutrição e para que estas plantas produzam o mesmo volume do que as não atacadas (BUENO et al. 2010).

Os níveis de controle podem ser baseados na quantidade de lagartas amostradas e na porcentagem de desfolha. Antes da floração, o controle deve ser feito quanto o talhão apresentar até 30% de desfolha, ou 40 lagartas grandes por amostragem. Após a floração, os prejuízos são maiores, por isso deve-se adotar como nível de controle até 15% de desfolha, ou 40 lagartas grandes por amostragem (HOFFMANN-CAMPO et al. 2000; GALLO et al. 2002; BUENO et al. 2010; HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

O controle desta praga é feito pela grande maioria, através do controle químico, com uso de inseticidas e/ ou com o uso de plantas transgênicas, com a tecnologia *Bt*. Funcionam muito bem, mas devido ao alto nível adaptativo dos insetos, é de extrema importância o uso e manejo correto destas tecnologias de controle, a fim de manejar o desenvolvimento de insetos resistentes.

Atualmente, o controle de pragas em soja é feito como na década de 60, ou seja, houve um retrocesso no MIP-Soja, em geral, os agrotóxicos são usados no primeiro sinal da praga, quando não são usados sem mesmo a presença do inseto no campo, como medida preventiva, ou por pulverizações calendarizadas. Segundo Hoffmann-Campo et al. (2012), dentre os principais fatores que influenciam este cenário, está a falta de política governamental para o setor, que possam traçar metas com alocação de recursos e influenciar o MIP, e que isso tenha cumprimento de prazos para assegurar o cumprimento.

2.2. *Spodoptera frugiperda*

2.2.1. Aspectos bioecológicos e importância de *Spodoptera frugiperda* em milho

A espécie *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) está classificada taxonomicamente no Reino Animal, Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Lepidoptera, Família Noctuidae e Gênero *Spodoptera*. Conhecida comumente por diferentes nomes populares como lagarta-do-cartucho, lagarta militar, lagarta-dos-milharais, lagarta-dos-capinzais, lagarta-dos-pastos e lagarta-dos-arrozais. Foi classificada pela primeira vez por J.E. Smith em 1797, na Georgia (EUA), passou por várias nomeações, até receber o nome atual de *S. frugiperda* (BERTELS, 1970; CARVALHO, 1970; PINTO et al. 2004).

É um inseto holometábolo e os adultos são de hábito noturno, com acasalamento normalmente no 3º dia após a emergência. As fêmeas ovipositam de dia e à noite, cada mariposa pode colocar, em média, mais de 2.000 ovos, com cada massa de postura apresentando, aproximadamente, 300 ovos sobrepostos, e geralmente são depositados na página superior da folha (FERRAZ, 1982; CRUZ, 1995; GALLO et al. 2002)

O período de incubação é influenciado principalmente pelas condições de temperatura e umidade, mas em média após três dias as lagartas começam a eclodir. Os ovos, geralmente são acinzentados, mas podem apresentar várias cores, estes são recobertos por filamentos brancos, escamas e pelos, que de alguma forma, os protegem contra a ação de inimigos naturais (FERRAZ, 1982; PINTO et al. 2004).

As lagartas recém-eclodidas alimentam-se primeiramente da córion do próprio ovo, permanecem em repouso de duas a dez horas e então caminham em busca de alimento. Estas lagartas podem tecer um fio de seda pela boca, geralmente usado como meio de dispersão até encontrarem uma planta apropriada, e então seguem em direção a região central das folhas mais novas, no “cartucho” e então, iniciam a alimentação pelas partes mais tenras destas folhas, onde deixam um sintoma característico de seu ataque inicial, pois se alimentam apenas de um lado da folha, apenas da parte verde, sem, portanto, ocasionar furos nas folhas, deixando apenas a epiderme membranosa (CRUZ, 1995; PINTO et al. 2004; GALVÃO et al. 2008).

Durante a fase larval o inseto pode apresentar de quatro a sete ínstar, variando conforme a fonte de alimentação, artificial ou natural, temperatura, sexo e genética. No último ínstar, a lagarta apresenta o máximo de seu desenvolvimento, e pode medir em torno de 5 cm de comprimento, sendo a duração do período larval de 12 a 30 dias, dependentes das condições climáticas. A coloração da lagarta pode variar de cinza-escuro a marrom, outras características de identificação, é o “Y” invertido na parte frontal da cabeça e três linhas longitudinais dorsais branco-amareladas, com pontos pretos em cada segmento (PARRA; HADDAD, 1989; GALLO et al. 2002; PINTO et al. 2004).

Ao completar o desenvolvimento, a lagarta penetra o solo, e passa por um período de pré-pupa, durante o qual ela não se alimenta. A pré-pupa pode variar de 2 a 5 dias, dependendo das condições climáticas. Após este período, o inseto se transforma em pupa, podendo muitas vezes pupar no próprio cartucho do milho, no pendão, entre as palhas da espiga e até dentro da espiga de milho. O período pupal varia de 8 a 25 dias (CRUZ, 1995; PINTO et al. 2004).

O adulto emerge à noite, e apresenta dimorfismo sexual, ou seja, machos e fêmeas são diferentes, a fêmea é uma mariposa maior que o macho, medindo em média 3,5 cm de envergadura, com asas anteriores mais escuras e mais desenhadas que as posteriores. Após a emergência, geralmente voam para longe da área de origem. Iniciam suas atividades próximo ao pôr-do-sol, intensificando entre duas e quatro horas mais tarde, quando as condições de temperatura são mais favoráveis para a cópula. Durante o terceiro e quarto dia depois da emergência, encontram um hospedeiro ideal para oviposição, ovipositando geralmente nas folhas do cartucho do milho. O ciclo de ovo a adulto é de 22 a 63 dias (CRUZ, 1995; GALLO et al. 2002).

A lagarta-do-cartucho, é considerada espécie polífaga, migratória e nativa das regiões tropicais do continente americano, pode ser encontrada desde o sul dos Estados Unidos até regiões mais quentes da Argentina. No Brasil, é a principal praga para a cultura do milho, ocorrendo em todas as regiões produtoras, nos plantios de safra e safrinha, mas também causa danos em outras culturas de importância para o país, como algodão, amendoim, trigo, arroz, soja, hortaliças e cana-de-açúcar (CRUZ, 1995; FIGUEIREDO; PENTEADO-DIAS, 2005).

Em todo ano de cultivo, em praticamente todas as áreas plantadas há presença da praga, tem atacado a planta de milho na sua emergência, podendo afetar até o *stand* de plantas, sendo este ataque de lagartas de quinto e sexto ínstar, remanescentes de outras culturas ou cultivos. Quando em alta infestação, pode atacar o colmo de milho, como o dano feito por *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em cana-de-açúcar. Pode atacar até na formação

de espigas, em que a lagarta pode ser encontrada em herbivoria dentro da espiga, como faz a lagarta da espiga *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850).

2.2.2. Controle de *Spodoptera frugiperda*

Dentre as culturas hospedeiras de *S. frugiperda*, milho é a que tem maiores prejuízos na produção, da ordem de 15 a 34%, gerando somente no Brasil, prejuízos em torno de U\$ 40 milhões por ano (CARVALHO, 1970; CRUZ et al. 1995; PINTO et al. 2004). Algumas plantas daninhas podem servir de hospedeiras da lagarta, contribuindo com a praga em situações de ausência de culturas hospedeiras no campo, onde eventualmente voltam a atacar nas fases iniciais (PINTO et al. 2004).

A fase do inseto que causa os prejuízos às culturas é a larval, em que o mesmo usa de seu aparelho bucal mastigador, normalmente para se alimentar das folhas novas do cartucho, chegando a destruí-las completamente, e eventualmente também penetram no colmo, através do cartucho, fazendo galerias descendentes, até danificar o ponto de crescimento, ocasionando o sintoma conhecido como “coração morto” (GALVÃO et al. 2008). Gassen (1994) enfatiza que os maiores danos ocorrem quando a planta de milho apresenta de 8 a 10 folhas, com uma perda de 19% na produção de grãos. Quando a planta tem até 6 e a partir de 12 folhas, os danos são inferiores a 9% na produção de grão.

Segundo Galvão et al. (2008), devido ao cultivo intenso, no Brasil com até 3 safras, especialmente no milho safrinha, a lagarta tem provocado danos em plantas ainda novas, seccionando parcialmente ou totalmente a base do colmo, levando muitas vezes a planta à morte. Ataques de *S. frugiperda*, podem acontecer no ponto de inserção da espiga, o que muitas vezes provoca perda total de produção da planta atacada, devido a não –formação de grãos ou à queda da espiga com grãos ainda em formação. São comuns os danos diretos no grão em formação dentro da espiga, o que provoca danos diretos, pela herbivoria larval, ou indiretos, por facilitar a entrada de microorganismos que causam doenças, que comprometem o produto.

O controle da praga em milho tem sido realizado exclusivamente com produtos químicos, que são aplicados de acordo com sintomas iniciais em folhas, evidenciando a presença da lagarta, ou diretamente pela visualização da lagarta em 20% das plantas do talhão. Entretanto, alguns manejos inadequados, como má regulagem de equipamento, escolha errada de produtos químicos, mistura de produtos, uso de produtos não registrados, e a própria condução inadequada da cultura, têm aumentado o número de aplicações de inseticidas, sem atingir efetivo controle da praga (CRUZ, 1995).

Para o manejo integrado da praga, é de muita importância a redução da população de insetos, a um limite compatível com a produção econômica da cultura. O valor é estabelecido em função de uma fórmula, que considera o custo de controle, o dano médio que a praga ocasiona (média de 20%), e o valor monetário do milho, assim, quanto maior o valor a ser protegido, menor será a tolerância à praga. Vários fatores devem ser considerados para a tomada de decisão, como nível de infestação, o custo de controle e valor monetário da produção da cultura, seja para qualquer praga, para qualquer cultura, por exemplo, maior valor monetário da produção e menor custo da medida de controle escolhida, tendem a escolha de um nível de ação mais baixo, em que conseqüentemente a infestação será mais baixa, pois qualquer perda de produção nesta situação é maior (CRUZ, 2007). O Nível de

Controle (NC) calculado é comparado ao valor real da percentagem de plantas atacadas, obtido no campo, após amostragem em cinco pontos ha⁻¹, sendo 100 plantas consecutivas por ponto (GALVÃO et al. 2008).

Carvalho (1970) propôs uma escala visual de notas para amostrar o nível de dano em folhas do cartucho, causado pelo ataque da praga em campo, pouco mais que uma década depois houve uma atualização feita por Cruz e Turpin (1982), que considera “nota 1” quando não há qualquer sinal de dano nas folhas do cartucho, “nota 2” para folhas raspadas, “nota 3” quando as folhas foram perfuradas decorrentes do maior tamanho da lagarta, “nota 4” para folhas rasgadas e “nota 5” para ataques severos da praga, onde o cartucho fica destruído.

Nos EUA e em muitos países, a amostragem de nível de dano utilizada é a de Davis et al. (1992), que teve como objetivo inicial o desenvolvimento de uma escala de notas para separar materiais ou genótipos de plantas resistentes de suscetíveis. Esta escala considera os seguintes níveis de dano: “nota 0” para folhas sem danos no cartucho; “nota 1” folhas com pequenas raspagens; “nota 2” folhas raspadas e pequenas lesões circulares; “nota 3” lesões foliares circulares ou indefinidas de até 1,3 cm, “nota 4” muitas lesões entre 1,3 e 2,5 cm de tamanho, “nota 5” muitas lesões maiores que 2,5 cm, presentes em algumas folhas do cartucho, “nota 6” muitas lesões maiores que 2,5 cm, presentes na maioria das folhas do cartucho, “nota 7” cartucho com muitas lesões irregulares maior que 2,5 cm em algumas folhas, “nota 8” cartucho com muitas lesões irregulares maior que 2,5 cm na maioria das folhas e “nota 9” cartucho completamente destruído.

Segundo Cruz (1998), quando testou a eficácia de diferentes inseticidas para controle da lagarta *S. frugiperda*, observou que a mortalidade provocada pelos inseticidas teve uma eficiência maior nos estádios iniciais em V4 V6 e V6 V8, variando de 80 a 89% e 73 a 95% respectivamente, e diminuindo a partir daí de maneira linear, para os estádios de V8 V10 e V10 V12, mostrando a importância da amostragem de nível de dano e presença de lagartas nas fases iniciais da cultura. Se há amostragens periódicas na área, maior a chance que as lagartas estejam em início de desenvolvimento, porém se a amostragem for negligenciada em poucos dias estas mesmas lagartas passam de primeiro instar para estágios mais avançados, muitas vezes aumentando consideravelmente seu tamanho, o que demandaria um aumento da dose do produto, o que pode influenciar na resistência ou problemas ambientais, ou em alguns casos, o inseticida não exercerá uma eficácia adequada (CRUZ, 2008)

Sabendo-se a importância da tomada de decisão o mais cedo possível, antes que a praga atinja o nível de dano econômico, uma outra forma de amostragem que vem se destacando, porque detecta a praga antes mesmo que ela ataque a planta, é o uso de armadilha de feromônio sintético, que monitora a presença das mariposas, forma considerada prática e barata e que dá um posicionamento de quando as lagartas advindas destas mariposas irão estar em seu estágio mais suscetível ao inseticida (CRUZ, 2008)

Desta forma, quando se tem fundamentada a amostragem correta, a identificação da praga que está causando o dano, basta usar o racional de MIP, e aplicar conjuntas formas de controle ou se não possível, a mais adequada para a situação.

Embora haja consenso da importância tática no emprego do Manejo integrado de pragas (MIP), este ainda tem avançado muito pouco, muitas vezes por falta de conhecimento da aplicação da tecnologia na prática ou por indisponibilidade dos agentes de controle. Este tem como premissa importante o papel dos parasitoides, predadores e entomopatógenos no controle natural das pragas. São vários os agentes de controle biológico de *S. frugiperda* que em situações adequadas podem suprimir a população da praga, por isso, mesmo que a melhor decisão for pelo uso do controle químico, ainda assim é pertinente o uso de produtos seletivos, ou mesmo que tenham o mínimo de efeito negativo sobre tais agentes de controle (CRUZ, 1995; PINTO et al. 2004).

No caso específico do milho, apesar de existir diferentes alternativas de controle para a maioria das pragas, o uso exclusivo de produtos químicos, especificamente inseticidas, têm elevado os casos de resistência a diferentes produtos, para a grande maioria destes. Um dos maiores exemplos deste problema acontece com a lagarta-do-cartucho, fato explicado pela grande dependência de produtos químicos para o controle das populações da praga em todo o território nacional, uma vez que *S. frugiperda* manifesta agora resistência a vários grupos toxicológicos de inseticidas (PINTO, 2004; AGUIRRE, 2016).

Para viabilizar o uso dos inseticidas, que na maioria das vezes é a forma mais eficiente para o controle da praga, há necessidade de estudos que avaliam os efeitos destes produtos fitossanitários, principalmente produtos mais utilizados e lançados recentemente no mercado, sobre os organismos não alvo, principalmente os benéficos, caso dos agentes de controle biológico, principalmente aqueles considerados mais importantes e eficazes no controle natural da praga.

2.3. *Doru luteipes*

2.3.1. Aspectos bioecológicos de *Doru luteipes*

O inimigo natural, predador, *Doru luteipes* (Scudder, 1876), é citado como importante regulador de populações da lagarta-do-cartucho em milho e sorgo, não somente por minimizar os danos desta que é considerada a principal praga, mas também de outras espécies (PINTO et al. 2004; STECCA, 2014).

Conhecidas vulgarmente como “tesourinha”, receberam esse nome devido aos grandes cercos que se destacam em forma de pinça. Dentre os dermápteros, machos de algumas espécies oferecem variações quanto ao tamanho e forma de suas pinças, observando-se assim, um dimorfismo sexual. Dentre as funções destes cercos, destaca-se seu uso para defesa e ataque, facilita a arrumação das asas sob os élitros, e também auxilia a aproximação do casal para a cópula (GALLO et al. 2002; TRIPLEHORN; JONNISON, 2010).

Este predador quando adulto mede, em média, 12 mm (cabeça até o início das pinças), e a distinção entre macho e fêmea pode ser feita pelas pinças, em que machos têm estas estruturas maiores, curvas e denteadas, e as fêmeas, estruturas menores, retas ou pouco curvas e lisas. O abdome é preto, com 11 segmentos, sendo oito visíveis. A cabeça e o pronoto são pretos com margens laterais amarelas. As peças bucais são do tipo mastigador, na fase adulta têm dois pares de asas, sendo as anteriores curtas, coriáceas e sem nervuras, e as posteriores (quando presentes) são membranosas, arredondadas e com nervuras, que em repouso, são dobradas para cima sob as asas anteriores, sendo que há algumas espécies completamente ápteras (REIS et al. 1988; GALLO et al. 2002).

Durante a cópula, os dermápteros machos recuam o corpo, levantam o abdômen da fêmea com auxílio dos cercos, para enfim se aproximar dos orifícios genitais, dispondo-se em linha reta, ora é a fêmea que se desloca arrastando o macho, ora ocorre o inverso. Após, os ovos são colocados em partes de plantas, solo ou abrigo, havendo preferência por lugares úmidos. Depois do período de incubação, destes ovos eclodem ninfas, que apresentam semelhança aos adultos, sendo estas desprovidas de asas e sem capacidade reprodutiva por ora. Para *D. luteipes*, normalmente há quatro instares, e após, surgem os adultos providos de asas. Durante esta fase, a fêmea

quando coloca seus ovos, apresenta um cuidado maternal, lambendo-os com sua saliva, que têm função antisséptica, evitando assim contaminação destes ovos por entomopatógenos e fungos oportunistas, visto a necessidade de umidade dos ovos (LIMA, 1938; BUTINARIU, 2013).

Segundo Butinariu (2013), o cuidado maternal é bastante comum entre os insetos, especialmente no caso dos dermápteros, em que várias espécies de tesourinhas apresentam tal comportamento, sendo este realizado de diversas maneiras. No estudo com a espécie *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822), as fêmeas exibiram cuidado maternal para o período embrionário, bem como para ninfas de primeiro instar, sendo este, fundamental para o desenvolvimento saudável destes insetos imaturos, que podem sofrer alta mortalidade quando não cuidados pela mãe.

Como destacado, os Dermaptera são insetos dependentes da umidade, principalmente durante a fase embrionária. Por isso, na cultura do milho, onde geralmente este inseto ocorre durante todo ano, principalmente na fase inicial da cultura, os ovos são colocados dentro do cartucho de milho e pendões da espiga, locais geralmente com alta umidade e com função de abrigo. A postura tem em média 27 ovos, agrupados e sem forma definida, e constantemente mudados de posição pela fêmea. Estes ovos têm forma ovalada, podem variar de amarelo claro, para amarelo intenso. O período de incubação é, em média de 7 a 8 dias (REIS et al. 1988; CRUZ, 1995).

Após o período embrionário que pode variar de acordo com fatores bióticos, como tipo de alimentação e principalmente abióticos como temperatura, umidade e fotoperíodo, surgem as ninfas, que inicialmente são cinzas, claras, e após um período médio de 6 horas pós eclosão, há esclerotização total ou da maior parte do corpo. Além disso, permanecem agrupadas por até dois dias, alimentando-se provavelmente do cório (REIS et al. 1988; CRUZ, 1995).

Segundo Reis (1988), o período ninfal foi de quatro instares, com razão de crescimento médio da cápsula cefálica de 1,19 mm, com exceção dos insetos tratados com ovos de *S. frugiperda*, em que houve cinco instares nos machos. A fase ninfal durou em média 50 dias.

Com o objetivo de avaliar o efeito de temperaturas constantes no desenvolvimento dos predadores *D. luteipes* e *D. lineare* e determinar as exigências térmicas, principalmente para viabilizar a criação em laboratório para uso em programas de controle biológico, Pasini et al. (2010) relataram um desenvolvimento mais curto de *D. lineare*, quando comparado a *D. luteipes*. Constatou-se também que 25 °C é a temperatura mais adequada para a criação destes insetos, que quando em temperaturas constantes de 32 °C, não se desenvolveram.

Apesar da notória importância dos predadores, bem como das tesourinhas como agentes de mortalidade biótica de insetos-praga, no controle biológico por conservação, dermápteros não vêm sendo utilizados em programas de controle biológico aplicado, devido principalmente, à falta de conhecimento das suas características biológicas e também pela dificuldade de criação massal do inseto. Este último, com limitações relacionadas a qualidade de alimento e a disponibilidade de substratos de oviposição (CRUZ, 1995; REIS et al. 1988; PASINI et al. 2010). Entretanto, houve uma recente evolução da criação deste inseto, com a viabilização de uma dieta artificial seca a base de ração de gato, e recentemente a viabilização de um substrato de oviposição utilizando-se canudos plásticos transparentes (0,5 cm de diâmetro × 6,0 cm de comprimento) com uma das extremidades contendo 1,5 cm de algodão umedecido com água. Estes canudos se aproximam das condições naturais oferecidas pelos cartuchos de planta de milho (BUTNARIU et al. 2013).

2.3.2. Importância do predador *Doru luteipes* no controle biológico de pragas

Os insetos pertencentes à ordem Dermaptera são considerados de boa capacidade predatória, considerados vorazes inimigos naturais, pois alimentam-se de diferentes fases de desenvolvimento, principalmente nas fases imaturas dos insetos-praga, aumentando desta forma o seu potencial como agentes de controle biológico (MARQUES, 2011; STECCA et al. 2014).

Entre os dermápteros, as espécies de predadores mais comuns estão incluídas na família Forficulidae, especialmente no gênero *Doru*, que se destaca pela presença em diversas culturas agrícolas, e no controle de muitos insetos-praga (REDOAN, 2011).

Frequentemente encontrada na cultura do milho, a espécie *D. lineare* tem papel importante como predadora polífaga, atacando principalmente ovos e lagartas de primeiros estágios de pragas da ordem Lepidoptera, mas também se alimenta de insetos da ordem Hemiptera, Coleoptera e Diptera (PASINI et al. 2010; STECCA et al. 2014). São encontradas como entomófagos nas culturas da soja (LEITE; LARA, 1985; TONET, 1995), do algodão (SOARES; BUSOLI, 2000) e do trigo (GASSEN, 1986). *Doru luteipes* é encontrada principalmente no milho, onde faz parte do complexo de inimigos naturais de grande importância para o controle de *S. frugiperda* (REIS et al. 1998; PICANÇO et al. 2003; AMANCIO et al. 2014), de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (CRUZ et al. 1995), de *Ascia monustus orseis* (Latreille, 1819) (PICANÇO et al. 2003) e do pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) em milho e sorgo (ALVARENGA et al. 1995). Também citada como um dos principais e mais abundantes predadores na cultura do algodoeiro (DIAMANTINO, 2011) e coletada em canaviais da região de Piracicaba – SP, Brasil e mantida em laboratório com ovos de *D. saccharalis* para avaliação de aspectos biecológicos em laboratório (MARQUES, 2011).

De acordo com Reis et al. (1988), a tesourinha é capaz de predação quando ninfa, 13 ovos e 12 lagartas de primeiro ínstar de *S. frugiperda*, por dia, e quando adulto, 21 lagartas por dia. Durante todo o ciclo, o predador consome 496 ovos, 424 lagartas quando ninfa e 2.109 lagartas na fase adulta.

Em trabalho que se avaliou a capacidade predatória de *D. luteipes*, Cruz (1995) notou um consumo crescente de ovos de *H. zea* do primeiro ao último ínstar, com aumento de duas vezes a cada ínstar. Uma tesourinha se alimenta durante toda sua vida de aproximadamente 8.276 ovos de *H. zea*, sendo 39 ovos por dia. Considerando a dificuldade de controle químico desta praga, visto sua localização dentro da espiga ou no estilo-estigma, este predador pode ser considerado como uma das principais formas de controle, por seu tamanho reduzido, podendo assim encontrar as lagartas menores e por sua alta capacidade predatória.

Doru luteipes tem sido encontrada com frequência na cultura de milho, segundo Waquil et al. (2002), a presença em 70% das plantas de milho, é suficiente para manter *S. frugiperda* sob controle.

Ninfas e adultos de *D. luteipes* têm demonstrado certo potencial como predador para controlar populações dos pulgões *S. graminum*, na cultura do sorgo. De acordo com os autores, a tesourinha não foi suficiente para controlar altas populações de pulgão, mas quando se utilizou genótipos com resistência moderada, a associação ao controle biológico foi positiva (ALVARENGA; VENDRAMIM; CRUZ, 1995).

Diante do grande potencial predatório, hábito alimentar generalista, e a capacidade de colonizar vários ambientes e culturas agrícolas, é evidente a importância e potencial dos dermápteros, especialmente os do gênero

Doru, para utilização em programas de manejo integrado de pragas, seja ele pelo controle biológico de conservação ou pelo aplicado (REIS et al. 1988; PASINI et al. 2010)

2.3.3. Efeito de inseticidas sobre *Doru luteipes*

O controle da principal praga da cultura do milho, *S. frugiperda*, tem sido feito em sua grande maioria por controle químico através de inseticidas (PASINI et al. 2010; STECCA et al. 2014). Entretanto, apesar de efetivo para o controle populacional da praga e por isso reduzir as perdas de produção, só aplicar inseticida nem sempre é a melhor escolha. Sabe-se atualmente que a maneira ideal para combater insetos-praga é através do manejo integrado de pragas (MIP), pois é compatível com preceitos sociais, ambientais e econômicos.

O MIP é definido como um sistema integrado de conhecimentos, considerando o ambiente e dinâmica populacional da espécie alvo, e utiliza todos os métodos e técnicas apropriadas de forma tão compatível quanto possível de ser utilizada, para manter a população da praga em níveis abaixo de dano econômico (DENT, 1995; NORRIS et al. 2003). Há o conceito de nível de não controle (NCC), ou seja, quando a densidade populacional do inimigo natural é suficiente para controlar a população da praga a um ponto que não será necessário o agricultor entrar com medidas de controle (WAQUIL et al. 2002). Entretanto, quando o nível populacional dos inimigos naturais é desconsiderado, muitas vezes, aplica-se o defensivo agrícola sem necessidade, e em muitos casos este produto não é seletivo para os inimigos naturais presentes na área, perdendo, portanto, um potencial controle natural, com a morte destes agentes de controle.

Diante disso, se faz necessário estudos que avaliem os efeitos dos produtos mais utilizados, bem como dos novos produtos lançados no mercado para controle de pragas, sobre os organismos não alvo, e/ou inimigos naturais.

A seletividade de inseticidas para *D. luteipes* foi estudada por Simões et al. (1998), os quais confirmaram que os produtos microbianos *Baculovirus* e *Bacillus thuringiensis* (Berliner) podem ser utilizados no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho sem afetar o predador em nenhuma de suas fases, com sobrevivência de 95% na fase adulta. Neste mesmo trabalho, ovos do predador foram suscetíveis, e houve um efeito letal pronunciado com os inseticidas inibidores de crescimento diflubenzuron, que causou 82% de mortalidade, e triflumuron, que levou a uma mortalidade de 79%, sendo este último também tóxico para os ínstares ninfais, com 70% de mortalidade.

Em ensaio para avaliar a seletividade dos inseticidas acefato, deltametrina, dimetoato, metamidofós, paration metílico e pirimicarbe a ninfas de último estágio de *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae), em relação a adultos, ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstar de *D. luteipes*, Bacci et al. (2002) verificou que pirimicarbe não teve efeito negativo a todos os estágios da tesourinha. Entretanto, os demais inseticidas tiveram efeito moderado, classificados como medianamente seletivos ao adulto do predador. Deltametrina, paration metílico e dimetoato foram medianamente seletivos às ninfas de terceiro ínstar, os dois primeiros responderam da mesma forma para ninfas de primeiro e segundo ínstar, respectivamente. Acefato foi pouco seletivo a ninfas de segundo e terceiro ínstar, sendo que o mesmo ocorreu com paration metílico, deltametrina e metamidofós em relação a ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstar, respectivamente.

Estudos com produtos inseticidas utilizados para o controle do lepidoptero curuquerê *Ascia monuste orseis* (Godart), para avaliar a seletividade à *D. luteipes*, realizados por Picanço et al. (2003), mostraram que deltametrina e permetrina foram altamente seletivas, e não tiveram grandes efeitos negativos a ninfas de primeiro ínstar (19 e 21%), ninfas de quarto ínstar (2 e 3,5%) e adultos (2,5 e 0% de mortalidade respectivamente) do predador. Triclorfom foi altamente seletivo, não mostrando efeitos negativos para ninfas de quarto ínstar e adultos. Carbaril e paration metílico não foram seletivos, e causou efeitos negativos.

Zotti et al. (2010) avaliaram a seletividade de alguns inseticidas utilizados em milho para a lagarta-do-cartucho sobre ovos e ninfas de primeiro ínstar de *D. luteipes*. Os seguintes inseticidas tiveram influência negativa sobre a viabilidade de ovos: Karate Zeon 250 SC (55% de viabilidade), Lorsban 480 BR (40%), Match EC (30%), Certero (25%), Dimilin (20%), Engeo Pleno (5%), e Sevin 480 SC (0%), que não teve viabilidade alguma dos ovos, mostrando ser altamente nocivo, conforme classificação IOBC/WPRS. A sobrevivência de ninfas provenientes dos ovos tratados teve redução para os inseticidas: Dimilin (70% de sobrevivência), Karate Zeon 250 CS (55%), Decis 25 EC (42%) e Lorsban 480 BR (30%), sendo que, Engeo Pleno (0%) e Sevin 480 SC (0%) não tiveram ninfas de primeiro ínstar sobrevivente. Para ninfas que tiveram o contato residual, todos os inseticidas foram nocivos em 96 horas após a exposição.

Redoan et al. (2012) avaliaram os efeitos de inseticidas registrados para o controle de *S. frugiperda* na cultura do milho. Em ovos, avaliou-se o efeito tópico sobre a viabilidade, em que os inseticidas: triflumuron, tiametoxam + λ -cialotrina e teflubenzuron + α -cipermetrina foram considerados tóxicos (classe 4), com 100% de mortalidade; clofenapir e spinosad levemente nocivos (classe 2); e etofemproxi inócuo (classe 1). Nenhum dos inseticidas foram classificados como nocivo (classe 4) para ninfas de primeiro ínstar, avaliadas após 96h da exposição, pois causaram mortalidade de 100% de ninfas de primeiro ínstar.

Ensaio foram realizados por Redoan et al. (2014) com objetivo de avaliar a seletividade dos inseticidas Connect® (imidacloprido + betaciflutrina - 15 + 1,8 g i.a. ha⁻¹), Engeo-Pleno® (tiametoxam + lambdacialotrina - 26,5 + 32,5 g i.a. ha⁻¹, respectivamente) e o inseticida biológico a base de *Bacillus thuringiensis aizawai* gc- 91 Agree® (0,05 kg ha⁻¹), utilizados para o controle de *S. frugiperda* na cultura do milho, para o dermaptera *Euborellia annipes* (Lucas). Os autores concluíram que, apenas o inseticida Engeo-Pleno® não apresentou seletividade às ninfas e aos adultos do predador. O inseticida Connect® foi considerado inócuo, causando mortalidade abaixo de 30% e Agree® foi o que apresentou maior seletividade, não afetando a sobrevivência do predador.

2.4. Inseticidas

2.4.1. Antranilamida – chlorantraniliprole

Chlorantraniliprole é um inseticida membro da classe antranilamida, de nome químico 3-Bromo-N-[4-chloro-2-methyl-6-(methylcarbamoyl)phenyl]-1-(3-chloropyridin-2-yl)-1. Aprovado pela Comissão de Assuntos Sociais (CAS) com o seguinte registro N° 500008-45-7 (MAPA, 2016).

Pertence à classe toxicológica III, sendo, portanto, mediamente tóxico. Já, para a classificação de periculosidade ambiental é considerado classe II, considerado como “muito perigoso ao meio ambiente” (DuPONT, 2016).

É um inseticida de contato e ingestão, é registrado para mais de 17 culturas no Brasil, dentre elas, as de maior relevância econômica, como: milho, soja, algodão e tomate, sendo indicado para insetos pragas da ordem Lepidoptera (MAPA, 2016).

O ingrediente ativo chlorantraniliprole, tem 11 produtos formulados registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo eles: Altacor, Altacor BR, Ampligo, Ampligo PRO, Coragen, Dermacor, Durivo, Instivo, Voliam Flexi, Voalian Targo e Premio. Na cultura do milho, para *S. frugiperda*, o Premio® tem como dosagem recomendada 100 a 150 mL ha⁻¹, já para *C. includens*, em soja, a dosagem recomendada é de 40 a 50 mL ha⁻¹ (MAPA, 2016).

Os inseticidas do grupo antralinamida ou diamidas antranílicas, dentre as principais características estão a alta atividade inseticida e a baixa toxicidade aos mamíferos. Estudos comparativos demonstraram que há seletividade diferencial deste inseticida para os receptores celular de insetos, sendo este valor 350 vezes maior, quando comparado com os de mamíferos. A ação desta molécula se dá ao se ligarem aos receptores de rianodina dos insetos, nas células musculares, descontrolando o fluxo de cálcio, pela abertura do canal, resultando em esgotamento das reservas de cálcio intracelular, o que provoca sintomas de paralisia muscular e morte (CORDOVA et al. 2006).

Alguns fatores como a precipitação pluviométrica podem afetar a eficácia de produtos inseticidas. Pensando nisso, Arrué et al. (2014) estudaram a influência de quatro períodos de precipitação artificial após a aplicação de chlorantraniliprole (2 g de ingrediente ativo ha⁻¹), misturado com diferentes adjuvantes, visando o controle de lagartas na cultura da soja. Os resultados sugerem que a precipitação de 20 mm, um minuto após a aplicação do inseticida, reduz a eficácia do produto, reduzindo a mortalidade de *A. gemmatilis*, e que as precipitações após 240 minutos da aplicação, não interferem na mortalidade desta praga em soja. Sendo assim, em busca de melhor eficácia do produto chlorantraniliprole, a adição dos adjuvantes Assist® e Naturo'il® ao inseticida aumentam a mortalidade de *A. gemmatilis* na cultura da soja.

Guerreiro et al. (2013) avaliaram o efeito de diferentes inseticidas em associação a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* e efeitos prejudiciais para inimigos naturais na cultura do milho. O inseticida chlorantraniliprole + enxofre foi o tratamento mais eficaz para controlar a praga, tendo aos 21 dias após a aplicação, número médio de 0,79 lagartas, enquanto a testemunha 1,17 lagartas por planta. Quanto aos inimigos naturais, não houve diferença de presença dos inimigos naturais *Doru luteipes* e *Orius* sp. entre tratamentos e controle, caracterizando assim não efeito dos inseticidas sobre a presença dos agentes de controle biológico.

2.4.2. Espinosina - spinosad

Spinosad é um ingrediente ativo inseticida pertencente ao grupo químico Espinosina, de nome químico mixture-of-(2R,3aR,5aR,5bS,9S,13S,14R,16aS,16bR)-2-(6-deoxy-2,3,4-triO-methyl- α -L mannopyranosyloxy)-13-(4-dimethylamino-2,3,4,6-tetra-deoxy- β -D-erythro-pyranosyloxy)-9-ethyl-

2,3,3a,5a,5b,6,7,9,10,11,12,13,14,15,16a,16b-hexadecahydro-14-methyl-1H-8-oxacyclododeca[b]as-indacene-7,15-dione and (2S,3aR,5aS,5bS, 9S,13S,14R,16aS,16bR)-2-(6-deoxy-2,3,4-tri-O-methyl- α -L-mannopyranosyloxy)-13-(4-dimethylamino-2,3,4,6-tetra-deoxy- β -D-erythro-pyranosyloxy)-9-ethyl-2,3,3a,5a,5b,6,7,9,10,11,12, 13,14,15,16a,16b-hexadecahydro-4,14-dimethyl-1H-8-oxacyclododeca[b] as-indacene-7,15-dione in the proportion 50-95% to 50-5%. Sua composição contém 480 g/L de spinosad e 601 g/L de outros ingredientes. A formulação é do tipo suspensão concentrada (SC), registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –MAPA sob o nº 07798, pelo formulador Dow AgroSciences Industrial Ltda (DOW AGROSCIENCES, 2017; MAPA, 2017).

Pertence à classe toxicológica III, sendo, portanto, mediantemente tóxico, e quanto seu potencial de periculosidade ambiental é classificado como III, sendo perigoso ao meio ambiente (DOW AGROSCIENCES, 2017; MAPA, 2017).

A Espinosinas tem 6 produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo eles: Alea, Entrust, Splat GF-120, Splat ME, Success*0,02 CB e Tracer®. Este último indicado para o controle de insetos praga nas culturas de algodão, batata, café, cebola, citrus, crisântemo, feijão, melancia, repolho, sorgo, tomate, soja e para a cultura do milho é indicada para o controle da lagarta-do-cartucho *S. frugiperda*, na dose de 37,5 a 100 mL ha⁻¹ (18 a 48 g i.a ha⁻¹), e deverá ser aplicado quando a praga atingir o nível de dano econômico, como já descrito, usando jato dirigido, com bico do tipo leque, pulverizando na linha da cultura, usando a menor dose recomendada para baixas infestações e a maior dose quando a infestação estiver alta, sendo no máximo 3 aplicações por ciclo da cultura, sempre respeitando o período de carência estabelecido (MAPA, 2017).

Spinosad é um produto inseticida da multinacional americana Dow AgroSciences (Indianapolis, Indiana, U.S.A.). Esta molécula é derivada a partir da fermentação de um actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa* Mertz e Yao (Bactéria: Actinobacteridae) que ocorre naturalmente em solo (HERTLEIN et al. 2011).

A formulação Tracer® pertence à classe de inseticidas não sistêmicos, de origem biológica, do grupo químico Espinosina. As principais vias de absorção são digestivas (sobretudo alimentar) e cutânea-mucosa. Segundo o IRAC (2017) este inseticida atua nos nervos e músculos do inseto, exercendo a função de moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina, o maior neurotransmissor excitatório do sistema nervoso central dos insetos, abrindo os canais iônicos, estimulando a condução do estímulo nervoso, provocando excitação do sistema nervoso, levando a contrações musculares involuntárias, prostração com tremores, paralisia e finalmente a morte do inseto. Há relatos de uma possível atuação no sistema GABA; susceptível de causar excitação dos motoneuronas.

Esta molécula é altamente eficaz para controle de vários insetos praga da ordem Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera, Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera e outras de menor importância econômica, atuando principalmente por contato e ingestão. Como afeta os receptores nicotínicos de acetilcolina e GABA, sendo portanto um diferencial modo de ação, não apresenta resistência cruzada com nenhum outro inseticida. Em adição, spinosad é de baixa toxicidade para mamíferos (HERTLEIN et al. 2011).

2.4.3. Benzoiluréia - teflubenzuron

Teflubenzuron é um ingrediente ativo inseticida pertencente ao grupo químico Benzoiluréia, formulado pela empresa Basf com o nome Nomolt® 150. Sua composição é: 1-(3,5-dichloro-2,4-difluorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl)-urea. Esta formulação é dividida em 150 g/l do ingrediente ativo teflubenzuron e 953 g/l de outros ingredientes. A formulação é do tipo suspensão concentrada (SC), registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –MAPA sob o nº 01393 (BASF, 2017; MAPA, 2017).

Pertece à classe toxicológica IV, sendo, portanto, considerado pouco tóxico, já quanto seu potencial de periculosidade ambiental é classificado como II, sendo um produto muito perigoso ao meio ambiente (ANVISA, 2017; MAPA, 2017).

No curso de uma investigação por novos derivados dos herbicidas diclobenil e diuron, a molécula 1-(2,6-dichlorobenzoyl)-3-(3,4-dichlorophenyl)-urea, chamada de “DU19111” foi sintetizada, porém sem nenhuma atividade herbicida. Entretanto, mostrou propriedades inseticidas interessantes para fases larvais imaturas de mosquitos, moscas e gafanhotos. Após pesquisas sobre análogos de DU19111, Philip-Duphar B.V descobriu o primeiro produto comercial de diflubenzuron (DFB 1), a primeira molécula de Benzoiluréia, que em 1975 foi comercializado como “Dimilini” (SUN et al. 2015).

Atualmente existem quatro produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, são eles: Antrimo; Imunit; Kalontra e Nomolt 150. Este último indicado para o controle de insetos praga nas culturas de algodão; ameixa; amendoim; anonáceas; arroz; aveia; batata; brócolis; café; cana-de-açúcar, canola; centeio; cevada; citros; couve; capuaçu; eucalipto feijão; fumo; gergelim, girassol; maçã; mamão; mamona; maracujá; marmelo; melão, milheto; nêspera; pera; pêssago; repolho; sorgo; tomate; tritcale; uva; e em soja é indicado para o controle de *A. gemmatilis*; *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) e *C. includens*, sendo este último na dose que pode variar de 125 a 150 mL ha⁻¹; com recomendação de no máximo 3 aplicações caso haja reinfestação da praga, uso preferencial quando a infestação da praga for inicial; é indicado também para a cultura do milho, para controle de *S. frugiperda*, com variação de dose entre 50 a 100 mL ha⁻¹, aplicando até 2 vezes por ciclo da cultura, quando a instalação da praga é inicial (BASF, 2017; MAPA, 2017).

Por apresentar específico modo de ação, atuando diretamente na inibição da biossíntese de quitina, sendo, portanto, eficaz para o controle de pragas, e por apresentar baixa toxicidade para abelhas, pássaros e humanos, esta molécula passou a ser muito estudada e atualmente existem várias moléculas de benzoilureas, como teflubenzuron; triflumuron; hexabenzuron; novaluron; lufenuron; noviflumuron. Em 2011, lufenuron movimentou 165 milhões; e novaluron 80.4 milhões de dólares nos EUA, sendo considerado o primeiro e o terceiro produto respectivamente, de maior comercialização entre este grupo químico (SUN et al. 2015).

Nomolt® 150 é um inseticida a base de teflubenzuron, que age como regulador de crescimento inibindo a síntese bioquímica da quitina, polissacarídeo que é o principal componente do exoesqueleto ou cutícula do inseto. A exigência de quitina é maior durante o processo de mudança de pele, então quando a lagarta entra em processo de muda de pele não é capaz de sintetizar a cutícula, levando o inseto a morte em poucos dias. As lagartas mais jovens são mais sensíveis, então para se obter um ótimo controle, deve-se aplicar este inseticida no início da infestação da praga. Fêmeas adultas expostas ao produto podem sobreviver, mas geralmente seus ovos são inférteis, diminuindo progressivamente a população da praga, ao longo das gerações (ROBERTS; HUTSON, 1999; IRAC, 2017; BASF, 2017).

Apesar do conhecimento sobre a atuação na biossíntese de quitina, desde 1975, quando foi descoberta a primeira molécula de benzoiluréia, os cientistas tentam descobrir e elucidar os detalhes do mecanismo de ação da molécula como inseticida. Atualmente sabe-se que a molécula inseticida inibe o processo de incorporação de N-acetilglucosamina (aminossacarídeo derivado de glucosamina), na biossíntese de quitina do inseto vivo. Em adição, em estudos, a molécula não inibiu sistemas fungicos em vivo, nem sistemas isentos de células, que apresentam vias de síntese de quitina equivalentes as de insetos, então como não compromete a síntese quando as vesículas são mecanicamente destruídas, um efeito direto em síntese de quitina pode ser excluído (MATSUMURA, 2010; LI et al. 2013).

As benzoiluréias apresentam modo de ação não neurotóxico, distinto da maioria dos inseticidas comerciais, e seu sítio de ação, a biossíntese de quitina, não existe em vertebrados, tornando-as não tóxicas para mamíferos, e com potencial para compor o programa de manejo integrado de pragas, bem como o manejo da resistência de insetos.

2.4.4. Oxadiazina - indoxacarb

Indoxacarb é o único membro da classe Oxadiazina, de nome químico Methyl (S)-N-[7-chloro-2,3,4a,5-tetrahydro-4a-(methoxycarbonyl)indeno[1,2-e][1,3,4]oxadiazin-2-ylcarbonyl]-4' (trifluoromethoxy) carbanilate (MAPA, 2016).

Pertence à classe toxicológica III, sendo, portanto, mediantemente tóxico. Da mesma forma, quanto sua classificação de periculosidade ambiental, pertence a classe III, considerado como “produto perigoso ao meio ambiente” (DuPONT, 2016, MAPA, 2016).

É um inseticida de contato e ingestão, indicado para o controle de várias espécies de lepidópteros, principalmente em milho, vegetais e frutíferas. Apresenta alta atividade biológica, com rápida ação de bloqueio dos canais de sódio voltagem dependentes neuronais, com efeito mais rápido em espécies da ordem Lepidoptera, e de forma mais lenta, mas toxicologicamente significativa, para insetos pragas sugadores da ordem Hemiptera e também para Coleoptera (YU, 2015; WING, 2000).

Os canais de sódio dependentes da voltagem são responsáveis pela geração de potenciais de ação nas membranas das células neurais excitáveis. Estes canais são os principais alvos de neurotoxinas naturais, como tetrodoxina encontrada em algumas espécies de peixes da família Tetraodontidae, drogas terapêuticas, como os anestésicos locais, e várias classes importantes de inseticidas, como os famosos piretroides sintéticos, bem como a molécula de oxadiazina indoxacarb (SONG et al. 2006).

Os inseticidas piretroides foram sintetizados a partir da molécula piretrum, extraída da planta do gênero *Chrysanthemum*, e por algumas décadas vem sendo utilizada de forma intensiva no combate a pragas de importância agrícola e médica, e por isso, atualmente há muitas populações destas pragas, que depois da seleção natural, passaram a expressar genes ligados resistência à molécula. Com isso, a descoberta da molécula de oxadiazina DPX-MP062 (indoxacarb), pela companhia E.I. DuPont, foi fundamental como nova ferramenta de manejo integrado de pragas, mas também como importante opção de manejo da resistência de pragas, pois esta molécula inseticida foliar neurotóxica, de ação nos canais de sódio, assim como os piretroides, apresentava como

diferencial uma maior atividade inseticida em relação às moléculas parentais, pois pode ser facilmente convertida em N-decarbomethoxylated JW062 (DCJW), principalmente quando ingerido por insetos lepidópteros, durante alimentação (WING et al. 2000; LAPIED et al. 2001; SONG et al. 2006).

Como em seus homólogos de mamíferos, as proteínas do canal de sódio em insetos contêm quatro domínios homólogos (I-IV), cada um com seis segmentos transmembranares (S1-S6). As mesmas características estruturais que são críticas para a função dos canais em mamíferos, também são fundamentais para a estrutura no inseto. Após a depolarização da membrana da célula nervosa, os canais de sódio se abrem, iniciados pelo movimento para fora dos segmentos S4, que funcionam como sensores de tensão, através de campo elétrico entre a membrana. Alguns milissegundos após a abertura do canal, eles se fecham, inativação esta mediada por resíduos no terceiro ligador, que liga os domínios III e IV. Esta inativação rápida dos canais de sódio que ocorre após a depolarização da membrana desempenha papel importante na finalização do potencial de ação (SONG et al. 2006).

Os produtos comerciais no Brasil, cujo ingrediente ativo é indoxacarb são: Avatar, Avaunt 150, Finex e Rumo WG, aplicados principalmente para o controle das principais lagartas do milho, algodão e soja, além do *Dysdercus* spp., conhecido vulgarmente por percevejo-marchador, para a cultura do algodão (MAPA, 2016).

O ingrediente ativo indoxacarb, no produto formulado Avatar®, é indicado para a controle da lagarta do cartucho *S. frugiperda*, em milho, e para a lagarta desfolhadora, falsa-medideira *C. includens*, na cultura da soja, tendo como dosagem recomendada 300 – 400 e 400 mL ha⁻¹, respectivamente. A aplicação pode ser terrestre, aérea ou com pivô central. Recomenda-se antes da aplicação, realizar amostragem da praga, ou registro de sintomas de folhas raspadas em 10% das plantas do talhão, não sendo recomendado a aplicação diante de menos de 10% de infestação ou quando as lagartas estiverem maiores que 1 cm (MAPA, 2016).

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L.A., HERNÁNDEZ-JUÀREZ, A., FLORES, M., CERNA, E., LANDEROS J., FRÍAS, G.A., HARRIS, M.K. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. **Florida Entomological Society**, v. 99, n. 2, p. 276-280, 2016.
- ALFORD, A.R.; HAMMOND JUNIOR, A.M. Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) population in Louisiana soybean ecosystems as determined with loop lure-baited traps. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, p. 647-650, 1982.
- ALVARENGA, C.D.; VENDRAMIM, C.S.; CRUZ, I. Controle integrado do *Shizaphis graminum* (Rond.) em sorgo através de genótipos resistentes e do predador *D. luteipes* (Scud.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.24, n.3, p. 507-516, 1995.
- AMÂNCIO, M.B.; CRUZ, I.; REDOAN, A.C.M.; SILVA, C.; SILVA, R.B.; SANTOS, H.M. Efeito de produtos utilizados no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Adultos de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: forficulidae). **XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Salvador – BA, 2014.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/T33%2B%25E2%2580%2593%2BTeflubenzuron.pdf/98f42b25-117d-4df7-a421-3af00314d146>>. Acessado em: 01 Maio. 2017.

ARRUÉ, A.; GUEDES, J.V.C.; STORCK, L.; SWAROWSKY, A.; CAGLIARI, D.; BURTET, L.M.; ARNEMANN, J.A. Precipitação artificial após aplicação do inseticida chlorantraniliprole associado com adjuvante em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2118-2123, 2014.

BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; BARRETO, R.W.; GALVAN, T.L. Inseticidas seletivos à tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) utilizados no controle do pulgão verde em brássicas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 174 -179, junho 2.002.

BASF (Badische Anilin & Soda Fabrik). Disponível em: <http://archive.is/20120716134622/http://www.agro.basf.es/agroportal/es/es/crop_protection/crop_protection_product_catalogue/product_details_1790.html>. Acessado em: 01 Maio. 2017.

BERNARDI, O. Avaliação do risco de resistência de lepidoptera-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON87701 x MON89788 no Brasil. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERTELS, A. Estudo da influência da umidade sobre a dinâmica de flutuação de lepidópteros, pragas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, n. 1, p. 67-79, 1970.

BUENO, A.F.; BATISTELA, M.J.; MOSCARDI, F.; BUENO, R.C.O.F.; NISHIKAWA, M.; HIDALGO, G.; SILVA, L.; GARCIA, A.; CORBO, E.; SILVA, R.B. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Embrapa Soja, 2010. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 2176-2864; n.79).

BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, R.C.O.F. Controle de pragas apenas com o MIP. **A Granja**, v. 1, p. 76-79, 2010.

BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, A.F.; MOSCARDI, F.; OLIVEIRA, J.R.G.; CAMILLO, M.F. Sem barreiras. **Revista Cultivar**, v. 93, p. 12-15, 2007.

BUTNARIU, A.R.; PASINI, A.; REIS, F.S.; BESSA, E. Maternal Care by the Earwig *Doru lineare* Eschs. (Dermaptera: Forficulidae). **Journal Insect Behavior**, v. 26, p. 667-678, 2013.

- CARVALHO, R.P.L. Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo. 1970. 170 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1970.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Disponível em: <www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 04 Agosto. 2016.
- CORDOVA, D. et al. Anthranilicdiamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, p. 196-214, 2006.
- CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 355-360, 1982.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. EMBRAPA/ CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA/ CNPMS. Circular Técnica, 21).
- CRUZ, I; ALVARENGA, C.D.; FIGUEIREDO, P.E. Biologia de *Doru Luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa Zea* (Boddie). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, p. 273-278, 1995
- CRUZ, I. Influência do equipamento de aplicação e estágio de desenvolvimento da planta na eficiência de diferentes inseticidas no controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Globalização e segurança alimentar: anais. Recife: ABMS. 1998.
- CRUZ, I. Alternativas para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* e princípios cuidados no uso de milhos transgênicos resistentes a insetos. In: FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. (Ed.). Milho – Fatores determinantes da produtividade. USP-ESALQ. 2007.
- CRUZ, I. Controle biológico de pragas na cultura de milho para a produção de conservas (Mini milho), por meio de parasitoides e predadores. CNPMS, 2007. V.91, p.16. (Circular Técnica, Embrapa Milho e Sorgo).
- CRUZ, I. **Táticas para o manejo integrado da *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) durante o ciclo do milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda*, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO. Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras. IAPAR; Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

DAVIS, F.M.; NG, S.S.; WILLIAMS, W.P. **Visual Rating Scales for Screening Whorl-Stage Corn for Resistance to Fall Armyworm**. In: DEPARTMENT OF INFORMATION SERVICES, DIVISION OF AGRICULTURE, FORESTRY, AND VETERINARY MEDICINE. Technical Bulletin 186. 1992.

DIAMANTINO, E.P. Seletividade de inseticidas em favor dos inimigos naturais na cultura do algodoeiro, no sudoeste da Bahia. 2011. 105 p. Monografia (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

DOWN AGROSCIENCE. Disponível em: <<http://www.dowagro.com/pt-br/brasil/product-finder/inseticidas/tracer?id=b5697e5e-db25-4ab8-979f-fedecdf2df56>>. Acessado em: 29 Abril. 2017.

DUPONT. Disponível em: <www.dupont.com.br/content/dam/assets/products.../Avatar_Bula>. Acesso em: 16 janeiro. 2016.

FAO (Food and Agriculture Organization). Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation96/tefluben.pdf>. Acessado em: 01 Maio. 2017.

FERRAZ, M.C.V.D. Determinação das exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em cultura de milho. 1982. 81 p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, L.M.C.; PENTEADO-DIAS, A.M.; CRUZ, I. Danos provocados por *Spodoptera frugiperda* na produção de matéria seca e no rendimento de grãos, na cultura do milho. EMBRAPA/CNPMS, 2005. (Comunicado Técnico, 130).

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. FEALQ, 2002. 920p.

GALVAO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de Produção do Milho**. UFV, 2008. 366p.

GASSEN, D. **Pragas associadas à cultura do milho**. Aldeia Norte, 1994. 92p.

GUERREIRO, J.C.; CAMOLESE, P.A.; BUSOLI, A.C. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 4, p. 275-285, 2013.

- HERTLEIN, M.B.; THOMPSON, G.D.; SUBRAMANYAM, B.; ATHANASSIOU, C.G. Spinosad: A new natural product for stored grain protection. **Journal of Stored Products Research**, v. 47, p. 131-146, 2011.
- HOFFMANN-CAMPO, C.B; MOSCARDI, F; CORREA-FERREIRA, B.S; SOSA-GÓMEZ, D. R; PANIZZI, A.R; CORSO, I.C; GAZZONI, D.L; OLIVEIRA, E.B. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Embrapa Soja, 2000. 70p. - (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.30).
- HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, Embrapa, 2012. 859p.
- HOFFMANN-CAMPO, C.B; MOSCARDI, F; CORREA-FERREIRA, B.S; SOSA-GÓMEZ, D.R; PANIZZI, A.R; CORSO, I. C; GAZZONI, D.L; OLIVEIRA, E.B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Embrapa Soja, 2000. 70p. -- (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.30).
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf)>. Acesso em: 04 Agosto. 2016.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). Disponível em: <<http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf>>. Acessado em: 29 Abril. 2017.
- JENSEN, R.L.; NEWSON, L.D.; GIBBENS, J. Soybean Looper; effect of adult nutrition on oviposition, mating frequency and longevity. **Journal of Economic Entomology**, v. 67, p. 467-476, 1974.
- LAPIED, B.; GROLLEAU, F.; SATTELLE, D.B. Indoxacarb, an oxadiazine insecticide, blocks insect neuronal sodium channels, **Br. J. Pharmacol.**, v. 132, 587–595, 2001.
- LI, Y.; QIN, Y.; YANG, N.; SUN, Y.; YANG, X.; SUN, R.; WANG, Q.; LING, Y. Studies on Insecticidal Activities and Action Mechanism of Novel Benzoylphenylurea Candidate NK-17. **Plos One**, v. 8, n. 6, p. 1-13, 2013.
- LIMA, A.C. Ordem Dermaptera. In: LIMA, A.M. da C. **Insetos do Brasil**. Escola Nacional de Agronomia, v. 2, cap. 12, p. 205-213, 1938.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em: 29 Abril. 2017.
- MATSUMURA, F. Studies on the action mechanism of benzoylurea insecticides to inhibit the process of chitin synthesis in insects: a review on the status of research activities in the past, the present and the future prospects. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 97, p. 33–39, 2010.

- MARQUES, A.S. **Aspectos biológicos de dermápteros (Insecta, Dermaptera) presentes em canaviais da região de Piracicaba**. 2011. 57 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura.
- MASON, L.J.; JOHNSON, S.J.; WOODRING, J. Seasonal and ontogenetic examination of reproductive biology of *Pseudoplusia includes* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 18, p. 980-985, 1989.
- MERTZ, F.P.; YAO, R.C. *Saccharopolyspora spinosa* sp. nov. isolated from soil collected in a sugar rum still. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 40, p. 34-39, 1990.
- NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in Integrated Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586 p.
- PASINI, A.; PARRA, J.R.P.; NAVA, D.E.; BUTNARIU, A.R. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs. e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p.1562-1568, 2010.
- PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. **Determinação do número de ínstares de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 49 p.
- PICANÇO, M.C. et al. Seletividade de inseticidas a *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) e *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) inimigos naturais de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1818) (Lepidoptera: Pieridae). **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 183-188, 2003.
- PINTO, A. de S.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N. de. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004. 108p.
- REDOAN, A.C. Seletividade de inseticidas para *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) com registro para o controle da *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. 2011. 104p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – UFLA (Universidade Federal de Lavras), 2011.
- REDOAN, A.C.M; CARVALHO, G.A.; CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; SILVA, R.B. Seletividade de inseticidas utilizados no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para ovos e ninfas de *Doru luteipes* (Scuder) (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 11, n. 1, p. 25-34, 2012.

- REDOAN, A.C.M; CRUZ, I; AMÂNCIO, M.B.; SILVA, C.A.; SILVA, R.B.; SILVA, C.R.S. Seletividade de produtos utilizados no controle da *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para ninfas e adultos de *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Carcinophoridae). **XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Salvador – BA, 2014.
- REIS, L.L.; OLIVEIRA, L.J.; CRUZ, I. Biologia e potencial de *Dorus luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 333-342, 1988.
- ROBERTS, T.R.; HUTSON, D.H. **Metabolic Pathways of Agrochemicals: Insecticides and Fungicides**. Cambridge CB4 0WF, UK: The Royal Society of Chemistry, 1999. 1475p.
- SIMÕES, J.C.; CRUZ, I.; SALGADO, L.O. Seletividade de inseticidas às diferentes fases de desenvolvimento do predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Anais Sociedade Entomologica**, v. 27, n. 2, p. 289-294, 1998.
- SONG, W.; LIU, Z.; DONG, K. Molecular basis of differential sensitivity of insect sodium channels to DCJW, a bioactive metabolite of the oxadiazine insecticide indoxacarb. **NeuroToxicology**, v. 27, p. 237–244, 2006.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A.R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Embrapa-CNPSo, 90 p.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A.R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Embrapa Soja, 2014. 100p.
- STECCA, C.S.; PASINI, A.; BUENO, A.F.; DENEZ, M.D.; SILVA, D.M.; MANTOVANI, M.A.M. Insecticide selectivity for *Doru lineare* (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p.107-115, 2014.
- SUN, R.; LIU, C.; ZHANG, H.; WANG, Q. Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 6847-6865. 2015.
- TONET, G.L. Seletividade de inseticidas ao predador *Doru lineare* (Dermaptera, Forficulidae), em Soja. p. 102-105, 1995.
- TRIPLEHORN, C.A.; JONNISON, N.F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 263 p. Tradução de: Introduction to the study of insects.

ZOTTI, M.J.; GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; CASTILHOS, R.V.; MARTINS, J.F.S. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ovos e ninfas do predador *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae). **Arq. Instituto Biológico**. v. 77, n. 1, p. 111-118, 2010.

WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A.; CRUZ, I. **Cultivo do milho: manejo integrado de pragas (MIP)**. Embrapa Milho e Sorgo, 2002, 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico 50).

WING, K.D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M.E. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects, **Crop Protect.** v. 19, p. 537–545, 2000.

YU, S.J.; YUDELMAN, M.; RATTI, A.; NYGAARD, D. **The toxicology and Biochemistry of Insecticides: Pest management and food production – looking to the future**. Washington, DC. International Food Policy Institute, 1998. CCR Press, 2015. 358p.

3. TOXICIDADE RESIDUAL DE INSETICIDAS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1858) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM SOJA

Resumo

Dentre as várias espécies de insetos-praga que se alimentam de soja, a lagarta desfolhadora *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858), vulgarmente conhecida como falsa-medideira é praga primária para a cultura no Brasil, e tem sua importância aumentada, principalmente pelos diversos surtos registrados em várias regiões de cultivo no país. O controle da praga em soja tem sido realizado em sua maioria com plantas *Bt* e produtos químicos, muitas vezes de maneira inadequada, causando diversos problemas no agroecossistema e principalmente desequilíbrios ambientais. Para viabilizar esta importante tática de controle, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar a toxicidade residual ao longo do tempo e o efeito da chuva na eficácia dos inseticidas: indoxacarb (Avatar®), nas doses de 30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹; chlorantraniliprole (Premio®), nas doses de 5, 10 e 20 g i. a. ha⁻¹; spinosad (Tracer®), na dose de 36 g i. a. ha⁻¹ e teflubenzuron (Nomolt 150®), na dose de 15 g i. a. ha⁻¹, inseticidas estes amplamente utilizados na cultura da soja. Para isso, plantou-se e conduziu a soja até o estágio de desenvolvimento V7 em casa-de-vegetação, aplicou-se os inseticidas e respectivas doses utilizando um pulverizador de barras com pressurização por CO₂ de 2 kgf, usando bicos de baixa deriva, espaçados com 50 cm, vazão de 120 L ha⁻¹. Utilizou-se o delineamento casualizado em blocos e cada tratamento constou de 16 plantas, divididas em 4 blocos com 4 plantas, para cada um dos dois ensaios, com e sem simulação de chuva, realizada via aérea, por aspersor, com volume de 2,53 mm por dia, até o 15º dia. Folhas pulverizadas foram coletadas e levadas para o laboratório, onde ensaios foram realizados nos tempos de 1, 5, 10 e 15 dias após a pulverização, para as duas condições de precipitação, utilizando-se neonatas de *C. includens*. Os inseticidas teflubenzuron (15 g i. a. ha⁻¹); spinosad (36 g i. a. ha⁻¹); chlorantraniliprole (5, 10 e 20 g i. a. ha⁻¹); indoxacarb (30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹) não tiveram a eficácia afetada quando submetidos à simulação de chuva em todos os tempos avaliados. Quanto a toxicidade residual ao longo do tempo, teflubenzuron, chlorantraniliprole e indoxacarb, nas duas condições, com e sem simulação de chuva, tiveram redução da eficácia após o 5º dia. Diferentemente, os inseticidas spinosad (36 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g i. a. ha⁻¹), nas duas condições, não tiveram redução da eficácia até aos 15 dias após aplicação, e em todos os tempos avaliados foram mais eficazes do que os demais inseticidas. Apesar disso, todos os inseticidas apresentaram mortalidade superior a 80%, sendo então considerados eficientes, com toxicidade residual suficiente para o controle da praga até 15 dias após pulverização.

Palavras-chave: Controle químico; Manejo integrado de pragas; Lagarta falsa-medideira; Efeito inseticida sob chuva

Abstract

Among several insect pests that feed on soybeans, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858), commonly known as soybean looper, is a primary pest of this crop in Brazil, and has its increased importance, mainly due to the several outbreaks in several cropping regions of the country. The chemical control has been used as an alternative to the control of this pest in soybean, often inadequately, causing several problems in the agroecosystem and mainly environmental imbalances. The objective of this study was to evaluate the residual toxicity over time and the effect of rainfall on insecticides: the oxadiazine indoxacarb (Avatar®) in doses of 30, 60 e 90 g a. i. ha⁻¹; the diamide chlorantraniliprole (Premio®) in doses of 5, 10 e 20 g a. i. ha⁻¹; the spinosyn spinosad (Tracer®) in dose of 36 g a. i. ha⁻¹ and the benzoylureas teflubenzuron (Nomolt 150®) in dose of 15

g a. i. ha⁻¹ which are widely used in the soybean crop. For this, we sowed and conducted the soy until the V7 growth stage in greenhouse, and the insecticide doses were applied with CO₂ pressurized backpack sprayer at a constant pressure of 2.0 kgf, using low drift nozzles spaced 50 cm, with a flow rate of 120 L ha⁻¹. After spraying, a randomized complete block design was used, each treatment (insecticide/ dose) consisted of 16 plants, divided in 4 blocks with 4 plants, for each of the two tests, one without rainfastness, and other under rainfastness, performed by air pulverization, by sprinkler, with volume of 2.53 mm every day. Treated leaves were collected and transferred to the laboratory, where trials were performed at 1, 5, 10 and 15 days after spraying, for the two precipitation conditions, using *C. includens* neonates, which were confined in tray, one per well, with a 10 mm leaf disk. The insecticides teflubenzuron (15 g a. i. ha⁻¹); spinosad (36 g a. i. ha⁻¹); chlorantraniliprole (5, 10 e 20 g a. i. ha⁻¹); indoxacarb (30, 60 e 90 g a. i. ha⁻¹), did not have the control effectiveness affected when subjected to rainfastness at all periods evaluated. For residual toxicity over time, teflubenzuron; chlorantraniliprole, and indoxacarb, in both conditions, with and without rainfastness had low control efficacy with 5 days, and remained in the evaluations of 10 and 15 days after spraying. In contrast, inseticidas spinosad (36 g a. i. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g a. i. ha⁻¹) in both conditions had no reduction in control efficacy until 15 days after spraying and at all periods evaluated were more effective than the other insecticides. Despite this, all insecticides showed mortality higher than 80% and are therefore considered efficient, with residual toxicity sufficient to control the pest, up to 15 days after spraying.

Keywords: Chemical control; Integrated pest management (IPM); Soybean looper; Rainfastness

3.1. Introdução

Dentre as maiores culturas que contribuem e fazem parte da grande e importante produção de grãos no Brasil está a soja *Glycine max* L. Merrill (Fabales: Fabaceae), com produção de 95,4 milhões de toneladas na safra 2015/16, com expectativa de safra recorde em 2017 (CONAB, 2017; EMBRAPA, 2017).

O cenário agrícola da soja sempre passou por grandes mudanças, que continuam acontecendo nas diversas regiões produtoras do Brasil. Entre as alterações, destaca-se o sistema de plantio direto consolidado e adotado na grande maioria do cultivo do grão, o uso de cultivares de ciclo precoce e de crescimento indeterminado, presença das populações de artrópodes resistentes a inseticidas, poucas formulações de inseticidas para combate às pragas e também as extensas áreas de cultivo. Junto às alterações, estão os problemas de inadequado manejo de plantas daninhas, pragas e da própria cultura. Paralelamente, os sistemas de cultivos atuais envolvem diversas culturas em sucessão ou rotação, o que promove a chamada “ponte-verde”, que facilita a disponibilidade de alimentos, migração e desenvolvimento das principais pragas da soja (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

Diante deste cenário agrícola, várias espécies de insetos e ácaros se alimentam de soja, dentre os artrópodes que causam desfolha direta, principalmente os noctuídeos, destaca-se a lagarta conhecida vulgarmente como falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858), que se tornou recentemente praga primária para a cultura da soja no Brasil, e tem sua importância aumentada, principalmente pelos diversos surtos registrados em várias regiões de plantio da cultura no país (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012). O estágio larval é o responsável pelos danos atribuídos à *C. includens*, que se inicia no primeiro ínstar do desenvolvimento, quando as lagartas pequenas, de primeiro ao terceiro ínstar, selecionam folhas novas, geralmente com baixo teor de fibras, enquanto que, após estes estágios, as lagartas maiores, tornam-se menos exigentes, e passam a se alimentar de folhas mais velhas e mais fibrosas (GALLO et al. 2002; BUENO, 2007; BERNARDI, 2012). Em média, uma lagarta de *C.*

inclusens pode consumir de 64 a 200 cm², sendo esta variação decorrente dos tipos de folhas consumidas. Os fatores que podem contribuir são: espécie de planta, espessura de folha, idade, cultivares, etc (HOFFMANN-CAMPO et al. 2012).

O controle desta praga tem sido realizado em sua grande maioria com produtos químicos, que são aplicados de acordo com níveis de controle baseados na quantidade de lagartas amostradas e na porcentagem de desfolha, sendo em média 40 lagartas por pano de batida, ou se a desfolha atingir 30%, antes da floração, e 15% quando em fase reprodutiva (HOFFMANN-CAMPO et al. 2000; GALLO et al. 2002; BUENO et al. 2010; HOFFMANN-CAMPO et al. 2012). De acordo Ávila e Grigolli (2014), a lagarta falsa-medideira-da-soja é, muitas vezes, mais tolerante às dosagens usuais de pesticidas, quando comparado com *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) além disso, tem hábito de se abrigar e alimentar da parte mediana e basal da planta de soja, no interior da planta, diminuindo a exposição aos inseticidas. Além disso, a praga mostra preferência por condições de seca, com hábitos específicos, que pede maiores cuidados para que ocorra eficácia deste tipo de controle. Diante destes e de outros fatores, a soja juntamente com outras grandes culturas que mais utilizam pesticidas, contribuem para que o Brasil seja o país que mais consome agrotóxicos no mundo (ABRASCO, 2017; CARNEIRO, 2015).

Apesar de ser considerado uma das formas de controle mais utilizadas e efetivas para a praga nesta cultura, e para o controle de insetos de maneira geral, manejos inadequados e uso incorreto dos inseticidas têm aumentado o número de aplicações, sem muitas vezes atingir efetivo controle da praga, podendo muitas vezes causar desequilíbrios biológicos, como: a resistência de insetos-praga à inseticidas, ressurgência de pragas, aumento do ataque de pragas secundárias, efeitos a insetos não alvo, como para os inimigos naturais; pode também impactar negativamente o meio ambiente com: contaminação de água, solo, plantas adjacentes, podendo causar intoxicações de várias formas vivas, dentre estas, o próprio homem (CRUZ, 1995; DENT, 1995; NORRIS et al. 2003; MMA, 2017).

Diante da importância da cultura da soja para o Brasil e para o mundo, como base da alimentação animal e humana, reconhecendo o grande uso e papel dos inseticidas como uma das principais táticas usadas para o controle de insetos-praga da cultura, se faz necessário estudos que tratem da melhor forma de uso destas moléculas, para que possam ser condizentes com os preceitos de manejo integrado de pragas. Dentre estes, a influência da chuva (precipitação) e tempo (período pós aplicação) sobre a toxicidade residual de inseticidas à insetos-praga. Com isso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a toxicidade residual, bem como o efeito da simulação de chuva sobre os inseticidas: indoxacarb (Avatar®), chlorantraniliprole (Premio®), spinosad (Tracer®) e teflubenzuron (Nomolt® 150) para *C. inclusens* em soja.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Local e condições ambientais

Os experimentos foram realizados na Estação Experimental da Monsanto, situada no município de Santa Cruz das Palmeiras - SP e no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP. Ensaios conduzidos em casa-de-vegetação e em laboratório.

3.2.2. Manutenção da criação de *Chrysodeixis includens* em laboratório

Os insetos utilizados nos ensaios vieram da criação do laboratório de Entomologia da Monsanto.

A população foi coletada em cultivo de soja dentro da estação experimental Monsanto. Os estágios coletados foram lagarta e pupa. As lagartas foram levadas para o laboratório e mantidas em placas de Petri com pedaços da dieta de Greene III adaptada de Greene et al. (1976), e acondicionadas em sala climatizada com temperatura de 28 ± 2 °C e umidade de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. As pupas foram transferidas para gaiolas de emergência e mantidas a 25 ± 2 °C.

Após a emergência, que acontece entre 6 a 14 dias, os adultos foram acondicionados em tubo de PVC 30×15 cm com borda interna revestida de papel sulfite, onde os adultos ovipositarão.

Os papéis contendo os ovos são armazenadas em temperatura 25 °C (ou conforme a necessidade) e umidade de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Todo o ciclo se refaz após a eclosão das lagartas.

A criação de *C. includens* está na terceira geração em laboratório, após sua coleta em campo, e a cada ano há reintrodução de novos indivíduos selvagens coletados no campo, para manutenção e diversidade genética da população.

3.2.3. Instalação do experimento

O ensaio foi instalado em casa-de-vegetação do tipo polietileno, na estação experimental da Monsanto.

Para o plantio da soja, utilizou-se de vasos plásticos de 26×22 cm, com substrato de casca de pinus e casca de arroz “Tropstrato Mix Foliosa”, mantidos em bancadas suspensas, e em cada vaso foram colocadas duas mangueiras para suprimento de água e fertilizantes. As sementes utilizadas foram cedidas pela Monsanto, sendo esta de variedade TMG 1180 RR convencional, plantadas manualmente, três em cada vaso, a uma profundidade de aproximadamente 2 cm. Após a germinação e estabelecimento do estágio de desenvolvimento V2, duas plântulas foram retiradas, e apenas uma deixada para o desenvolvimento necessário ao ensaio (Figura 1).

Figura 1. Local de condução e pulverização de plantas; A) Vasos distribuídos conforme casualização; B) Planta de Soja no dia da pulverização, com fita hidrosensível ao lado e C) Experimentos com e sem precipitação lado a lado, divididos por uma cortina de plástico.

3.2.4. Pulverização dos inseticidas

Quando 80% das plantas estavam no estágio V7, cada vaso foi remanejado, a fim de não haver sobreposição da 1ª e 2ª folha apical totalmente expandida, visto que estas foram as folhas utilizadas no ensaio de toxicidade residual inseticida em laboratório.

Os tratamentos utilizados foram os inseticidas indoxacarb (Avatar®) nas doses 30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹; chlorantraniliprole (Premio®), nas doses 5, 10 e 20 g i. a. ha⁻¹; spinosad (Tracer®), ns dose de 36 g i. a. ha⁻¹; teflubenzuron (Nomolt 150®) na dose de 15 g i. a. ha⁻¹; e como controle, utilizou-se água.

Antes da aplicação, as plantas tiveram a 1ª folha expandida marcada com uma fita plástica, para que fosse garantido a utilização da mesma folha pulverizada, em cada tempo de avaliação da toxicidade residual inseticida. O pulverizador utilizado foi o de barras *kit Herbicat*, com pressurização por CO₂ de 2 kgf, com bicos de baixa deriva, espaçados com 50 cm, vazão de 120 L ha⁻¹.

A aplicação foi realizada respeitando a estabilização, velocidade, direcionamento da barra e a uma altura de 70 cm do ápice da planta. A cada troca de inseticida houve primeiramente a retirada do último inseticida utilizado, até que o mesmo parasse de sair pelo bico, troca das garrafas, em que água era utilizada para limpeza da rede de cano do pulverizador, até a saída de ar, e por fim, um novo inseticida era utilizado. Utilizou-se também uma barreira plástica amarrada em bastões de madeira, para restringir a aplicação de cada inseticida/dose por parcela, a fim de evitar a deriva e contaminação cruzada. Em cada parcela foi inserida uma fita hidrosensível, na altura das folhas selecionadas, para a comprovação da eficácia de aplicação, levando-se em consideração o tamanho da gota e a distância entre elas (Figura 2).

Figura 2. Aplicação de inseticidas em plantas de soja; A. Pulverizador de barras em processo de regulagem; B. Pulverização de uma parcela, com barreira plástica como proteção de deriva e C. Fita hidrosensível utilizada para confirmar a qualidade de aplicação.

3.2.5. Experimento em laboratório para avaliar a toxicidade residual dos inseticidas

Após a pulverização, os tratamentos foram redistribuídos em delineamento de blocos com parcelas casualizadas, em que cada tratamento (inseticida/dose) constou de 16 plantas, divididas em 4 blocos com 4 plantas. As avaliações foram realizadas a 1, 5, 10 e 15 dias após a pulverização, utilizando-se uma planta para cada repetição.

Este ensaio teve duas condições, uma sem simulação de chuva, e outra com a simulação de precipitação, sendo realizada via aérea, por aspersor com vazão de 16,8 mm/hora. O regime de chuva aplicado foi estipulado seguindo a média da “Normal Climatológica” da região de Santa Cruz das Palmeiras – SP, para o mês de abril, mês de realização do experimento, segundo CPA-Unicamp (2015). Após a aplicação de inseticidas, em todos os dias, houve simulação de chuva correspondente a 2,53 mm, sendo 2,53; 12,65; 25,30 e 37,95 mm, para os tempos 1, 5, 10 e 15 dias respectivamente.

Para cada tratamento, nas duas condições de simulação de chuva, coletou-se uma folha expandida, marcada inicialmente com fita no dia da pulverização, de uma planta por repetição, cujo o trifólio foi acondicionado em saco plástico e mantido em caixa térmica com gelo até a realização do bioensaio.

Em laboratório, as folhas foram cortadas utilizando alicates de cortes de 10 mm de diâmetro, sempre iniciando por um tratamento do ensaio com simulação de chuva, e depois com o mesmo tratamento em que não houve simulação de chuva. A cada tratamento, realizou-se a limpeza do alicate com álcool e água e secagem, para evitar contaminação cruzada entre tratamentos.

No total, utilizou-se 64 discos foliares por tratamento, sendo 16 discos por planta de cada repetição. Os discos foliares foram inseridos em bandeja *Bio-Assay* branca de 128 poços (Bio-Serv-BAW128), contendo no fundo 1 mL de água:água 2%, que serviu de base e como fonte de umidade para que o disco foliar mantivesse turgido até o fim do ensaio (Figura 3). Assim, cada placa continha 1 tratamento, sendo metade composta pelo ensaio que passou pela simulação e outro sem a simulação de chuva.

Cada unidade experimental foi infestada com uma lagarta neonata de *C. includens*, e a cada 16 poços um selo com perfurações para trocas gasosas foi adicionado à placa, mantendo a lagarta sem a chance de escolha.

A placa foi acondicionada em sala climatizada, com temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

No 7º dia, registrou-se a mortalidade/sobrevivência e insetos que apesar de vivos estavam em primeiro ínstar.

Figura 3. Equipamentos e materiais utilizados no preparo do bioensaio; A) Pinça (esquerda) e alicate de corte de discos de 10 mm (direita); B) Placa de 128 poços com discos foliares, infestada e selada.

3.2.6. Análises estatísticas

Um modelo linear generalizado com distribuição do tipo binomial foi utilizado para análise dos dados de mortalidade; inseticidas, condição pluviométrica e tempo após pulverização foram considerados fontes de variação na análise de deviance. A verificação da qualidade do ajuste foi realizada pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (DEMÉTRIO; HINDE; MORAL, 2014), utilizando o pacote “hnp” do R Core Team (2017). Quando houve diferença significativa na análise de variância, as médias foram comparadas pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%), os dados previstos e respectivos intervalos de confiança foram obtidos mediante PROC GENMOD (SAS Institute, 2010).

3.3. Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre os fatores inseticidas *vs* condição de precipitação (CCh = com chuva e SCh = sem chuva) *vs* dias após pulverização (DAP) ($df = 24$; Deviance = 45,60; $Pr > \chi^2 < 0,001$). No desdobramento da interação, constatou-se que apenas o controle teve diferença entre a condição de simulação de chuva (CCh) e sem a simulação de chuva (SCh), o que aconteceu no tempo 1, 5 e 10 dias após pulverização (DAP), com mortalidade máxima de 11,68% na condição SCh do 1º dia. Todos os inseticidas, em todos os tempos avaliados, não diferiram entre as duas condições de precipitação, quanto a mortalidade média observada, ou seja, a simulação de chuva utilizando-se aspersor em casa-de-vegetação não impactou a eficácia dos inseticidas. Entretanto, entre os inseticidas avaliados, houve diferença em todos os tempos observados, nos quais, os inseticidas spinosad, na dose de 36 g i. a. ha^{-1} , e indoxacarb, na dose de 90 g i. a. ha^{-1} , apresentaram maior eficácia quando comparado aos demais inseticidas e doses. Spinosad causou mortalidade de 99,53%, registrada a 1 DAP e 96,00%

aos 10 DAP. Para indoxacarb, a mortalidade média foi de 99,63%, registrada a 1 DAP, e de 96,79% aos 10 DAP (Tabela 1).

Para ação de um inseticida através da ingestão por insetos, o depósito em plantas deve persistir por certo tempo e resistir a eventos meteorológicos diversos. No entanto, dentre estes eventos ambientais, a chuva pode lavar o depósito de inseticida e reduzir a eficácia, pois a concentração do produto pode mudar e não ser mais suficiente para causar efeitos sobre o inseto (McDOWELL et al. 1985; GAUTAM et al. 2016). O efeito da chuva sobre inseticidas depositados em folha pode variar dependendo da intensidade da precipitação, tempo de ocorrência após a aplicação, tipo de inseticida, tipo de formulação e a propriedade específica de cada planta (MASHAYA, 1993).

A precipitação, com simulação de chuva, não afetou a eficácia de nenhum dos inseticidas testados, possivelmente pelo baixo volume de água aplicado sobre as plantas durante a simulação de chuva, que foi de 2,53; 12,65; 25,30 e 37,95 mm acumulados, para os tempos 1, 5, 10 e 15 dias após aplicação, respectivamente. Segundo Mashaya (1993), o efeito da chuva sobre inseticidas pode variar de acordo com vários fatores, assim como pela intensidade e volume da chuva, como demonstrado no estudo de Wise et al. (2017) que, usando volumes de chuva de 2,54 e 12,70 mm, não evidenciou redução de eficácia de nenhum inseticida testado, já com volume de 50,80 mm, houve redução da eficácia de thiacloprid e spinetoram. Todavia, a maioria dos estudos demonstram o efeito negativo da chuva sobre depósitos de inseticida na planta. Dentre estes, Arrué et al. (2014) avaliaram o efeito da precipitação artificial após a aplicação do inseticida chlorantraniliprole, com e sem adição de adjuvante, e os resultados obtidos sugeriram que a precipitação de 20 mm, um minuto após a aplicação de chlorantraniliprole, reduz em 25% a eficácia no controle de *A. gemmatilis*, e após 240 minutos já não há interferência e redução de controle, além disso, evidenciaram que o uso de adjuvantes associados ao inseticida aumentam a mortalidade da praga, justamente pela capacidade de retenção e proteção do depósito de inseticida, com influência positiva na tensão superficial dos líquidos, que impacta diretamente o tamanho e espectro das gotas, atuando na capacidade de cobertura, bem como na quantidade e retenção de gotículas do ingrediente ativo depositados na planta. Outros trabalhos também mostram o efeito negativo da chuva sobre inseticidas em diversas culturas, para diferentes espécies praga (MASHAYA, 1993; BRÉVAULT et al. 2009; MELO et al. 2015).

Tabela 1. Mortalidade média (%) de *Chrysodeixis includens* causada por diferentes inseticidas e doses ao longo do tempo (dias após a pulverização (DAP)²) e submetidos à duas condições, com simulação de chuva (CCh)³ e sem simulação de chuva (SCh)⁴.

Tratamento	Dose mL ha ⁻¹	Dose g i. a. ha ⁻¹	Mortalidade (%) ¹									
			1 DAP ²		5 DAP ²		10 DAP ²		15 DAP ²		CCh ³	SCh ⁴
			CCh ³	SCh ⁴	CCh ³	SCh ⁴	CCh ³	SCh ⁴	CCh ³	SCh ⁴		
Controle	—	—	0,00 (± 0,00) C b	11,68 (± 0,10) C a	0,00 (± 0,00) C b	4,60 (± 0,05) C a	1,47 (± 0,02) C a	0,00 (± 0,00) C b	1,90 (± 0,02) C a	2,83 (± 0,03) C a		
Teflubenzurom	100	15	95,30 (± 0,04) B a	96,82 (± 0,02) B a	88,07 (± 0,07) B a	91,74 (± 0,05) B a	77,44 (± 0,11) B a	83,78 (± 0,09) B a	81,68 (± 0,10) B a	87,03 (± 0,07) B a		
Spinosad	75	36	99,30 (± 0,01) A a	99,53 (± 0,00) A a	98,10 (± 0,02) A a	98,73 (± 0,01) A a	96,00 (± 0,05) A a	97,31 (± 0,03) A a	96,90 (± 0,04) A a	97,92 (± 0,02) A a		
Chlorantraniliprole	25	5	96,75 (± 0,03) B a	97,82 (± 0,02) B a	91,55 (± 0,06) B a	94,22 (± 0,04) B a	83,45 (± 0,09) B a	88,35 (± 0,07) B a	86,76 (± 0,08) B a	90,79 (± 0,06) B a		
Chlorantraniliprole	50	10	97,07 (± 0,02) B a	98,03 (± 0,01) B a	92,34 (± 0,05) B a	94,78 (± 0,04) B a	84,86 (± 0,09) B a	89,40 (± 0,07) B a	87,93 (± 0,08) B a	91,64 (± 0,06) B a		
Chlorantraniliprole	100	20	93,77 (± 0,05) B a	95,77 (± 0,03) B a	84,57 (± 0,09) B a	89,19 (± 0,07) B a	71,82 (± 0,12) B a	79,32 (± 0,10) B a	76,81 (± 0,11) B a	83,29 (± 0,09) B a		
Indoxacarb	200	30	95,98 (± 0,03) B a	97,29 (± 0,02) B a	89,69 (± 0,07) B a	92,90 (± 0,05) B a	80,18 (± 0,11) B a	85,89 (± 0,08) B a	84,02 (± 0,09) B a	88,78 (± 0,07) B a		
Indoxacarb	400	60	97,43 (± 0,02) B a	98,28 (± 0,01) B a	93,26 (± 0,05) B a	95,42 (± 0,04) B a	86,54 (± 0,09) B a	90,64 (± 0,07) B a	89,31 (± 0,07) B a	92,64 (± 0,05) B a		
Indoxacarb	600	90	99,44 (± 0,00) A a	99,63 (± 0,00) A a	98,48 (± 0,02) A a	98,98 (± 0,01) A a	96,79 (± 0,04) A a	97,84 (± 0,03) A a	97,51 (± 0,03) A a	98,33 (± 0,02) A a		

¹ Médias (± IC) seguidos pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e letras minúsculas nas linhas para cada tempo (DAP), nas duas condições (CCh e SCh) não diferenciam entre si devido a sobreposição de intervalos de confiança (95% IC) gerados pelo modelo binomial.

Quanto a performance dos inseticidas ao longo do tempo (dias após a pulverização - DAP), teflubenzuron, na dose de 15 g i. a. ha⁻¹, na condição de simulação de chuva (CCh) teve máximo desempenho 1 DAP, com mortalidade média de 95,30%, posteriormente, apresentou queda de eficácia aos 5 e 10 DAP, e na última avaliação, 15 DAP, manteve média de mortalidade de 81,68%. Na condição sem simulação de chuva (SCh) a dinâmica de performance foi semelhante, com máxima eficácia a 1 DAP, com mortalidade média de 96,82%, posteriormente teve queda de performance nos tempos 5 e 10 dias, e no último tempo, 15 DAP, manteve com média de 87,03% (Figura 4). Apesar da menor eficácia de teflubenzuron em relação a spinosad 36 g i. a. ha⁻¹ e indoxacarb 90 g i. a. ha⁻¹, a mortalidade foi de 80% na maioria do período de avaliação, sendo, portanto, considerado eficaz no controle de *C. includens* na cultura da soja. Segundo Tomquelski e Martins (2007), um inseticida pode ser considerado eficaz quando é capaz de controlar ao menos 80% da população de inseto-praga. A alta atividade inseticida das benzoiluréias evidenciada neste estudo se dá pelo modo de ação diferenciado da maioria dos inseticidas, estas moléculas interferem na síntese de quitina, sobre a enzima quitina sintetase ou durante o processo final de polimerização de *N*-acetylglucosamina, podendo afetar a elasticidade e firmeza da endocutícula, que pela má formação, não é capaz de suportar as exigências necessárias no processo de muda, levando o inseto a morte. Atuam geralmente nos estágios imaturos dos insetos, principalmente em lagartas, geralmente por ingestão, o que pode ter acontecido neste trabalho, através do limbo foliar que continha uma camada residual do inseticida, mesmo ao longo do tempo (SUN et al. 2015; YU, 2015).

Alguns estudos demonstraram que a eficácia das benzoiluréias pode não ser tão alta, como no estudo realizado por Martins et al. (2015), que observaram baixa eficácia dos inseticidas lufenuron e teflubenzuron no controle de *C. includens* na cultura da soja e em condições de campo. Entretanto, resultados diferentes foram obtidos pelos mesmos autores, em um segundo ensaio, mostrando que a eficácia de um inseticida depende de diversos fatores, e que estes podem variar a cada ano de cultivo. Grigolli (2016), em ensaios realizados em campo, observou que teflubenzuron (150 mL ha⁻¹) foi eficiente no controle de *C. includens*, com mortalidade entre 29,1 a 51,9%, aos 14 dias após a aplicação, dependente da população inicial da praga. Esses resultados indicam que a baixa eficácia no campo pode estar relacionada com a tecnologia de aplicação, pois, em laboratório, como demonstrado no presente trabalho, a eficácia foi alta, mesmo com dose menor (100 mL ha⁻¹). Segundo Ávila e Grigolli (2014), devido ao hábito de se alimentar e abrigar na parte mediana e baixa da planta, esta praga pode não se expor ao inseticida, levando ao não controle efetivo da praga em campo.

Figura 4. Toxicidade residual de diferentes inseticidas e doses ao longo do tempo (dias após a pulverização (DAP)) submetidos à duas condições: com simulação de chuva e sem simulação de chuva. Pontos correspondem às médias, barras correspondem aos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo binomial.

Para o inseticida spinosad na dose $36 \text{ g i. a. ha}^{-1}$, nas duas condições de precipitação, com e sem chuva, não houve diferença na eficácia ao longo do tempo após a pulverização das plantas. Na condição com chuva, a mortalidade média foi de $99,30 \pm 0,00\%$, $98,10 \pm 0,03\%$, $96,00 \pm 0,01\%$ e $96,90 \pm 0,02\%$, para 1, 5, 10 e 15 DAP, respectivamente. Na condição sem chuva, observou-se mortalidade média de $99,53 \pm 0,00\%$, $98,73 \pm 0,02\%$, $97,31 \pm 0,02\%$ e $97,92 \pm 0,00\%$ a 1, 5, 10 e 15 DAP, respectivamente (Figura 4). Além de manter a eficácia ao longo do

tempo, não mostrou diferença tanto para a condição de chuva ou não, e juntamente com Avatar (600 mL ha⁻¹) foram, dentre todos os inseticidas, os que tiveram maior eficácia no controle de *C. includens*. A ação desta desse inseticida à base de spinosad neste estudo se deu provavelmente pela absorção digestiva, mas também via cutânea, e uma vez na hemolinfa do inseto, o inseticida atua nos nervos e músculos, exercendo a função de moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina, abrindo os canais iônicos, estimulando a condução do estímulo nervoso e provocando excitação do sistema nervoso, levando a contrações musculares involuntárias, prostração com tremores, paralisia e finalmente a morte do inseto-praga (OMOTO, 2000; IRAC, 2017).

Esse resultado é semelhante ao observado por Brévault et al. (2009) que, ao avaliaram a toxicidade residual do inseticida spinosad sobre neonatas de *Helicoverpa armigera* (Hübner), obtiveram alta eficácia, acima de 80% até o 12º dia. Todavia, quando houve simulação de chuva, o inseticida perdeu sua eficácia, mantendo a mortalidade em 80% somente até o 4º dia e ao 12º dia causou apenas 30% de mortalidade das lagartas.

Diferentemente, o inseticida chlorantraniliprole, na dose 5 g i. a. ha⁻¹ e na condição de simulação de chuva (CCh), apresentou máximo desempenho no 1 DAP, com mortalidade média de 96,75%, posteriormente, houve queda de eficácia aos 5 DAP, com mortalidade média de 91,55%, e aos 10 e 15 DAP a mortalidade foi de 83,45 e 86,76% respectivamente. Na condição sem simulação de chuva (SCh), a dinâmica de performance foi semelhante, teve máximo desempenho no 1 DAP, com mortalidade média de 97,82%, posteriormente teve queda de performance no tempo 5 DAP, com mortalidade média de 94,22%, e manteve a performance no tempo 10 e 15 DAP com médias de 88,35 e 90,79%, respectivamente (Figura 4). Mesmo com eficácia abaixo das obtidas pelos inseticidas spinosad 36 g i. a. ha⁻¹ e indoxacarb 90 g i. a. ha⁻¹, o inseticida chlorantraniliprole, do grupo das diamidas, na dose de 5 g i. a. ha⁻¹, a menor dose testada neste estudo, foi eficiente no controle de neonatas de *C. includens*, com médias acima de 83% de mortalidade. A ação desta molécula se dá ao se ligarem aos receptores de rianodina dos insetos, nas células musculares, descontrolando o fluxo de cálcio, pela abertura do canal, resultando em esgotamento das reservas de cálcio intracelular, o que provoca sintomas de paralisia muscular e morte (CORDOVA et al. 2006; YU, 2015).

Na dose de 10 g i. a. ha⁻¹, chlorantraniliprole, na condição de simulação de chuva (CCh) apresentou maior eficiência a 1 DAP, com mortalidade média de 97,07%, posteriormente houve uma pequena queda de eficácia aos 5 DAP, com mortalidade média de 92,34%, e a eficácia aos 10 e 15 DAP foi de 84,86 e 87,93%, respectivamente. Na condição sem simulação de chuva (SCh), a eficácia foi semelhante, com mortalidade média de 98,03% a 1 DAP, com ligeira queda de mortalidade aos 5 DAP (94,78%). Aos 10 e 15 DAP, a mortalidade foi, em média, 89,40% e 91,64%, respectivamente (Figura 4).

Com a mesma dinâmica de desempenho, chlorantraniliprole na maior dose 20 g i. a. ha⁻¹, na condição de simulação de chuva (CCh) teve máximo desempenho a 1 DAP, com mortalidade média de 93,77%, posteriormente, houve queda de eficácia aos 5 DAP, com mortalidade média de 84,57%, e manteve a performance no tempo 10 e 15 DAP com médias de 71,82 e 76,81%, respectivamente. Na condição sem simulação de chuva (SCh) a dinâmica de performance se manteve, com máximo desempenho no 1 DAP, mortalidade média de 95,77%, posteriormente teve queda de performance no tempo 5 DAP, com mortalidade média de 89,19%, e manteve a performance no tempo 10 e 15 DAP com médias de 79,32 e 83,29% respectivamente (Figura 4).

Alguns estudos evidenciam a boa performance de chlorantraniliprole no controle de pragas, conforme o relatado por Grigolli (2016), em estudos realizados em campo pela Fundação MS na safra 2015/16, onde o objetivo foi avaliar a performance de inseticidas usados em soja para controle de *C. includens*. Dentre os

inseticidas, chlorantraniliprole (Premio) na dose 70 mL ha⁻¹ teve bom desempenho, com eficiência acima de 86% no 7º dia após a aplicação e 74% no 14º dia. Entretanto, quando misturou-se chlorantraniliprole (Premio) e chlorantraniliprole + diflubenzurom (Dimilin) o resultado foi melhor do que quando as moléculas atuaram separadamente, houve eficiência de controle acima de 94% no 2º dia, e acima de 80% no 14º dia. Um outro estudo da Fundação MS mostrou que a intensidade de infestação influencia o desempenho de Premio, pois quando usado em baixa infestação da praga, média de 8 lagartas por metro de linha, controlou 70% no 14º dia, e com alta infestação, média de 22 lagartas por metro, a eficiência de controle caiu para 63%. Há também na literatura evidencia de queda de eficácia de chlorantraniliprole após a pulverização, assim como o relatado por Kuss et al. (2016) que mostraram mortalidade de 100% de *H. armigera* após 24 horas da aplicação do inseticida, para lagartas de 2º e 4º instar. Contudo, quando folhas de 72 horas foram oferecidas, a mortalidade foi baixa, 40 e 30% para 4º e 2º instar respectivamente.

O inseticida indoxacarb 30 g i. a. ha⁻¹, na condição de simulação de chuva (CCh) teve máximo desempenho no 1 DAP, com mortalidade média de 95,98%, posteriormente teve queda de performance no tempo 5 DAP, com mortalidade média de 89,69%, e manteve a performance no tempo 10 e 15 DAP com médias de 80,18 e 84,02%, respectivamente. Na condição sem simulação de chuva (SCh), a mais alta eficácia foi obtida a 1 DAP, com mortalidade média de 97,29%, posteriormente, houve queda de eficácia aos 5 DAP, com mortalidade média de 92,90%, e manutenção da eficácia aos 10 e 15 DAP, com médias de 85,89 e 88,78%, respectivamente (Figura 4).

O inseticida indoxacarb na dose de 60 g i. a. ha⁻¹ e em condição de simulação de chuva, apresentou máxima eficácia a 1 DAP, com mortalidade média de 97,43%, aos 5 DAP houve queda de eficácia, com mortalidade média de 93,26%, e posteriormente, manutenção da eficácia aos 10 e 15 DAP, com médias de 86,54 e 89,31%, respectivamente. Na condição sem simulação de chuva, a eficácia no controle de *C. includens* foi semelhante, com máximo desempenho a 1 DAP com 98,28% de mortalidade, queda de eficácia aos 5 DAP com mortalidade de 95,42% e manutenção da mortalidade aos 10 e 15 DAP com 90,64% e 92,64%, respectivamente (Figura 4). Mesmo com a eficácia abaixo da obtida na maior dose, tanto a menor quanto a dose recomendada também apresentaram boa eficácia, acima de 80 e 86% de mortalidade respectivamente. A ação do indoxacarb sobre os insetos se dá pelo contato e ingestão, mas neste bioensaio é provável que a maior entrada se deu pela ingestão do limbo foliar, que continha uma camada residual do inseticida. Então, por apresentar alta atividade biológica, com rápida ação de bloqueio dos canais de sódio voltagem dependentes neuronais, reduz ou suprime a elevação do potencial de ação no axônio, evitando que ions de sódio fluem para dentro do axônio, causando paralisia e morte do inseto, com efeito rápido em espécies da ordem Lepidoptera (YU, 2015; WING, 2000; OMOTO, 2000).

Indoxacarb, na maior dose utilizada, 90 g i. a. ha⁻¹, diferentemente das demais doses, para as duas condições com e sem simulação de chuva, de acordo com a sobreposição do intervalo de confiança (IC 95%), não teve diferença de performance ao longo dos dias após pulverização, ou seja, mesmo quando sofreu ação da água, não perdeu a eficácia de controle. Na condição CCh, a mortalidade média foi de 99,44; 98,48; 96,79 e 97,51%, a 1, 5, 10 e 15 DAP, respectivamente. Na condição sem simulação de chuva, a mortalidade média foi de 99,63; 98,98; 97,84 e 98,33% a 1, 5, 10 e 15 DAP respectivamente (Figura 4).

Grigolli (2016) demonstrou, em estudos desenvolvidos pela Fundação MS, na safra 2015/16, que o controle de *C. includens* por Avatar, na dose 400 mL ha⁻¹, foi eficiente, com 100% de mortalidade no 4º dia após

a aplicação e 84% na última avaliação de 14 dias. Entretanto, quando o ensaio foi realizado em alta infestação da praga, a eficácia foi de 90% no 4º dia e 75% no 14º dia, mostrando que há diferença de performance do inseticida em diferentes populações iniciais da praga. Diferentemente dos resultados obtidos para indoxacarb neste estudo, em ensaio similar, mas com lagartas de terceiro instar, Silva (2016) avaliou a eficiência de duas formulações de indoxacarb (concentrado emulsionável – EC e solução concentrada – SC), nas doses 30 e 60 g i.a. ha⁻¹, para a falsa-medideira *C. includens*, e concluiu que as duas formulações foram eficientes no controle da praga, com médias acima de 80% de mortalidade, mas até o 3º dia após pulverização, já na última avaliação, 16 dias após, atingiu média de mortalidade de 25%.

A maioria dos estudos de avaliação da toxicidade residual de inseticidas tem como foco o inseto de 2º ou 3º instar, justamente por ser a fase de desenvolvimento larval mais encontrada quando se atinge o nível de controle de 15 ou 30% de desfolha. Diferentemente, apesar de também avaliar a toxicidade residual, no presente estudo, o objetivo foi avaliar a reinfestações da praga, seguindo a lógica de que após a aplicação do inseticida mais de 80% dos insetos de 2º e 3º instar ali presentes morrerão, e se houver reinfestação, iniciada por oviposição e após, eclosão de neonatas, estas se alimentarão de tecido foliar com resíduos do inseticida aplicado e poderão morrer ou não, dependendo da concentração residual ali presente ao longo do tempo de avaliação. Deste modo, não houve efeito negativo da simulação de chuva sobre a eficácia dos inseticidas, todos os inseticidas e doses avaliadas diferiram do controle e causaram mortalidade de pelo menos 80% até o 15º dia após pulverização, com destaque para spinosad 36 g i. a. ha⁻¹ e indoxacarb 90 g i. a. ha⁻¹ que causaram as maiores mortalidades sobre *C. includens*.

3.4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir:

- 1) Os inseticidas teflubenzuron (Nomolt), spinosad (Tracer), chlorantraniliprole (Premio) e indoxacarb (Avatar) não têm sua eficácia afetada quando submetidos à simulação de chuva.
- 2) Dentre todos os inseticidas, spinosad (36 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g i. a. ha⁻¹) são os mais eficazes.
- 3) Os inseticidas spinosad (36 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g i. a. ha⁻¹) não têm redução da eficácia ao longo do tempo, com ou sem ação da chuva. Os inseticidas teflubenzuron (15 g i. a. ha⁻¹), chlorantraniliprole (5, 10 e 20 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (30 e 60 g i. a. ha⁻¹), com e sem simulação de chuva, têm redução da eficácia após 5 dias da aplicação.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO (Associação Brasileira de Saúde Coletiva). Disponível em: <www.abrasco.org.br/site/noticias/ecologia-e-meio-ambiente/o-retrocesso-no-controle-dos-agrotoxicos-no-brasil/28221/>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.
- ÁVILA, C.J.; GRIGOLLI, J.F.J. Pragas da Soja e Seu Controle. In: LORENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J.F.J.; MELOTTO, A.M. PITOL, C.; GITTI, D.C. ROSCOE, R. (Ed.). **Tecnologia e Produção: Soja 2013/2014**. Fundação MS, 2014. p. 109-168.
- ARRUÉ, A.; GUEDES, J.V.C; STORCK, L.; SWAROWSKY, A.; CAGLIARI, D.; BURTET, L.M.; ARNEMANN, J.A. Artificial precipitation after spray of chlorantraniliprole insecticide associated with adjuvant application in soybean plants. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2118-2123, 2014.
- BERNARDI, O. Avaliação do risco de resistência de lepidoptera-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON87701 x MON89788 no Brasil. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- BRÉVAULT, T.; OUMAROU, Y.; ACHALEKE, J.; VAISSAYRE, M.; NIBOUCHE, S. Initial activity and persistence of insecticides for the control of bollworms (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton crops. **Crop Protection**, n. 28, p. 401-406. 2009.
- BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, A.F.; MOSCARDI, F.; OLIVEIRA, J.R.G.; CAMILLO, M.F. Sem barreiras. **Revista Cultivar**, v. 93, p. 12-15, 2007.
- BUENO, A.F.; BATISTELA, M.J.; MOSCARDI, F.; BUENO, R.C.O.F.; NISHIKAWA, M.; HIDALGO, G.; SILVA, L.; GARCIA, A.; CORBO, E.; SILVA, R.B. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 2176-2864; n.79).
- CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, p. 624, 2015.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Disponível em: <www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 10 junho. 2017.
- CORDOVA, D.; BENNER, E.A.; SACHER, M.D.; RAUH, J.J.; SOPA, J.S.; LAHM, G.P.; SELBY, T.P.; STEVENSON, T.M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D.F.; WU, L.; SMITH, R.M.; TAO,

T. Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, n. 84, p. 196–214, 2006.

CPA – Unicamp (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura). Disponível em: <<http://www.cepagri.unicamp.br/>>. Acessado em: 07 Novembro. 2015.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA/ CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA/ CNPMS. Circular Técnica, 21).

DENT, D. **Integrated Pest Management**. London, UK: Chapman & Hall, 1995. 356 p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>._Acessado em: 10 Junho. 2017.

IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). Disponível em: <<http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf>>. Acessado em: 29 Abril. 2017.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GAUTAM, B.K.; LITTLE, B.A.; TAYLOR, M.D.; JACOBS, J.L.; LOVETT, W.E.; HOLLAND, R.M.; SIAL, A.A. Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides against spotted wing drosophila in blueberries. **Crop Protection**, n. 81, p. 122-128, 2016.

GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

GRIGOLLI, J.F.J. Pragas da soja e seu controle. In: MELOTTO, A.M.; LORENÇÃO, A.L.F.; PITOL, C.; GITTI, D.C.; GRIGOLLI, J.F.J. (Ed.). **Tecnologia e Produção: Soja 2015/2016**. Fundação MS, 2016. p. 134-155.

HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B.S.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PANIZZU, A.R.; CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p. - (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.30).

HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, Brasília, DF, Embrapa, 2012. 859p.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf)>. Acesso em: 10 junho. 2017.
- KUSS, C.C.; ROGGIA, R.C.R.K.; BASSO, C.J.; OLIVEIRA, M.C.N.; PIAS, O.H.C.; ROGGIA, S. Control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean with chemical and biological insecticides. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 51, n. 5, p.527-536, 2016.
- MARTINS, G.L.M.; TOMQUELSKI, G.V. Eficiência de inseticidas no controle de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 4, p. 25–30, 2015.
- MASHAYA, N. Effect of simulated rain on efficacy of insecticide deposits on tobacco. **Crop Protection**, v. 12, p. 55-58. 1993.
- McDOWELL, L.L.; WILLIS, G.H.; SMITH, S.; SOUTHWICK, L.M. Insecticide Washoff from Cotton Plants as a Function of Time between Application and Rainfall. **Transactions of the ASAE**, v. 28, n. 6, p. 1896-1900, 1985.
- MELO, A.A.; USANO-ALEMANY, J.; GUEDES, J.V.C; HUNSCHE, M. Impact of tank-mix adjuvants on deposit formation, cuticular penetration and rain-induced removal of chlorantraniliprole. **Crop Protection**, n. 78, p. 253-262, 2015.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: <www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.
- NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in Integrated Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586 p.
- OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas de manejo de insetos**. Santa Maria: Departamento. Defesa Fitossanitária, 2000. p. 30-49.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017.
- SILVA, M.G. **Avaliação da formulação concentrado emulsionável de indoxacarbe no controle de *Helicoverpa armigera* (Hübner) e *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja**. Jaboticabal, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. 56 p. 2016.
- SUN, R.; LIU, C.; ZHANG, H.; WANG, Q. Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 6847-6865. 2015.

- WING, K.D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M.E. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects, **Crop Protect.**, v. 19, 537–545, 2000.
- WISE, J.C.; HULBERT, D.; VANDERVOORT, C. Rainfall influences performance of insecticides on the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apples. **Can. Entomol.**, v. 149, p. 118-128, 2017.
- YU, S.J.; YUDELMAN, M.; RATTA, A.; NYGAARD, D. **The toxicology and Biochemistry of Insecticides: Pest management and food production – looking to the future**. Washington, DC. International Food Policy Institute, 1998. CCR Press, 2015. 358p.

4. TOXICIDADE RESIDUAL DE INSETICIDAS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO

Resumo

Considerada no Brasil como a principal praga do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida também como lagarta-do-cartucho, alimenta-se de todas as fases de crescimento da planta, principalmente quando a planta atinge o estágio V3/V4, podendo causar severos danos e prejuízos. O controle da praga em milho tem sido realizado em grande parte com produtos químicos, e em muitos casos utilizado de maneira inadequada, causando diversos problemas no agroecossistema e principalmente desequilíbrios ambientais. Para viabilizar esta importante tática de controle, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a toxicidade residual ao longo do tempo e o efeito da simulação de chuva na eficácia dos inseticidas indoxacarb (Avatar®), nas doses 30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹, chlorantraniliprole (Premio®), nas doses 10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹, spinosad (Tracer®), na dose de 36 g i. a. ha⁻¹ e teflubenzuron (Nomolt 150®), na dose de 15 g i. a. ha⁻¹, inseticidas estes amplamente utilizados na cultura do milho. Para isso, semeou-se e conduziu o milho até o estágio de desenvolvimento V7 em casa-de-vegetação. A aplicação dos inseticidas e respectivas doses foi realizada utilizando-se um pulverizador de barras com pressurização por CO₂ de 2 kgf, usando bicos de baixa deriva espaçados com 50 cm, com vazão de 120 L ha⁻¹. Após a aplicação, usando-se de delineamento casualizado em blocos, cada tratamento (inseticida/dose) constou de 16 plantas, divididas em 4 blocos com 4 plantas, para cada um dos dois ensaios, um sem simulação de chuva, e outro sob simulação de precipitação, realizada via aérea, por aspersor, com volume de 1,21 mm todo dia. Folhas pulverizadas foram coletadas e levadas para o laboratório, onde ensaios foram realizados aos 1, 5, 10 e 15 dias após a pulverização, para as duas condições de precipitação, utilizando-se lagartas neonatas de *S. frugiperda*. Os inseticidas spinosad (36 g i. a. ha⁻¹) e chlorantraniliprole (10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹) mantiveram a eficácia até o 15º dia após pulverização. Quanto aos efeitos da simulação da chuva, os inseticidas spinosad (36 g i. a. ha⁻¹), chlorantraniliprole (10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹) e indoxacarb (90 g i. a. ha⁻¹), mantiveram a eficácia. O inseticida chlorantraniliprole na maior dose utilizada e recomenda para o controle da praga na cultura foi o mais efetivo dentre todos, quanto a toxicidade residual e sob ação da simulação de chuva.

Palavras-chave: Controle químico; Efeito inseticida sob chuva; Lagarta-do-cartucho-do milho; Manejo integrado de pragas

Abstract

Considered as the main corn pest in Brazil, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), also known as fall armyworm, feeds on all stages of plant growth, especially when the plant reaches the V3/V4 stage, causing severe damage and losses. The control of this pest in corn has been carried out with pesticides, and in many cases inadequately used, causing several problems in the agroecosystem and mainly environmental imbalances. To make this important control tactic feasible, this study evaluated the residual toxicity over time and the effect of rainfastness on insecticides effectiveness: indoxacarb (Avatar®), doses of 30, 60 e 90 g a. i. ha⁻¹, chlorantraniliprole (Premio®), doses of 10, 20 e 30 g a. i. ha⁻¹, spinosad (Tracer®), dose of 36 g a. i. ha⁻¹ and teflubenzuron (Nomolt 150®), dose of 15 g a. i. ha⁻¹ which are widely used in maize crop. For this, we sowed and conducted the maize plants until V7 growth stage in greenhouse, and the insecticide doses were applied with CO₂ pressurized backpack sprayer at a constant pressure of 2.0

kgf, using low drift nozzles spaced 50 cm, with a flow rate of 120 L ha⁻¹. After spraying, using a complete randomized block design, each treatment (insecticide/dose) consisted of 16 plants, divided in 4 blocks with 4 plants, for each of the two tests, one without rainfastness, and other under rainfastness, performed by air pulverization, by sprinkler, with volume of 1.21 mm every day. Treated leaves were collected and transferred to the laboratory, where trials were performed at 1, 5, 10 and 15 days after spraying, for the two precipitation conditions, using *S. frugiperda* neonates. The insecticide spinosad (36 g a. i. ha⁻¹) and chlorantraniliprole (10, 20 e 30 g a. i. ha⁻¹) maintained control efficacy throughout the evaluation periods, until the 15th day after spraying. Regarding rainfastness effects, the insecticides spinosad (36 g a. i. ha⁻¹), chlorantraniliprole (10, 20 e 30 g a. i. ha⁻¹), and indoxacarb (90 g a. i. ha⁻¹) maintained efficacy. Chlorantraniliprole at the highest used and recommended dose for the control of this pest was the most effective among all regarding residual toxicity and under the action of the rainfastness.

Keywords: Chemical control; Rainfastness; Fall armyworm; Integrated pest management

4.1. Introdução

Na safra 2016/17 de grãos, a produção de grãos pode variar de 219 a 228 milhões de toneladas, com isso, o Brasil poderá ter neste ano a maior safra da história, comprovando seu destaque na produção mundial de alimentos (CONAB, 2017; IBGE, 2017). Dentre as maiores culturas que contribuem e fazem parte da produção histórica de grãos está o milho, *Zea mays* L. (Poales: Poaceae), com produção estimada de 92,8 milhões de toneladas, aumento de 39% em relação à safra anterior (CONAB, 2017; FIESP, 2017).

Especialmente no Brasil, o milho tem uma flexibilidade de cultivo muito grande, pode ser plantado em diferentes condições climáticas e solo, em praticamente todas as regiões do país. Nos últimos anos, surgiram novas técnicas de cultivo, a cultura passou a ter 2 safras, portanto, é cultivada praticamente o ano inteiro. Além disso, o sistema de irrigação com pivô central, rotação com outras culturas hospedeiras das mesmas pragas, e principalmente a aplicação indiscriminada e irresponsável de produtos químicos, levou a um desequilíbrio e modificação da entomofauna prejudicial e benéfica da cultura. Dentre as espécies-praga da cultura, a lagarta *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), se destaca como a principal, e vem aumentando sua população, principalmente devido à resistência a produtos químicos, usados indiscriminadamente nestes sistemas agrícolas (CRUZ, 2004; PINTO et al. 2004).

Em decorrência da complexidade, intensidade e dinamismo do cultivo de milho no país, além da possibilidade de alimentação diversificada e disponível o ano todo, das condições de clima favoráveis ao inseto, a distribuição da lagarta-do-cartucho é generalizada, em praticamente todas as regiões de plantio. Em alguns plantios têm atacado a planta de milho na sua emergência, afetando o *stand* de plantas, e em alta infestação tem atacado o colmo e espiga. Algumas plantas daninhas podem servir de alimento e abrigo da lagarta, contribuindo com a praga em situações de ausência de culturas hospedeiras no campo, onde eventualmente voltam a atacar nas fases iniciais, aumentando ainda mais sua capacidade de infestação (PINTO et al. 2004). Dentre as culturas hospedeiras de *S. frugiperda*, milho é a que tem maiores prejuízos na produção, entre 15 a 34%, gerando somente no Brasil prejuízos em torno de US\$ 40 milhões por ano (CARVALHO, 1970; CRUZ, 1998; PINTO et al. 2004).

O controle da praga em milho tem sido realizado exclusivamente com produtos químicos, que são aplicados de acordo com sintomas iniciais em folhas, evidenciando a presença da lagarta ou diretamente pela

visualização da lagarta em 20% das plantas do talhão (CRUZ, 2004). Em função disso, o milho, juntamente com soja, algodão e cana-de-açúcar, coloca o Brasil em primeiro lugar no *ranking* mundial de consumo de agrotóxicos (ABRASCO, 2017; CARNEIRO, 2015). Apesar de ser considerado uma das formas de controle mais utilizadas e efetivas para a cultura, manejos inadequados, tais como, má regulagem de equipamento, escolha errada de produtos químicos, mistura de produtos, uso de produtos não registrados, e a própria condução inadequada da cultura, têm aumentado o número de aplicações de inseticidas, sem muitas vezes atingir efetivo controle da praga, e ainda causar desequilíbrios biológicos, como: a resistência de insetos-praga à inseticidas, ressurgência de pragas, aumento do ataque de pragas secundárias, efeitos a insetos não alvo, como para os inimigos naturais; pode também impactar negativamente o meio ambiente com: contaminação de água, solo, plantas adjacentes, podendo causar intoxicações de várias formas vivas, dentre estas, o próprio homem (CRUZ, 1995; DENT, 1995; NORRIS et al. 2003; RODOAN, 2011; MMA, 2017).

Diante da importância da cultura do milho para o Brasil e para o mundo, como base da alimentação animal e humana, reconhecendo o grande uso e papel dos inseticidas como uma das principais táticas usadas para o controle de insetos-praga da cultura, se faz necessário estudos que tratem da melhor forma de uso destas moléculas, para que possam ser condizentes com os preceitos de manejo integrado de pragas. Dentre estes, a influência da chuva (precipitação) e tempo (período pós aplicação) sobre a toxicidade residual de inseticidas à insetos-praga. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade residual, bem como o efeito da simulação de chuva sobre os inseticidas: indoxacarb (Avatar®), chlorantraniliprole (Premio®), spinosad (Spinosad®) e teflubenzuro (Nomolt® 150) para *S. frugiperda* em milho.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Local e condições ambientais

Os experimentos foram realizados na Estação Experimental da Monsanto, situada no município de Santa Cruz das Palmeiras - SP e no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP. Ensaios conduzidos em casa-de-vegetação e em laboratório.

4.2.2. Manutenção da criação de *S. frugiperda* em laboratório

Os insetos utilizados nos ensaios são provenientes da criação do laboratório de Entomologia da Monsanto.

Os insetos foram coletados em cultivos de milho dentro da estação experimental Monsanto. Os estágios coletados foram lagarta e pupa. As lagartas foram levadas para o laboratório e mantidos em placas de Petri com pedaços da dieta de Greene III, adaptada de Greene et al. (1976), e acondicionadas em sala climatizada com

temperatura de 28 ± 2 °C e umidade de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. As pupas foram transferidas para gaiolas de emergência e mantidas a 25 ± 2 °C.

Após a emergência que acontece entre 6 a 14 dias, os adultos foram acondicionados em tubo de PVC de 30×15 cm com borda interna revestida de papel sulfite, onde os adultos ovipositaram.

Os papéis contendo os ovos são armazenadas em temperatura 25 °C (ou conforme a necessidade) e umidade de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Todo o ciclo se refaz, após a eclosão das lagartas.

A criação de *S. frugiperda* tem 12 gerações em laboratório, e a cada ano há reintroduções de novos indivíduos selvagens coletados no campo, para manutenção da diversidade genética da população.

4.2.3. Instalação do experimento

As sementes utilizadas foram cedidas pela Monsanto, sendo esta do híbrido DKB390 convencional. As sementes foram plantadas manualmente, três em cada vaso, a uma profundidade de aproximadamente 2 cm.

Todos os detalhes de instalação do experimento foram semelhantes ao de soja, item 3.1.3.

4.2.4. Pulverização dos inseticidas

Os tratamentos utilizados foram os inseticidas indoxacarb (Avatar®) nas doses 30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹; chlorantraniliprole (Premio®), nas doses 10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹; spinosad (Tracer®), nas doses de 36 g i. a. ha⁻¹; teflubenzuron (Nomolt 150®) na dose de 15 g i. a. ha⁻¹; e como controle utilizou-se água.

Todos os detalhes da pulverização dos inseticidas foram semelhantes o ensaio de soja, item 3.1.4. (Figura 5).

Figuras 5. Aplicação dos inseticidas e método de comprovação da deposição de gotas. A) Planta de milho com a primeira folha totalmente expandida marcada, e ao lado o papel hidrosensível; B) Pulverização com pulverizador de CO₂ e barreira plástica para evitar deriva; e C) Papel hidrosensível marcado com as gotas de inseticida.

4.2.5. Experimento em laboratório para avaliar a toxicidade residual dos inseticidas

Todas as etapas da elaboração deste ensaio para *S. frugiperda* em milho foram semelhantes as do item 3.1.5, do ensaio de *C. includens* em soja. A única diferença do ensaio anterior foi o volume de água aplicado para a simulação de precipitação, que neste caso seguiu a média da “Normal Climatológica” da região de Santa Cruz das Palmeiras – SP, para o mês de junho, mês de realização do experimento. Após a aplicação dos inseticidas, em todos os dias, houve simulação de chuva correspondente a 1,21 mm.

No final de todas as etapas de coleta e corte das folhas de milho, cada unidade experimental foi infestada com uma lagarta neonata de *S. frugiperda*, e a cada 16 poços um selo com perfurações para trocas gasosas foi adicionado à placa, mantendo a lagarta sem a chance de escolha. As placas de bioensaio foram acondicionadas e as avaliações realizadas foram iguais ao ensaio com soja.

4.2.6. Análises estatísticas

Um modelo linear generalizado com distribuição do tipo binomial foi utilizado para análise dos dados de mortalidade; inseticidas, condição pluviométrica e tempo após pulverização foram considerados fontes de variação na análise de deviance. A verificação da qualidade do ajuste foi realizada pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (DEMÉTRIO; HINDE; MORAL, 2014), utilizando o pacote “hnp” do R Core Team (2017). Quando houve diferença significativa na análise de variância, as médias foram comparadas pela sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%), os dados previstos e respectivos intervalos de confiança foram obtidos mediante PROC GENMOD (SAS Institute, 2010).

4.3. Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre os fatores inseticidas vs dias após pulverização (DAP) ($df = 1$; Deviance = 152.45; $Pr > \chi^2 < 0,001$). Desta interação dupla, verificou-se que spinosad 36 g i. a. ha⁻¹ e chlorantraniliprole 10, 20 e 30 g i. a. ha⁻¹ mantiveram a eficácia ao longo do tempo (Tabela 2, Figura 6). Spinosad 36 g i. a. ha⁻¹, com 1 dia após a pulverização (DAP), apresentou média de mortalidade de 99,40% para lagartas de primeiro instar, e na última avaliação, aos 15 DAP apresentou alta eficácia com 94,33%. Chlorantraniliprole, na menor dose testada, 10 g i. a. ha⁻¹, apresentou a 1 DAP, mortalidade de 99,60% e no 15 DAP, 96,20%, ou seja, mesmo após 15 dias, manteve alta eficiência de controle. Chlorantraniliprole, na dose intermediária, 20 g i. a. ha⁻¹, na primeira avaliação 1 DAP, apresentou média de 99,90% de mortalidade e na última avaliação, 15 DAP, manteve a eficácia de controle, com 99,03% de mortalidade. Na maior dose testada e recomendada, 30 g i. a. ha⁻¹, teve 100,00% de eficácia 1 DAP, e manteve os 100,00% de mortalidade na última avaliação, aos 15 DAP.

Tabela 2. Mortalidade (%) de *Spodoptera frugiperda* causada pela toxicidade residual de diferentes inseticidas e doses ao longo do tempo

Inseticidas	Dose mL ha ⁻¹	Dose g i. a. ha ⁻¹	Mortalidade (%) ¹							
			1 DAP		5 DAP		10 DAP		15 DAP	
Controle	—	—	24,85 (± 0,12)	Ca	13,84 (± 0,08)	Cb	9,38 (± 0,06)	Cb	3,21 (± 0,02)	Cc
Teflubenzuron	100	15	95,62 (± 0,03)	Ba	91,38 (± 0,06)	Ba	87,24 (± 0,07)	Ba	68,65 (± 0,12)	Bb
Spinosad	75	36	99,4 (± 0,00)	Ba	98,77 (± 0,01)	Ba	98,11 (± 0,02)	Ba	94,33 (± 0,06)	Ba
Chlorantraniliprole	50	10	99,6 (± 0,00)	Ba	99,19 (± 0,01)	Ba	98,75 (± 0,01)	Ba	96,2 (± 0,05)	Ba
Chlorantraniliprole	100	20	99,9 (± 0,00)	Ba	99,79 (± 0,00)	Ba	99,68 (± 0,01)	Ba	99,03 (± 0,03)	Ba
Chlorantraniliprole	150	30	100 (± 0,00)	Aa	100 (± 0,00)	Aa	100 (± 0,00)	Aa	100 (± 0,00)	Aa
Indoxacarb	200	30	96,88 (± 0,02)	Ba	93,78 (± 0,04)	Ba	90,67 (± 0,06)	Ba	75,69 (± 0,11)	Bb
Indoxacarb	400	60	97,52 (± 0,02)	Ba	95,03 (± 0,04)	Ba	92,49 (± 0,05)	Ba	79,79 (± 0,11)	Bb
Indoxacarb	600	90	98,81 (± 0,01)	Ba	97,58 (± 0,02)	Ba	96,31 (± 0,03)	Ba	89,31 (± 0,08)	Bb

¹ Médias (± IC) seguidos pela mesma letra maiúscula nas colunas e letra minúscula nas linhas não diferenciam entre si devido a sobreposição de intervalos de confiança (95% IC).

Figura 6. Toxicidade residual de diferentes inseticidas e doses ao longo do tempo (dias após a pulverização (DAP)). Pontos correspondem às médias, barras correspondem aos intervalos de confiança (IC 95%) gerados pelo modelo binomial.

Diferentemente, para os outros inseticidas e respectivas doses testadas teflubenzuron 15 g i. a. ha⁻¹ e indoxacarb 30, 60 e 90 g i. a. ha⁻¹ houve diminuição da eficácia ao longo do tempo, principalmente aos 15 DAP, mas, todos apresentaram eficácia superior a 90% até o 10 DAP (Tabela 2, Figura 6). Teflubenzuron a 1 DAP apresentou 95,62% de mortalidade, manteve a mortalidade acima de 87% na avaliação de 5 DAP e 10 DAP, mas perdeu a eficácia aos 15 DAP, causando mortalidade de apenas 68,65% dos insetos amostrados, diferindo, portanto, dos demais tempos avaliados previamente, e toxicidade efetiva apenas até o 10 DAP.

Apesar de perda de eficácia na última avaliação, 15 dias após a aplicação, teflubenzuron, apresentou eficiência superior a 87% até aos 10 DAP, não diferindo quanto das avaliações nos tempos anteriores (Tabela 2, Figura 6). As benzoiluréias são inseticidas reguladores de crescimento de insetos, que interferem na síntese de quitina e atuam geralmente nos estágios imaturos dos insetos, principalmente lagartas. Os inseticidas inibidores da

síntese de quitina, atuam sobre a enzima quitina sintetase ou durante o processo final de polimerização de *N*-acetylglucosamina, podendo afetar a elasticidade e firmeza do endocutícula, que pela má formação não é capaz de suportar as exigências necessárias no processo de muda, levando o inseto a morte. Geralmente não têm ação de choque, por isso prolongamos a avaliação para 7 dias, justamente para esperar o efeito após a troca de cutícula. Não têm amplo espectro de ação, atuam principalmente por ingestão, neste caso a ingestão aconteceu através do limbo foliar que continha uma camada residual do inseticida (SUN et al. 2015; YU, 2015).

O inseticida indoxacarb na menor dose, 30 g i. a. ha⁻¹, apresentou mortalidade inicial de 96,88% na primeira avaliação 1 DAP, porém, no 15 DAP houve queda de eficácia, com média de 75,69% de mortalidade (Tabela 2, Figura 6). Na maior dose testada e recomendada para a cultura do milho para controle de *S. frugiperda*, 400 mL p.c. ha⁻¹, indoxacarb apresentou a 1 DAP, 97,52% de mortalidade, manteve a média acima de 92% para as duas avaliações seguintes, 5 e 10 DAP, porém, apresentou queda na eficácia no 15 DAP, com média de 79,79% de mortalidade, diferenciando-se da eficácia apresentada até aos 10 DAP. Para a dose 600 mL ha⁻¹ também houve diminuição da eficácia ao longo do tempo, de 98,81% de mortalidade no 1 DAP para 89,31% de mortalidade aos 15 DAP.

Apesar da queda de performance de indoxacarb, e diferença estatística da mortalidade nos tempos anteriores, a mortalidade no tempo de 15 dias após a pulverização pode ser considerada satisfatória, muito próximo de 80% para as duas doses recomendadas, 30 e 60 g i. a. ha⁻¹, e acima de 80% para a dose 90 g i. a. ha⁻¹, o que pode ser considerado um bom controle visto que se trata de uma simulação de reinfestação da praga. Indoxacarb apresentou um controle além do esperado, tendo efeito tóxico em lagartas de primeiro instar mesmo depois de 10 dias da pulverização, e, em função de seu mecanismo de ação, atua de maneira emergencial, direta e rápida sobre a praga. Esta ação do indoxacarb sobre os insetos se dá pelo contato e ingestão, mas neste bioensaio, possivelmente a ingestão de parte do limbo foliar, onde há uma camada residual do inseticida, tenha sido a principal via de entrada do inseticida no inseto. Então, por apresentar alta atividade biológica, com rápida ação de bloqueio dos canais de sódio voltagem dependentes neuronais, reduz ou suprime a elevação do potencial de ação no axônio, evitando que íons de sódio fluam para dentro do axônio, causando paralisia e morte do inseto, com efeito rápido em espécies da ordem Lepidoptera (YU, 2015; WING, 2000; OMOTO, 2000).

A redução de eficácia apresentada pelos inseticidas acima citados pode ser explicada, em parte, pela degradação da molécula inseticida após a aplicação, dada por um processo químico natural de fotodegradação conhecida como fotólise, que é considerada como a forma natural mais destrutiva de moléculas inseticidas quando expostos no meio ambiente, principalmente quando adicionados à água, que facilita a penetração dos raios solares e após serem aplicados em folha de plantas, onde formam uma fina camada, que normalmente está muito vulnerável aos sol. As moléculas inseticidas são quebradas ou divididas em unidades menores pela absorção da luz solar, especialmente os raios ultravioletas (UV) (YU, 2015). Segundo Martins et al. (2008), a benzoiluréia diflubenzurom apresenta rápida fotodegradação e dissipação em condições de campo, com meia vida de 27,3 horas.

Alguns estudos demonstraram que a perda de eficácia pode acontecer ao longo do tempo. Guerreiro et al. (2013), em ensaio similar ao presente estudo, mostraram esta queda de eficácia para uma benzoiluréia, em que o inseticida triflumuron, na dose de 24 g i.a. ha⁻¹, apesar do eficiente controle, acima de 80% no 5º dia após aplicação, teve queda de rendimento no 15º dia, com 61% de eficácia no controle de *S. frugiperda*. O mesmo foi relatado por Toscano et al. (2012), que apesar da maior eficiência de lufenuron quando comparo com clorpirifós, ainda assim evidenciou-se queda de eficácia ao longo do tempo, tendo média de 1,8 cartuchos com dano aos 7 dias

após aplicação e 2,4 cartuchos aos 15 dias. Martins et al. (2006), em estudos de campo, mostraram que apesar de bons resultados de controle perante outros inseticidas, houve queda de controle por parte de teflubenzuron, que teve 71, 65, 59 e 53% de controle aos 2, 9, 15 e 21 dias após aplicação, respectivamente.

Oliveira (2008) avaliou a eficiência agrônômica de inseticidas para *S. frugiperda* em campo, na cultura do milho, e destacou a oxadiazina indoxacarb, na dose 75 g i.a. ha⁻¹, que teve número reduzido de lagartas sobreviventes, média de 8 após 7 dias da primeira aplicação, contra 19 no controle, e baixa porcentagem de desfolha, média 2,3%, contra 28,3% no controle, após 7 dias da segunda aplicação. Apesar do bom resultado, pode-se verificar a pequena perda de eficácia ao longo do tempo, confirmando mais uma vez a degradação normal que acontece com as moléculas inseticidas, principalmente em campo.

Para todos os períodos de avaliação houve diferença estatística, com maior média de eficácia para controle de *S. frugiperda*, em milho, para o inseticida chlorantraniliprole na dose máxima recomendada de 30 g i. a. ha⁻¹, e os demais inseticidas diferenciaram do tratamento controle. Chlorantraniliprole, na dose de 30 g i. a. ha⁻¹, causou 100% de mortalidade das lagartas de primeiro instar em todos o período de avaliação, com eficácia superior aos demais inseticidas ou doses. Os demais inseticidas não se diferenciaram, e aos 15 DAP, para spinosad a mortalidade média foi de 94,33%; para as três doses de indoxacarb a mortalidade foi de 75, 79 e 89%, respectivamente; e com a menor eficácia, teflubenzuron teve mortalidade de 68,65%. De forma geral, para todas as doses do tratamento chlorantraniliprole, o resíduo perdurou durante todo o tempo de avaliação, causando mortalidade acima de 94% de mortalidade, considerado alta eficácia visto se tratar de efeito secundário requerido a um inseticida, que poderia atuar na prevenção de reinfestações da praga. Chlorantraniliprole, do grupo químico das diamidas antranílicas atuam por contato e ingestão, se ligam aos receptores de rianodina do inseto, nas células musculares, descontrolando o fluxo de cálcio, pela abertura do canal, resultando em esgotamento das reservas de cálcio intracelular, o que provoca sintomas de paralisia muscular e morte (CORDOVA et al. 2006; DUPONT, 2017).

Guerreiro et al. (2013), em ensaio similar ao presente estudo, avaliaram o efeito de diferentes inseticidas com e sem adição de enxofre, usados na cultura do milho para combate a *S. frugiperda* e concluíram que o inseticida chlorantraniliprole apresentou as maiores eficiências, com mortalidade de 85% aos 10 dias após aplicação, e quando adicionado ao enxofre, obteve média de 88% aos 10 dias. Os resultados de controle são similares ao exposto neste estudo, com alta eficiência até o 10 DAP, entretanto, diferentemente, neste estudo houve queda de eficácia no tempo de 15 DAP. Em ensaio de imersão de folhas de milho e feijoeiro em calda com inseticidas, Cessa et al. (2013) observaram que chlorantraniliprole apresentou eficiência superior a 80% no controle de *S. frugiperda* após 72 horas de exposição, confirmando a alta eficácia da molécula para a lagarta militar em milho.

Com resultados semelhantes ao apresentado para o inseticida spinosad neste estudo, Barros et al. (2005) estudaram a eficiência de inseticidas para o controle de *S. frugiperda* e destacaram a eficiência de spinosad nas doses 100, 125 e 150 mL ha⁻¹ para o controle da praga, na cultura do algodoeiro. Após a primeira aplicação, a dose de 125 mL ha⁻¹ causou 96% de mortalidade aos 5 dias após a aplicação e depois perdeu a eficácia chegando a 61% no 10º dia de avaliação. Após a segunda aplicação dos inseticidas, spinosad causou a morte de 100% das lagartas no 14º dia de avaliação, sendo considerado altamente eficaz para a praga. Redução de eficácia no campo pode ser maior devido a maior exposição a fatores ambientais, como raios solares e chuva. Resultados similares foram relatados por Martins et al. (2006), que avaliaram os efeitos de inseticidas sobre a lagarta do cartucho na cultura

do milho em campo, e mostraram boa eficácia de spinosad que teve média de 83, 77, 71 e 47% de eficiência aos 2, 9, 15 e 21 dias após aplicação, respectivamente. O estudo de Busato et al. (2006) confirmou que o inseticida spinosad apresentou alta eficiência no controle de lagartas de terceiro ínstar de dois biótipos de *S. frugiperda*, com mortalidade superior a 80% após 72 horas de exposição e 100% após 120 horas.

A toxicidade de um inseticida na maioria das vezes é determinada usando uma relação dose-resposta, usualmente expressada em DL_{50} (Dose Letal), utilizando aplicações tópicas (YU, 2015). Esta metodologia não foi aplicada neste estudo visto que o objetivo foi verificar o efeito de toxicidade sobre insetos não atingidos diretamente pelo inseticida, durante uma aplicação convencional, seja estes sobreviventes ou mesmo insetos advindos de uma reinfestação da praga. Isso, porque há vários fatores que podem influenciar a contaminação de um inseto durante o processo de controle químico por inseticida, como desuniformidade da distribuição do inseticida, aplicação de subdoses ou superdoses do produto; modo de absorção do produto pelo inseto e modo de ação do inseticida. De acordo com Wang e Liu (2007) a absorção de agroquímicos em tecidos da planta varia de acordo com a própria planta, em que cada espécie pode ter características biológicas, físicas e químicas particulares e específicas, com o agroquímico, que pode variar quanto ao tamanho molecular e quanto a propriedades lipofílicas, e também de acordo com as condições ambientais, em que raios ultra-violeta, precipitações pluviométricas, vento, orvalho, podem influenciar negativamente a penetração e ação do inseticida na planta.

Em aplicações usuais de inseticida, o inseto pode ser atingido diretamente, por contato tópico, absorvendo diretamente o produto; pode ingerir partes contaminadas da planta, definido como ingestão, ou se contaminar caminhando sobre a folha ou tecido vegetal tratado, contato residual. Cada tipo de exposição terá diferente capacidade de toxicidade, dependendo também dos fatores citados acima, inerentes ao produto ou ao inseto. A maior parte das pesquisas estão relacionadas somente a ação letal dos inseticidas, efeito imediato no inseto, mas sabe-se que nem toda aplicação de inseticida no campo ou estufa atinge totalmente o objetivo, por isso, é necessário a avaliação de efeitos subletais, subdoses e até superdoses sobre insetos praga, visto a dinâmica de pragas, constantes casos de resistência, bem como uma forma de simular altas dosagens aplicadas por agricultores no campo (SILVA, 2004).

Pensando nisso, atingiu-se com este trabalho o objetivo proposto, que foi avaliar a mortalidade de insetos de primeiro instar, expostos por contato residual em folha e principalmente pela ingestão da folha tratada ao longo do tempo após a aplicação, o que mostrou que todos os inseticidas testados mantiveram alta performance ao longo do tempo, até o 10 dia após a aplicação, com destaque para spinosad e para todas as doses do chlorantraniliprole, que mantiveram a eficácia até o 15º dia.

Outro objetivo do estudo foi avaliar o efeito da precipitação na eficácia de inseticidas e doses em bioensaio de simulação de chuva em casa-de-vegetação. Houve interação significativa entre os fatores inseticidas vs condição de precipitação (CCh = com chuva e SCh = sem chuva) ($df = 1$; Deviance = 153.00; $Pr > \chi^2 < 0,001$). Desta interação dupla, verificou-se que algumas formulações testadas mantiveram a eficácia mesmo quando submetidas a simulação de precipitação, sendo elas: Spinosad 36 g i. a. ha^{-1} com mortalidade acima de 96%, chlorantraniliprole 10, 20 e 30 g i. a. ha^{-1} , com mortalidade acima de 97,90% (Tabela 3).

Os demais inseticidas tiveram queda da eficácia quando expostos a simulação de chuva. Para teflubenzuron 15 g i. a. ha^{-1} , e indoxacarb nas doses 30 e 60 g i. a. ha^{-1} , a redução de mortalidade variou de 6 a quase 10% comparando a situação sem e com simulação de chuva (Tabela 3). A redução de eficácia se deu

provavelmente pela ação da água, na simulação de chuva, sobre o inseticida aderido à folha, que sofre processo de lavagem, reduzindo a concentração e capacidade destes inseticidas sobre a mortalidade de insetos.

Tabela 3. Mortalidade média (%) de *Spodoptera frugiperda* durante todo período de experimento, causada por diferentes inseticidas e doses, submetidos à duas condições: sem simulação de chuva (SCh) e com simulação de chuva (CCh)

Inseticidas	Dose mL ha-1	Dose g i. a. ha-1	Mortalidade (%)			
			Sem Chuva (SCh)		Com Chuva (CCh)	
Controle	–	–	16,63 ($\pm$ 0,08)	Ca	8,82 ($\pm$ 0,05)	Cb
Nomolt	100	15	90,00 ($\pm$ 0,05)	Ba	81,36 ($\pm$ 0,08)	Bb
Tracer	75	36	98,45 ($\pm$ 0,02)	Ba	96,85 ($\pm$ 0,04)	Ba
Premio	50	10	98,97 ($\pm$ 0,02)	Ba	97,90 ($\pm$ 0,03)	Ba
Premio	100	20	99,73 ($\pm$ 0,01)	Ba	99,45 ($\pm$ 0,02)	Ba
Premio	150	30	100,00 ($\pm$ 0,00)	Aa	100,00 ($\pm$ 0,00)	Aa
Avatar	200	30	92,62 ($\pm$ 0,05)	Ba	85,89 ($\pm$ 0,07)	Bb
Avatar	400	60	94,02 ($\pm$ 0,04)	Ba	88,40 ($\pm$ 0,07)	Bb
Avatar	600	90	97,00 ($\pm$ 0,03)	Ba	94,01 ($\pm$ 0,05)	Ba

¹ Médias ($\pm$ IC) seguidos pela mesma letra maiúscula nas colunas e letra minúscula nas linhas não diferenciam entre si devido a sobreposição de intervalos de confiança (95% IC).

Para ação de um inseticida através da ingestão por insetos, o depósito em plantas deve persistir por certo tempo e resistir a eventos meteorológicos diversos. No entanto, dentre estes eventos ambientais, a chuva pode lavar o depósito de inseticida e reduzir a eficácia, pois a concentração do produto pode mudar e não ser mais suficiente para causar efeitos sobre o inseto (McDOWELL et al. 1985; GAUTAM et al. 2016). O efeito da chuva sobre inseticidas depositados em folha pode variar dependendo da intensidade da precipitação, tempo de ocorrência após a aplicação, tipo de inseticida, tipo de formulação e a propriedade específica de cada planta (MASHAYA, 1993). Segundo Dinardo-Miranda et al. (2002), a ocorrência de precipitações pluviais logo após as aplicações é a que mais pode interferir negativamente na eficácia do produto fitossanitário. Alguns produtos são absorvidos pela planta em menos de uma hora e outros demoram até seis horas após a aplicação, de acordo com cada molécula inseticida. Assim, a queda de eficácia de alguns inseticidas neste estudo, quando expostos a simulação de chuva, mesmo que de baixa intensidade, pode ser explicada pela capacidade de lixiviação exercida pela água sobre o produto, o que pode reduzir a concentração e quantidade do produto na folha, e afetar a toxicidade do mesmo sobre o organismo alvo.

Alguns estudos demonstraram este efeito negativo no inseticida, que influencia o controle de pragas, como no estudo de Barros et al. (2015), em bioensaio que avaliou o efeito de inseticidas e ação da chuva sobre as vespas predadoras *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854) e *Polybia scutellaris* (White, 1841). Os resultados obtidos pelos autores indicaram que todos os inseticidas avaliados reduziram a capacidade de ação sobre os inimigos naturais quando plantas receberam alta intensidade de chuva, 125 mm, retirando parte da camada de inseticida depositada sobre as folhas. Justi Junior et al. (2006) avaliaram o efeito da simulação de chuva sobre inseticidas utilizados para controle de *Blattella germanica* (L., 1757), e evidenciaram redução da eficiência dos inseticidas Demand 1,25 SC, Cyperex 40 PM e Cyperex CE 250, que apresentaram 70, 65 e 35% de eficácia

respectivamente, sob simulação de chuva de 6 mm, contra 100, 100 e 97,5% quando sem simulação, com maior redução para o inseticida a base de cipermetrina na formulação concentrado emulsionável. Outra evidência da ação negativa da chuva ou simulação dela sobre inseticidas foi mostrada por Fortunato et al. (2011), que avaliaram o efeito da chuva simulada de 15 mm nas quatro horas iniciais após pulverização, no controle de *Aphis gossypii* (Glöver, 1877) com o inseticida flonicamid 75 g i.a. ha⁻¹, em casa-de-vegetação. Os autores concluíram que precipitação dentro do período de quatro horas iniciais após aplicação do inseticida interferem negativamente no controle do pulgão.

Arrué et al. (2014) testaram o efeito de precipitação artificial após a aplicação do inseticida chlorantraniliprole, com e sem adição de adjuvante. Os resultados sugerem que a precipitação de 20 mm, um minuto após a aplicação de chlorantraniliprole, reduz em 25% a eficácia de controle para *A. gemmatilis*, e após 240 minutos já não há interferência e redução de controle, além disso, evidenciaram que o uso de adjuvantes associados ao inseticida aumenta a mortalidade da praga.

Apesar da capacidade da chuva ou simulação dela na redução de eficácia de inseticidas, no presente estudo apenas alguns inseticidas tiveram redução de controle, e mesmo assim, com eficácia acima de 80%, o que pode ser considerado como boa eficácia. Entretanto, quando comparado com outros estudos, o volume de água para simulação de chuva utilizado neste trabalho pode ser considerado baixo, sendo de 1,21 mm para cada dia, até o 15º dia, o que pode não ter sido suficiente para mostrar reais efeitos da chuva sobre os inseticidas.

4.4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir:

- 1) Os inseticidas spinosad (Tracer®) e chlorantraniliprole (Premio®) mantêm a eficácia no controle de *S. frugiperda* até o 15º dia após pulverização. Diferentemente dos inseticidas teflubenzuron (Nomolt 150®) e indoxacarb (Avatar®) que reduzem a eficácia no 15º dia após pulverização.
- 2) A ação residual para o controle de *S. frugiperda* na cultura do milho é mais prolongada para o inseticida chlorantraniliprole, na dose 30 g i. a. ha⁻¹.
- 3) Os inseticidas spinosad, indoxacarb 90 g i. a. ha⁻¹ e chlorantraniliprole são eficientes mesmo quando submetidos a simulação de chuva de 1,21 mm por dia, e os inseticidas teflubenzuron e indoxacarb 30 e 60 g i. a. ha⁻¹ perdem a eficácia em situação de simulação de chuva.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO (Associação Brasileira de Saúde Coletiva). Disponível em: <www.abrasco.org.br/site/noticias/ecologia-e-meio-ambiente/o-retrocesso-no-controle-dos-agrotoxicos-no-brasil/28221/>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.
- ARRUÉ, A.; GUEDES, J.V.C; STORCK, L.; SWAROWSKY, A.; CAGLIARI, D.; BURTET, L.M.; ARNEMANN, J.A. Artificial precipitation after spray of chlorantraniliprole insecticide associated with adjuvant application in soybean plants. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2118-2123, 2014.
- BARROS, R.G.; ALBERNAZ, K.C.; TAKATSUKA, F.S.; CZEPAK, C.; FERNANDES, P.M.; TOFOLI, G.D. EFICIÊNCIA DE INSETICIDAS NO CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DO ALGODOEIRO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, n. 35 v. 3, p. 179-182, 2005.
- BARROS, E.C.; BACCI, L.; PICANCO, M.C.; MARTINS, J.C.; ROSADO, J.F.; SILVA, G.A. Physiological selectivity and activity reduction of insecticides by rainfall to predatory wasps of *Tuta absoluta*. **Journal of Environmental Science and Health**. 50, p. 45–54. 2015.
- BUSATO, G.R.; GRÜTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; ZOTTI, M.J.; NÖRNBERG, S.D.; MAGALHÃES, T.R.; MAGALHÃES, J.B. Susceptibility of caterpillars of the biotypes corn and rice of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) to insecticides with different action manners. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 15-20, 2006.
- CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, p. 624, 2015.
- CARVALHO, R.P.L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo**. 1970. 170 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1970.
- CESSA, R. M. A.; MELO, E. P.; JUNIOR, I. S. L. Mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae) alimentadas com folhas de milho e feijoeiro imersas em soluções contendo inseticidas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 1, p. 85-92, 2013.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Disponível em: <www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 10 junho. 2017.
- CPA – Unicamp (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura). Disponível em: <<http://www.cepagri.unicamp.br/>>. Acessado em: 07 Novembro. 2015.

- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. EMBRAPA/ CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA/ CNPMS. Circular Técnica, 21).
- CRUZ, I. **Influência do equipamento de aplicação e estágio de desenvolvimento da planta na eficiência de diferentes inseticidas no controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda***. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Globalização e segurança alimentar: anais. Recife: ABMS. 1998.
- CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C. e MIRANDA, G.V. (Ed.). **Tecnologias de Produção do Milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 311-366.
- DENT, D. **Integrated Pest Management**. Chapman & Hall, 1995. 356 p.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; COELHO, A.L.; FERREIRA, J.M.G. Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 91-98, 2004.
- DUPONT. Disponível em: <www.dupont.com.br/content/dam/assets/products.../Avatar@_Bula>. Acesso em: 16 janeiro. 2016.
- FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2>>. Acessado em: 10 Junho. 2017.
- FORTUNATO, R.P. et al. Simulate rain about action insecticide flonicamid in the control of the cotton aphid. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 603-606, 2011.
- GUERREIRO, J.C.; CAMOLESE, P.H.; BUSOLI, A.C. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 4, p.275-285, 2013.
- GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201512comentarios.pdf)>. Acesso em: 10 junho. 2017.
- JUSTI JUNIOR, J.; POTENZA, M.R.; SANTOS, J.M.F.; RAMOS, A.C.O. EFEITO DE CHUVA SIMULADA NA EFICÁCIA E PERSISTÊNCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO DE SUPERFÍCIES PARA O

CONTROLE DE *Blattella germanica* (DICTYOPTERA: BLATTELLIDAE). **Biológico**, v. 68, p. 708-710, 2006.

MARTINS, G.L.M.; MARUYAMA, L.C.T; TOMQUESLSKI, G.V.; MARUYAMA, W.I. EFEITO DE ALGUNS INSETICIDAS SOBRE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E *Dichelops* sp. (HOMOPTERA: PENTATOMIDAE) NA FASE INICIAL DA CULTURA DO MILHO. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA**, n. 9, 2006.

MARTINS, J.F.S.; GRUTZMACHER, A.D.; CUNHA, U.S.; GIOLO, F.P. GROWTH REGULATOR INSECTICIDE FOR CONTROLLING OF THE RICE WATER WEEVIL *Oryzophagus oryzae* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). **R. Bras. Agrociência**, v. 14, n. 3-4, p. 87-95, 2008.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: <www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.

NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in Integrated Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586 p.

OLIVEIRA, F.E.B. Suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a metaflumizone na cultura do milho: bases para o manejo da resistência. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 53 p. 2008.

OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas de manejo de insetos**. Santa Maria: Departamento. Defesa Fitossanitária, 2000. p. 30-49.

PINTO, A. de S.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N. de. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004. 108 p.

REDOAN, A.C. **Seletividade de inseticidas para *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) com registro para o controle da *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho**. 2011. 104p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – UFLA (Universidade Federal de Lavras), 2011.

SILVA, R.F. BIOLOGIA DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EXPOSTA A INSETICIDAS DURANTE A FASE LARVAL. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp. 58 p. 2004.

SUN, R.; LIU, C.; ZHANG, H.; WANG, Q. Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 63, p. 6847-6865. 2015.

- TOSCANO, L.C.; CALADO FILHO, G.C.; CARDOSO, A.M.; MARUYAMA, W.I.; TOMQUELSKI, G.V. IMPACTO DE INSETICIDAS SOBRE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) E SEUS INIMIGOS NATURAIS EM MILHO SAFRINHA CULTIVADO EM CASSILÂNDIA E CHAPADÃO DO SUL, MS. **Arq. Inst. Biol.** v. 79, n. 2, p. 223-231. 2012.
- WANG, C. J.; LIU, Z. Q. Foliar uptake of pesticides - Present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 87, n. 1, p. 1-8, 2007.
- WING, K.D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M.E. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects, **Crop Protect.** v. 19, 537–545. 2000.
- YU, S.J.; YUDELMAN, M.; RATTA, A.; NYGAARD, D. **The toxicology and Biochemistry of Insecticides: Pest management and food production – looking to the future.** Washington, DC. International Food Policy Institute, 1998. New York: CCR Press, 2015. 358 p

5. EFEITOS LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA SOJA E MILHO SOBRE O PREDADOR *Doru luteipes*.

Resumo

A tesourinha predadora *Doru luteipes* (Scudder) é considerada um importante regulador de populações da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E Smith), em milho e sorgo, não somente por minimizar os prejuízos desta que é considerada a principal praga no Brasil, mas também de outras espécies, em outras culturas. No entanto, a eficiência deste predador pode ser prejudicada pela utilização indiscriminada e abusiva de inseticidas, principalmente aqueles de amplo espectro de ação e que causam impactos consideráveis na biologia e comportamento do inseto benéfico. Desta forma, o objetivo com este trabalho foi avaliar efeitos letais e subletais de inseticidas recomendados para o manejo de insetos-praga na cultura do milho e soja sobre o predador *D. luteipes*. Conforme recomendação IOBC/WPRS, iniciou-se pelo bioensaio de efeito letal, no qual testaram-se quatro inseticidas: indoxacarb (Avatar®), na dose 60 g i. a. ha⁻¹; chlorantraniliprole (Premio®), na dose 30 g i. a. ha⁻¹; spinosad (Tracer®), na dose de 48 g i. a. ha⁻¹; teflubenzuron (Nomolt 150®), na dose de 15 g i. a. ha⁻¹; e como controle, utilizou-se água. Ninfas de primeiro instar do predador foram expostas por contato residual de inseticidas, pulverizados sobre discos de folha de milho. Três horas após a aplicação, 5 ninfas foram introduzidas sobre os discos foliares, dentro de placa de Petri adaptada e acondicionadas em laboratório com climatização (temperatura de 26 ± 1 °C, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 16 repetições, com 5 insetos cada. A avaliação da mortalidade foi realizada nos tempos: 24, 48, 72 e 96 horas após exposição aos resíduos. Os inseticidas foram classificados segundo IOBC/WPRS. Os inseticidas spinosad, chlorantraniliprole e indoxacarb foram classificados como nocivos (classe 4), e somente teflubenzuron foi inócuo (classe 1), no primeiro bioensaio de efeito direto. A segunda etapa teve um ensaio de efeito subletal, em que foi verificado parâmetros biológicos do inseto adulto fêmea, apenas do inseticida teflubenzuron, justamente pelo bom desempenho obtido no bioensaio inicial. Apesar disso, causou efeitos adversos ao predador, como: aumento do período de pré-oviposição; aumento do período embrionário e diminuição da fecundidade; não sendo, portanto, recomendado para utilização em programas de MIP, pois altera a capacidade de desenvolvimento e reprodutiva da tesourinha predadora.

Palavras-chave: Seletividade de inseticidas; Forficulidae; Controle biológico; Manejo integrado de pragas

Abstract

The predatory earwig *Doru luteipes* (Scudder) is an important regulator of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) populations in maize and sorghum fields, not only to minimize the losses caused by this pest considered the main pest in Brazil, but also of other species, in other crops. However, the predator efficiency can be hampered by the abusive and indiscriminate use of insecticides, especially those with a broad action spectrum, causing considerable impacts on the biology and behavior of the beneficial insects. Thus, the objective of this study was to evaluate the lethal and sublethal effects of recommended insecticides for management of insect pests in corn and soybean crops on the predator *D. luteipes*. According to the IOBC/WPRS recommendation, it was initiated by the direct effect bioassay, evaluating the potential lethal effect of four insecticides: indoxacarb (Avatar®), dose of 60 g a. i. ha⁻¹; chlorantraniliprole

(Premio®), dose of 30 g a. i. ha⁻¹; spinosad (Tracer®), dose of 48 g a. i. ha⁻¹; teflubenzuron (Nomolt 150®), dose of 15 g a. i. ha⁻¹, in addition to a control treatment with only water. First instar nymphs of the predator were exposed to residual of insecticides on corn leaf disks. Three hours after spraying, 5 nymphs were introduced to the leaf, inside an adapted Petri dish and incubated in a climatized laboratory (26 ± 1 °C temperature, 60 ± 10% relative humidity and a 12:12 light: dark photoperiod). The experimental design was completely randomized, with 16 replicates, with 5 insects each. Mortality was assessed after 24, 48, 72 and 96 h of exposure. The insecticides were classified according to IOBC/WPRS. The insecticides spinosad, chlorantraniliprole and indoxacarb were classified as harmful (class 4), and only teflubenzuron was harmless (class 1) in the first bioassay with the direct effect. The second stage of bioassays had a sublethal test, where biological parameters of females were verified, only for teflubenzuron, due to the good performance obtained in the first bioassay. Despite this, it caused side-effects to the predator, such as: increased pre-oviposition period; increase the embryonic period and decrease fecundity; and thus, it is not recommended for use in IPM programs, because it alters the developmental and reproductive capacity of the predatory earwing.

Keywords: Insecticide selectivity; Forficulidae; Biological control; Integrated pest management

5.1. Introdução

O milho *Zea mays* L. (Poales: Poaceae) com produção nacional estimada em 92,8 milhões de toneladas na safra 2016/17, está entre as principais culturas do Brasil e do mundo, especialmente em território brasileiro, tem uma flexibilidade de cultivo muito grande, pode ser cultivado em diferentes condições climáticas e solo, e está em praticamente todas as regiões do país (CONAB, 2017; FIESP, 2017).

Diante do crescimento ano após ano, rotação com outras culturas hospedeiras das mesmas pragas, e principalmente a aplicação indiscriminada e irresponsável de produtos químicos, houve um desequilíbrio e modificação da entomofauna prejudicial e benéfica da cultura. Em decorrência disso, a lagarta *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) se destaca como a principal, favorecida pelo sistema agrícola aplicado na cultura do milho. A lagarta é desfolhadora, e ataca principalmente na fase vegetativa do milho, mas em alguns plantios têm atacado a planta de milho na sua emergência, afetando o *stand* de plantas, e em alta infestação tem atacado o colmo e espiga. Dentre as culturas hospedeiras da praga, milho é a que tem maiores prejuízos na produção, entre 15 a 34%, gerando somente no Brasil prejuízos em torno de US\$ 40 milhões por ano (CARVALHO, 1970; CRUZ, 1995b; PINTO et al. 2004).

O controle de *S. frugiperda* em milho tem sido realizado exclusivamente com produtos químicos, e apesar de ser considerado uma das formas de controle mais utilizadas e efetivas para a cultura, manejos inadequados têm aumentado o número de aplicações, o que pode levar a sérios desequilíbrios ambientais e biológicos, como: a resistência de insetos-praga, ressurgência de pragas, aumento do ataque de pragas secundárias e efeitos a insetos não alvo, tais como inimigos naturais; (CRUZ, 1995b; DENT, 1995; NORRIS et al. 2003; MMA, 2017).

Como alternativa de controle, ou em associação a outros métodos, de acordo com preceitos do manejo integrado de pragas (MIP), o controle biológico tem sido reconhecido por sua capacidade de controlar ou manter insetos-praga abaixo do nível de dano econômico em culturas agrícolas, seja por introdução, multiplicação ou conservação (PARRA et al. 2002). Neste contexto, as “tesourinhas”, dermápteros pertencentes ao gênero *Doru*,

são consideradas de grande capacidade predatória, pois alimentam-se de diferentes fases de desenvolvimento de insetos-praga, dentre algumas espécies, destaca-se como reguladoras da população da lagarta-do-cartucho em milho e sorgo (PINTO et al. 2004; MARQUES, 2011; STECCA et al. 2014).

A tesourinha *D. luteipes* é mencionada por Cruz (2007) como um dos inimigos mais importantes na supressão de pragas na cultura do milho, pois as ninfas podem consumir diariamente cerca de 10 ovos e ou lagartas de *S. frugiperda*, e o adulto desta espécie pode consumir diariamente 20 lagartas de primeiro instar. Avaliando a capacidade predatória Cruz et al. (1995) notou que *D. luteipes* tem um consumo crescente de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) do primeiro ao último instar, com aumento de duas vezes a cada instar. Uma tesourinha se alimenta durante toda sua vida de aproximadamente 8.276 ovos de *H. zea*, sendo 39 ovos por dia. Reis et al. (1988) também comprovaram a capacidade predatória de *S. frugiperda* por *D. luteipes*, relataram que durante todo o ciclo de vida, o predador pode consumir em média 496 ovos, 424 lagartas (1º instar) quando ninfa e 2.109 lagartas (1º instar) na fase adulta. Além disso, segundo Waquil et al. (2002), as tesourinhas têm sido encontradas com frequência na cultura de milho, e se tiver presença em 70% das plantas de milho, é suficiente para manter *S. frugiperda* sob controle.

Apesar do potencial de redução de insetos-praga exercido por muitos inimigos naturais, e de muitas vezes minimizar a necessidade de intervenção do homem no controle de pragas, na agricultura atual, nem sempre o controle biológico natural consegue controlar a praga sem a complementação do controle químico. Dessa forma, de acordo com o MIP, deve-se compatibilizar ou integrar os diversos tipos de controle, sempre que possível. Assim, o uso de pesticidas seletivos que controlam as pragas, sem afetar negativamente os organismos benéficos, tem sido a forma mais eficaz e sustentável de controle de pragas, juntamente com outras medidas como uso racional de pesticidas através de níveis de dano e aplicação seletiva (DEGRANDE et al. 2002; RADCLIFFE et al. 2009).

Os estudos de seletividade de inseticidas vêm se tornando obrigatórios em diversos países, inimigos naturais de maior importância e abundância nos sistemas agrícolas são expostos aos pesticidas em teste padronizados, que avaliam efeitos letais e subletais, em laboratório, semi-campo e campo (DEGRANDE et al. 2002). Dentre os insetos benéficos estudados, muitos predadores da família Forficulidae, dentre estes, espécies do gênero *Doru*, expostos a diversos inseticidas, como relatado por alguns autores em estudos de seletividade (SIMÕES et al. 1998; REDOAN et al. 2002; PISCANÇO et al. 2003; ZOTTI et al. 2010; PASSINI et al. 2010; CAMPOS et al. 2011).

Apesar do aumento gradativo dos estudos de seletividade ano após ano, ainda que a família Forficulidae está entre as mais estudadas, espécies do gênero *Doru* que são notórias predadoras de insetos na agricultura brasileira, ainda não foram expostas a muitos inseticidas amplamente utilizados, dentre estes, moléculas recentemente lançadas, principalmente para a cultura do milho e soja. Diante do exposto e da importância da espécie *D. luteipes* como predadora de insetos-praga das principais culturas do país, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar efeitos letais e subletais de inseticidas usados para soja e milho sobre este predador.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Local e condições ambientais

O bioensaio foi realizado no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, do Departamento de Entomologia e Acarologia, na Escola superior de Agricultura (Esalq – USP), em Piracicaba – SP, e no Laboratório de Entomologia da Monsanto, em Santa Cruz das Palmeiras – SP.

5.2.2. Criação e manutenção de *Doru luteipes*

Os insetos necessários para os estudos vieram de coletas em plantios de milho convencionais de campo, na estação experimental da Monsanto em Santa Cruz das Palmeiras - SP, e sua manutenção foi realizada no Laboratório de Entomologia, na mesma unidade experimental.

A técnica de criação utilizada foi adaptada de Cruz (2009), que usa dieta artificial à base de ração de gato triturada (Tabela 4). Os ingredientes da dieta são pesados e depois misturados com o uso de liquidificador industrial (Figura 7).

Tabela 4. Composição da dieta artificial utilizada para alimentação de *D. luteipes*.

Ingredientes	Quantidade (%)	Utilizado (g)
Ração para gato (triturada)	35	350
Germe de trigo	27	270
Levedo de cerveja	23	230
Caseína	14	140
Nipagim	0,5	5
Áciso sórbico	0,5	5

Figuras 7. Metodologia para o prepara da dieta para *Doru luteipes*. A. liquidificador utilizado para misturar a dieta; B. Dieta misturada dentro do misturador e C. Dieta identificada e pronta para ser utilizada.

Os insetos coletados foram separados em grupos de 20 casais que foram transferidos para bandeja plástica 30 × 10 cm; com tampa que continha uma cavidade, onde foi adicionado um tecido do tipo voil, por onde ocorre circulação de ar. Dentro do pote foi oferecido água embebida em algodão, dieta artificial e massa de ovos de *S. frugiperda* como fonte de alimentação, e papel carta sanfonado para servir de abrigo.

A modificação realizada na metodologia de Cruz (2009) foi a de substituição das plântulas de milho, que serviriam como substrato de oviposicao, por canudos de plástico (50 × 7 mm) contendo no interior 1,5 cm de preenchimento por algodão umedecido com água, adaptação da metodologia testada por Butnariu (2013). Com a substituição e ajustes para manter alta umidade para ninfas, foi possível implementar um sistema de criação, com aumento gradativo da população (Figura 8).

Figura 8. Criação de *Doru luteipes*. A) bandejas e placas para manutenção dos espécimes; B) Ninfas de primeiro instar recém eclodidas sendo cuidadas pela mãe e C) Ninfas de segundo instar movimentando-se, predando ovos e alimentando-se de dieta artificial.

5.2.3. Bioensaio para avaliar efeitos letal e subletais de inseticidas sobre ninfas de *Doru luteipes*

O bioensaio teve a preparação e aplicação dos inseticidas no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, do Departamento de Entomologia e Acarologia, na Escola superior de Agricultura (USP/Esalq), em Piracicaba - SP. A incubação e avaliação do ensaio foi realizada no Laboratório de Entomologia da Monsanto, em Santa Cruz das Palmeiras, SP.

Para avaliar o efeito dos inseticidas sobre ninfas de primeiro instar (estágio do ciclo de vida mais sensível aos inseticidas) de *D. luteipes*, foi utilizado um teste sem chance de escolha, com exposição por contato com resíduo seco. Foram utilizadas folhas de milho do híbrido DKB390 convencional no estágio V8/V9, cultivadas em campo, sem aplicação de inseticidas. Em laboratório, utilizando-se um vazador redondo metálico, foram seccionados discos foliares de 3,4 cm de diâmetro, que foram inseridos em placas Petri de 4 × 1 cm, contendo uma mistura geleificada de ágar-água a 2,5% como base, o que evita ressecamento das folhas até o último dia de bioensaio.

Posteriormente, as folhas de milho foram submetidas à pulverização em Torre de Potter, utilizando-se 2 mL de calda e pressão de 15 PSI, correspondente a uma deposição de 1,5 a 2,0 mg cm⁻², conforme recomendações da International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plant/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS) (HASSAN, 1998). Os tratamentos utilizados foram os inseticidas indoxacarb (Avatar®), na dose 60 g i. a. ha⁻¹; chlorantraniliprole (Premio®), na dose 30 g i. a. ha⁻¹; spinosad (Tracer®), na

dose de 48 g i. a. ha⁻¹; teflubenzuron (Nomolt 150®), na dose de 15 g i. a. ha⁻¹; e como controle utilizou-se água deionizada. Houve uma casualização dos tratamentos quanto a ordem de aplicação e, antes da troca de inseticida, todas as partes da Torre de Potter que entraram em contato com o inseticida anterior foram lavadas com água destilada, álcool, acetona e novamente água destilada e por fim, secadas com papel toalha. Após a aplicação dos tratamentos, as placas contendo os discos foliares foram mantidas por três horas a temperatura ambiente para a secagem dos resíduos. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) e cada tratamento foi repetido 16 vezes.

Posteriormente, em cada placa colocou-se uma postura média de *S. frugiperda*, e então 5 ninfas de primeiro ínstar de *D. luteipes* com idade entre 24 e 48 horas foram introduzidas na placa, junto ao disco foliar com auxílio de um pincel. Logo após a infestação, a placa foi fechada com uma tampa que possuía um orifício de 3 cm de diâmetro na região central, permitindo assim, a aeração, evitando acúmulo de vapores tóxicos advindos dos inseticidas (Figura 9).

Figura 9. Procedimento de aplicação dos inseticidas e gaiola de contenção de *Doru luteipes*. A) Discos foliares de milho recortados e inseridos em placa de Petri com base de ágar a 2%; B) Deposição de 2 ml de calda inseticida em Torre de Potter ajustada à pressão de 15 PSI; C) Discos foliares de milho após o depósito do inseticida com deposição de 1,5 a 2,0 mg cm⁻²; D) Placa de Petri utilizada no bioensaio infestada com 5 ninfas de 1º ínstar de *D. luteipes* e fechada com tampa adaptada para circulação de ar dentro do confinamento.

As placas foram acondicionadas em estantes dentro do laboratório, sob temperatura de 26 ± 2 °C; umidade relativa de $70 \pm 20\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

A avaliação foi realizada 24, 48, 72 e 96 horas após a exposição dos predadores aos respectivos tratamentos, e todas as placas tiveram a quantificação do número de ninfas mortas e vivas. Foram considerados vivos os insetos que apresentaram qualquer reação ao toque de um pincel de cerdas macias.

Os dados de porcentagem de mortalidade de cada tratamento foram corrigidos utilizando a fórmula de Abbott (1925), e então, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste Tukey com nível de significância de 5% para comparação das médias. As análises foram realizadas no *software* estatístico “SAS”, versão 10.1.

Como base no efeito dos tratamentos (porcentagem de mortalidade), os produtos inseticidas foram classificados segundo os índices propostos pela IOBC/WPRS em: Classe 1= $Mc < 25\%$ (inócuo); Classe 2= $Mc < 50\%$ (levemente nocivo); Classe 3= $51 < Mc < 75\%$ (moderadamente nocivo); Classe 4= $> 75\%$ (nocivo) (DEGRANDE, 2002).

Para avaliação de efeitos subletais, as ninfas sobreviventes do ensaio de efeito letal, dentro de cada tratamento, até 96 horas após a aplicação do inseticida, foram separadas e condicionadas em placa Petri de 90 × 15 mm, com algodão embebido com água, dieta seca e massas de ovos de *S. frugiperda* como fonte de alimento. Diariamente cada placa foi avaliada até a formação da fase adulta, onde foram separados e formados casais que foram novamente realocados, sendo um casal para cada placa Petri, com as mesmas dimensões e conteúdo da placa de ninfas, adicionando agora, somente o canudo plástico (50 × 7 mm) contendo no interior 1,5 cm de preenchimento por algodão umedecido com água, como substrato de oviposição. Acompanhou-se diariamente o desenvolvimento dos insetos, anotando-se parâmetros como tempo de pré-oviposição; número de ovos; tempo embrionário e viabilidade de ovos. O ensaio teve de ser interrompido aos 45 dias após início do bioensaio de efeito subletal, visto a necessidade de análise dos dados em tempo hábil para o depósito da dissertação.

Os dados resultantes de cada parâmetro avaliado foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste Tukey com nível de significância de 5% para comparação das médias. As análises foram realizadas no *software* estatístico “SAS”, versão 10.1.

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1. Avaliação do efeito letal de inseticidas para ninfas de *D. luteipes*

Em bioensaio para avaliação do efeito letal, com exposição por contato de folha tratada com inseticida, após 24 horas de exposição, houve diferenças significativas entre todos os tratamentos ($p < 0,001$) (Tabela 5). Nomolt® 150 foi o inseticida com menor porcentagem média de mortalidade entre os tratamentos, $-3,12 \pm 1,21\%$, seguido por Premio® com $48,10 \pm 2,48\%$, Avatar® $70,88 \pm 3,04\%$ e Spinosad® com $96,2 \pm 1,95\%$, sendo, esse último, o inseticida que apresentou o maior efeito no menor tempo de exposição. De acordo com a proposição da IOBC, com 24 horas de exposição, Nomolt® 150 foi classificado como inócuo (classe 1) para ninfas de primeiro instar do predador, Premio® como levemente nocivo (classe 2), Avatar® moderadamente nocivo (classe 3) e Spinosad® foi o único classificado como nocivo (classe 4) (Tabela 5).

A contaminação inicial do predador *D. luteipes* se deu, provavelmente, quando a ninfa entrou em contato com o resíduo seco dos inseticidas, que estavam depositados sobre a folha de milho, por onde caminhava. Segundo Yu (2015), a cutícula é uma das principais vias de penetração de inseticidas no organismo do inseto, neste caso, possivelmente, a penetração se deu através do tarso e pós-tarso das pernas, visto ser a parte de maior contato com o tecido contaminado. Passando pelas lipoproteínas e outras barreiras à penetração, na cutícula, estes inseticidas penetram no corpo do inseto, onde cada produto atua de maneira particular, e na maioria das vezes leva o inseto a morte.

Tabela 5. Efeito de inseticidas, no tempo (horas) após aplicação, na mortalidade (%) de *Doru luteipes* em bioensaio de exposição de ninfas por contato.

Inseticidas	Ingrediente	Dose g i. a. ha ⁻¹	n	Mortalidade de ninfas (%) por tempo (horas = h) de exposição ^{1 2}				Classificação IOBC (96 horas após) ³
				24 h	48 h	72 h	96 h	
Tracer®	spinosad	48	80	96,20 (± 1,95) a	100,00 (± 0,00) a	100,00 (± 0,00) a	100,00 (± 0,00) a	4
Premio®	chlorantraniliprole	30	80	48,10 (± 2,48) c	64,00 (± 4,91) b	90,54 (± 3,04) ab	90,54 (± 3,04) ab	4
Avatar®	indoxacarb	60	80	70,88 (± 3,04) b	76,00 (± 3,90) b	87,83 (± 2,48) b	87,83 (± 2,48) b	4
Nomolt® 150	teflubenzuron	15	80	-3,12 (± 1,21) d	-1,33 (± 2,16) c	4,05 (± 3,04) c	6,75 (± 2,91) c	1

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, para cada inseticida, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

² Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbot (1925).

³ Classificação IOBC/WPRS em função da mortalidade média do predador: Classe 1 = 25% (inócuo); Classe 2 = 25-50% (levemente nocivo); Classe 3 = 51-75% (moderadamente nocivo); Classe 4 = >75% (nocivo) (DEGRANDE, 2002)

Com 48 horas de exposição ao resíduo inseticida, houve diferença significativas entre os tratamentos ($p < 0,001$), com exceção entre Avatar® e Premio®, que não diferiram ($p = 0,104$), diferentemente do ocorreu quando se avaliou no tempo de 24 horas de exposição (Tabela 5). Nomolt® 150 continuou como o inseticida menos prejudicial às ninfas de tesourinha, com média de mortalidade corrigida de $-1,33 \pm 2,16\%$, classificado como inócuo (classe 1) às ninfas do predador, seguidos por Premio® que apresentou mortalidade média de $64 \pm 4,91\%$ e por Avatar® com $76 \pm 3,90\%$, mas sem diferença entre os produtos. Entretanto, segundo a IOBC, estes seriam classificados de forma diferente, sendo Premio® moderadamente nocivo (classe 3), Avatar® nocivo (classe 4), assim como o inseticida Spinosad®, que em 48 horas de exposição matou $100 \pm 0,00\%$ das ninfas. Como comprovado neste bioensaio, Spinosad® é um inseticida de ação rápida, tendo como principais vias de absorção a digestiva (sobretudo alimentar) e cutânea-mucosa. Depois do contato cutâneo o inseticida foi levado para nervos e músculos do inseto, exercendo a função de moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina, o maior neurotransmissor excitatório do sistema nervoso central dos insetos, abrindo os canais iônicos, estimulando a condução do estímulo nervoso, provocando excitação do sistema nervoso, levando a contrações musculares involuntárias, prostração com tremores, paralisia e rapidamente a morte do inseto (OMOTO, 2010; IRAC, 2017).

Na terceira avaliação, após 72 horas de exposição ao resíduo, houve diferença significativa ($p < 0,001$) entre Nomolt® 150 e os demais tratamentos, com diferença entre Spinosad® e Avatar® ($p < 0,015$) (Tabela 5). Apesar do aumento médio de mortalidade no decorrer do tempo de exposição, Nomolt® 150 continuou sendo o inseticida com menor efeito sobre o inimigo natural, sendo considerado inócuo (classe 1). Avatar® ($87,83 \pm 2,48\%$), Premio® ($90,54 \pm 3,04\%$) e Spinosad® ($100 \pm 0,00\%$) foram considerados nocivos (classe 4).

A última avaliação do efeito letal dos inseticidas foi realizada às 96 horas de exposição do inseto aos produtos, e novamente houve diferença significativa ($p < 0,001$) entre Nomolt® 150 e os demais tratamentos (Tabela 5). Nesta última avaliação, a formulação Nomolt® 150 que contém o ingrediente ativo teflubenzuron, do grupo químico benzoiluréia, continuou sendo o inseticida de menor impacto sobre o predador *D. luteipes*, teve porcentagem média de mortalidade de $6,75 \pm 2,91\%$, sendo definitivamente de classe 1, produto considerado “inócuo”, segundo IOBC, ou seja, que não traz efeitos diretos na mortalidade da tesourinha, quando esta permanece em contato direto com o inseticida, por até 96 horas. A formulação Avatar®, que contém o ingrediente ativo indoxacarb, do grupo químico oxadiazina, teve a terceira pior média de mortalidade $87,83 \pm 2,48\%$; Premio®, de ingrediente ativo chlorantraniliprole, e grupo químico antranilamida, causou mortalidade de $90,54 \pm 3,04\%$ das ninfas, ambos de classe 4, inseticidas “nocivo”, juntamente a Spinosad® com $100 \pm 0,00\%$ de mortalidade de ninfas, ou seja, os três últimos inseticidas são classificados como os de maior impacto sobre ninfas de primeiro instar de *D. luteipes*, quando estas permaneceram por 96 horas de contato com a camada de inseticida depositada em folhas de milho.

A seletividade de inseticidas para *D. luteipes* foi estudada por Simões et al. (1998), os quais confirmaram que os produtos microbianos *Baculovirus* e *Bacillus thuringiensis* (Berliner) podem ser utilizados no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho sem afetar o predador em nenhuma de suas fases, com sobrevivência de 95% na fase adulta. Contudo, os resultados obtidos pelos autores para diflubenzuron e triflumuron foi diferente dos obtidos para teflubenzuron. Simões et al. (1998) observaram que, diflubenzuron e triflumuron causaram efeito letal pronunciado sobre ovos do predador, causando 82 e 79% de mortalidade, respectivamente. Além disso, triflumuron também foi nocivo para os ínstaes ninfais, com 70% de mortalidade. Apesar destes inseticidas serem

do mesmo modo de ação de Nomolt® 150, atuando na inibição da síntese de quitina, há diferença de ingrediente ativo, o que pode explicar a diferença de ação do produto sobre a tesourinha.

Avaliando a seletividade de inseticidas usados para controle de *S. frugiperda*, para ovos de *D. luteipes*, usando aplicação tópica, e para ninfas de primeiro ínstar, em exposição em resíduos secos, Redoan et al. (2012) mostraram que os inseticidas Certero (triflumurom) e Imunit (teflubenzuron + alfa-cipermetrina), inibidores da biossíntese de quitina, tipo 0, Lepidoptera, causaram 100 % de mortalidade dos ovos e foram classificados como nocivos (classe 4). Os resultados obtidos para Iminut diferiram dos obtidos para Nomolt no presente trabalho, provavelmente, pela mistura de teflubenzuron com o piretroide alfa-cipermetrina, o que pode ter causado a alta mortalidade, como mostrado em outros trabalhos (SIMÕES et al. 1998; PICANÇO et al. 2003). Da mesma forma, a outra benzoluiréia, Certero, teve médias de mortalidade de 100% na última avaliação, de 96 horas, que apesar de ter um ingrediente ativo diferente de Nomolt® 150, mostrou resultado diferente do que apresentado neste trabalho. Entretanto, os resultados obtidos para Spinosad® (spinosad) foi semelhante ao obtido neste trabalho, com 100 % de mortalidade das ninfas já na avaliação de 48 horas.

Em bioensaio de contato com resíduo seco de inseticida em placa Zotti et al. (2010) avaliaram a seletividade de alguns inseticidas utilizados em milho para a lagarta-do-cartucho sobre ovos e ninfas de primeiro ínstar de *D. luteipes*. Dentre várias formulações testadas, as benzoiluréias de formulações Certero (triflumurom), Match EC (lufenuron) e Dimilin (diflubenzuron) causaram 100% de mortalidade de ninfas de primeiro ínstar às 72; 72 e 96 horas respectivamente. Resultado contraditório ao obtido neste trabalho, apesar de serem de ingredientes ativos diferentes de Nomolt® 150.

Segundo Nakano e Papa (2002, apud DIAMANTINO, 2011), as benzoiluréias são inseticidas reguladores de crescimento dos insetos, que interferem na síntese de quitina e atuam geralmente nos estágios imaturos dos insetos, principalmente lagartas. Os inseticidas inibidores da síntese de quitina, atuam sobre a enzima quitina sintetase ou durante o processo de polimerização. Estes inseticidas geralmente não têm ação de choque, não têm amplo espectro de ação, atuam principalmente por ingestão, conferem prolongado período de proteção, atuam principalmente sobre formas jovens, geralmente não atuam diretamente sobre adultos e são relativamente seletivos aos inimigos naturais. Apesar da maioria dos trabalhos indicarem certa seletividade das benzoiluréias a inimigos naturais, dentre eles dermápteros, há de se ponderar os efeitos para cada tipo de bioensaio utilizado, cada particularidade, de modo a não generalizar os resultados positivos encontrados, mesmo porque o resultado de efeito letal em laboratório, é apenas uma das etapas de um programa de avaliação de seletividade de inseticidas. Segundo Hassan (1997, apud DEGRANDE, 2002), os estudos de laboratório devem ser a primeira etapa de uma avaliação de seletividade, pois têm a função de avaliar o inseticida quando a sua inocuidade, que quando confirmada, normalmente apresentarão o mesmo comportamento em condições de campo. Entretanto, devido o objetivo particular de cada método, e que um único método não fornece informações suficientes para avaliar todos os efeitos prejudiciais dos inseticidas sobre inimigos naturais, a IOBC recomenda uma sequência de testes, entre eles, laboratório, semi-campo e campo.

Ainda de acordo com o ensaio de seletividade conduzido por Zotti et al. (2010), spinosad (Tracer®) teve resultados similares aos avaliados neste trabalho, teve mortalidade de 57% em 24 horas de exposição e na avaliação seguinte, 48 horas, causou 100% de mortalidade das ninfas amostradas. Segundo o IRAC (2017) as principais vias de absorção deste inseticida são digestivas (sobretudo alimentar) e cutânea-mucosa. Dentre algumas ordens de inseto que o inseticida mais atua estão Lepidoptera e Coleoptera, justamente as ordens dos insetos

objetos deste estudo. Apesar de ser tratado como bioinseticida e como não tóxico para insetos benéficos, outros estudos mostram o efeito prejudicial do spinosad sobre inimigos naturais, como evidenciado por Cisneros et al. (2001), que avaliaram o impacto do spinosad, usando uma formulação com farinha de milho de concentrações menores da máxima concentração recomendada na bula do produto, contudo, houve alta prevalência de mortalidade no coleoptera predador *Aleochara bilineata* (Gyllenhal), nas concentrações de 100 e 2000 ppm; e quando testado os efeitos para a tesourinha *Doru taeniatum* (Dohrn) o inseticida causou efeitos de toxicidade matando 48% das tesourinhas, em 1,2 ppm, 98% em 1200 ppm, enquanto que, o controle teve mortalidade de 20% apenas. Este trabalho ainda simulou aplicações de spinosad em plantas, em ensaio de confinamento, que na avaliação de dois dias teve 15% de mortalidade no controle e 83% em plantas pulverizadas com o inseticida, confirmando que em alguns casos, a molécula causa sim alta mortalidade, e não pode ser considerada seletiva.

Uma revisão comparou vários estudos que estudaram os efeitos negativos causados por espinosinas em artrópodes benéficos, mostrando que o inseticida teve efeito letal para inimigos naturais em 81% dos 54 estudos avaliados; em testes de efeito subletal, 94% de 30 estudos e em semi-campo e campo, 48% de 40 estudos confirmaram a não seletividade. Quanto a estudos com predadores, 71% de 35 estudos confirmaram efeitos letais; 88% de 16 estudos mostraram efeitos subletais e 34% de 26, tiveram resultados que confirmaram efeitos indesejáveis a predadores. A ordem Dermaptera teve 1 estudo que confirmou efeito letal; 2 estudos que evidenciaram efeitos subletais e 1 estudo que classificou a espinosina como não seletiva. Estudos demonstraram que spinosad pode causar efeitos letais, subletais, a nível de laboratório, semi-campo e campo, causando prejuízos fisiológicos e comportamentais, embora a ocorrência e intensidade destes efeitos dependam da concentração, método de bioensaio ou exposição ao inseticida etc (BIONDI et al. 2012).

Fountain et al. (2015) mantiveram a tesourinha *Forficula auricularia* (Linnaeus, 1758) por 85 dias em contato residual com o inseticida chlorantraniliprole e observou baixo efeito sobre a mortalidade de ninfas, menos de 20%. Shaw e Wallis (2010) também constataram que chlorantraniliprole é inócuo à *F. auricularia*, não causou incremento de mortalidade de adultos da tesourinha em bioensaio de exposição de resíduo seco em folha de maçã durante 10 dias. Apesar dos vários trabalhos mostrarem uma boa seletividade para chlorantraniliprole, há também efeitos adversos relatados, como nos estudos feitos por Gontijo et al. (2014) que expos larvas e adultos do predador *Chrysoperla carnea* (Stephens) a girassol com tratamento de semente a base de chlorantraniliprole, houve efeitos negativos na sobrevivência e fecundidade de adultos, redução média de 27 ovos por fêmea, e a geração F1 destes, tiveram 21% de redução na sobrevivência larval, quando comparado com o controle.

Outros estudos como os de Campos et al. (2011), comprovam que há diferentes efeitos respostas quanto a seletividade de chlorantraniliprole, e que qualquer variação particular do bioensaio pode mostrar respostas bem diferentes. Estes autores avaliaram a seletividade e a resposta comportamental de inseticidas sobre o predador *D. luteipes*, e em bioensaio de concentração resposta comparativo, usando a CL₅₀ de cada produto para a praga *S. frugiperda*. O ingrediente ativo chlorantraniliprole foi mais de 550.000 vezes menos tóxico, seguido de spinosad que foi 3.500 vezes menos tóxico, em comparação com o clorpirifos, o inseticida mais tóxico para a tesourinha neste estudo. Apesar de chlorantraniliprole comparativamente menos tóxico, este estudo foi realizado com adultos do predador, uma forma biológica considerada menos suscetível, principalmente quando comparada com ninfas de primeiro instar usadas neste trabalho. Possivelmente a ação desta molécula sobre inimigos naturais se dá da mesma forma que atuam sobre insetos-praga, ao se ligarem aos receptores de rianodina dos insetos, nas células

musculares, descontrolam o fluxo de cálcio, pela abertura do canal, resultando em esgotamento das reservas de cálcio intracelular, o que provoca sintomas de paralisia muscular e morte (CORDOVA et al. 2006).

Os efeitos de oxadiazina sobre *F. auricularia* foram avaliados por Peusens e Gobin (2008), usando um bioensaio de residual seco em folha, confinando a tesourinha por 34 dias. O produto foi classificado como ligeiramente prejudicial (efeito de 30-79% - classe 2) já a partir do 20º dia de exposição. Estes resultados de mortalidade estão de acordo com o encontrado neste estudo, em que às 96 horas de exposição, teve 87% de mortalidade para oxadiazina – indoxacarb, mesmo sendo tesourinhas diferentes, de gênero diferente, o efeito adverso pode ser comparável. Em estudos com um outro predador, o coccinelídeo *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), Galvan et al. (2005) usaram doses menores do que as indicadas para campo, e mesmo assim, não se observou diminuição na sobrevivência de larvas de primeiro instar e adultos, estendendo o tempo de desenvolvimento da fase imatura e ainda reduzindo a fecundidade. Os trabalhos citados acima, apesar de suas particularidades, tiveram resultados parecidos com os do presente trabalho, que classificou o produto Avatar® como nocivo (classe 4). As oxadiazinas (indoxacarb) são inseticidas de ação neurotóxica, atuam nos canais de sódio, bloqueando-os, reduzindo ou suprimindo a fase ascendente do potencial de ação da membrana. E apesar de atuarem nos canais de sódio e apresenta como diferencial uma maior atividade inseticida em relação às moléculas parentais, como o piretróide, pois pode ser facilmente convertida em N-decarbomethoxylated JW062 (DCJW), principalmente quando ingerido por insetos lepidópteros, durante alimentação (OMOTO, 2000; WING et al. 2000; LAPIED et al. 2001; SONG et al. 2006).

Neste ensaio, seguiu-se a recomendação da IOBC, a avaliação não se restringiu a apenas 24 ou 48 horas de contato do inseto com o inseticida, avaliou-se a mortalidade até 96 horas de exposição, a fim de encontrar resultados mais próximos do que acontece no campo. Entretanto, há de se estudar os detalhes destes experimentos e ajustá-los de acordo com a espécie a ser trabalhada, ao tipo de bioensaio, ao modo de ação do inseticida, bem como o tempo necessário de avaliação. Neste sentido, segundo Passini et al. (2010), em ensaio para determinar as exigências térmicas de *D. luteipes*, em laboratório, o período médio de duração do primeiro instar deste predador foi de $8,2 \pm 0,2$ dias, já para os estudos de aspectos biológicos conduzidos por Fellet et al. (2005), o primeiro instar ninfal durou um pouco menos, 7,2 dias, mas ainda assim maior do que as 96 horas de exposição e avaliação.

Portanto, ainda que seguiu-se as recomendações IOBC para elaboração de bioensaio de efeito letal para avaliação de seletividade, o tempo máximo avaliado foi suficiente para a obtenção de resultados concretos somente para três tipos de inseticida de ação neurotóxica, sendo: Avatar® que atua por contato e ingestão, de forma rápida, bloqueando os canais de sódio; Premio® que também atua por contato e ingestão, de forma rápida, são moduladores de receptores de rianodina e Spinosad® que também tem rápida atuação, e são ativadores alostéricos de receptores nicotínicos do neurotransmissor acetilcolina; porém, não suficiente para avaliar o real efeito letal de Nomolt® 150 para predador em estudo, porque este inseticida é de modo de ação específico, é um inibidor da biosíntese de quitina, polissacarídeo que é o principal componente do exoesqueleto ou cutícula do inseto (OMOTO, 2000; IRAC, 2017). Portanto, a exigência de quitina é maior durante o processo de mudança de pele, justamente durante a troca de instar, em que o inseto não consegue se desenvolver e trocar de cutícula, o que segundo a literatura acontece entre 7 a 8 dias.

5.3.2. Avaliação do efeito subletal de inseticidas para *Doru luteipes*

Após bioensaio para avaliação do efeito letal com exposição por contato de folha tratada com inseticida, as ninfas foram mantidas até a fase adulta para formação de casais dentro de cada tratamento, e a partir desta, iniciamos a avaliação de parâmetros biológicos até 45 dias após a formação do casal adulto. Como a recomendação para ensaios de seletividade é obter no mínimo 6 casais para o tratamento, os inseticidas Spinosad®, Premio® e Avatar®, com 0, 3 e 3 casais respectivamente, não fizeram parte da análise estatística. Apesar disso, Premio® e Avatar® tiveram alguns parâmetros inseridos na tabela e o alto erro padrão para a maioria dos parâmetros, indica grande variação dos dados para esses tratamentos (Tabela 6).

Quanto a comparação do período ninfal, houve diferença entre Nomolt® 150 e o Controle ($p < 0,0001$). Ninfas do tratamento controle levaram em média $24,47 \pm 0,17$ dias para chegarem a fase adulta, enquanto que, para a benzoiluréia Nomolt® 150 a média foi de $25,57 \pm 0,18$ dias, aumento de mais de 1 dia no desenvolvimento, o que apesar de parecer pouco tempo, pode ser considerado significativo quanto ao ponto de vista de manejo integrado de pragas. Este efeito indireto do inseticida sobre inimigos naturais pode levar a uma sincronização ou assincronização dos estágios sobreviventes após a aplicação (Tabela 6).

Segundo Degrande et al. (2002), no caso em que a geração do inimigo natural é consideravelmente menor que o da praga, o inseto benéfico se mantém justamente por haver à sobreposição das gerações, o que garante a chance de encontrar sua presa ou hospedeiro nos momentos que precisa dela, neste caso, se houver sincronização, aumenta-se a chance de uniformização dos estágios, com isso cai a chance do inimigo natural encontrar alimento quando precisa. Pensando neste último exemplo, no caso da predação de *D. luteipes* sobre ovos e ninfas de primeiro instar de *S. frugiperda*, por estes dois estágios da praga serem curtos, em média 3 dias para cada estágio, teríamos apenas 6 dias, considerando uma geração da praga, que a tesourinha teria a presa disponível para predação. Então, neste caso, qualquer atraso pode impactar o padrão de forrageamento deste inseto predador, que depende de fases específicas de desenvolvimento da presa.

Para o período de pré-oviposição (dias) entre os dois tratamentos, Nomolt® 150 e Controle, não houve diferença ($p < 0,1459$). Depois de emergir, adultos provenientes do tratamento Nomolt® 150 levaram em média $10,88 \pm 0,78$ dias para começarem a ovipositar, e as fêmeas do Controle $12,33 \pm 0,55$ (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito subletal de inseticidas em parâmetros biológicos de *Doru luteipes* após exposição de ninfas por contato residual.

Inseticidas	Ingrediente	Dose g i. a. ha ⁻¹	Nº de casais	Parâmetros biológicos ¹				Eclosão de ovos (%)
				Período Ninfal (dias)	Pré oviposição (dias)	Período embrionário (dias)	Nº ovos (45 dias)	
Tracer® *	spinosad	48	0	—	—	—	—	—
Premio® * *	chlorantraniliprole	30	3	26,33 (± 0,27)	13,00 (± 0,57)	—	13,67 (± 5,96)	0,00 (± 0,00)
Avatar® * *	indoxacarb	60	3	26,33 (± 0,27)	14,00 (± 2,30)	—	12,33 (± 5,66)	0,00 (± 0,00)
Nomolt® 150	teflubenzuron	15	21	25,57 (± 0,18) a	10,88 (± 0,78)	8,16 (± 0,36) a	9,57 (± 2,68) b	54,66 (± 13,25)
Controle	água	—	23	24,47 (± 0,17) b	12,33 (± 0,55)	7,14 (± 0,24) b	20,91 (± 256) a	68,55 (± 9,37)

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, para cada inseticida, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

* Produto não utilizado no bioensaio devido alta mortalidade no bioensaio de efeito letal.

** Produto utilizado no bioensaio de efeitos subletais, mas que não teve médias comparadas estatisticamente devido o baixo número de unidade amostral (casal).

Após a oviposição, houve contabilização do período embrionário em dias, e para este parâmetro houve novamente diferença entre Nomolt® 150 e Controle ($p < 0,0314$). Da oviposição até a eclosão a média foi de $8,16 \pm 0,36$ dias para Nomolt® 150 e de $7,14 \pm 0,24$ dias para o Controle, sendo mais uma vez a diferença de 1 dia a mais de desenvolvimento para insetos tratados com a benzoiluréia (Tabela 6). A literatura relata um período de incubação que varia em média de 7 a 8 dias (REIS et al. 1988; CRUZ, 1995). Apesar da média para Nomolt® 150, para este parâmetro, ainda estar dentro do descrito em literatura, nas condições específicas deste bioensaio houve a diferença, que somada a diferença encontrada no parâmetro “período ninfal”, pode contabilizar mais de 2 dias de diferença entre Nomolt® 150 e Controle, reforçando a hipótese de assincronia com fases suscetíveis da presa.

Outro parâmetro avaliado foi a média de número de ovos por fêmea no período de 45 dias, e, novamente, houve diferença entre o tratamento Nomolt® 150 e o tratamento controle ($p < 0,0039$). Para este parâmetro as fêmeas, que quando ninfas foram expostas ao inseticida Nomolt® 150, a média foi de $9,57 \pm 2,68$ ovos por fêmea, enquanto para o controle foi mais que o dobro, média de $20,91 \pm 2,56$ ovos por fêmea (Tabela 6). Geralmente estes ovos estão agrupados sem formato definido, apresentam forma ovalada, podem variar de amarelo claro para amarelo intenso e cada postura é composta em média, por 27 ovos (REIS et al. 1988; CRUZ, 1995). Apesar do controle ter média inferior quando comparado com a literatura, ainda assim foi diferente do tratamento Nomolt® 150 que teve menos da metade de ovos. Uma hipótese para a diferença do número de ovos no controle com a literatura, pode ser o fato de que, diferentemente do utilizado em uma criação deste inseto, no presente estudo os adultos foram mantidos em placas Petri 90×15 mm, local muito menor do que bandejas de criação de adultos, onde os insetos podem ter maior movimentação e mais opções de abrigo, o que é essencial para este inseto predador.

Para o último parâmetro subletal avaliado neste bioensaio, não houve diferença da porcentagem média de eclosão entre os dois tratamentos ($p < 0,4002$). Para Nomolt® 150, a eclosão de ovos foi de $54,66 \pm 13,25\%$ e para o Controle foi de $68,55 \pm 9,37\%$ (Tabela 6). Apesar da diferença numérica, a não diferença estatística foi influenciada pela variabilidade dos dados para este parâmetro, mostrada pelo alto valor dos erros padrões amostrados. Ainda assim, a viabilidade de ovos encontrada no controle foi diferente da descrita na literatura, onde Passini et al. (2010) relataram eclosão média de $91,4 \pm 3,9\%$ à 20°C e de $84,2 \pm 2,4\%$ à 25°C , sendo a última próxima da média de temperatura do bioensaio, 26°C . Assim como na diferença do número de ovos do ensaio com dados disponíveis na literatura, o tipo de acondicionamento pode ter influenciado na viabilidade observada no Controle.

Nomolt® 150 é um inseticida do grupo das benzoiluréias, a base de teflubenzuron, ingrediente ativo que age como regulador de crescimento inibindo a síntese bioquímica da quitina, polissacarídeo que é o principal componente do exoesqueleto ou cutícula do inseto. A exigência de quitina é maior durante o processo de mudança de pele, então quando a lagarta entra em processo de muda de pele não é capaz de sintetizar a cutícula, levando o inseto a morte em poucos dias (ROBERTS; HUTSON, 1999; IRAC, 2017; BASF, 2017). Como para insetos praga, este inseticida pode ser mais deletério a insetos imaturos, então, quanto atinge ninfas de predadores o efeito negativo pode ser maior. Muitas vezes não matam na fase adulta, mas, podem causar infertilidade.

Ono (2014) avaliou efeitos letais e subletais de inseticidas reguladores de crescimento ao chrysopídeo predador *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) e registrou efeitos letais com mortalidade de 100% de larvas para lufenuron e diflubenzuron, ambos do grupo benzoiluréia, os quais não participaram do bioensaio de efeito subletal justamente pela mortalidade causada na fase imatura. A duração da fase larval foi maior para piriproxifem 19 dias, além disso, teve também a maior fase total de imaturo, 34 dias, sendo que no controle médias de 14 e 27 dias respectivamente. Mena (2010) observou efeitos negativos na longevidade do parasitoide larval *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) foi relatado para o inseticida regulador de crescimento triflumuron, mesmo usando subdoses correspondentes a 50 e 10% da dose recomendada. Assim como no presente trabalho, há também bioensaios que relatam seletividade de inseticida em ensaio

de efeito letal, que não são confirmados quando se avalia efeitos subletais, como no bioensaio de Oliveira et al. (2013) que classificaram o triflumuron como inócuo (classe 1) em relação à sobrevivência de adultos de *Trichogramma galloi* (Zucchi, 1988) alimentados com ovos tratados com o inseticida, mas quando avaliados efeitos sobre a capacidade de parasitismo, foi considerado como levemente nocivo, já quanto à emergência do parasitoide, este inseticida foi moderadamente nocivo. Outros com resultados positivos, como de Stefanello Júnior et al. (2008) que, em bioensaio de seletividade de inseticidas para avaliação dos efeitos sobre a capacidade de parasitismo do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*, concluíram que os inseticidas Certero e Rimon 100, de formulações diferentes, mas do mesmo grupo químico, benzoiluréia, causaram redução de apenas 1,50 e 17,66 % da capacidade de parasitismo, respectivamente, sendo classificados como inócuos (classe 1). Ainda neste trabalho, o inseticida Spinosad® reduziu em 95,26 % a capacidade de parasitismo, sendo classificado como moderadamente nocivo (classe 3), evidenciando novamente, agora sob efeitos subletais, um efeito indesejável sobre inimigos naturais.

São poucos os trabalhos que avaliam efeito subletal em dermápteros, dentre estes Zotti et al. (2010) avaliaram a seletividade de alguns inseticidas utilizados em milho para a lagarta-do-cartucho sobre ovos e ninfas de primeiro ínstar de *D. lineare*. Dentre várias formulações testadas, algumas do mesmo grupo químico, tiveram efeitos subletais similares aos observados neste trabalho, em que os inseticidas Match EC (lufenuron); Certero (triflumuron) e Dimilin (diflubenzuron) diminuíram a viabilidade de ovos do predador em 70, 75 e 80%, respectivamente, apesar do efeito negativo na viabilidade de ovos, a sobrevivência de ninfas de primeiro ínstar eclodidas destes ovos tratados foi 80, 80 e 70% respectivamente.

Sauphanor et al. (1993) testaram a seletividade de diflubenzuron para uma outra espécie de tesourinha, a *F. auricularia*, importante predadora de insetos praga em pomares de frutas, principalmente no continente europeu. Mesmo usando doses abaixo do recomendado na maioria dos países, 10 g i.a. hL⁻¹, alguns efeitos subletais foram registrados, tais como, anomalias morfológicas, redução de peso, e mobilidade, apesar disso, foi considerada mais seletiva quando comparada com doses de 15 e 20 g i.a. hL⁻¹, usada na maioria dos pomares.

Ainda sobre efeitos subletais sobre dermápteros, Malagnoux et al. (2015) avaliaram o impacto de inseticidas usados em cultivos de pomares de maçãs, para a tesourinha europeia *F. auricularia*. Em avaliação de efeito subletal, houve redução da atividade predatória deste inimigo natural quando exposto ao inseticida spinosad, que comparado com o controle teve decréscimo de 62% da capacidade predatória de ninfas de quarto ínstar e de 20% quando adulto macho, e de apenas 7% quando adulto fêmea. Os autores explicam que a diferença de predação de ninfas e adultos pode estar associada a cutícula mais fina e mais permeável de estágios imaturos de insetos. Outros autores constataram efeitos negativos de spinosad sobre dermápteros predadores (PEUSENS; GOBIN, 2008; CISNEROS et al. 2002; VOGT et al. 2010).

Os resultados deste bioensaio de seletividade, orientam quanto a importância de se avaliar efeitos subletais, efeitos secundários ao efeito letal, para programas de manejo integrado de pragas. Isso significa que mesmo depois de classificado como inócuo, em ensaio de avaliação de ação letal, um inseticida pode causar efeitos além da letalidade, pode afetar parâmetros biológicos, tais como fecundidade, longevidade, taxa de desenvolvimento e razão sexual. Além destes, pode afetar parâmetros comportamentais, como a capacidade de predação e parasitismo; mobilidade, que pode deixá-lo mais exposto a um inseticida ou a inimigos naturais; modificações de comportamento reprodutivo e de forrageio (DEGRANDE et al. 2002). O ensaio de efeito letal é importante para direcionar ensaios de laboratório estendido; semi-campo e campo, como no caso do primeiro bioensaio de avaliação do efeito letal, em que o teflubenzuron (Nomolt® 150), não teve efeitos negativos na mortalidade de ninfas de primeiro ínstar de *D. luteipes*, mas quando avaliados efeitos secundários, subletais, percebeu-se diferenças negativas tendo aumento do período ninfal; maior período embrionário e menor número de ovos por fêmea.

5.4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir:

- 1) Os inseticidas Tracer® (spinosad); Premio® (chlorantraniliprole) e Avatar® (indoxacarb) por serem nocivos às ninfas de primeiro instar de *D. luteipes*, devem ser estudados em condições de semi-campo e campo para determinar o impacto que causa sobre o predador.
- 2) Nomolt® 150 (teflubenzuron) apesar de ser seletivo para ninfas de primeiro instar de *D. luteipes*, causa efeitos adversos em parâmetros biológicos do adulto fêmea, aumentando o período de pré-oviposição, período embrionário e diminuindo a fecundidade.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-266. 1925.
- BIONDI, A.; MOMMAERTS, V.; SMAGGHE, G.; VIÑUELA, E.; ZAPPALÀ, L.; DESNEUXA, N. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Manag Sci.**, n. 68, p. 1523–1536, 2012.
- BUTNARIU, A.R; PASINI, A; REIS, F.S; BESSA, E. Maternal Care by the Earwig *Doru lineare* Eschs. (Dermaptera: Forficulidae). **Journal Insect Behavior**, v. 26, p. 667-678, 2013.
- 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**, v. 30, p. 1535-1540, 2011.
- CARVALHO, R.P.L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo.** 1970. 170 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1970.
- CISNEROS, J., GOULSON, D., DERWENT, L.C., PENAGOS, D.I., HERNÁNDEZ, O., WILLIAMS, T. Toxic effects of spinosad on predatory insects. **Biol. Control**, n. 23, p. 156–163. 2002.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Disponível em: <www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 10 junho. 2017.

- CORDOVA, D. et al. Anthranilicdiamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, p. 196-214, 2006.
- CRUZ, I; ALVARENGA, C.D.; FIGUEIREDO, P.E. Biologia de *Doru Luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa Zea* (Boddie). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, p. 273-278, 1995. a
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. EMBRAPA/ CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA/ CNPMS. Circular Técnica, 21). b
- CRUZ, I. **Controle biológico de pragas na cultura de milho para a produção de conservas (Mini milho), por meio de parasitoides e predadores**. CNPMS, 2007. V.91, p.16. (Circular Técnica, Embrapa Milho e Sorgo).
- DENT, D. **Integrated Pest Management**. Chapman & Hall, 1995. 356 p.
- DEGRANDE, P.E.; REIS, P.R.; CARVALHO, G.A.; BELARMINO, L.C. Metodologia para avaliar impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Manole, 2002. p. 71-94.
- FELLET, M.R.G.; SILVA, R.B.; FIGUEIREDO, M.L.C.; CRUZ, I. Aspectos biológicos de *Doru luteipes* Scudder (Dermaptera: Forficulidae) alimentado com dieta artificial e ovos de *Spodoptera frugiperda* Smith. In: Simpósio de Controle Biológico, 9. 2005, Recife. Resumos, p. 183.
- FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2>>. Acessado em: 10 Junho. 2017.
- FOUNTAIN, M.T.; HARRIN, A.L. Non-target consequences of insecticides used in apple and pear orchards on *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae). **Biological Control**, n. 91, p. 27–33, 2015.
- GALVAN, T.L.; KOCK, R.L.; HUTCHISON, W.D. Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, v. 34, p. 108–114. 2005.
- HASSAN, S.A.; HAFES, B.; DEGRANDE, P.E.; HERAI, K. Standard laboratory methods to tests the side effects of pesticides (initial and persistent) on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **J. Appl. Ent.** 122, 569-573, 1998.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). Disponível em: <<http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf>>. Acessado em: 06 Julho. 2017.
- MALAGNOUX, L.; CAPOWIEZ, Y.; RAULT, M. Impact of insecticide exposure on the predation activity of the European earwig *Forficula auricularia*. **Environ Sci Pollut Res.** v. 22, p. 14116–14126, 2015.

- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: <www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acessado em: 16 de Junho. 2017.
- GAONA MENA, E.F. Toxicidade de inseticidas a *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae). Piracicaba, Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 61 p., 2010.
- LAPIED, B.; GROLLEAU, F.; SATTELLE, D.B. Indoxacarb, an oxadiazine insecticide, blocks insect neuronal sodium channels, **Br. J. Pharmacol.** v. 132, p. 587–595, 2001.
- MARQUES, A.S. **Aspectos biológicos de dermápteros (Insecta, Dermaptera) presentes em canaviais da região de Piracicaba.** 2011. 57 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura.
- NAKANO, O.; PAPA, G. **Controle de pragas.** Brasília, DF. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS; Viçosa, MG. UFV. Curso de Proteção de Plantas, Módulo 4, 87p. 2002. In: DIAMANTINO, E.P. Seletividade de inseticidas em favor dos inimigos naturais na cultura do algodão, no sudoeste da Bahia. UESB, p. 105. 2011.
- NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in Integrated Pest Management.** New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586 p.
- OLIVEIRA, H.N.; ANTIGO, M.R.; CARVALHO, G.A.; GLAESER, D.F.; PEREIRA, F.F. Selectivity of insecticides used in the sugar-cane on adults of *Trichogramma galloi* ZUCCHI (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biosci. J.**, v. 29, n. 5, p. 1267-1274, 2013.
- OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas de manejo de insetos.** Departamento. Defesa Fitossanitária, 2000. p. 30-49.
- ONO, E.K. Efeito letal e subletal de inseticidas reguladores de crescimento ao predador *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidea) em condições de laboratório. Piracicaba: Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 48 p. 2014.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores.** São Paulo – Manole, 2002. 635 p.
- PASINI, A.; PARRA, J.R.P.; NAVA, D.E.; BUTNARIU, A.R. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs. e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1562-1568, 2010.

- PEUSENS, G., GOBIN, B. Side effects of pesticides on the European earwig *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae). **Pesticides Beneficial Organ**. IOBC/WPRS Bull. V. 35, p. 40–43, 2008.
- PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; MIRANDA, M.M.M.; GOTIJO, L.M.; FERNANDES, F.L. Seletividade de inseticidas a *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) e *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) inimigos naturais de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1818) (Lepidoptera: Pieridae). **Ciência Rural**, v.33, n. 2, p. 183-188, 2003.
- PINTO, A. de S.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N. de. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004.108 p.
- RADCLIFFE, E.B.; HUTCHISON, W.D.; CANCELADO, R.E. **Integrated Pest Management (Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies)**. New York – Cambridge University Press, 2009. 529 p.
- REDOAN, A.C. M; CARVALHO, G.A.; CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; SILVA, R.B. Seletividade de inseticidas utilizados no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para ovos e ninfas de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 11, n. 1, p. 25-34, 2012.
- REIS, L.L.; OLIVEIRA, L.J.; CRUZ, I. Biologia e potencial de *Dorus luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 333-342, 1988.
- SAUPHANOR, B., CHABROL, L., FAIVRE D'ARCIER, F., SUREAU, F., LENFANT, C. Side effects of diflubenzuron on a pear psylla predator: *Forficula auricularia*. **Biocontrol**, v. 38, n. 2, p. 163–174. 1993.
- SHAW, P.W., WALLIS, D.R. Susceptibility of the European earwig, *Forficula auricularia*, to insecticide residues on apple leaves. **New Zealand Plant Prot.**, v. 63, p. 55–59, 2010.
- SIMÕES, J.C.; CRUZ, I.; SALGADO, L.O. Seletividade de inseticidas às diferentes fases de desenvolvimento do predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Anais Sociedade Entomologica**, v. 27, n. 2, p. 289-294, 1998.
- SONG, W.; LIU, Z.; DONG, K. Molecular basis of differential sensitivity of insect sodium channels to DCJW, a bioactive metabolite of the oxadiazine insecticide indoxacarb. **NeuroToxicology**, v. 27, p. 237–244, 2006.
- STECCA, C.S.; PASINI, A.; BUENO, A.F.; DENEZ, M.D.; SILVA, D.M.; MANTOVANI, M.A.M. Insecticide selectivity for *Doru lineare* (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n. 1, p.107-115, 2014.
- STEFANELLO JÚNIOR, G.J.; GRUTZMACHER, A.D.; GRUTZMACHER, D.D.; DALMAZO, G.O.; PASCHOAL, M.D.F.; HARTE, W.R. Efeitos de inseticidas usados na cultura do milho sobre a capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arq. Instituto Biológico**, v. 75, p. 187-194, 2008.

- VOGT, H., JUST, J., GRUTZMACHER, A. Impact of four insecticides on the European earwig, *Forficula auricularia* L., in an apple orchard. **Integr. Fruit Prot. Fruit Crops IOBC/WPRS Bull.**, p. 54, v. 141–145. 2010.
- ZOTTI, M.J.; GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; CASTILHOS, R.V.; MARTINS, J.F.S. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ovos e ninfas do predador *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae). **Arq. Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 111-118, 2010.
- WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A.; CRUZ, I. **Cultivo do milho: manejo integrado de pragas (MIP)**. Embrapa Milho e Sorgo, 2002, 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico 50).
- WING, K.D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M.E. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects, **Crop Protect.**, v. 19, 537–545. 2000.
- YU, S.J.; YUDELMAN, M.; RATTI, A.; NYGAARD, D. **The toxicology and Biochemistry of Insecticides: Pest management and food production – looking to the future**. Washington, DC. International Food Policy Institute, 1998. New York: CCR Press, 2015. 358 p