

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**IMPACTO DE HERBICIDAS SOBRE A BIOLOGIA E CONTROLE DE  
*Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA  
DO MILHO**

**MÁRIO HENRIQUE FERREIRA DO AMARAL DAL POGETTO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU  
Outubro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**IMPACTO DE HERBICIDAS SOBRE A BIOLOGIA E CONTROLE DE  
*Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA  
DO MILHO**

**MÁRIO HENRIQUE FERREIRA DO AMARAL DAL POGETTO**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU  
Outubro – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P746i Dal Pogetto, Mário Henrique Ferreira do Amaral, 1981-  
Impacto de herbicidas sobre a biologia e controle de  
*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) na cultura  
do milho / Mário Henrique Ferreira do Amaral Dal Pogetto.  
- Botucatu : [s.n.], 2011  
iv, 75 f., grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista. Fa-  
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011

Orientador: Carlos Frederico Wilcken

Inclui bibliografia

1. Interação herbicidas-insetos. 2. Interação pestici-  
das-insetos. 3. Manejo integrado de pragas. 4. Controle  
biológico. I. Wilcken, Carlos Frederico. II. Universidade  
Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Bo-  
tuca ). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "IMPACTO DE HERBICIDAS SOBRE A BIOLOGIA E CONTROLE DE  
*Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DO  
MILHO"

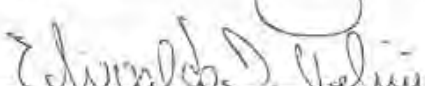
ALUNO: MARIO HENRIQUE FERREIRA DO AMARAL DAL POGETTO

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS FREDERICO WILCKEN


Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS FREDERICO WILCKEN

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. GERALDO PAPA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBINSON OSIPE

Data da Realização: 21 de outubro de 2011.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que muitas vezes só é lembrado nos momentos difíceis, mas que sempre está presente na vida da gente e nunca nos desampara.

A minha esposa, companheira e amiga Maíra, pela paciência e dedicação, e por tornar minha vida mais cativante, sendo motivo de meus esforços para a superação de qualquer desafio.

Aos meus pais, Flávio e Cláudia e minhas irmãs, Carolina e Bianca, que sempre apoiaram minhas decisões e contribuíram para todas as minhas realizações.

A família da minha esposa, Alir, Jurema e Samira, que sempre me apoiaram e ajudaram nos momentos difíceis.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken, pela amizade e pelos ensinamentos transmitidos, ao qual atribuo todo o conhecimento adquirido nestes anos de convivência.

Ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano pela amizade e apoio na realização dos trabalhos, por permitir o uso do laboratório e dos equipamentos.

Aos amigos, Rafael de Souza Christovam, Evandro Pereira Prado, Marcelo Júnior Gimenes, Saulo Italo de Almeida Costa, Denise Tourino Rezende e Bruno Zaché, pelo companheirismo e ajuda na execução deste trabalho.

Aos funcionários do Depto. de Produção Vegetal, Nivaldo, Domingos, Paulo e Beá.

Aos funcionários da FEPP, Mário, Luciano, Cido, Toninho, Cássio, Dirceu, residentes e estagiários pela amizade e colaboração.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

RESUMO .....	1
SUMMARY .....	3
1. INTRODUÇÃO .....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1. Aspectos econômicos do milho no Brasil .....	8
2.2. Aspectos gerais de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	9
2.2.1. Origem e distribuição .....	9
2.2.2. Desenvolvimento e descrição.....	9
2.2.3. Bioecologia.....	9
2.2.4. Importância econômica e danos .....	10
2.2.5. Métodos de controle .....	11
2.2.5.1. Controle químico.....	11
2.2.5.2. Inimigos naturais .....	12
2.3. Aspectos gerais de plantas daninhas na cultura do milho .....	12
2.3.1. Controle químico.....	13
2.4. Relações entre herbicidas, inseticidas, planta hospedeira e insetos .....	14
2.4.1. Efeito direto.....	14
2.4.2. Efeito indireto.....	16
2.4.3. Efeito de herbicidas no controle de insetos .....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1. Local e instalações.....	20
3.2. Herbicidas.....	20
3.3. Criação estoque de <i>Spodoptera frugiperda</i> e do parasitóide <i>Trichospilus diatraeae</i> .....	21

3.4. Desenvolvimento de <i>Spodoptera frugiperda</i> sobre plantas de milho tratadas com herbicidas aplicados em pós-emergência.....	22
3.4.1. Preparo do material vegetal.....	22
3.4.2. Desenvolvimento do inseto.....	22
3.4.3. Análise dos dados .....	23
3.5. Desenvolvimento e parasitismo de <i>Trichospilus diatraeae</i> em pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i> criadas em plantas de milho tratadas com herbicidas em pós-emergência.....	23
3.5.1. Preparo do hospedeiro.....	23
3.5.2. Parasitismo .....	23
3.5.3. Análise dos dados.....	24
3.6. Impacto de herbicidas aplicados em pós-emergência na população, danos e inimigos naturais de <i>Spodoptera frugiperda</i> em campo .....	24
3.6.1. Desenho experimental .....	24
3.6.2. Amostragem dos danos e da população de lagartas.....	25
3.6.3. Amostragem dos inimigos naturais .....	25
3.6.4. Análise dos dados.....	25
3.7. Interação entre inseticidas e herbicidas sobre a mortalidade e manejo de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	26
3.7.1. Efeito da ingestão de herbicidas sobre a eficácia de inseticidas.....	26
3.7.2. Análise dos dados .....	27
3.8. Toxicidade de inseticidas em mistura com herbicidas em <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	27
3.8.1. Análise dos dados.....	28
3.9. Interação entre atrazina e inseticidas sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> em campo.....	28
3.9.1. Análise dos dados.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30

4.1. Desenvolvimento de <i>Spodoptera frugiperda</i> sobre plantas de milho tratadas com herbicidas aplicados em pós-emergência.....	30
4.2. Desenvolvimento e parasitismo de <i>Trichospilus diatraeae</i> em pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i> criadas em plantas de milho tratadas com herbicidas em pós-emergência.....	37
4.3. Impacto de herbicidas aplicados em pós-emergência na população, danos e inimigos naturais de <i>Spodoptera frugiperda</i> em campo .....	41
4.3.1. População e danos de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	41
4.3.2. Inimigos naturais .....	46
4.4. Interação entre inseticidas e herbicidas sobre a mortalidade e manejo de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	48
4.4.1. Efeito da ingestão de herbicidas sobre a eficácia de inseticidas .....	48
4.4.2. Toxicidade de inseticidas em mistura com herbicidas em <i>Spodoptera frugiperda</i> .. ..	49
4.4.3. Interação entre atrazina e inseticidas sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> em campo ...	54
4.4.4. Discussão.....	57
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERÊNCIAS .....	62

## RESUMO

Os herbicidas são capazes de promover alterações fisiológicas nas plantas cultivadas não suscetíveis a eles, podendo acarretar mudanças na bioecologia dos insetos que utilizam tais plantas para sobrevivência, inclusive insetos-praga e seus inimigos naturais. Além disso, aplicações seqüenciais ou associadas de herbicidas e inseticidas podem influenciar a eficácia de controle dos insetos-praga. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de herbicidas aplicados em pós-emergência em plantas de milho sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e sobre seus inimigos naturais em campo e laboratório. A interação entre herbicidas e inseticidas sobre o controle da praga também foi avaliada. Em laboratório, plantas de milho foram pulverizadas com os herbicidas bentazona, atrazina, nicossulfuron e 2,4-D (doses recomendadas) e folhas fornecidas a lagartas neonatas de *S. frugiperda*, para o acompanhamento do desenvolvimento do inseto. De forma semelhante, pupas de *S. frugiperda* obtidas das lagartas criadas sobre as folhas de milho tratadas com os herbicidas foram oferecidas a fêmeas do parasitóide de pupas *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) para acompanhamento do desenvolvimento e taxa de parasitismo do parasitóide. Em campo os herbicidas foram aplicados nas plantas de milho e a população de *S. frugiperda* foi monitorada semanalmente. Quinze dias após a aplicação dos herbicidas larvas da praga foram coletadas e transferidas individualmente para potes contendo dieta artificial para avaliação do parasitismo natural. O efeito dos herbicidas sobre o controle químico de *S. frugiperda* foi realizado da seguinte

forma: larvas do inseto foram alimentadas com dieta artificial contendo herbicidas e após 48 h foram colocadas para se alimentar em folhas de milho tratadas com os inseticidas químicos clorpirifós, deltametrina, metomil, etofenproxi e espinosade; estes mesmos inseticidas foram divididos em cinco concentrações (0,0% - testemunha, 12,5%, 25,0%, 50,0% e 100,0% da dose recomendada) e misturados aos herbicidas bentazona, atrazina, nicossulfuron e 2,4-D. As misturas foram pulverizadas tópicamente sobre as lagartas. A mortalidade nos dois ensaios foi contabilizada após 24 h. Em campo estes mesmos inseticidas foram aplicados em função do manejo das plantas daninhas somente com atrazina, sendo: aplicação inseticida dois dias antes da atrazina; em mistura com atrazina; somente inseticida; nenhuma aplicação (testemunha absoluta). Foram realizadas três pulverizações e o levantamento de lagartas foi realizado semanalmente. Os herbicidas bentazona e atrazina melhoraram o desenvolvimento de *S. frugiperda*. O desenvolvimento de *T. diatraeae* não foi influenciado pelos herbicidas, mas o parasitismo foi menor em relação à testemunha. Larvas expostas aos herbicidas via dieta artificial foram menos afetadas pelos inseticidas químicos. As concentrações inseticidas, em mistura com os herbicidas, responderam de diferentes formas sobre a mortalidade de *S. frugiperda*. No campo a atrazina influenciou negativamente a eficácia dos inseticidas, exceto para o espinosade. A eficácia do metomil foi prejudicada pela aplicação da atrazina, enquanto a deltametrina foi prejudicada pela aplicação em mistura com atrazina. Não foi possível observar o efeito da atrazina sobre a eficiência de controle do clorpirifós, que foi muito baixa em todos os tratamentos.

**Palavras-chave:** interação herbicidas-insetos; interação pesticidas-insetos; manejo integrado de pragas; controle biológico; lagarta-do-cartucho.

**IMPACT OF HERBICIDES ON BIOLOGY AND CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN CORN.** 2011. 81f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARIO HENRIQUE FERREIRA DO AMARAL DAL POGETTO

Adviser: CARLOS FREDERICO WILCKEN

### **SUMMARY**

Herbicides can promote physiological changes in non susceptible crops and may lead to changes in bioecology of insects that use these plants for their survival, especially pests and their natural enemies. In addition, herbicides applications next or in mixture with insecticides can affect the effectiveness of pest control. The aim of this study was to evaluate the impact of post-emergence herbicides applied in corn plants on the development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their natural enemies in field and laboratory. The interaction between herbicides and insecticides on pest control was also evaluated. In laboratory corn plants were sprayed with the herbicides bentazon, atrazine, nicosulfuron and 2,4-D and leaves were supplied to neonate larvae of *S. frugiperda* for development evaluation. Similarly, *S. frugiperda* pupae obtained from caterpillars reared on treated leaves with herbicides were offered to females of the *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). The development and parasitism rate by parasitoid was evaluated. In field conditions the herbicides were applied in corn plants and the population of *S. frugiperda* was monitored weekly. Fourteen days after the herbicides application pest larvae were collected and transferred individually to pots containing artificial diet to evaluate the natural parasitism. The effect of herbicides on the chemical control of *S. frugiperda* was performed as follows: the insect larvae were fed on artificial diet containing herbicides 48 h before exposition to insecticides. After larvae were placed to feed on corn leaves treated with synthetic insecticides chlorpyrifos, deltamethrin, methomyl, etofenprox and spinosad, these same insecticides were divided into five concentrations (0.0%, 12.5%, 25.0%, 50.0% and 100.0% of the labeled dose) and mixed with herbicides bentazon, atrazine, nicosulfuron and

2.4-D. The mixtures were sprayed topically on the caterpillars. Mortality in the two trials was recorded after 24 h. In the field these same insecticides were applied according to the management of weeds only with atrazine, as follows: application of atrazine two days before insecticides; insecticides mixed with atrazine; only insecticides; no application (control). Three sprayings were carried out and the population of fall armyworm was recorded weekly. The herbicides bentazon and atrazine improved the development of *S. frugiperda*. The development of *T. diatraeae* was not affected by herbicides, but parasitism was lower than in control. Larvae exposed to herbicides on the artificial diet were less affected by insecticides. The herbicide mixture with insecticides concentrations responded in different ways on the mortality of *S. frugiperda*. In the field conditions atrazine influenced negatively the effectiveness of insecticides, except spinosad. The efficacy of methomyl was impaired by application of atrazine two days before insecticide application while the deltamethrin was impaired when mixed with atrazine. It was not possible to observe the effect of herbicide on control efficiency of chlorpyrifos, which was very low in all treatments.

**Keywords:** herbicides-insect interactions; pesticides-insect interactions; integrated pest management; biological control; fall armyworm.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas agrícolas cultivadas no Brasil e no mundo. Além do aspecto quantitativo, proporcionado pela alta produtividade, o milho constitui a base da alimentação humana e animal. No entanto, vários fatores podem interferir na produtividade desta cultura, principalmente insetos-praga e plantas daninhas (GALLO et al., 2002; NICOLAI et al., 2006). Dentre as principais pragas que atacam os plantios de milho, destaca-se a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), cujos danos resultam em perdas significativas na produção, culminando em grandes prejuízos aos agricultores (CARVALHO, 1970; CRUZ & TURPIN, 1982; CRUZ et al., 1996). O manejo desta praga em milho tem sido realizado exclusivamente com produtos químicos que são aplicados logo após a detecção de sua ocorrência na cultura. Por outro lado, as plantas daninhas podem causar perdas na produtividade do milho de até 80%, sendo que o controle é necessidade de ordem econômica, em que o método químico, por meio de herbicidas, é o mais viável (LOPEZ-OVEJERO et al., 2003; NICOLAI et al., 2006).

O emprego de estratégias de controle integrado deve ser inserido nos programas de manejo das culturas agrícolas, visando a obtenção de resultados ecológicos e economicamente viáveis. Diversas práticas de manejo para condução dos cultivos agrícolas, como adubação, irrigação ou até mesmo o manejo do mato, podem interferir sobre a população de artrópodes do agroecossistema (BEGON et al., 2007). Nesse sentido, tanto os efeitos positivos como os negativos devem ser considerados. Muitas vezes o momento ideal para o controle das plantas daninhas pode coincidir com a necessidade de intervenção sobre as

populações de insetos-praga, onde as aplicações de inseticidas e herbicidas podem ocorrer sequencial ou simultaneamente. Dessa forma, a possibilidade de ocorrerem interações é evidente e sua natureza deve ser conhecida (RAHMAN & JAMES, 1993; FANCELLI & DOURADO NETO, 2004). Alguns estudos indicam que as aplicações combinadas ou em períodos próximos de herbicidas e inseticidas nas lavouras podem prejudicar a planta cultivada, pois algumas destas combinações podem ser fitotóxicas (RAHMAN & JAMES, 1993; NICOLAI et al., 2006). Além disso, a combinação de herbicidas e inseticidas pode resultar em aditividade, sinergismo e antagonismo da toxicidade sobre insetos (YING et al., 2002; YU, 2004; SCHULER et al., 2005). Alguns herbicidas podem induzir o aumento da atividade de certas enzimas detoxificadoras em artrópodes, podendo influenciar a eficácia dos inseticidas (YU, 2004). Dentro do manejo integrado de pragas, o efeito isolado dos herbicidas sobre as populações de insetos também deve ser considerado, pois muitas moléculas podem apresentar efeitos deletérios sobre várias espécies de artrópodes, inclusive insetos benéficos (MESSERSMITH & AKINS, 1995; STADLER et al., 1996; XU et al., 1997). O poder inseticida de algumas moléculas, como o quizalofop, é tão alto, que já foi sugerido para incorporação no manejo integrado de *Spilarctia obliqua* (Lepidoptera: Arctiidae) na Ásia (GUPTA & BATTACHARYA, 2008). Em outros casos, o uso de herbicidas pode ser responsável pelo incremento na população e nos danos causados por insetos-praga (OKA & PIMENTEL, 1976; SHARMA et al., 1994).

Apesar de diversos estudos demonstrarem o efeito direto dos herbicidas sobre vários artrópodes, através da toxicidade; ou indiretamente, através dos efeitos sobre o comportamento e alimentação; ou mesmo através da associação entre herbicidas e inseticidas, a forma com que cada molécula herbicida interage com cada espécie de inseto, plantas e inseticidas são muito específicas, o que torna difícil a obtenção de informações precisas sobre este assunto. Paralelamente, as pesquisas sobre este tema podem fornecer informações relevantes que podem contribuir diretamente para o uso mais racional de produtos fitossanitários na agricultura, motivado tanto pela maior preservação de organismos benéficos, como os agentes de controle biológico, quanto pelo próprio conhecimento dos efeitos da combinação dos herbicidas e inseticidas sobre o manejo de pragas, de forma a nortear as tomadas de decisões em relação ao momento das aplicações de herbicidas e inseticidas. Diante deste contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto de herbicidas aplicados em

pós-emergência na sobre o desenvolvimento e danos causados por *S. frugiperda* na cultura do milho e a influência destes herbicidas no controle químico e biológico da praga.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aspectos econômicos do milho no Brasil

O milho (*Zea mays*) é um dos cereais de maior importância econômica, plantado em larga escala no Brasil e no mundo. A área plantada brasileira nos últimos anos têm sido de quase 15 milhões de hectares, correspondendo a aproximadamente 30% da área plantada nacional. Em 2010 a produção do cereal foi de 53,5 milhões de toneladas. Embora o Brasil se destaque como um dos maiores produtores mundiais deste grão, a produtividade média nacional oscila em torno de 4.000 kg/ha (IBGE, 2010). Este valor é considerado inferior quando se considera a alta capacidade produtiva desta cultura que, associada ao emprego de alta tecnologia, tem potencial para produzir acima de 16.000 kg/ha (SANTOS, 2006).

Vários fatores podem contribuir para que a produtividade brasileira não atinja patamares mais satisfatórios, como o pouco ou nenhum emprego de tecnologia no sistema de produção, ocasionado pela falta de capitalização de pequenos produtores (BÜLL & CANTARELA, 1993). Em decorrência destes fatores, o ataque de pragas e doenças e a infestação por plantas daninhas na lavoura podem agravar as perdas na produção. Dentre os insetos que atacam as lavouras de milho, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* é considerada a principal espécie, devido, sobretudo a sua ocorrência generalizada e ao seu potencial de ataque em todas as fases de desenvolvimento da planta, provocando perdas significativas na produtividade da cultura (GALLO et al.,2002).

## **2.2. Aspectos gerais de *Spodoptera frugiperda***

### **2.2.1. Origem e distribuição**

A lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* é originária das zonas tropicais e ocorre em toda a América (METCALF et al., 1962; LABRADOR, 1967), sendo descrita em treze estados brasileiros por Lucchini (1977). É um inseto polífago que se alimenta de um grande número de plantas cultivadas, principalmente gramíneas (METCALF et al., 1962; LABRADOR, 1967). Como ocorre na maioria dos lepidópteros-praga em culturas agrícolas, a fase larval do inseto é considerada de importância primária (KERN, 1954; CARVALHO, 1970; FERREIRA, 1983; REIS, 1989).

### **2.2.2. Desenvolvimento e descrição**

O desenvolvimento de *S. frugiperda* é completo, do tipo holometabólico, compreendendo as fases de ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são de coloração verde clara, e a oviposição é feita em placas, tanto na face inferior quanto superior das folhas da planta hospedeira, de onde eclodem as larvas. Estas placas podem conter até mil ovos. Quando perto da eclosão a cor da massa de ovos se torna escura, devido à esclerotização do tegumento da cabeça da lagarta, e que é possível ser vista através do córion. A massa de ovos é coberta por uma camada fina de escamas, colocada pela fêmea por ocasião da postura (CIA et al., 1999). As lagartas podem chegar a 50 mm de comprimento e até seis ínstaes após o completo desenvolvimento. A coloração das larvas pode variar de pardo escuro, verde, até quase preta. Ao término do período larval as lagartas penetram no solo onde se transformam em pupas de coloração avermelhada, com comprimento em torno de 15 mm. Após a emergência surge o adulto, medindo cerca de 35 mm de envergadura, com asas anteriores de coloração pardo-escuro e as posteriores branco-acinzentada (NAKANO et al., 1981; GALLO et al., 2002).

### **2.2.3. Bioecologia**

A biologia de *S. frugiperda* tem sido estudada por diversos autores em diferentes países, condições e hospedeiros. A referência mais antiga deste inseto na literatura é de Smith (1797) que relatou a emergência da mariposa cerca de 12 dias após a lagarta ter se dirigido ao solo, coincidindo com o período em que o milho ainda estava no campo. Em trigo,

aveia e alfafa foi observado que a duração do período de pré-oviposição foi em torno de 3 dias, o período larval de 23 dias e o pupal de 7 dias (Smith, 1921). Sob temperatura média de 26°C a duração do período de incubação dos ovos pode variar entre dois e três dias (LUNGINBILL, 1928; HYNES, 1942). Em condições de campo e laboratório o período larval pode durar entre 14 e 25 dias, o pré-pupal entre 2 e 3 dias e o pupal de 8 a 11 dias. Gallo et al. (2002) relatam que o período larval pode durar entre 12 a 30 dias, enquanto a fase de pupa pode durar até 21 dias no verão e até 50 dias no inverno.

As mariposas de *S. frugiperda* possuem hábito noturno, de forma que a cópula e a oviposição ocorrem geralmente neste período (DEW, 1913; ETCHEVERRY, 1957). Após o desenvolvimento, as larvas migram para o solo edão início a fase pupal. Contudo, a fase de pupa desta espécie ocorre preferencialmente em solos arenosos, e sob condições adversas, ou em outros tipos de solo, esta fase pode ocorrer na própria planta (SMITH, 1921; HYNES, 1942; BERTELS & ROCHA, 1950). Metcalf e Flint (1965) observaram que sob alta densidade populacional, estas mariposas são capazes de se deslocar por vários quilômetros para realizar a oviposição.

#### **2.2.4. Importância econômica e danos**

O primeiro grande dano causado por *S. frugiperda* na história ocorreu em 1899 nos EUA, onde surtos populacionais causaram severos danos nas culturas de milho, feijão, arroz, sorgo e trigo. Mais tarde esta praga foi encontrada causando ataques intensos em aveia, algodão e pastagens. No Brasil foi relatado um surto em 1964, com enormes danos em milho, arroz e pastagens (CRUZ, 1995). Atualmente, esta praga ainda causa diversos danos às lavouras no Brasil e no mundo. No entanto, a intensidade com que eles ocorrem pode variar de acordo com as condições climáticas, tipo de solo, época de plantio, cultivar, estágio fenológico da cultura e densidade populacional da praga. No Brasil, reduções na produtividade do milho devido ao ataque desta praga podem chegar a 37%. Em milho, os danos dependem da fase de desenvolvimento da planta em que ocorre o ataque, sendo as plantas mais sensíveis quando apresentam de oito a dez folhas ou por volta dos 40 dias após o plantio. No estágio de 4 a 6 folhas foi observado que danos foliares severos não refletiram em perdas na produtividade de grãos (CRUZ & TURPIN, 1982; CARVALHO, 1970). Em outras situações, alguns estudos indicam que estas perdas podem oscilar entre 15 a 38% (CARVALHO, 1970; CRUZ &

TURPIN, 1982; CRUZ et al., 1996; VIANNA et al., 2006). Em situações mais agudas, quando a combinação entre clima e estado fisiológico da planta é favorável ao desenvolvimento da praga, as perdas na produtividade podem chegar a 60% (CRUZ & OLIVEIRA, 1989). As perdas econômicas causadas pela lagarta-do-cartucho na cultura do milho são estimadas em mais de 400 milhões de dólares (CRUZ, 1995). Em 1998 foram gastos, no Brasil, aproximadamente 60 milhões de dólares com inseticidas na cultura do milho e cerca de 40% deste montante foi utilizado para controle da lagarta-do-cartucho (OMOTO et al., 2000). Além dos danos nas folhas, as lagartas de *S. frugiperda* podem atacar a espiga, destruindo os grãos ou abrindo caminho para microorganismos (CRUZ et al., 1999).

## **2.2.5. Métodos de controle**

### **2.2.5.1. Controle químico**

O principal método de controle de *S. frugiperda* na cultura do milho tem sido o químico (GALLO et al., 2002). Em Mato Grosso do Sul, por exemplo, foi realizado um levantamento no qual foi constatado que no controle de *S. frugiperda* são utilizados inseticidas pertencentes a quatro grupos químicos, sendo os fosforados com utilização de 40%, as benzoiluréias com 30%, os carbamatos com 23% e os piretróides com 7% (WAQUIL et al., 2004). Outro trabalho relacionado ao levantamento de inseticidas nas lavouras produtoras de milho na região do sudoeste de Goiás demonstra que 66,6% dos produtores amostrados utilizavam inseticidas do grupo das benzoiluréias, 22,2% piretróides e 11,1% utilizavam carbamatos (VALICENTE et al. 2004). Como pôde ser observado, existe grande variação no uso de grupos químicos de inseticidas para o manejo da lagarta-do-cartucho. É notável também que a escolha dos produtos é condicionada ao poder aquisitivo e nível de conhecimento dos produtores, sendo que a maioria opta pelos mais baratos, principalmente quando o preço do milho está baixo.

Apesar de não ser citado nos levantamentos relatados acima, provavelmente devido ao seu alto custo, o espinosade também é utilizado no controle de *S. frugiperda*. Este inseticida é naturalmente produzido pela fermentação do actinomiceto *Saccharopolispora spinosa* (SPARKS et al., 1998). Este produto apresenta propriedades neurotóxicas para insetos da ordem Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera e alguns Coleoptera (BRET et al., 1997). O mecanismo de ação se dá pela ligação da molécula ao receptor

nicotinérgico da acetilcolina e GABA (WATSON, 2001). Diferentes produtos à base de espinosade já foram registrados em mais de trinta países para o controle de insetos desfolhadores (WILLIAMS et al., 2004).

#### **2.2.5.2. Inimigos naturais**

Devido ao alto custo e impactos ao meio ambiente causado pelos inseticidas químicos, vários estudos vêm ressaltando a importância do controle biológico de *S. frugiperda*. Alguns autores relataram que as espécies *Archytas marmoratus* (Diptera: Tachinidae), *Ophion flavidus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Campoletis grioti* (Hymenoptera: Ichneumonidae) são importantes parasitóides da lagarta-do-cartucho (NOTZ 1972; ASHLEY et al., 1982; ASHLEY, 1986). No Brasil, os dados sobre parasitismo da lagarta-do-cartucho ainda são muito escassos. Resultados obtidos por Lucchini & Almeida (1980) mostraram que *C. grioti* e *Archytas incertus* (Diptera: Tachinidae) foram os principais parasitóides da lagarta do cartucho no Paraná. Em São Paulo os mais abundantes foram *A. incertus*, *O. flavidus*, *Eiphosoma vitticole* (Hymenoptera: Braconidae) e *Chelonus texanus* (Hymenoptera: Braconidae) (PATEL & HABIB, 1982). Em Minas Gerais, em levantamento feito em quatro regiões produtoras de milho, as maiores frequências de ocorrência foram das espécies *E. vitticole*, *A. marmoratus*, *C. texanus*, *Lespesia archippivora* (Diptera: Tachinidae) e *Winthemia trinitatis* (Diptera: Tachinidae). Além dos parasitóides, foram também encontrados nematóides do gênero *Hexameris*, o fungo *Nomureae rileyi* e os vírus de granulose e de poliedrose nuclear (CRUZ et al., 2009).

### **2.3. Aspectos gerais de plantas daninhas na cultura do milho**

O controle inadequado de plantas daninhas na cultura do milho pode ocasionar reduções na produtividade da cultura de 10% a 80% (VARGAS et al., 2006). Nos ecossistemas agrícolas as plantas daninhas levam vantagem competitiva sobre plantas produtoras de grãos, pois o melhoramento genético de culturas objetiva obter acréscimo no rendimento econômico, e isso quase sempre é acompanhado por decréscimo no potencial competitivo. Devido à grande capacidade de sobrevivência, a agressividade das plantas infestantes é superior às plantas cultivadas, a ponto de diminuir ou impedi-las de acessar os recursos do ambiente (PITELLI, 1985). As formas de controle e adoção de algumas práticas

culturais consistem em suprimir e/ou reduzir o número de plantas daninhas por área até níveis aceitáveis para convivência entre as espécies envolvidas, sem prejuízos econômicos para a cultura. De maneira geral, os métodos de controle de plantas daninhas são: preventivo, cultural, mecânico, biológico e químico (VARGAS et al., 2006).

### **2.3.1. Controle químico**

O controle químico de plantas daninhas na cultura do milho é, atualmente, a alternativa mais empregada, motivado pelo surgimento de novas moléculas e tecnologias de aplicação, que são cada vez mais eficientes e seletivas, além de proporcionar ao agricultor maior número de opções e menores custos. Em grandes lavouras esta prática é a única forma economicamente viável, devido à praticidade e eficiência do método. Os herbicidas químicos podem ser aplicados de diferentes formas na cultura, sendo: antes do preparo do solo (quando houver – plantio direto), em pré-emergência e em pós-emergência (precoce, normal ou tardia). A utilização de herbicidas em pré-emergência, com efeito residual prolongado, tem sido um dos fatores associados à elevada eficácia no controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição em milho. Entretanto, a aplicação de herbicida em pós-emergência também é prática bastante adotada. A variação nos métodos de aplicação dos herbicidas ocorre em função do tempo hábil para realização do controle, a fim de se evitar acúmulo de operações, principalmente nas grandes áreas plantadas. Isto porque, as diferentes técnicas são utilizadas em períodos distintos em relação ao desenvolvimento da cultura e da planta daninha (VARGAS et al., 2006; MONQUERO et al. 2008).

Para as diferentes modalidades de aplicação de herbicidas existem produtos específicos. Particularmente em relação às moléculas e modalidade de aplicação utilizada neste trabalho (pós-emergência), algumas características são destacadas: a atrazina é um dos herbicidas mais utilizados no mundo, aplicado tanto em pré como em pós-emergência (SHORT & COLBORN, 1999). Para o controle de dicotiledôneas, o 2,4-D ainda é uma das moléculas mais utilizadas na agricultura (DEML & DETTNER, 2001). A bentazona é bastante utilizada em plantios de milho, principalmente em arroz (EMBRAPA, 2005). Vale destacar que herbicidas do grupo das sulfoniluréias, como o nicossulfuron, são eficientes sobre ampla gama de espécies de plantas daninhas. Atualmente existem vinte e cinco herbicidas pertencentes a este grupo, que são comercializados em mais de trinta países. A principal

característica deste herbicida é sua alta atividade bioquímica em baixas doses sobre as plantas infestantes (BEYER et al., 1988; FAHL et al., 1995).

#### **2.4. Relações entre herbicidas, inseticidas, planta hospedeira e insetos**

Na agricultura atual o principal método de controle de pragas e plantas daninhas é o químico, motivado, sobretudo pela praticidade de aplicação e eficiência dos produtos. Além disso, o investimento no desenvolvimento de agrotóxicos e das formas de aplicação, como os equipamentos e disponibilidade de rotação de produtos, têm melhorado a eficiência do controle nas lavouras, permitindo o plantio de extensas áreas com uma única cultura (NRC, 1989).

Os agrotóxicos, de maneira geral, podem afetar organismos não alvos. Relativamente aos herbicidas, existem numerosos exemplos dos efeitos diretos e indiretos destes produtos sobre insetos e ácaros (NORRIS & KOGAN, 2000). O efeito direto é observado em função da toxicidade das moléculas aos organismos ou sobre a influência que estes exercem sobre os parâmetros de desenvolvimento dos insetos. Indiretamente, herbicidas podem promover alterações fisiológicas nas plantas que em alguns casos podem influenciar a bioecologia e comportamento dos artrópodes (BEGON et al., 2007).

##### **2.4.1. Efeito direto**

Alguns autores sugerem que poucos herbicidas possuem efeitos diretos sobre insetos, pois, devido à forma como os produtos são selecionados nas indústrias de agrotóxicos, moléculas herbicidas com bom potencial para o manejo de pragas seria utilizado para este propósito (NORRIS & KOGAN, 2000). Como exemplo, Robinson (1961) testou vinte e seis herbicidas e reguladores de crescimento sobre a mortalidade e reprodução do pulgão-da-ervilha *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae), não encontrando diferença entre os tratamentos. Acifluorfen e bentazona não alteraram a população de artrópodes em soja (FARLOW & PITRE, 1983a). *Sericothrips variabilis* (Thysanoptera: Thripidae) não foi afetado pela aplicação em pré-plantio ou pré-emergência dos herbicidas vernolate, alachlor, metribuzin ou em pós-emergência dos herbicidas sethoxydim e bentazona (HUCKABA & COBLE, 1990). Em algodão, insetos não foram afetados por dinoseb e diuron (STAM et al., 1978; BAKER et al., 1985).

Existem herbicidas que apresentam efeito tóxico sobre artrópodes. Apesar de poucos produtos, é importante salientar que a frequência e quantidade de uso destes herbicidas são consideráveis. Há casos em que herbicidas são significativamente tóxicos a população de insetos-praga, como imazethapyr sobre *Spilarctia obliqua* (Lepidoptera: Arctiidae), podendo ser indicado para uso no manejo integrado de pragas (GUPTA & BHATTACHARYA, 2008). Em contrapartida, os herbicidas podem afetar insetos e ácaros benéficos. O ácaro predador *Metaseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) é suscetível aos herbicidas paraquat, dalapon, terbacil e 2,4-D (ROCK & YEARGAN, 1973). Toxicidade também foi observada para os insetos *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (INGRAM et al., 1947), *Drosophila* sp. (Diptera: Drosophilidae) e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) (AHMED & ALI, 1994) por herbicidas do grupo das triazinas. Redução na sobrevivência, produção e eclosão dos ovos do besouro *Aleochara bilineata* (Coleoptera: Staphylinidae) já foi observado com os herbicidas bromoxinil, pyridate e haloxyfop (SANSONE, 1995). Deterrência para a alimentação e inibição do crescimento foi constatado em larvas de *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) pelos herbicidas fluazifop, bentazona, ametrina, flamprop e ioxynil (GAMAL & EL-GHAR, 1994). O imazapir em dieta artificial causou redução na sobrevivência larval de *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) (SINGH & BHATTACHARYA, 2004), enquanto o 2,4-D reduziu a sobrevivência de *Cephus cinctus* (Hymenoptera: Cephidae) (GALL & DOGGER, 1967). *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) se mostrou suscetível a vários herbicidas (THIELE, 1977; BOITEAU, 1984).

Segundo Norris e Kogan (2000) conclusões gerais a respeito da toxicidade dos herbicidas aos insetos são difíceis de serem obtidas. O comportamento dos produtos varia para cada espécie de inseto e diversas pesquisas mostram efeitos tóxicos e não tóxicos dos herbicidas. As diferentes formas em que os testes são conduzidos, como o método de administração dos herbicidas, forma em que o alimento é fornecido ou o veículo utilizado para a aplicação podem influenciar os resultados, dificultando as comparações. Além disso, em experimentos de laboratório a exposição dos insetos aos herbicidas ocorre de maneira forçada, podendo não refletir o que de fato ocorre no campo. Assim, qualquer julgamento a respeito do efeito desta interação sobre manejo de pragas deve ser avaliado cautelosamente.

### 2.4.2. Efeito indireto

Com exceção das plantas suscetíveis, as culturas agrícolas ou plantas daninhas resistentes não são mortas pelos herbicidas, mas podem ter sua fisiologia alterada. Esta alteração pode ser temporária ou permanente, e como tal, pode influenciar as populações de artrópodes através de mudanças na qualidade ou quantidade de alimento disponível (CAMPBELL, 1988).

Plantas tratadas com herbicidas podem ter sua fisiologia alterada em favor da população de artrópodes, seja pela redução no potencial de defesa da planta ou pelo aumento no teor de nutrientes. Oka & Pimentel (1976) estudaram o efeito do herbicida 2,4-D aplicados em plantas de milho e seu efeito sobre a broca-do-colmo europeia *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) e de pulgões, e verificaram que o desempenho biológico dos insetos foi melhorado quando alimentados com plantas tratadas com o herbicida. Isto foi atribuído ao alto teor de proteínas nas plantas de milho tratadas com 2,4-D, que foi significativamente maior do que nas plantas não tratadas. Também já foi observado aumento de 20% nas populações dos pulgões *Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi* e *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae) após a aplicação de isoproturon em cevada (KRISTIANSEM et al., 1992). Em soja, a aplicação dos herbicidas butaclor e fluchloralin promoveu aumento na população da mosca *Melanagromyza sojae* (SHARMA et al., 1994). Plantas de *Pinus* spp. são tratadas com baixas doses de paraquat para a melhora de algumas características da madeira. Experimentalmente, foi observado que o tratamento das árvores com herbicida aumentou os ataques dos besouros *Dendroctonus terebrans* e *Ips* spp. (Coleoptera: Scolytidae) (GOLDMAN et al., 1979). Em contrapartida, o ataque do cupim *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) foi menor, motivado pela maior produção de resina das plantas em função do tratamento herbicida (AMBURGEY et al., 1978).

Existem alguns exemplos de herbicidas que interferem na fisiologia das plantas e afetam as populações de insetos. Besouros do gênero *Gastrophysa* (Coleoptera: Chrysomelidae) tiveram redução em sua população quando se alimentaram de folhas tratadas com asulam, sendo isto atribuído à redução da qualidade do alimento pelo herbicida (SPEIGHT & WHITTAKER, 1987). Plantas de trigo selvagem tratadas com chlorsulfuron reduziram a sobrevivência de *Gastrophysa polygoni* (Coleoptera: Chrysomelidae) (KJAER & ELMEGAARD, 1996). Segundo estes autores esta redução foi motivada pelas alterações

fisiológicas na planta e não pela toxicidade direta. A aplicação do herbicida EPTC em couve (*Brassica oleracea*) ocasionou redução da camada de cera nas folhas das plantas e conseqüente diminuição do ataque de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), apesar de não ser tóxico para as larvas (EIGENBRODE & SHELTON, 1992). Em algumas situações, a aplicação de herbicidas seletivos pode causar diminuição do vigor das plantas, principalmente em plantas novas que, na ausência de condições adversas, podem se recuperar rapidamente. Aplicações de 2,4-D antes da semeadura em trigo causam redução no vigor das plântulas e aumento nos danos causado pelas larvas de *Ctenicera aeripennis* (Coleoptera: Elateridae) (FOX, 1948).

Mesmo sabendo que os herbicidas causam alterações fisiológicas nas plantas, e que em muitos casos isto influencia as populações de insetos, não existem estudos que demonstrem o impacto disso no manejo integrado de pragas, e que possam subsidiar análises sobre a importância econômica desta interação (CAMPBELL, 1988).

### **2.4.3. Efeito de herbicidas no controle de insetos**

Alguns insetos podem acumular compostos tóxicos da planta hospedeira em benefício próprio, a fim de reduzir ou inibir a ação de inimigos naturais (HARTMANN, 1999). Delm & Dettner (2001) relataram que o lepidóptero *Eupackardia calleta* (Lepidoptera: Saturniidae) acumula o herbicida 2,4-D ingerido na alimentação no corpo gorduroso, mesentero e hemolinfa durante a fase larval, sendo encontrado inclusive nos insetos adultos. Estes autores sugerem que este acúmulo possa influenciar os inimigos naturais do inseto. Foi verificado que gafanhotos da espécie *Romalea guttata* (Orthoptera: Romaleidae) são capazes de metabolizar o 2,4-D, ingerido através da alimentação de plantas tratadas, no composto 2,5-D. Quando perturbados, estes gafanhotos são capazes de liberar uma substância espumosa, cuja análise demonstrou a presença do 2,5-D, que se mostrou repelente ao seu inimigo natural *Formica exsectoides* (Hymenoptera: Formicidae) (EISNER et al., 1971).

Com relação ao controle químico, os herbicidas podem alterar a atividade dos inseticidas de três formas: o metabolismo do inseticida pode ser alterado em plantas tratadas com herbicidas; a penetração e absorção do inseticida podem ser aumentadas pelos herbicidas (quando em mistura); o herbicida pode inibir o metabolismo do inseticida no inseto. O metabolismo de difonate e malation em feijão é inibido pelos herbicidas linuron e

propanil, enquanto em tomate o metabolismo do carbaril foi inibido pelo linuron e estimulado pelo propanil (CHANG et al., 1971). A inibição da degradação dos inseticidas pode resultar em maiores níveis de resíduos no produto final (NORRIS & KOGAN, 2000).

A absorção de inseticidas pode ser alterada por herbicidas, podendo potencializar o efeito inseticida. Apesar de não ser totalmente esclarecido se apenas o aumento da absorção potencializa o efeito inseticida, a mortalidade de *D. melanogaster* foi maior quando os inseticidas diazinon, carbofuram, paration metílico e DDT foram aplicados em mistura com atrazina. Monuron e 2,4-D também aumentaram a atividade de inseticidas contra duas espécies de dípteros (LICHTENSTEIN et al., 1973). Os autores não atribuíram este aumento na ação inseticida à inibição de um sistema enzimático específico, já que diversos tipos de herbicidas foram aplicados em diferentes insetos e a resposta foi semelhante. No entanto, herbicidas podem alterar a produção e atividade de enzimas em insetos, podendo influenciar a eficácia de inseticidas (NORRIS & KOGAN, 2000). A atividade inseticida do carbofuram foi aumentada pelo herbicida atrazina em anelídeos, grilos, colêmbolas e carabídeos (LARDIER & SCHIAVON, 1989). Nos grilos, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae), o metabolismo do carbofuran foi inibido pela presença da atrazina. A inibição ocorreu na hidroxilação do carbofuran, suportando a hipótese de que inseticidas podem ser potencializados por compostos capazes de bloquear o fluxo de elétrons no microsomo (CHIO & SANDBORN, 1977). Yu (2004) demonstrou que herbicidas do grupo das triazinas são capazes de induzir aumento da atividade de certas enzimas em *S. frugiperda*, como oxidases microsomais (aldrin epoxidase), glutathione S-transferase e estereases. Neste caso, o aumento da atividade enzimática proporcionou incremento na toxicidade dos inseticidas paration metílico, forate e triclofon, e na redução da toxicidade da permetrina, carbaril e indoxacarb sobre as lagartas. Estudos sobre as possíveis interações sobre o efeito da ação conjunta entre herbicidas e inseticidas são escassos (JIN-CLARK et al., 2002). A atrazina apresenta efeito sinérgico sobre a ação de alguns inseticidas organofosforados, principalmente clorpirifós (PAPE-LINDSTROM & LYDY, 1997; BELDEN & LYDY, 2000). No entanto, o modo como isso ocorre não é bem esclarecido, sendo sugeridos vários mecanismos de ação. Além dos processos descritos acima, no caso de inseticidas que agem na transmissão sináptica, através da inibição da enzima acetilcolinesterase, alguns autores supõem que a aplicação conjunta destes inseticidas com herbicidas triazínicos aumentam a produção de metabólitos oxon, que

são muito mais potentes na inibição da acetilcolinesterase (PAPE-LINDSTROM & LYDY, 1997; JIN-CLARK et al., 2002). Já o aumento da toxicidade de paration metílico e forate pela atrazina estão relacionados ao aumento da eficiência de desulfuração e sulfoxidação microsomal, respectivamente (YU, 2004). De maneira geral, os mecanismos que regulam o sinergismo e o antagonismo entre herbicidas e inseticidas são pouco compreendidos. Em milho, por exemplo, diversos inseticidas utilizados contra larvas de *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) foram antagonizados por herbicidas em um ano, enquanto no ano seguinte os efeitos de alguns produtos foram sinérgicos (REED et al., 1989; NORRIS & KOGAN, 2000).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local e instalações**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia do Departamento de Produção Vegetal – Defesa Fitossanitária – FCA/UNESP – Campus de Botucatu e nas Fazendas de Ensino Pesquisa e Produção, em condições de laboratório e campo. Em todos os ensaios foi utilizado o milho híbrido simples não-transgênico 2B-707 (DowAgrosciences). Todos os experimentos conduzidos em laboratório, inclusive a criação de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial, foram mantidos em condições ambientais controladas, sendo: temperatura de  $25,0\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; umidade relativa de  $70\pm 10\%$ ; fotofase de 14 h.

Os dados meteorológicos dos experimentos de campo foram obtidos junto ao Departamento de Ciências Ambientais – FCA/UNESP – Campus de Botucatu, para o período de 10/01/2011 à 30/06/2011.

#### **3.2. Herbicidas**

Em todos os experimentos foram utilizados os herbicidas, doses e volume de calda descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Produto comercial (p.c.), ingrediente ativo (i.a.), grupo químico, concentração e dose (p.c./ha) dos herbicidas utilizados nos experimentos com *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Nome comercial	Ingrediente ativo (i.a.)	Grupo químico	Concentração de i.a. (m/v)	Dose <sup>1</sup> (p.c./ha)
BASAGRAN 600	Bentazona	benzotiadiazinona	60,0%	1,6 L
PROOF	Atrazina	triazina	50,0%	5,0 L
SANSON 40 SC	Nicossulfuron	sulfoniluréia	40,0%	1,5 L
DMA 806 BR	2,4-D - dimetilamina	ácido ariloxialcanóico	80,6%	1,5 L

<sup>1</sup> Dose recomendada para aplicação em pós-emergência na cultura do milho para o volume de calda de 200 L/ha.

### 3.3. Criação estoque de *Spodoptera frugiperda* e do parasitóide *Trichospilus diatraeae*

As larvas de *S. frugiperda* utilizadas nos experimentos foram provenientes da criação estoque mantida em condição de laboratório. A criação inicial foi obtida a partir de posturas do inseto coletadas no campo, em plantios de milho da FCA/UNESP – Campus de Botucatu. As larvas de *S. frugiperda* foram criadas em recipientes plásticos com 100 ml de capacidade em dieta artificial proposta por Nalin (1991). Os adultos da praga foram identificados quanto ao sexo, separados em casais e transferidos para tubos de PVC fechados com placas de Petri (200 mm de diâmetro) e forrados interiormente com papel jornal para obtenção dos ovos.

Adultos do parasitóide *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) utilizados nos experimentos também foram provenientes da criação estoque mantida na mesma Instituição. A criação do parasitóide foi realizada sobre pupas de *Thyrintina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) em tubos de vidro de fundo chato (2,5 cm de diâmetro e 8,5 cm de comprimento), fechados com tela de náilon, também provenientes da criação artificial mantida em laboratório. A alimentação dos insetos adultos foi feita através do fornecimento de mel puro pela tela. Os espécimes iniciais foram obtidos de pupas de *Iridopsis* sp. (Lepidoptera: Geometridae) coletadas em campo (ZACHÉ et al., 2010).

### **3.4. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* sobre plantas de milho tratadas com herbicidas aplicados em pós-emergência**

#### **3.4.1. Preparo do material vegetal**

Plantas de milho conduzidas em vasos com aproximadamente 4 à 5 folhas completamente estendidas foram pulverizadas com os herbicidas nas doses e volume de calda descritos na Tabela 1. O tratamento testemunha foi composto por plantas de milho sem aplicação de herbicidas, totalizando cinco tratamentos. Para cada tratamento foram semeados trinta vasos (3 L de capacidade), com duas plantas por vaso. Os tratos culturais como irrigação e adubação foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

#### **3.4.2. Desenvolvimento do inseto**

Dois semanas após a aplicação dos herbicidas folhas de milho foram coletadas ao acaso entre os vasos respectivos a cada tratamento e fornecidas às lagartas recém eclodidas de *S. frugiperda* provenientes da criação em laboratório (OKA & PIMENTEL, 1976). As lagartas foram transferidas individualmente para placas de Petri (90 mm de diâmetro) e acondicionadas em câmara BOD, nas condições ambientais descritas anteriormente. Para cada tratamento foram utilizadas cinquenta lagartas, divididas em cinco repetições de dez insetos. As folhas de milho foram coletadas e fornecidas aos insetos diariamente. As pupas formadas, após a pesagem, foram separadas por sexo e individualizadas em placas de Petri com uma porção de algodão umedecido. A partir da emergência dos adultos, estes foram agrupados em casais e colocados nas gaiolas de reprodução para obtenção das posturas. As gaiolas de reprodução foram confeccionadas com papel sulfite, formando um tubo fechado em ambas as extremidades por placas de Petri (90 mm). Os casais formados foram observados diariamente, tanto para o registro da mortalidade dos adultos, quanto para a remoção das posturas. Todos os insetos adultos de *S. frugiperda* foram alimentados com solução de mel a 10%.

O desenvolvimento de *S. frugiperda* sobre plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas foi avaliado através da duração da fase larval, pupal, adulta e ciclo total. Também foram avaliadas as viabilidades das fases larval e pupal, o peso das larvas, aos dez dias de idade e das pupas 24 horas após a formação. As taxas de deformação de pupas e adultos de *S. frugiperda* também foram avaliadas. A fase reprodutiva de *S. frugiperda* foi

avaliada através da duração do período de pré-oviposição, do período de incubação dos ovos, número de posturas/fêmea, número de ovos/fêmea e viabilidade dos ovos.

### **3.4.3. Análise dos dados**

Todos os resultados do desenvolvimento de *S. frugiperda* foram submetidos à análise de variância não-paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis (H). A significância do teste foi admitida quando  $P < 0,05$  e quando isso ocorreu, as médias dos tratamentos para cada variável do desenvolvimento biológico de *S. frugiperda* foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK), com  $p < 0,05$ .

## **3.5. Desenvolvimento e parasitismo de *Trichospilus diatraeae* em pupas de *Spodoptera frugiperda* criadas em plantas de milho tratadas com herbicidas em pós-emergência**

A utilização do parasitóide de pupas *T. diatraeae* neste bioensaio foi motivada por seu bom potencial como agente de controle biológico de algumas pragas de importância em culturas como cana-de-açúcar, milho e algodão em países da África, Ásia e Américas (BOUCEK, 1976). É um parasitóide polífago, cuja eficiência de parasitismo sobre *S. frugiperda* já foi demonstrada em laboratório, com resultados satisfatórios (PARON & BERTI-FILHO, 2000).

### **3.5.1. Preparo do hospedeiro**

As pupas da lagarta-do-cartucho oferecidas ao parasitóide *T. diatraeae* foram provenientes de larvas criadas em folhas de milho tratadas com herbicidas de pós-emergência (Tabela 1), conforme metodologia descrita no item 3.2. As pupas do tratamento testemunha foram criadas em plantas de milho sem herbicida. Este experimento foi composto por cinco tratamentos e dez repetições, sendo cada repetição composta por uma pupa de *S. frugiperda*. As pupas foram individualizadas em tubos de vidro de fundo chato (o mesmo utilizado na criação do parasitóide), onde foi colocada uma fêmea (24 h de idade) de *T. diatraeae*/tubo.

### **3.5.2. Parasitismo**

As pupas da lagarta-do-cartucho ficaram a disposição do parasitóide por 24 h, que após este período foi removido e descartado. As pupas foram incubadas nas condições ambientais descritas no item 3.1, até a emergência da nova progênie. A avaliação da emergência dos parasitóides foi realizada diariamente a partir do décimo dia após a exposição das pupas as fêmeas de *T. diatraeae*, registrando-se a duração da fase ovo-larva e o número de parasitóides emergidos/pupa.

### **3.5.3. Análise dos dados**

Para a análise do parasitismo foi calculada a mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925), descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro. A taxa de parasitismo, a duração da fase ovo-larva e o número de *T. diatraeae* emergidos/pupa foram submetidos à análise de variância não-paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis. A significância do teste foi admitida quando  $P < 0,05$ , e quando isso ocorreu, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de SNK ( $p < 0,05$ ).

## **3.6. Impacto de herbicidas aplicados em pós-emergência na população, danos e inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* em campo**

### **3.6.1. Desenho experimental**

Este experimento foi conduzido em dois plantios de milho híbrido convencional, com 0,9 m de espaçamento entre linhas de plantio e 5,2 sementes/metro. A adubação na semeadura foi realizada com aplicação de 290 kg/ha da formulação NPK 8-28-16. A adubação de cobertura foi realizada com aplicação de 300 kg/ha de uréia, quando a maioria das plantas apresentava seis folhas estendidas. A primeira área experimental foi semeada em 10/01/2011, enquanto a segunda foi semeada em 16/03/2011. Não foi utilizado qualquer tipo de tratamento inseticida nestas áreas. Os experimentos foram compostos por cinco tratamentos distribuídos em blocos ao acaso com seis repetições. Cada parcela foi formada por oito linhas de plantio com oito metros de comprimento. Os tratamentos consistiram na pulverização das doses e volume de calda dos herbicidas descritos na Tabela 1, além do tratamento sem aplicação de herbicidas (testemunha). Nestas parcelas o controle das plantas daninhas foi feito através de capina manual. Em ambos os plantios, os herbicidas foram aplicados com pulverizador de barras montado, equipado com pontas de pulverização

de jato plano AXI 11002, e volume de aplicação de 200 L/ha, quando a maioria das plantas de milho apresentavam 4 à 5 folhas completamente estendidas.

### **3.6.2. Amostragem dos danos e da população de lagartas**

A população de lagartas foi avaliada semanalmente, aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA (dias após a aplicação dos herbicidas) a partir da contagem do número total de larvas de *S. frugiperda* em sete plantas de milho por parcela. Os danos causados pela lagarta-do-cartucho às plantas de milho foram avaliados por meio de escala visual de notas (CARVALHO, 1970): 0 – plantas sem dano; 1- plantas com folhas raspadas; 2 – plantas com furos nas folhas; 3 – plantas com furos nas folhas e alguma lesão no cartucho; 4 – plantas com cartucho destruído; 5 – plantas mortas. Para determinação dos danos foram observadas dez plantas de milho por parcela. Os levantamentos de população de insetos e danos às plantas se iniciaram antes da aplicação dos herbicidas e no mesmo dia, sendo realizados a cada sete dias, totalizando cinco avaliações.

### **3.6.3. Amostragem dos inimigos naturais**

O impacto dos herbicidas sobre os inimigos naturais de *S. frugiperda* foi avaliado mediante a coleta de sete plantas de milho por parcela, no décimo quarto dia após a aplicação dos herbicidas. As plantas foram levadas ao laboratório e todas as lagartas encontradas foram transferidas individualmente para recipientes plásticos fechados (100 ml de capacidade) contendo dieta artificial e incubados em câmara BOD nas mesmas condições ambientais descritas anteriormente. Daí em diante, os potes foram observados diariamente até a emergência do inimigo natural ou da mariposa de *S. frugiperda*. As pupas e lagartas mortas foram dissecadas para confirmação do parasitismo. A avaliação do efeito dos herbicidas sobre inimigos naturais foi realizada apenas no segundo plantio.

### **3.6.4. Análise dos dados**

O número de lagartas/planta de milho, a intensidade de ataque e o percentual de larvas parasitadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativo ( $P < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott. A

intensidade do ataque causado por *S. frugiperda* foi calculada através da média ponderada das notas de dano, sendo:

$$\text{Intensidade de ataque (\%)} = \frac{\sum_{N0} + \sum_{N1*1} + \sum_{N2*2} + \sum_{N3*3} + \sum_{N4*4} + \sum_{N5*5}}{\sum_{N0} + \sum_{N1} + \sum_{N2} + \sum_{N3} + \sum_{N4} + \sum_{N5}} \times 100$$

N = nota de dano.

### **3.7. Interação entre inseticidas e herbicidas sobre a mortalidade e manejo de *Spodoptera frugiperda***

#### **3.7.1. Efeito da ingestão de herbicidas sobre a eficácia de inseticidas**

Lagartas de quarto ínstar de *S. frugiperda* provenientes da criação estoque foram transferidas individualmente para recipientes iguais aos utilizados na criação, contendo dieta artificial com 0,1% de i.a. dos herbicidas descritos na Tabela 1 e em dieta sem herbicida (testemunha). Em testes prévios com atrazina, Yu (2004) demonstrou que esta concentração é capaz de alterar a resposta de lagartas de *S. frugiperda* aos inseticidas e não ser tóxica. Os insetos permaneceram nesta dieta por 48 h. Após este período as larvas foram transferidas (individualmente) para placas de Petri (90 mm), onde lhes foram fornecidas folhas de milho tratadas com inseticidas. Os inseticidas foram aplicados nas folhas por pulverização em torre cilíndrica de pulverização, com fluxo de ar constante. A descrição dos inseticidas, doses e volume de calda estão descritos na Tabela 2. O bioensaio foi composto por vinte e cinco tratamentos distribuídos no esquema fatorial 5 x 5 (inseticidas x herbicidas – incluindo a testemunha, dieta sem herbicida), com quatro repetições de quatro lagartas por tratamento. O experimento foi conduzido em BOD, nas mesmas condições ambientais descritas anteriormente. Vinte e quatro horas após o fornecimento de folhas foi contabilizada a mortalidade dos insetos.

Tabela 2. Produto comercial, ingrediente ativo, grupo químico, concentração e dose dos inseticidas utilizados nos experimentos com *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Nome comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Concentração de i.a. (m/v)	Dose (p.c./ha) <sup>1</sup>
SAFETY	Etofenproxi	éter difenílico	30,0%	100 ml
LANNATE BR	Metomil	carbamato	21,5%	600 ml
LORSBAN 480BR	Clorpirifós	organofosforado	48,0%	600 ml
DECIS 25 EC	Deltametrina	piretróide	2,5%	200 ml
TRACER	Espinosade	espinosinas	48,0%	100 ml

<sup>1</sup>Dose recomendada para aplicação na cultura do milho para o volume de calda de 200 L/ha.

### 3.7.2. Análise dos dados

Os resultados de mortalidade foram submetidos à análise de variância fatorial paramétrica pelo teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, com  $P < 0,05$ . As mortalidades nos tratamentos foram expressas em porcentagem e para a elaboração da análise estatística os dados foram submetidos à transformação arcsen  $(x/100)^{1/2}$ .

### 3.8. Toxicidade de inseticidas em mistura com herbicidas em *Spodoptera frugiperda*

Lagartas de quarto ínstar de *S. frugiperda* provenientes da criação estoque foram pulverizadas topicamente com 0,0%, 12,5%, 25,0%, 50,0% e 100% das doses dos inseticidas (Tabela 2), com e sem a adição dos herbicidas e doses descritos na Tabela 1. Além das pulverizações em mistura, foi feita a pulverização apenas dos inseticidas. Na concentração 0,0%, foi utilizada apenas herbicida, quando em mistura destes com os inseticidas, ou água destilada, quando aplicados inseticidas sem mistura. Após a aplicação dos produtos, as lagartas foram transferidas individualmente para placas de Petri (90 mm de diâmetro) e alimentadas com folhas de milho sem qualquer tipo de tratamento. O ensaio foi composto por 125 tratamentos (5 concentrações, 5 inseticidas, 5 herbicidas – 4 herbicidas e testemunha) com quatro repetições de quatro lagartas por tratamento. A mortalidade das larvas foi avaliada 24 h após as pulverizações.

### 3.8.1. Análise dos dados

A mortalidade das larvas de *S. frugiperda* em resposta às doses inseticidas com e sem mistura de herbicidas foram submetidas a análise de Probit (FINNEY, 1964), para o cálculo da dose letal suficiente para matar 50% da população. Os resultados da análise foram submetidos ao teste de qui-quadrado ( $P < 0,05$ ) para confirmar se a curva estímulo-resposta se ajustava ao modelo de Probit. A comparação entre as  $DL_{50}$  dos tratamentos foi realizada mediante a observação da sobreposição dos intervalos de confiança de cada  $DL_{50}$ . Adicionalmente, os resultados de mortalidade foram submetidos à análise de regressão linear e as retas comparadas entre si pelo teste de paralelismo. Para isso, os coeficientes angulares e os interceptos de cada reta “inseticida+herbicida” (para cada inseticida), foram comparados, individualmente, com sua respectiva reta testemunha (apenas inseticida), através do teste t ( $p < 0,05$ ).

### 3.9. Interação entre atrazina e inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* em campo

Este experimento foi conduzido na mesma área do segundo plantio de milho, conforme descrito no item 3.3. Foram utilizados dezesseis tratamentos distribuídos no esquema fatorial 4x4 (inseticidas x momento de aplicação da atrazina) em parcelas subdivididas, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela foi formada por seis linhas de plantio de sete metros de comprimento. Cada parcela correspondeu a um inseticida (metomil, deltametrina, clorpirifós e espinosade), enquanto as subparcelas foram definidas em função do momento da aplicação do herbicida atrazina (manejo). Na testemunha não foi aplicado herbicida nem inseticida. As aplicações de atrazina foram realizadas: aos dois dias antes dos inseticidas, junto com os inseticidas (mistura em tanque) e não aplicada (tanto para as subparcelas onde foi pulverizado apenas inseticida, como para a testemunha absoluta, sem aplicação de herbicida e inseticida). As primeiras pulverizações, tanto dos herbicidas, quanto dos inseticidas ocorreram quando as plantas de milho apresentavam entre 4-5 folhas estendidas. Após a primeira pulverização foram realizadas mais duas pulverizações, aos sete e catorze dias. Assim, as parcelas tratadas com atrazina dois dias antes da primeira pulverização inseticida receberam apenas a aplicação dos inseticidas, nas duas pulverizações posteriores. Como o objetivo do experimento foi verificar o efeito da atrazina sobre os inseticidas no controle das lagartas, a mistura inseticida+atrazina foi mantida

nas duas pulverizações subsequentes. Os produtos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado, equipados com seis pontas de pulverização de jato plano AXI 11002, com volume de aplicação equivalente a 200L/ha. Nas parcelas não tratadas com herbicida o controle do mato foi feito de forma manual.

As avaliações foram realizadas sempre antes das pulverizações inseticidas, ou seja, a cada sete dias, através da contagem do número de lagartas vivas de *S. frugiperda* em sete plantas de milho por parcela.

### **3.9.1. Análise dos dados**

O número médio de lagartas de *S. frugiperda*/planta foi utilizado para o cálculo da eficiência de controle dos tratamentos inseticidas, utilizando-se a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955). Tanto o número de lagartas, quanto a eficiência foram submetidos à análise de variância fatorial pelo teste F ( $P < 0,05$ ), e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott. Para a elaboração da análise estatística do número de lagartas os dados foram transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ , enquanto que para os dados de eficiência foi utilizada a transformação  $\arcsen(x/100)^{1/2}$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* sobre plantas de milho tratadas com herbicidas aplicados em pós-emergência

O desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* foi influenciado pela aplicação em pós-emergência de herbicidas em plantas de milho. A duração da fase larval foi significativamente inferior para as larvas alimentadas com plantas de milho tratadas com bentazon e atrazina, enquanto para o 2,4-D a duração foi significativamente superior (Tabela 3). A duração da fase de pupa foi inferior para todos os herbicidas (9,3 e 9,7 dias) em relação a testemunha (10,3 dias) (Tabela 3). O ciclo total do inseto também variou, sendo significativamente mais longo para as lagartas alimentadas com plantas sem herbicidas (testemunha) e para as lagartas alimentadas com plantas tratadas com os herbicidas nicossufuron e 2,4-D. Plantas tratadas com atrazina e bentazona proporcionaram menor duração do ciclo total de *S. frugiperda* (Tabela 3). A longevidade dos adultos, a viabilidade de larvas e pupas e o percentual de pupas e adultos deformados não foram influenciados pelos herbicidas (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Duração das fases imatura, adulta e do ciclo total de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. = 25±1 °C; UR = 70±10%; Fotofase = 14 h.

Herbicidas	Duração ± EP das fases de desenvolvimento (dias)			
	Larval	Pupa	Adulta	Ciclo total
Bentazona	17,9 ± 0,2 a	9,3 ± 0,1 a <sup>1</sup>	5,7 ± 0,2	32,9 ± 0,4 a
Atrazina	17,8 ± 0,6 a	9,7 ± 0,2 a	5,9 ± 0,3	33,7 ± 0,7 ab
Nicossulfuron	18,3 ± 0,4 ab	9,5 ± 0,1 a	6,2 ± 0,3	34,0 ± 0,4 abc
2,4-D	19,5 ± 0,2 c	9,5 ± 0,1 a	6,3 ± 0,3	34,8 ± 0,2 bc
Testemunha	18,7 ± 0,3 b	10,3 ± 0,1 b	6,1 ± 0,1	35,2 ± 0,4 c
H	25,87*	11,42*	3,60 <sup>ns</sup>	12,00 *
P	0,0000	0,0222	0,4620	0,0174

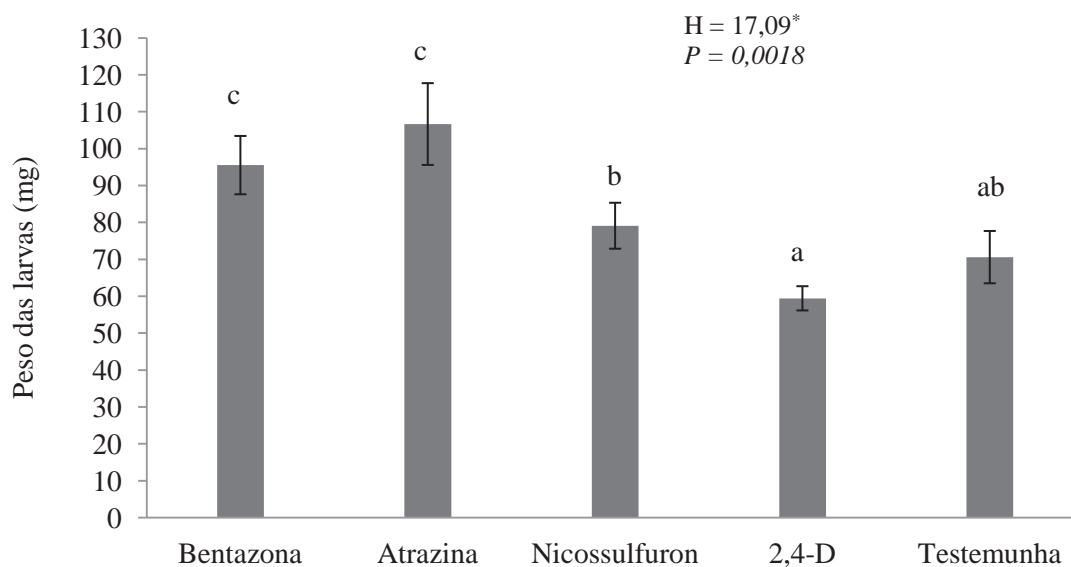
<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de SNK (p<0,05).

Tabela 4. Viabilidade de larvas e pupas e deformação de pupas e adultos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. = 25±1 °C; UR = 70±10%; Fotofase = 14 h.

Herbicidas	Viabilidade (%) ±EP		Deformação (%) ±EP	
	Larval	Pupas	Pupas	Adultos
Bentazona	82,0 ± 3,7	85,8 ± 4,4	9,4 ± 2,4	7,6 ± 5,1
Atrazina	82,0 ± 9,7	89,1 ± 7,8	6,2 ± 7,3	2,0 ± 2,0
Nicossulfuron	91,0 ± 3,3	89,1 ± 6,1	8,7 ± 4,1	0,0 ± 0,0
2,4-D	90,0 ± 3,2	84,3 ± 2,9	7,9 ± 6,3	2,5 ± 2,5
Testemunha	81,0 ± 9,6	92,1 ± 5,6	5,7 ± 5,7	0,0 ± 0,0
H	3,20 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>	3,05 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>
P	0,5248	0,6091	0,5495	0,7681

O peso das larvas aos dez dias de idade foi significativamente superior nos tratamentos herbicidas bentazona (95,5 mg) e atrazina (106,6 mg) em relação à testemunha (70,6 mg) (Figura 1). O menor peso foi obtido no tratamento 2,4-D (59,4 mg), que não diferiu significativamente da testemunha. Já o peso das pupas de *S. frugiperda* (24 horas

após a formação) não foi influenciado pelos herbicidas, inclusive, variando pouco entre os tratamentos (221,9 – 216,6 mg) (Figura 2). O número de ovos/fêmea foi superior no tratamento atrazina (188,4) (Tabela 5). Para os demais herbicidas os parâmetros do desenvolvimento reprodutivo de *S. frugiperda* não foram significativamente afetados quando comparados com a testemunha.



Colunas com letras iguais não diferem pelo teste de SNK ( $p < 0,05$ ). Barras representam  $\pm$  EP.

Figura 1. Peso médio de larvas (dez dias de idade) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. =  $25 \pm 1$  °C; UR =  $70 \pm 10\%$ ; Fotofase = 14 h.

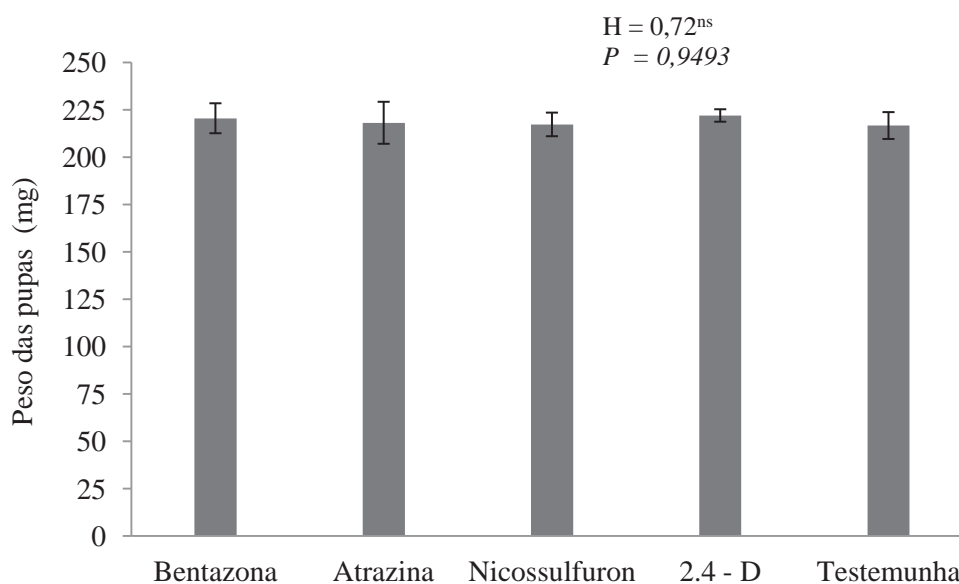


Figura 2. Peso de pupas (24 h de idade) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. = 25±1 °C; UR = 70±10%; Fotofase = 14 h.

Tabela 5. Parâmetros ± EP do desenvolvimento reprodutivo de mariposas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. = 25±1 °C; UR = 70±10%; Fotofase = 14 h.

Herbicidas	Pré oviposição (dias)	Número de posturas/fêmea	Número de ovos/fêmea	Período embrionário (dias)	Viabilidade dos ovos (%)	n
Bentazona	2,5 ± 0,6	1,3 ± 0,3	101,0 ± 45,2 a	2,8 ± 0,3	88,5 ± 10,0	14
Atrazina	4,4 ± 0,5	3,0 ± 0,6	188,4 ± 59,5 b	3,0 ± 0,1	88,4 ± 5,5	17
Nicossulfuron	4,3 ± 0,9	1,3 ± 0,3	144,5 ± 40,7 a	3,3 ± 0,3	82,5 ± 4,3	20
2,4-D	4,0 ± 0,3	2,2 ± 1,0	109,2 ± 35,0 a	2,5 ± 0,2	90,9 ± 6,4	19
Testemunha	4,0 ± 0,0	1,5 ± 0,5	133,0 ± 12,0 a	3,0 ± 0,1	86,7 ± 13,4	11
H	4,76 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	11,31*	5,19 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	-
P	0,3133	0,2869	0,0498	0,2688	0,9960	-

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de SNK (p<0,05).

Neste experimento os herbicidas foram pulverizados sobre plantas de milho, cujas folhas foram fornecidas aos insetos para alimentação catorze dias após a aplicação, justamente para que fossem absorvidos e metabolizados. Os herbicidas bentazona e atrazina podem ter, entre outros fatores, melhorado a qualidade nutricional ou estimulado o consumo das plantas de milho, pois otimizaram o desenvolvimento de *S. frugiperda*. Isto pôde ser observado pela menor duração da fase larval e ciclo total do inseto, e maior peso das larvas aos dez dias de idade. Para a atrazina, no entanto, esta melhora foi ainda mais significativa, pois a produção de ovos também foi superior a todos os demais tratamentos. Na maioria dos insetos, assim como nos lepidópteros, a fase larval se destina exclusivamente ao acúmulo de reservas, cuja qualidade da alimentação reflete diretamente no potencial reprodutivo, através da maior produção de ovos viáveis (COSTA & IDE, 2006), comprovando o benefício da aplicação de atrazina em plantas de milho para o desenvolvimento de *S. frugiperda*.

Os herbicidas são capazes de alterar a fisiologia das plantas, podendo causar mudanças na qualidade do alimento (NORRIS & KOGAN, 2000). Algumas pesquisas demonstram que herbicidas do grupo das triazinas, como simazina e atrazina são capazes de aumentar a quantidade de proteína bruta em milho (GAST & GROB, 1960; LEHMANN et al., 1971). Hiraprandit et al. (1972) observaram que plantas de milho tratadas com atrazina são capazes de absorver 19%, 15% e 41% mais nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Sosnovaya et al. (1979) verificaram que o incremento na absorção destes nutrientes foi responsável pela maior síntese dos aminoácidos valina, glutamina e asparagina durante o crescimento da planta. Por outro lado, o aumento no teor de proteínas em plantas de milho pela atrazina foi acompanhado por decréscimo na quantidade de carboidratos (AUDUS, 1976). Em geral, os lepidópteros têm melhor desempenho em dietas contendo proteínas e carboidratos em quantidades semelhantes, ou em alguns casos, em dietas ricas em proteínas (WALDBAUER et al., 1984; SIMPSON & RAUBENHEIMER, 1993). Com exceção da produção de ovos, o herbicida bentazona proporcionou desempenho biológico de *S. frugiperda* semelhante à atrazina. Apesar de possuir modo de ação semelhante, alguns estudos indicam a possível ação da bentazona na inibição de outros processos fisiológicos, como síntese de RNA, proteínas e lipídeos (AL-MENDOUIFI & ASHTON, 1984; HAN & WANG, 2002). Em *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae) mantidos em gaiolas sobre plantas de soja tratadas com bentazona, a produção de ovos viáveis foi superior em relação aos insetos mantidos em

plantas não tratadas. O melhor desenvolvimento reprodutivo de *G. punctipes* foi atribuído à ativação de proteases e carboidrases pelo herbicida, que quebraram as estruturas das paredes das células e disponibilizaram maior quantidade de nutrientes ao inseto (FARLOW & PITRE, 1983b; CAMPBELL, 1988). Ao contrário do que foi observado para *S. frugiperda* neste estudo, plantas de alfafa tratadas com bentazona e ametrina (mesmo grupo da atrazina) causaram deterrência para a alimentação e efeito negativo no crescimento de *Spodoptera littoralis* (GAMAL & EL-GHAR, 1994).

Plantas de milho tratadas com 2,4-D não afetaram o desenvolvimento de *S. frugiperda* em relação às plantas não tratadas. Esta molécula é a mais citada na literatura dentre os herbicidas que causam aumento nas populações de insetos (MESSERSMITH & ADKINS, 1995). Em pesquisa semelhante, a pulverização de 2,4-D em milho aumentou a intensidade dos ataques por pragas e doenças. Com infestação artificial realizada duas semanas após a aplicação herbicida, tanto o peso de larvas e número de posturas de *Ostrinia nubilalis*, como o número de pulgões foram significativamente superiores em relação às plantas não expostas ao 2,4-D (OKA & PIMENTEL, 1976). Neste mesmo estudo, foi observado aumento significativo no teor de proteína nas plantas, o qual foi atribuído ao melhor desempenho reprodutivo dos insetos. Em plantas de arroz tratadas com 2,4-D, o desenvolvimento de *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae) também foi superior, devido a maior quantidade de nitrogênio nas plantas tratadas (ISHII & HIRANO, 1974). Plantas de *Vicia fabae* tratadas com 2,4-D também aumentaram o potencial reprodutivo do pulgão *Macrosiphum pisi* (Hemiptera: Aphididae), sendo encontrados maiores níveis de alanina, ácido aspártico, serina e glutatona nas plantas tratadas (MAXWELL & HARDWOOD, 1960).

As proteínas são os nutrientes mais requeridos por insetos fitófagos, sendo limitantes para o desenvolvimento. Os aminoácidos também são fundamentais para o desenvolvimento dos insetos, sendo que a seleção hospedeira é mais influenciada pela concentração de aminoácidos do que de proteínas (BERNAYS & CHAPMAN, 1994). No entanto, as exigências nutricionais dos insetos são variáveis em função de cada espécie, e nem sempre a planta hospedeira com maiores quantidades de nutrientes é a melhor opção para o ótimo desenvolvimento (BELLANDA & ZUCOLOTO, 2002). Comparando-se os tratamentos atrazina e 2,4-D, e conforme citado acima, ambos os herbicidas são capazes de promover aumento nos teores de proteínas e aminoácidos em plantas, principalmente em milho. No

entanto, provavelmente o balanço nutricional das plantas, resultante da aplicação destes produtos, difere para cada herbicida, justificado pelo melhor desenvolvimento de *S. frugiperda* no tratamento atrazina. Inclusive, a duração do período larval da lagarta-do-cartucho foi mais longo no tratamento 2,4-D em relação à atrazina, bentazona e testemunha. Relacionando-se isso com o peso das larvas, aos dez dias de idade, e das pupas, é possível concluir que nos ínstaes iniciais a eficiência de conversão do alimento ou a quantidade de alimento ingerido foi afetada e que foi necessário maior tempo de alimentação para garantir a qualidade do desenvolvimento. Esta qualidade aparentemente foi conseguida, pois o peso das pupas e os parâmetros do desenvolvimento biológico não foram influenciados (em relação à testemunha).

Com exceção da duração da fase de pupa, lagartas de *S. frugiperda* alimentadas em plantas de milho tratadas com nicossulfuron não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha em nenhum dos parâmetros biológicos avaliados. De acordo com o mecanismo de ação do nicossulfuron, isto não era esperado, pois esta molécula atua na inibição da síntese de aminoácidos das plantas que, através da inibição irreversível da enzima acetolactato sintetase, impedem a síntese de alguns aminoácidos essenciais (ZHOU et al., 2007). Apesar de plantas não suscetíveis ao nicossulfuron, como o milho, metabolizarem a molécula em compostos não ativos, alguns estudos demonstram que as respostas à aplicação deste herbicida podem variar em função dos cultivares (STAAL & BEWICK, 1990; MORTON et al., 1991; WELCH, 1991). Por outro lado, os insetos *Sitobion avenae*, *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae) e *G. polygona* alimentados com plantas de trigo, couve e erva-feijoeira (*Fallopia convolvulus*), respectivamente, tratadas com herbicidas do grupo das sulfoniluréias não tiveram seu desenvolvimento afetado (KJAER & HEIMBACH, 2001). Neste estudo, inclusive, os autores não observaram alterações na qualidade nutricional das plantas. Em estudos anteriores, já foi observado que herbicidas deste grupo químico afetaram o desenvolvimento de *G. polygona* (KJAER & EMELGAARD, 1996). Para este mesmo inseto e hospedeiro, Kjaer et al. (2001) relataram que a aplicação do herbicida chlorsulfuron (mesmo grupo do nicossulfuron) estimulou a produção de compostos fenólicos nas plantas, influenciando a alimentação do inseto. Compostos fenólicos são substâncias metabolizadas pelas plantas com função de defesa, inclusive contra insetos herbívoros (BERNAYS & CHAPMAN, 1994).

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os herbicidas aplicados em pós-emergência comumente utilizados na cultura do milho influenciam o desenvolvimento biológico de *S. frugiperda*. Especialmente no caso das triazinas (atrazina) e benzotiadiazinona (bentazona), que comumente são reportados causando efeitos deletérios sobre algumas espécies de insetos. No entanto, na maioria dos casos, os efeitos dos herbicidas são avaliados através da exposição direta dos indivíduos aos produtos, sem considerar a alimentação das espécies de insetos sobre o hospedeiro fisiologicamente alterado devido ao modo de ação ou metabolização das moléculas herbicidas. Nesse sentido, plantas hospedeiras tratadas com herbicidas podem levar ao aumento no número de gerações anuais de algumas pragas, além de aumentar significativamente a capacidade dos insetos de aumentarem em número a cada geração. Estudos de campo sobre o efeito de herbicidas sobre insetos-praga são necessários, a fim de se quantificar a importância econômica deste aumento populacional, e se isto se reflete em maiores danos nas culturas.

#### **4.2. Desenvolvimento e parasitismo de *Trichospilus diatraeae* em pupas de *Spodoptera frugiperda* criadas em plantas de milho tratadas com herbicidas em pós-emergência**

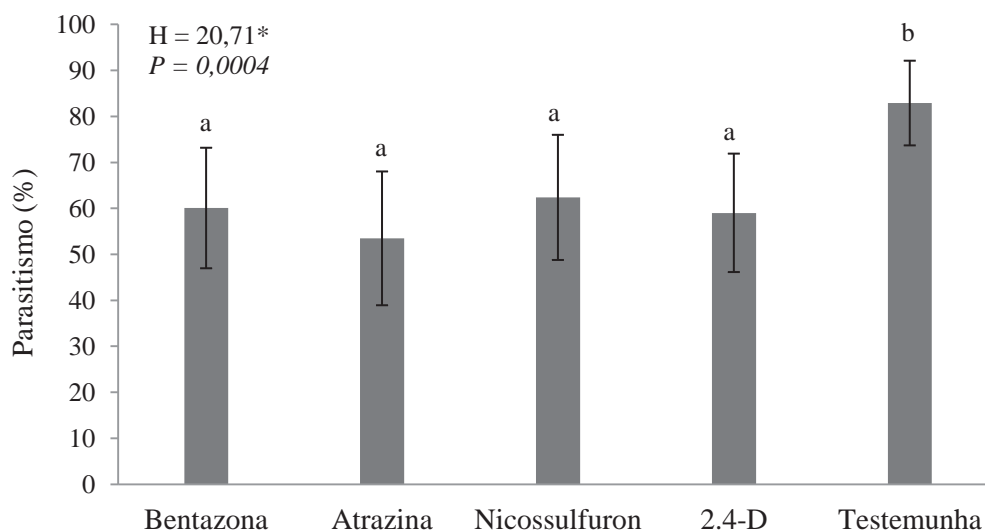
Em nenhum dos tratamentos herbicidas foi observado diferença significativa sobre os parâmetros de desenvolvimento do parasitóide *T. diatraeae* (Tabela 6), mas houve diferença na porcentagem de parasitismo (Figura 3). O período de desenvolvimento do parasitóide variou entre 15,7-17,1 dias, se assemelhando aos resultados encontrados para o desenvolvimento de *T. diatraeae* em outros hospedeiros (ZACHÉ et al., 2010). O número de parasitóides emergidos/pupa oscilou entre 116,7-136,2. Em bioensaio semelhante, cujo tempo e a razão de exposição das pupas de *S. frugiperda* à *Trichospilus diatraeae* foi o mesmo deste estudo, estas taxas foram um pouco inferiores, com emergência de 105,3 parasitóides/pupa (PARON & BERTI-FILHO, 2000). Pode-se dizer que a qualidade nutricional do hospedeiro, em função da alimentação das lagartas nas plantas tratadas com diferentes herbicidas, não afetou a viabilidade das larvas de *T. diatraeae*.

Tabela 6. Parâmetros do desenvolvimento de *T. diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. = 25±1 °C; UR = 70±10%; Fotofase = 14 h.

Herbicidas	Período de desenvolvimento ovo-adulto (dias) ±EP	Número de parasitóides emergidos/pupa ±EP
Bentazona	17,1 ± 0,6	116,7 ± 22,2
Atrazina	16,5 ± 0,4	133,0 ± 12,8
Nicossulfuron	16,1 ± 0,3	136,2 ± 10,9
2,4-D	15,7 ± 0,6	128,0 ± 26,2
Testemunha	16,2 ± 0,3	120,8 ± 17,9
H	4,77 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>
P	0,3116	0,8430

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de SNK (p<0,05).

Apesar dos parasitóides de *T. diatraeae* não terem tido chance de escolha para a oviposição, a taxa de parasitismo foi influenciada pelos herbicidas. Todas as pupas de *S. frugiperda* pertencentes aos tratamentos herbicidas foram significativamente menos parasitadas do que pupas provenientes da testemunha (sem herbicida) (Figura 3). Com base nos resultados apresentado no item 4.1, os herbicidas interferiram na qualidade nutricional da planta hospedeira, refletindo no desenvolvimento de *S. frugiperda*. Dessa forma, como a atrazina proporcionou melhor desempenho biológico para a lagarta, talvez pudesse proporcionar maior taxa de parasitismo por *T. diatraeae*. No entanto, isso não foi observado.



Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de SNK ( $p < 0,05$ ).

Figura 3. Parasitismo de *T. diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre pupas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em plantas de milho tratadas com diferentes herbicidas. Temp. =  $25 \pm 1$  °C; UR =  $70 \pm 10\%$ ; Fotofase = 14 h.

Vários fatores podem interferir na seleção de hospedeiros por parasitóides (BARBOSA, 1988). Dentre eles, o tamanho do hospedeiro pode ser utilizado pelos parasitóides como critério de seleção, pois se relaciona diretamente com a qualidade nutricional suficiente para sustentar o desenvolvimento do parasitóide (WANG & MESSING, 2004). No entanto, as pupas utilizadas no experimento possuíam pesos semelhantes. Além disso, dados recentes indicam que outros fatores, além do tamanho, influenciam esta seleção (HÄCKERMANN et al., 2007). Alterações na qualidade nutricional do hospedeiro podem ser prejudiciais ao parasitismo, como por exemplo, as proporções entre nitrogênio e carboidratos, sendo que a qualidade da planta utilizada pelo herbívoro pode, inclusive, afetar a distribuição temporal e espacial do parasitismo (PRICE et al., 1980; URRUTIA et al., 2007). Novamente considerando-se os resultados apresentados no item 4.1, os herbicidas são capazes de alterar os teores nutricionais das plantas e refletir no desenvolvimento do herbívoro. Apesar disso, os tratamentos 2,4-D e nicossulfuron não afetaram o desenvolvimento biológico da lagarta em relação à testemunha (item 4.1), mas reduziram o parasitismo por *T. diatraeae*.

Insetos herbívoros podem adquirir as moléculas herbicidas de forma direta, tanto pela exposição tópica como pela ingestão de folhas recém-tratadas, ou indiretamente, através da ingestão de metabólitos dos herbicidas presentes na planta hospedeira (NORRIS & KOGAN, 2000). A presença de resíduos dos herbicidas nas pupas de *S. frugiperda* pode ter influenciado o parasitismo. Alguns insetos são capazes de acumular e/ou metabolizar substâncias poluentes ou contaminantes introduzidas artificialmente no meio ambiente, e usá-las como meio de defesa contra inimigos naturais. Eisner et al. (1971) detectaram 2,5-diclorofenol em secreção exócrina expelida por gafanhotos do gênero *Romalea*, o qual foi atribuído à metabolização de 2,4-D aplicado previamente na área onde os insetos se alimentaram. Neste caso, esta secreção foi deterrente a formigas, inimigos naturais do gafanhoto. No lepidóptero *Eupackardia calleta*, por exemplo, o acúmulo do 2,4-D ingerido na alimentação pode ocorrer no intestino, hemolinfa e nas fezes das lagartas, podendo ser encontrados até nos insetos adultos, mesmo após um longo período em diapausa (DEML & DETTNER, 2001). Em campo, a atrazina possui efeito repelente sobre algumas espécies de Carabidae (BRUST, 1990; BROOKS et al., 2005), mas o metabolismo desta molécula ainda não foi estudado em insetos (MIOTA et al., 2000). Em plantas não suscetíveis, os herbicidas são metabolizados em formas não tóxicas que, geralmente, são acumuladas no vacúolo das células, através da conjugação das moléculas com açúcares ou aminoácidos (ROMAN et al., 2007), no entanto, o efeito destes metabólitos sobre insetos são desconhecidos. Ademais, muitos dos resultados de pesquisas sobre o efeito de herbicidas sobre inimigos naturais se restringem à avaliação da toxicidade pela exposição direta dos organismos aos produtos, não considerando o efeito da metabolização das moléculas e/ou as possíveis alterações fisiológicas ocorridas na planta que possam influenciar a relação planta-herbívoro-parasitóides.

Substratos ricos em compostos secundários voltados a defesa da planta podem afetar indiretamente o inimigo natural, por influenciarem as taxas metabólicas e reduzir o valor nutricional do hospedeiro ou pela sua ação tóxica. Além disso, alguns herbívoros são capazes de acumular tais compostos que, conseqüentemente, podem servir como mecanismo auxiliar para sua própria defesa (TURLINGS & BENREY, 1998; KRUSE & RAFFA, 1999). Herbicidas são capazes de alterar as concentrações de compostos secundários em plantas (LYDON & DUKE, 1989). Tanto a concentração, como a natureza do composto secundário, são influenciados especificamente em função de cada tipo de herbicida. Alguns herbicidas do

grupo químico difeniléteres, por exemplo, são capazes de aumentar a concentração de flavonóides em plantas, através do aumento da síntese da enzima fenilalanina amônia-liase. Como exemplo, o herbicida acifluorfen induz aumento da concentração de furanocoumarinas. Já os herbicidas que atuam na inibição do fotossistema II, como atrazina e bentazona, reduzem a síntese de enzimas fenilalanina amônia-liase, o que sugere redução na concentração de furanocoumarinas (LYDON & DUKE, 1989; HOAGLAND, 1996; KÖMIVES & CASIDA, 1996). A atrazina também aumenta a produção do composto secundário hidroxamato 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one (DIMBOA) em milho (CHERIFI et al., 2001). Os flavonóides, furanocoumarinas e DIMBOA são relacionados à proteção das plantas contra injúrias, inclusive contra herbivoria por insetos (BERENBAUM, 1978; CAMPOS et al., 1989; CASTRO et al., 2005). A ação tóxica destes compostos aos insetos herbívoros pode se estender aos inimigos naturais, pois os parasitóides são hábeis na detecção tanto de substâncias nocivas, como do balanço nutricional inadequado do hospedeiro, o que pode acarretar na não seleção do hospedeiro e diminuição da taxa de parasitismo.

De acordo com estes resultados, os herbicidas podem interferir no manejo integrado de pragas, influenciando negativamente o controle biológico. Além disso, alguns herbicidas podem atuar duplamente a favor da praga. Conforme observado no item 4.1 e neste ensaio, alguns herbicidas, além de melhorar o desenvolvimento biológico da praga, podem reduzir a ação de inimigos naturais. Em campo, isto provavelmente pode resultar em aumento nas populações de insetos-praga, com conseqüente incremento nos danos e redução na produtividade das culturas agrícolas.

### **4.3. Impacto de herbicidas aplicados em pós-emergência na população, danos e inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* em campo**

#### **4.3.1. População e danos de *Spodoptera frugiperda***

Nos dois campos experimentais foi observada homogeneidade na população de lagartas e nos danos causados por *S. frugiperda* na avaliação prévia à aplicação dos herbicidas. No primeiro plantio não foram observadas diferenças significativas na população de lagartas entre os tratamentos herbicidas ao longo das avaliações (Tabela 7). Já os danos causados pelas lagartas neste campo foram mais severos logo no início das avaliações, com intensidade de ataque em torno de 25% para todos os tratamentos (Figura 5). Porém, este

padrão se manteve constante em todos os tratamentos até o fim das avaliações. Na avaliação prévia do segundo plantio a infestação de lagartas foi superior ao primeiro, enquanto a intensidade de ataque foi inferior (em torno de 13%), o qual aumentou gradativamente ao longo das avaliações (Tabela 8 e Figura 6). Estas variações entre os plantios, tanto na população de lagartas, como no possível efeito dos herbicidas sobre os insetos podem ser atribuídas às diferentes condições meteorológicas em que os experimentos foram conduzidos. O primeiro plantio foi realizado em janeiro, onde a temperatura e ocorrência de chuvas foram mais elevadas, enquanto no segundo houve redução da temperatura e na frequência de chuvas (Figura 4). Todos os herbicidas utilizados neste ensaio são melhores absorvidos e metabolizados em condições de solo úmido e temperatura entre 20 e 30°C (AUDUS, 1976; ROMAN et al., 2007).

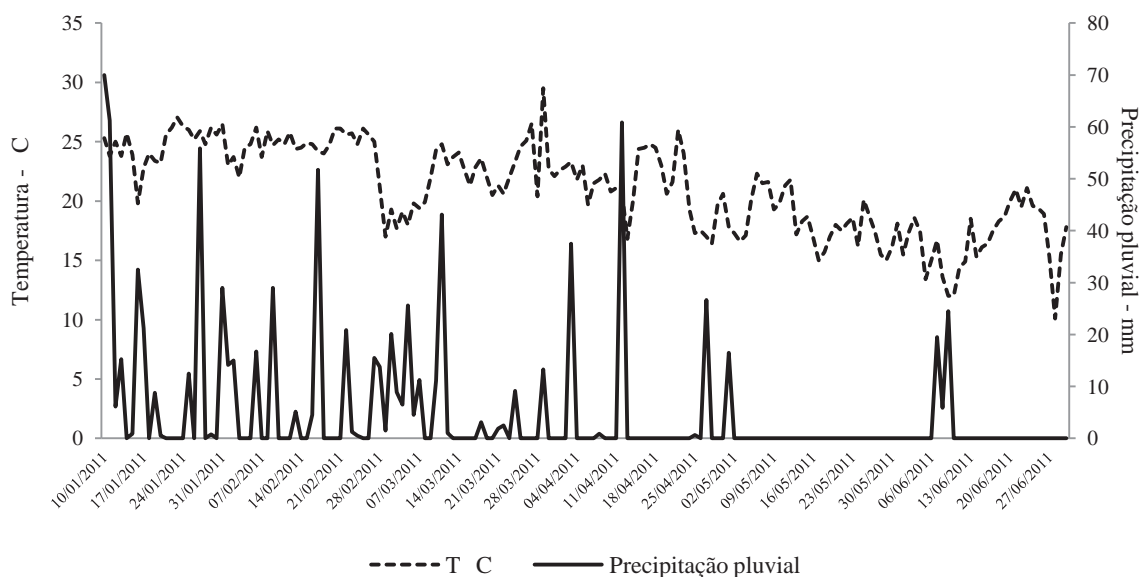


Figura 4. Condições meteorológicas registradas durante a condução dos experimentos em campo. Botucatu, SP. Janeiro-Junho de 2011.

Apesar de alguns estudos relatarem atividade inseticida de alguns herbicidas, através da exposição direta ou por ingestão do substrato contaminado (BROOKS et al., 2005; GUPTA & BHATTACHARYA, 2008), a população de lagartas não foi influenciada pelos tratamentos aos 7 dias após a pulverização (DAP) nos ensaios 1 e 2 (Tabelas 7 e 8). Além disso, no laboratório não foi observada mortalidade de larvas de quarto ínstar de *S.*

*frugiperda* quando expostas diretamente aos mesmos herbicidas e doses utilizadas neste ensaio (Item 4.4). No segundo plantio, a intensidade de ataque da praga foi significativamente superior nos tratamentos nicossulfuron e 2,4-D, nesta mesma avaliação (Figura 6). Aliado a isso, na avaliação subsequente (14 DAP) a população de lagartas foi significativamente menor nos tratamentos bentazona e atrazina (Tabela 8).

Tabela 7. População média de lagartas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) após a aplicação de herbicidas em pós-emergência na cultura do milho. Primeiro plantio. Botucatu, SP. Fevereiro-Março de 2011.

Herbicidas	Número de lagartas/planta				
	Prévia	7 DAP	14 DAP	21 DAP	28 DAP
Bentazona	1,4 ± 0,3	1,0 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0
Atrazina	1,8 ± 0,3	1,5 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Nicossulfuron	1,9 ± 0,3	1,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0
2,4 – D	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,3	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,3	0,3 ± 0,1
Testemunha	2,0 ± 0,2	1,4 ± 0,2	0,4 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0
F	1,68 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
P	0,2048	0,3158	0,3535	0,6897	0,7223

Tabela 8. População média de lagartas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) após a aplicação de herbicidas em pós-emergência na cultura do milho. Segundo plantio. Botucatu, SP. Abril-Maio de 2011.

Herbicidas	Número de lagartas/planta				
	Prévia	7 DAP	14 DAP	21 DAP	28 DAP
Bentazona	2,8 ± 1,0	4,0 ± 0,7	2,3 ± 0,4 a	2,0 ± 0,4 a	2,1 ± 0,3 b
Atrazina	3,3 ± 0,7	4,2 ± 0,4	2,2 ± 0,4 a	3,0 ± 0,3 b	1,6 ± 0,2 a
Nicossulfuron	3,2 ± 0,6	3,9 ± 0,6	3,4 ± 0,8 b	1,6 ± 0,2 a	1,4 ± 0,3 a
2,4 – D	4,6 ± 0,4	3,0 ± 0,4	4,4 ± 0,5 b	2,4 ± 0,3 b	1,4 ± 0,3 a
Testemunha	3,0 ± 0,4	3,2 ± 0,4	3,5 ± 0,2 b	2,7 ± 0,4 b	1,9 ± 0,4 b
F	1,99 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	3,79*	4,76*	2,63*
P	0,1439	0,2620	0,0237	0,0101	0,0476

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

A segunda possibilidade é que as lagartas possam ter migrado para outro hospedeiro por este ter se apresentado menos atrativo para o inseto em razão da presença

de resíduos do produto na folha ou pelas alterações fisiológicas promovidas pela ação dos herbicidas na planta. Entre outros fatores, a migração pode ser motivada pelo aumento da competição, do canibalismo, da densidade populacional e busca por alimento (ZALUCKI et al., 2002; MOORE & HANKS 2004). Mesmo que os resultados de laboratório tenham demonstrado melhor desempenho biológico de *S. frugiperda*, principalmente no tratamento atrazina, a forma de exposição neste experimento foi diferente. Enquanto no laboratório a exposição ocorreu duas semanas após a aplicação, no campo ela foi direta. No laboratório, além do período de duas semanas, que pode ter reduzido a presença de resíduos dos herbicidas nas folhas, os insetos não tiveram chance de escolha para se alimentar.

Uma terceira possível explicação é que os tratamentos bentazona e atrazina tenham sido menos estimulantes para as fêmeas de *S. frugiperda* realizarem suas posturas; ou as plantas tratadas com nicossulfuron, 2,4-D e testemunha podem ter sido preferidas para a oviposição. Esta hipótese é reforçada pelo maior número de lagartas/planta encontradas nos tratamentos testemunha e 2,4-D do décimo quarto DAP em diante. Caso contrário, seria esperada redução na população de insetos nestas parcelas, motivado pela maior taxa de parasitismo (Figura 7).

A quarta possível explicação se baseia na influência dos herbicidas sobre entomopatógenos, através da redução da quantidade de esporos viáveis que possivelmente pudessem estar presentes no ambiente. Isto porque, todos os herbicidas utilizados neste experimento são considerados tóxicos a várias espécies de fungos entomopatogênicos (ANDALÓ et al., 2004; COSTA et al., 2004; PRABHU et al., 2007; RAMPELOTTI-FERREIRA, 2010). No entanto, esta teoria não se sustenta, pois o 2,4-D é o que apresenta maior toxicidade sobre diversas espécies de entomopatógenos, e a população de lagartas nas parcelas tratadas com este herbicida foi estatisticamente igual à testemunha até o 21 DAP.

Finalmente, outra possível explicação para a diferença no número de lagartas entre os tratamentos pode ser atribuída ao aumento do canibalismo, motivado por algumas situações comentadas anteriormente, como a presença de resíduos de herbicidas nas folhas ou alterações fisiológicas sofridas pelas plantas devido aos herbicidas, tornando-as menos atrativas para a alimentação das larvas. Na prática, o aumento do canibalismo é devido a uma série de fatores adversos ao desenvolvimento do inseto, podendo estar associado à má

qualidade da alimentação ou limitação na disponibilidade do alimento, desenvolvimento assíncrono, idade dos indivíduos e parasitismo (FOX, 1975, SANTANA et al., 2009).

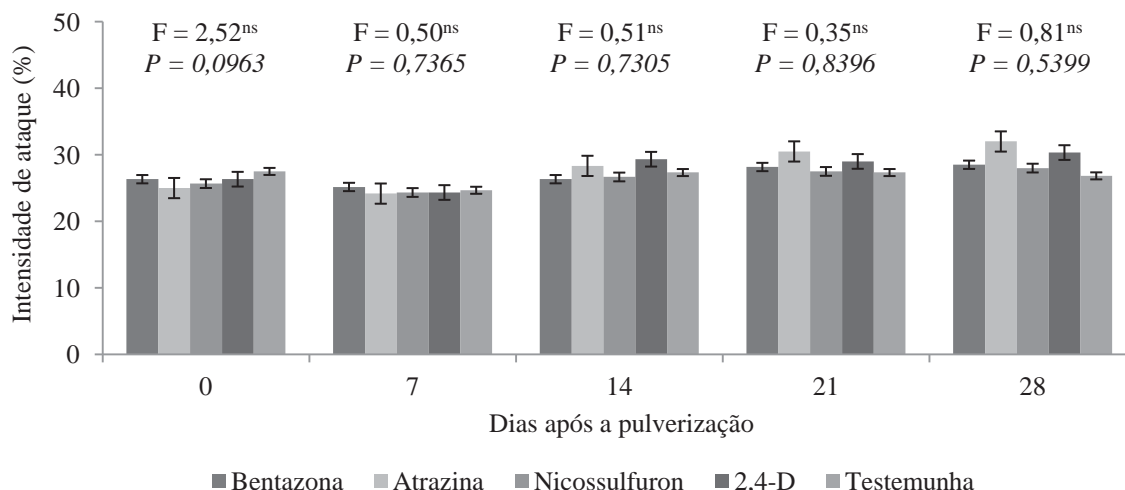


Figura 5. Intensidade de ataque de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência. Primeiro plantio. Botucatu, SP. Fevereiro-Março de 2011.

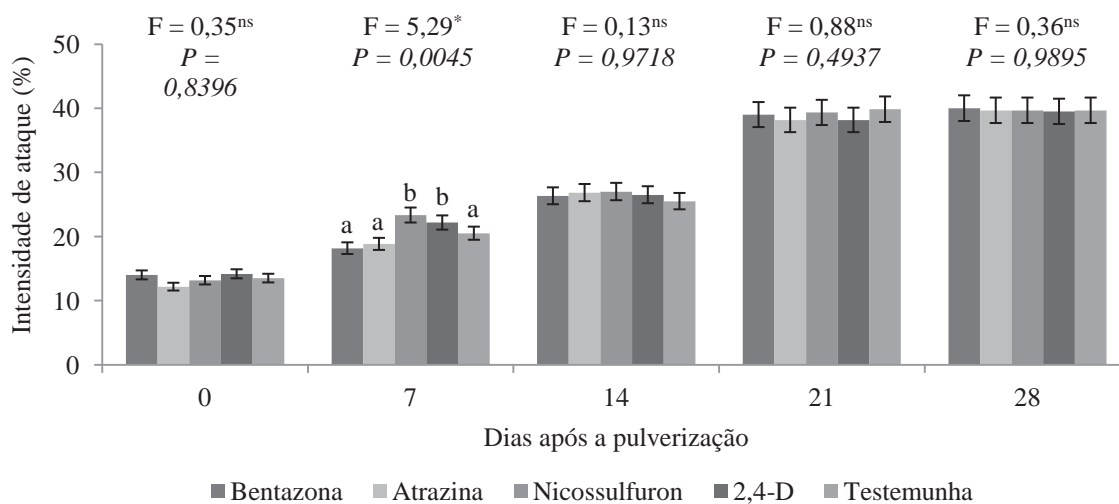


Figura 6. Intensidade de ataque de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência. Segundo plantio. Botucatu, SP. Abril-Maio de 2011.

### 4.3.2. Inimigos naturais

No segundo plantio foram coletadas lagartas de *S. frugiperda* nas parcelas experimentais tratadas com diferentes herbicidas e levadas ao laboratório, onde foram mantidas até a emergência das mariposas ou de possíveis inimigos naturais. Dos inimigos naturais emergidos, 79,1% eram da ordem Hymenoptera e 20,9% da ordem Diptera. O parasitismo foi significativamente influenciado pela aplicação de herbicidas em pós-emergência na cultura do milho. Nas parcelas tratadas com os herbicidas atrazina e nicossulfuron a taxa de parasitismo foi significativamente inferior (9,1% e 11,6%, respectivamente). Nas demais parcelas as taxas de parasitismo para a testemunha, bentazona e 2,4-D foram de 23,9%, 19,2% e 18,8%, respectivamente (Figura 3). Em comparação com outros estudos, as taxas de parasitismo obtidas nestes três últimos tratamentos foram consideradas normais. Cruz et al, (2009) realizaram levantamentos de inimigos naturais de *S. frugiperda* na cultura do milho em dois anos agrícolas, e as taxas médias de parasitismo foram de 23,1% e 19,4%, o que evidencia ainda mais o impacto da atrazina e nicossulfuron sobre inimigos naturais.

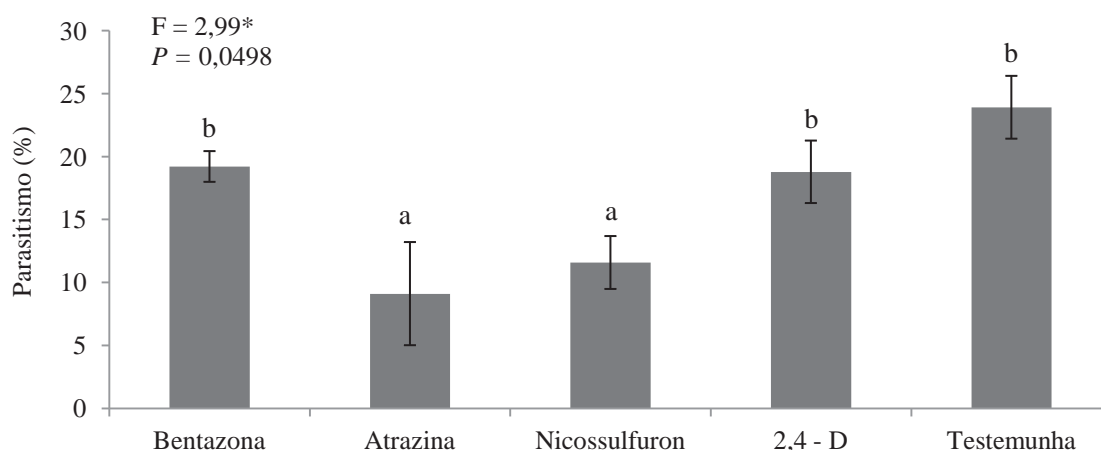


Figura 7. Parasitismo em larvas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas em plantas de milho em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência. Segundo plantio. Botucatu, SP. Abril-Maio de 2011.

Tanto no bioensaio de laboratório (item 4.2), quanto no campo, o comportamento do parasitismo foi semelhante para os herbicidas atrazina e nicossulfuron, com taxas inferiores à testemunha. No laboratório, porém, foi utilizado um parasitóide de pupa, cuja exposição aos produtos se deu em função da alimentação do hospedeiro sob o substrato tratado. Já no campo, além de sofrerem o mesmo efeito da alimentação hospedeira, os insetos em si possuíam hábitos de parasitismo diferentes (parasitóides de larvas para os himenópteros e larva-pupa para os dípteros) e foram mais expostos aos herbicidas, seja pela pulverização direta, pelos resíduos nas folhas, como pela ingestão do substrato contaminado (neste caso após a penetração do inimigo natural no interior do hospedeiro). Estudos sobre o impacto de herbicidas sobre inimigos naturais, avaliados através da coleta do hospedeiro em campo são escassos. Normalmente, os estudos sobre a toxicologia de agrotóxicos são realizados em abelhas, através de aplicações tópicas e podem não representar de forma consistente a maneira como os invertebrados são expostos aos herbicidas no campo (RUSSEL & SCHULTZ, 2010). É óbvio que o conhecimento da toxicidade aguda dos herbicidas sobre organismos não-alvo é de extrema relevância, mas, além da mortalidade dos organismos, a redução do parasitismo por repelência dos inimigos naturais também deve ser considerada, pois acarreta efeitos extremamente negativos para o manejo integrado de pragas. Em casa de vegetação, por exemplo, a aplicação de simazina e atrazina pode causar a repelência imediata de predadores carabídeos (BRUST, 1990), enquanto a exposição direta de larvas de coccinelídeos ao 2,4-D causa mortalidade e redução significativa no tamanho dos insetos (ADAMS, 1960).

Estudos sobre a interação herbicidas-artrópodes revelam que os efeitos são variáveis para cada espécie e para cada molécula herbicida. Obviamente, o manejo de plantas daninhas em praticamente todas as culturas agrícolas com herbicidas químicos é indispensável, principalmente por ser logística e economicamente mais viável que outros métodos de controle. Nem é objeto deste estudo condenar a utilização destes produtos, mas evidenciar que eles podem influenciar o manejo integrado de pragas. Especificamente para o milho, é recomendado que a aplicação de herbicidas para o manejo das plantas daninhas em pós-emergência seja feita no início do desenvolvimento da cultura e das plantas daninhas (FANCELLI & DOURADO-NETO, 2004), que coincide com a fase de maior suscetibilidade da cultura ao ataque por *S. frugiperda* (GALLO et al., 2002). De acordo com os resultados obtidos em campo e laboratório, alguns herbicidas podem atuar exclusivamente a favor da

praga, não só por potencializar o desempenho biológico do inseto, mas também por reduzir o controle biológico natural, como no caso da atrazina. No caso do nicossulfuron, apesar de ter influenciado pouco a biologia de *S. frugiperda* em laboratório, sua aplicação no campo aumentou os danos causados pela lagarta e reduziu o parasitismo natural. Talvez, muitos surtos populacionais de pragas na agricultura possam ser potencializados pelo efeito dos herbicidas sobre a fisiologia das plantas cultivadas e comportamento de inimigos naturais. Sob esta ótica, este estudo sugere que o efeito dos herbicidas sobre a população de artrópodes deve ser levado em consideração no manejo integrado de pragas, visando não só a preservação do controle biológico natural, mas também o impacto econômico do aumento populacional em relação aos danos na cultura e necessidade de intervenções através de aplicações inseticidas.

#### **4.4. Interação entre inseticidas e herbicidas sobre a mortalidade e manejo de *Spodoptera frugiperda***

##### **4.4.1. Efeito da ingestão de herbicidas sobre a eficácia de inseticidas**

A interação herbicida (administrados às larvas de *S. frugiperda* via dieta artificial) x inseticidas (folhas de milho tratadas fornecidas às lagartas) foi altamente significativa indicando que a ingestão de dieta artificial contendo 0,1% de i.a. de herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho por lagartas de *S. frugiperda* influenciou a eficácia dos inseticidas (Tabela 9).

Em nenhuma das combinações (herbicidas x inseticidas) foi observado aumento da eficiência de controle em relação à testemunha, apenas igualdade estatística ou redução. Ainda em relação à testemunha (sem herbicida na dieta), a atrazina reduziu a eficácia de controle dos inseticidas clorpirifós, deltametrina, etofenproxi e espinosade. Para este mesmo herbicida, apenas o metomil não foi influenciado, causando 100% de mortalidade nas larvas de *S. frugiperda*. A deltametrina e o etofenproxi foram os mais afetados pela alimentação das larvas com herbicidas, apresentando as menores eficiências de controle. Ainda com relação à deltametrina, lagartas alimentadas com dieta+bentazona não foram suscetíveis ao inseticida. Quando as larvas não se alimentaram de herbicidas, a eficiência destas moléculas não foi afetada.

Tabela 9. Efeito de inseticidas na mortalidade (%) ( $\pm$ EP) de lagartas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) mantidas em dieta contendo 0,1 % de i.a. de herbicidas utilizados na cultura do milho. Temp. =  $25\pm 1$  °C; UR =  $70\pm 10\%$ ; Fotofase = 14 h.

Inseticidas	Herbicidas				Sem herbicida
	Bentazona	Atrazina	Nicossulfuron	2,4-D	
Metomil	93,8 $\pm$ 3,1 cA	100,0 $\pm$ 0,0 cA	100,0 $\pm$ 0,0 cA	100 $\pm$ 0,0 bA	93,8 $\pm$ 3,1 aA
Clorpirifós	43,8 $\pm$ 7,9 bA	31,3 $\pm$ 7,9 aA	68,8 $\pm$ 7,9 bB	87,5 $\pm$ 3,6 bB	93,8 $\pm$ 3,1 aB
Deltametrina	0,0 $\pm$ 0,0 aA	12,5 $\pm$ 3,6 aA	18,8 $\pm$ 6,0 aA	12,5 $\pm$ 3,6 aA	75,0 $\pm$ 5,1 aB
Etofenproxi	18,8 $\pm$ 6,0 aA	25,0 $\pm$ 5,1 aA	6,4 $\pm$ 3,1 aA	6,3 $\pm$ 3,1 aA	87,5 $\pm$ 3,6 aB
Espinosade	81,3 $\pm$ 6,0 cB	56,3 $\pm$ 3,1 bA	56,3 $\pm$ 10,7 bA	87,6 $\pm$ 6,3 bB	87,6 $\pm$ 3,6 aB

CV (%): 34,6

F<sub>inseticidas</sub>: 48,83\*;  $P < 0,0001$

F<sub>herbicidas</sub>: 15,25\*;  $P < 0,0001$

F<sub>inseticidas x herbicidas</sub>: 3,78\*;  $P < 0,0001$

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna ou maiúsculas na mesma linha não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4.2. Toxicidade de inseticidas em mistura com herbicidas em *Spodoptera frugiperda*

Cinco concentrações de cada inseticida (metomil, deltametrina, clorpirifós, etofenproxi e espinosade) foram misturadas a calda de pulverização com os herbicidas bentazona, atrazina, nicossulfuron e 2,4-D e aplicados tópicamente sobre larvas de *S. frugiperda*. Não foi observada mortalidade de larvas nos tratamentos testemunha (apenas herbicidas ou água). A toxicidade ( $DL_{50}$ ) dos inseticidas foi influenciada pelos herbicidas. As menores  $DL_{50}$  (% da dose) foram obtidas com as misturas bentazona+espinosade e atrazina+clorpirifós, (23,9% e 37,8%, respectivamente) (Tabela 10). No caso do inseticida metomil, foi possível calcular a  $DL_{50}$  apenas para as doses inseticidas puras (21,4%), pois em todas as misturas a mortalidade foi superior a 50% na menor concentração. Neste caso, a mistura deste inseticida com qualquer um dos herbicidas aumentou a mortalidade. Para a deltametrina isto também foi observado quando misturada a bentazona, ao contrário do que foi observado quando as lagartas se alimentaram de dieta contendo bentazona e depois expostas à

deltametrina, onde não ocorreu mortalidade das larvas (item 4.4.1.1, Tabela 9). Em contrapartida, todos os herbicidas prejudicaram a eficácia do etofenproxi. A  $DL_{50}$  para as concentrações puras do inseticida foi de 43,2%, enquanto nas misturas ela variou entre 74,6-78,3%. A mistura do inseticida etofenproxi com 2,4-D foi extremamente comprometida, pois a mistura do herbicida com 100% da dose do inseticida não foi suficiente para causar mortalidade superior a 50% da população de lagartas.

Tabela 10. DL<sub>50</sub> de inseticidas misturados a herbicidas sobre larvas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Temp. = 25±1 °C; UR = 70±10%; Fotofase = 14 h.

Herbicida	Inseticida	DL <sub>50</sub> (% da dose)	slope ± EP	IC <sub>95%</sub>	$\chi^2$
Bentazona	Metomil	- <sup>1</sup>	-	-	-
	Clorpirifós	- <sup>2</sup>	-	-	-
	Deltametrina	- <sup>1</sup>	-	-	-
	Etofenproxi	74,6	0,021 ± 0,07	62,3 – 77,5	46,3
	Espinosade	23,9	0,003 ± 0,01	22,0 – 39,8	40,7
Atrazina	Metomil	- <sup>1</sup>	-	-	-
	Clorpirifós	37,8	0,015 ± 0,01	28,4 – 47,2	4,7
	Deltametrina	65,9	0,007 ± 0,01	56,3 – 85,6	12,2
	Etofenproxi	78,3	0,016 ± 0,01	69,9 – 86,7	1,4
	Espinosade	64,0	0,015 ± 0,01	54,4 – 73,6	15,1
Nicossulfuron	Metomil	- <sup>1</sup>	-	-	-
	Clorpirifós	- <sup>2</sup>	-	-	-
	Deltametrina	78,0	0,015 ± 0,01	68,6 – 87,4	4,3
	Etofenproxi	75,0	0,021 ± 0,01	67,4 – 82,5	11,5
	Espinosade	- <sup>1</sup>	-	-	-
2,4 - D	Metomil	- <sup>1</sup>	-	-	-
	Clorpirifós	91,4	0,043 ± 0,01	84,8 – 97,9	3,5
	Deltametrina	59,0	0,015 ± 0,01	49,7 – 68,2	11,5
	Etofenproxi	- <sup>2</sup>	-	-	-
	Espinosade	94,7	0,041 ± 0,02	87,8 – 99,9	6,7
Sem herbicida	Metomil	21,4	0,024 ± 0,09	15,7 – 27,1	11,6
	Clorpirifós	70,2	0,049 0,01	65,7 – 75,1	60,3
	Deltametrina	71,1	0,026 ± 0,08	63,6 – 78,6	9,9
	Etofenproxi	43,2	0,034 ± 0,09	39,1 – 47,4	11,3
	Espinosade	26,7	0,019 ± 0,01	19,3 – 34,0	1,2

<sup>1</sup> Mortalidade superior à 50% em todas as concentrações inseticidas.

<sup>2</sup> Mortalidade inferior à 50% em todas as concentrações inseticidas.

Na comparação das retas de mortalidade das larvas em função das concentrações de cada inseticida+herbicidas com sua respectiva reta testemunha (só inseticida), o metomil, apesar de apresentar alta taxa de mortalidade quando misturado aos herbicidas, as retas inseticida+herbicida não diferiram da mortalidade obtida na testemunha (só inseticida). Na análise do teste t, tanto o coeficiente angular, quanto o intercepto não diferiram significativamente, indicando que as retas são paralelas, mas os dados interceptam estatisticamente os mesmos valores no eixo das ordenadas (mortalidade) (Figura 8A; Tabela 11). Este mesmo padrão só não se repetiu para as seguintes misturas: clorpirifós+atrazina e deltametrina+bentazona, onde o coeficiente angular não diferiu significativamente (indicando que as retas são paralelas) e o intercepto diferiu (indicando que os dados não interceptam os mesmos valores de mortalidade no eixo das ordenadas). Neste caso, as misturas foram significativamente mais eficientes na mortalidade de larvas de *S. frugiperda* (Figuras 8B e 8C; Tabela 11); clorpirifós+nicosulfuron e clorpirifós+bentazona, onde o coeficiente angular diferiu significativamente da reta testemunha (só inseticidas), indicando que as retas não são paralelas entre si, respectivamente para cada mistura, mas os dados provêm do mesmo ponto no eixo das ordenadas. Neste caso, o desempenho da mistura foi significativamente pior no controle das lagartas (Figura 8B; Tabela 11); etofenproxi+2,4-D, onde o coeficiente angular e intercepto diferiram significativamente, indicando que as retas não são paralelas e não interceptam o mesmo ponto no eixo das ordenadas. Neste caso, a mistura também prejudicou a eficácia do inseticida (Figura 8D; Tabela 11); espinosade+2,4-D, onde apenas o intercepto diferiu significativamente, indicando que as retas são paralelas, mas os pontos de origem são distintos. Neste caso, a mistura prejudicou a eficácia do inseticida (Figura 8E; Tabela 11).

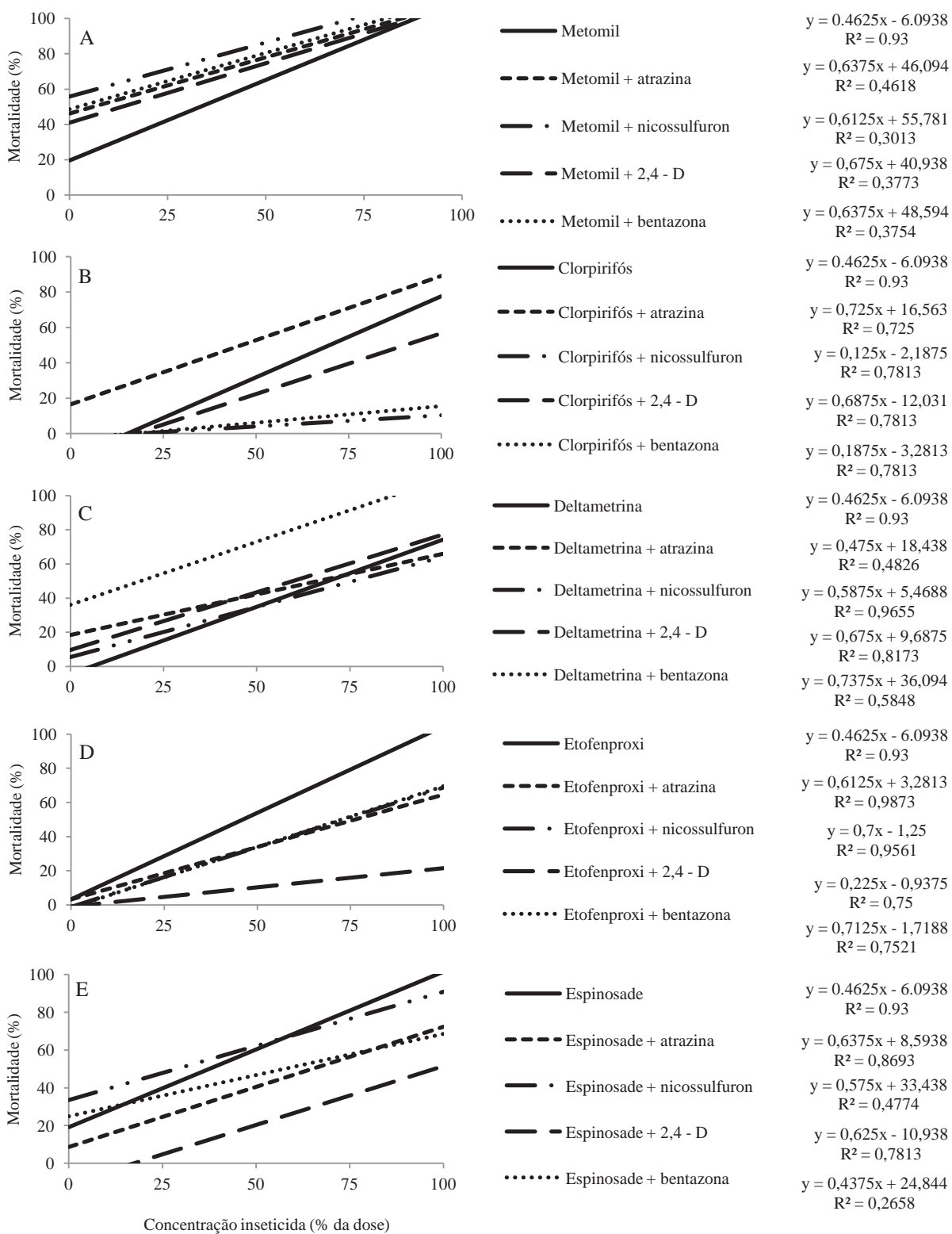


Figura 8 A-E. Mortalidade de larvas de *S. frugiperda* expostas a diferentes concentrações inseticidas em mistura com herbicidas. Temp. =  $25 \pm 1$  °C; UR =  $70 \pm 10\%$ ; Fotofase = 14 h.

Tabela 11. Resultados do teste t para a comparação das retas de mortalidade de larvas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em função das concentrações inseticidas em mistura com herbicidas com as retas de mortalidade apenas com concentrações inseticidas.

Inseticida	Herbicida	Coefficiente angular	<i>P</i>	Intercepto (ordenadas)	<i>P</i>
Clorpirifós	Atrazina	-0,9770	0,3663	-3,4416	0,0108
	Nicossulfuron	4,0862	0,0064	1,6635	0,1401
	2,4 - D	-1,0107	0,3511	-0,3171	0,7604
	Bentazona	2,9513	0,0255	1,5705	0,1602
Metomil	Atrazina	0,5070	0,6302	-0,8966	0,3997
	Nicossulfuron	0,4598	0,6618	-1,1482	0,2886
	2,4 - D	0,3817	0,7158	-0,6067	0,5632
	Bentazona	0,4569	0,6638	-0,9354	0,3807
Deltametrina	Atrazina	1,0619	0,3291	-1,0728	0,3189
	Nicossulfuron	2,0123	0,0908	-0,5938	0,5713
	2,4 - D	0,5617	0,5946	-1,4962	0,1782
	Bentazona	0,1353	0,8968	-3,2225	0,0146
Etofenproxi	Atrazina	1,7223	0,1357	1,6138	0,1505
	Nicossulfuron	1,2757	0,2492	1,7991	0,1150
	2,4 - D	3,2656	0,0171	2,5667	0,0371
	Bentazona	0,9124	0,3967	1,4131	0,2004
Espinosade	Atrazina	0,6269	0,5538	1,7308	0,1270
	Nicossulfuron	0,5735	0,5871	-0,3412	0,7430
	2,4 - D	0,6154	0,5609	3,4208	0,0111
	Bentazona	0,7819	0,4640	0,5146	0,6227

t significativo quando  $P < 0,05$ .

#### 4.4.3. Interação entre atrazina e inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* em campo

A análise de variância deste experimento foi decomposta nas seguintes fontes de variação: inseticidas, manejo (forma de aplicação do inseticida em relação à

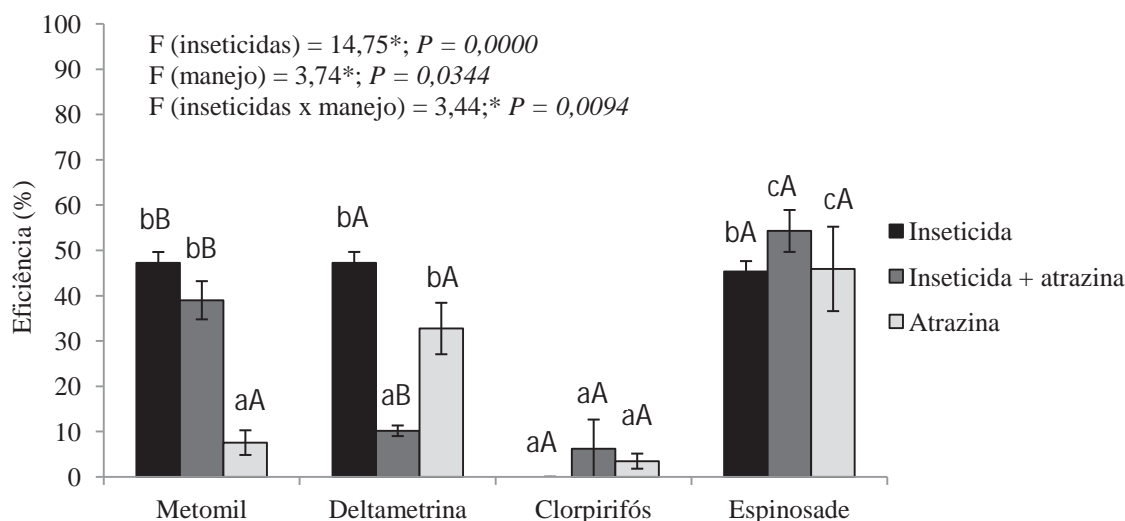
atrazina) e interação entre as duas (inseticidas x manejo). A contagem do número de lagartas/planta revelou homogeneidade entre as parcelas experimentais na avaliação prévia à pulverização dos produtos (Tabela 12). Cada tratamento inseticida teve sua própria testemunha (sem inseticida e sem herbicida), que também se manteve homogênea ao longo do experimento. Em nenhuma das avaliações foi observado efeito significativo da interação inseticidas x manejo. Aos sete dias após a primeira pulverização, apenas a fonte de variação inseticida foi significativa, sendo observado maior número de lagartas/planta apenas para os tratamentos deltametrina e clorpirifós em mistura com atrazina, em relação aos tratamentos metomil+atrazina e espinosade+atrazina. Uma semana após a segunda pulverização, as variáveis inseticidas e manejo foram significativas, sendo observado maior número de lagartas/planta novamente para a deltametrina aplicada em mistura com a atrazina. Nesta mesma avaliação, também foi observado efeito negativo da atrazina – aplicada nove dias antes dos inseticidas – sobre os inseticidas metomil e clorpirifós, cujo número de lagartas/planta foi semelhante à testemunha e significativamente superior aos inseticidas deltametrina e espinosade. Isto porque, até as duas primeiras pulverizações, não houve diferença entre as parcelas tratadas apenas com inseticidas. Sete dias após a terceira pulverização dos produtos, o inseticida espinosade apresentou maior controle de lagartas que os demais inseticidas quando aplicados de forma isolada. Nos tratamentos onde a atrazina havia sido aplicada previamente (agora 16 dias antes dos inseticidas), o inseticida espinosade foi o que melhor controlou a população de lagartas. No entanto, na comparação dos tratamentos com presença da atrazina e aplicação isolada dos inseticidas, foi observado que a eficácia da deltametrina foi prejudicada pelo herbicida em todos os tipos de manejo testados.

Para melhor entendimento dos resultados, foi calculada a eficiência média das três pulverizações para cada tratamento (Figura 9). A eficiência de controle da lagarta-do-cartucho foi considerada baixa para todos os inseticidas, independente da combinação dos tratamentos. Para a eficiência de controle a interação inseticidas x manejo foi significativa. Assim, pode-se afirmar que certamente a atrazina influenciou a eficácia dos inseticidas, com exceção do espinosade. O inseticida deltametrina foi negativamente afetado pela mistura com atrazina, enquanto que o metomil foi afetado pela aplicação de atrazina antes do inseticida. O inseticida clorpirifós foi pouco eficiente no controle da lagarta-do-cartucho, não sendo observada influência da atrazina sobre sua ação.

Tabela 12. População de lagartas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e função da aplicação de inseticidas e manejo com atrazina. Botucatu, SP. Abril-Maio de 2011.

Inseticidas	Prévia			
	Inseticida	Inseticida + atrazina	Atrazina	Testemunha
Metomil	4,5	3,5	2,9	3,1
Deltametrina	4,1	3,2	3,8	3,3
Clorpirifós	3,0	3,2	3,7	4,5
Espinosade	4,0	4,6	3,6	3,5
F <sub>inseticidas</sub> : 0,62 <sup>ns</sup> ; P = 0,6053				
F <sub>manejo</sub> : 0,92 <sup>ns</sup> ; P = 0,4632				
F <sub>inseticidas x manejo</sub> : 1,41 <sup>ns</sup> ; P = 0,2146				
Inseticidas	1° pulverização			
	Inseticida	Inseticida + atrazina	Atrazina (2 dias antes)	Testemunha
Metomil	1,9 aA	1,3 aA	1,8 aA	2,4 aA
Deltametrina	2,0 aA	2,2 b A	2,3 aA	2,3 aA
Clorpirifós	2,9 aA	2,6 bA	2,3 aA	2,5 aA
Espinosade	1,6 aA	1,1 aA	1,8 aA	1,4 aA
F <sub>inseticidas</sub> : 6,89 <sup>*</sup> ; P = 0,0007				
F <sub>manejo</sub> : 0,88 <sup>ns</sup> ; P = 0,4597				
F <sub>inseticidas x manejo</sub> : 0,78 <sup>ns</sup> ; P = 0,6334				
Inseticidas	2° pulverização			
	Inseticida	Inseticida + atrazina	Atrazina (9 dias antes)	Testemunha
Metomil	1,4 aA	1,6 aA	1,9 bA	1,8 aA
Deltametrina	1,5 aA	2,0 aB	1,2 aA	2,4 aB
Clorpirifós	1,4 aA	1,8 aA	1,8 bA	1,9 aA
Espinosade	0,9 aA	1,0 aA	0,6 aA	1,8 aA
F <sub>inseticidas</sub> : 4,37 <sup>*</sup> ; P = 0,0088				
F <sub>manejo</sub> : 0,3,32 <sup>*</sup> ; P = 0,0279				
F <sub>inseticidas x manejo</sub> : 0,91 <sup>ns</sup> ; P = 0,1944				
Inseticidas	3° pulverização			
	Inseticida	Inseticida + atrazina	Atrazina (16 dias antes)	Testemunha
Metomil	0,8 bA	0,7 aA	1,0 bA	1,1 aA
Deltametrina	0,8 bA	1,4 bB	1,4 bB	1,7 aB
Clorpirifós	1,4 bA	1,1 bA	1,4 bA	1,9 aA
Espinosade	0,3 aA	0,6 aA	0,4 aA	1,3 aB
F <sub>inseticidas</sub> : 19,9 <sup>*</sup> ; P = 0,0000				
F <sub>manejo</sub> : 11,1 <sup>*</sup> ; P = 0,0000				
F <sub>inseticidas x manejo</sub> : 2,4 <sup>ns</sup> ; P = 0,0589				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na mesma linha não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).



Letras minúsculas comparam colunas de cores iguais (cada inseticida dentro de cada manejo com atrazina) e letras maiúsculas comparam colunas de cores distintas para cada inseticida (comparação do manejo com atrazina para cada inseticida).

Figura 9. Eficiências de inseticidas no controle de *S. frugiperda* em função do manejo com o herbicida atrazina. Botucatu, SP. Abril-Maio de 2011.

#### 4.4.4. Discussão

O propósito deste experimento foi tentar simular algumas condições possíveis de exposição da praga-alvo a inseticidas e herbicidas, considerando as diferentes formas com que os herbicidas podem interagir com inseticidas. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, considerando que a adição de herbicidas pode aumentar a toxicidade de inseticidas, a ingestão de moléculas herbicidas pelas lagartas antes da exposição aos inseticidas pode reduzir a eficácia. Alguns estudos relatam que o herbicida 2,4-D e alguns herbicidas do grupo das triazinas são capazes de ativar algumas isoenzimas do sistema enzimático citocromo P450 (KAO et al., 1995). Em insetos, este sistema enzimático é responsável pela metabolização de inseticidas e outras substâncias tóxicas, estando relacionado com a capacidade de adaptação das espécies ao meio. As principais isoenzimas detoxificadoras relacionadas aos insetos são as oxidases microsossomais, glutatona s-transferases e hidrolases (MOTOYAMA & DAUTERMAN, 1980; AGOSIN, 1985; DAUTERMAN, 1985; YU, 2004). No entanto, o modo como os herbicidas induzem o aumento da atividade das enzimas citocromo P450 em insetos não é bem esclarecido. A

atividade destas enzimas em resposta aos herbicidas triazínicos e 2,4-D já foi observada nas espécies *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae), *S. frugiperda*, *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae) (EGAAS et al., 1993; KAO et al., 1995; MIOTA et al., 2000). Porém, o aumento da atividade dessas enzimas não se traduz exclusivamente na detoxificação dos inseticidas. Yu (2004) observou que os inseticidas fosforados triclorfon, forate e paration metílico causaram maior mortalidade em larvas alimentadas com atrazina, enquanto as oxadiazinas, piretróides e carbamatos causaram menor mortalidade. Neste estudo, com exceção do metomil (carbamato), todos os grupos químicos de inseticidas (piretróide, fosforado e espinosina) tiveram redução de seu efeito em lagartas expostas à atrazina. Na verdade, comparando-se estes resultados com os observados na literatura, o efeito do herbicida na mortalidade de insetos é variável em função da molécula inseticida, e não do grupo químico. Considerando ainda o efeito dos outros herbicidas testados, verifica-se que as respostas dos inseticidas também variam de acordo com cada molécula herbicida.

Em relação à aplicação conjunta dos herbicidas e inseticidas, alguns estudos relatam o aumento da toxicidade de inseticidas do grupo dos organofosforados quando misturados a herbicidas do grupo das triazinas. Considerando a mistura clorpirifós+atrazina, é possível observar que a resposta é variável em função das espécies de artrópodes (LICHTENSTEIN et al., 1973; BELDEN & LYDY, 2000; JIN-CLARK et al., 2002). Alguns estudos atribuem o aumento da toxicidade de fosforados em combinação com a atrazina a insetos pela oxidação da molécula inseticida em metabolitos muito mais tóxicos (metabolitos oxons) (PAPE-LINDSTROM & LYDY, 1997). Em inseticidas neurotóxicos, que atuam na transmissão sináptica através da inibição da enzima acetil colinesterase (AChE), a maior toxicidade dos metabólitos oxon é atribuída a sua maior capacidade de inibição da enzima AChE do que o composto original (MIOTA et al., 2000). Por outro lado, o aumento da toxicidade também pode ser atribuído à otimização do processo de penetração do inseticida no tegumento dos insetos pelos herbicidas (LICHTENSTEIN et al., 1973). Outros aspectos como, alterações no pH e características dos solventes utilizados nos herbicidas também devem ser considerados, pois podem influenciar o desempenho dos inseticidas.

Em relação ao que foi comentado anteriormente, a ingestão de moléculas herbicidas pelas lagartas antes da exposição aos inseticidas e a mistura de

herbicidas+inseticidas causam efeitos distintos na toxicidade dos inseticidas. Aparentemente, a exposição prévia aos herbicidas constitui uma situação de estresse às lagartas, o que induz o aumento da atividade das enzimas detoxificadoras do sistema citocromo P450, similarmente ao que ocorre quando insetos são expostos a inseticidas ou compostos de defesa das plantas (AGOSIN, 1985). Talvez, a exposição prévia das lagartas aos herbicidas (48 h antes dos inseticidas) tenha gerado algum tipo de estresse sobre as lagartas, de forma suficiente para estimular a elevação na quantidade das enzimas detoxificadoras no organismo do inseto, aumentando a eficiência na metabolização dos inseticidas e redução da toxicidade. Isto pôde ser observado para as combinações clorpirifós+atrazina e deltametrina+bentazona.

Em campo, os resultados se assemelharam aos obtidos em laboratório. No entanto, era esperado melhor controle da mistura clorpirifós+atrazina, o que não foi observado. Inclusive, o produto aplicado isoladamente não apresentou eficiência de controle sobre *S. frugiperda*. Muito provavelmente a eficácia do clorpirifós foi comprometida por problemas de resistência das lagartas a este produto, pois o controle de pragas nas lavouras da Fazenda Experimental da FCA/UNESP – Campus de Botucatu tem sido feito basicamente com este inseticida há vários anos. Ademais, existem relatos de populações de *S. frugiperda* resistentes ao clorpirifós (YU, 1991). O controle das lagartas com deltametrina também foi significativamente afetado pela mistura com atrazina. A exposição de lagartas a atrazina 48 h antes da exposição ao inseticida metomil em laboratório não alterou o bom desempenho do inseticida. Porém, no campo, a eficiência de controle do produto se reduziu ao longo das três pulverizações nas parcelas onde a atrazina foi aplicada dois dias antes da primeira pulverização inseticida.

Os inseticidas e herbicidas utilizados nestes experimentos são comumente utilizados pelos produtores agrícolas, principalmente na cultura do milho. No caso dos herbicidas, a mistura de atrazina com nicossulfuron também é bastante utilizada. Independente da eficiência de controle de herbicida ou inseticida, a frequência com que são utilizados na agricultura é relevante. Não só em quantidade de produtos, mas na diversidade de culturas para quais eles são recomendados no Brasil e no mundo. No uso destes produtos para o manejo das lavouras não deve ser levado em consideração apenas se herbicidas e inseticidas são sinérgicos ou não, como parâmetro para tomadas de decisão para a realização de misturas no tanque de pulverização. Além disso, segundo a Instrução Normativa 46, de 24/07/2002, as

misturas de agrotóxicos nos tanque de pulverização são proibidas no Brasil (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2002). Estes resultados indicam que o planejamento das aplicações dos herbicidas e inseticidas deve levar em consideração o efeito deles em conjunto ou isoladamente sobre os organismos alvos e não-alvos. Não só a eficiência dos produtos pode ser comprometida, mas o impacto sobre inimigos naturais pode contribuir ainda mais para a redução da qualidade do manejo dos insetos praga. Provavelmente, relatos de resistência de insetos a inseticidas podem ser, na verdade, atribuído a redução da toxicidade dos inseticidas pela aplicação de herbicidas. Outro fator a ser considerado, é que em alguns casos pode haver toxicidade das misturas à cultura, como ocorre para nicossulfuron e clorpirifós (RAHMAN & JAMES, 1993).

## 5. CONCLUSÕES

- Plantas de milho tratadas com os herbicidas bentazona e atrazina proporcionam melhor desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).
- Os herbicidas bentazona, atrazina, nicossulfuron e 2,4-D interferem negativamente no parasitismo das pupas de *S. frugiperda* por *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) quando lagartas de *S. frugiperda* se alimentam de plantas de milho tratadas com estes herbicidas.
- Em campo, os herbicidas influenciam a dinâmica populacional de lagartas de *Spodoptera frugiperda*. Plantas de milho tratadas com os herbicidas nicossulfuron e 2,4-D são mais infestadas pela lagarta-do-cartucho sete dias após a aplicação dos herbicidas.
- O parasitismo natural de *Spodoptera frugiperda* é negativamente afetado pelos herbicidas atrazina e nicossulfuron.
- Os herbicidas alteram a eficácia dos inseticidas químicos sobre *Spodoptera frugiperda* em laboratório e em campo.
- Lagartas de *Spodoptera frugiperda* exposta previamente a herbicidas, através da alimentação, são menos suscetíveis a ação de inseticidas.
- A mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* por inseticidas químicos é influenciada quando estes são misturados a herbicidas.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 18, p. 265-267, 1925.
- ADAMS, J. B. Effects of spraying 2,4-D amine on coccinelid larvae. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 38, p. 285-288, 1960.
- AGOSIN, M. Role of microsomal oxidations in insecticide degradation. In: KERKUT, G. A.; GILBERT, L. I. **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**. Oxford: Pergamon, 1985. p. 647.
- AHMED, S. A.; ALI, M. N. Cytotoxic assay of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) by mitotic index profiles in *Culex pipiens fatigans*. **Entomologischen Gesellschaft Basel**, Basel, v. 14, p. 169-715, 1994.
- AL-MENDOUIFI, O.; ASHTON, F. M. Bentazon influence on selected metabolic processes of isolated bean leaf cells. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v. 3, p. 121-126, 1984.
- AMBURGEY, T. L.; CARTER, F. L.; ROBERTS, D. R. Resistance of wood from paraquat-treated southern pine trees to termites and the fungus *Gloeophyllum trabeum*. **Wood Science**, Monoma, v. 10, p. 187-102, 1978.
- ANDALÓ, V. et al. Compatibilidade de *Beauveria bassiana* com agrotóxicos visando o controle da cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, p. 463-467, 2004.
- ASHLEY, T. R. et al. Impact of native parasites on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in South Florida and release of the exotic parasite, *Eiphosoma*

*vitticole* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 11, p. 833-837, 1982.

ASHLEY, T. R. Geographical distribution and parasitization levels for parasitoids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 69, p. 516-524, 1986.

AUDUS, L. J. **Herbicides: physiology, biochemistry and ecology**. London: Academic Press, v. 2, 1976. 564 p.

BAKER, R. S.; LASTER, M. L.; KITTEN, W. F. Effects of the herbicide monosodium methanearsonate on insect and spider populations in cotton fields. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 78, p. 1481-1484, 1985.

BARBOSA, P. Natural enemies of herbivore-plant interactions: influence of plant allelochemicals and host specificity. In: BARBOSA, P.; LETORNEAU, D. **Novel aspects of insect-plant interactions**. New York: John Wiley, 1988. p. 201-210.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 740 p.

BELDEN, J. B.; LYDY, M. J. Impact of atrazine on organophosphate insecticide toxicity. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v. 19, p. 2266-2274, 2000.

BELLANDA, H. C. H. B.; ZUCOLOTO, F. S. Effects of intraspecific competition and food deprivation on the immature phase of *Ascia monuste orseis* (Lepidoptera, Pieridae). **Iheringia, Série Zoológica**, Porto Alegre, v. 92, n. 1, p. 93-98, 2002.

BERENBAUM, M. Toxicity of furanocoumarin to armyworms: a case of biosynthetic escape from insect herbivores. **Science**, Washington, DC, v. 201, p. 532-533, 1978.

BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman and Hall, 1994. 312 p.

BERTELS, A.; ROCHA, M. A. B. Observações preliminares sobre pragas do milho. **Agros**, Lisboa, v. 3, n. 3, p. 160-183, 1950.

BEYER, E. M. et al. Sulphonylureas. In: KEARNEY, P. H. C.; KAUFMAN, D. D. **Herbicides: chemistry, degradation and mode of action**. New York: Dekker, 1988. p. 117-189.

BOITEAU, G. Effect of planting date, plant spacing, and weed cover on populations of insects, arachnids, and entomophthoran fungi in potato fields. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 13, p. 751-756, 1984.

- BOUCEK, Z. The African and Asiatic species of *Trichospilus* and *Cotterelia* (Hymenoptera, Eulophidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 65, p. 669-681, 1976.
- BRET, B. L. et al. Biological properties of spinosad. **Down to Earth**, Amsterdam, v. 52, p. 6-13. 1997.
- BROOKS, D. R. et al. Invertebrate biodiversity in maize following withdrawal of triazine herbicides. **Royal Society of London. Proceedings B. Biological Sciences**, London, v. 272, p. 1497-1502, 2005.
- BRUST, G. E. Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). **Pesticide Science**, Bognor Regis, v. 30, p. 309-320, 1990.
- BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301 p.
- CAMPBELL, B. C. The effects of plant growth regulators and herbicides on host plant quality to insects. In: HEINRICHS, E. A. **Plant stress-insect interactions**. New York: Wiley Interscience, 1988. p. 205-247.
- CAMPOS, F. et al. Toxicokinetics of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA) in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 15, p. 1989-2001, 1989.
- 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 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Ceres, 2005. 1993.
- CHANG, F. Y.; SMITH, L. W.; STEPHENSON, G. R. Influence of herbicides on insecticide metabolism in leaf tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 19, p. 1187-1190, 1971.
- CHERIFI, M. et al. Atrazine metabolism in corn seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, Issy les Moulineaux, v. 39, p. 665-672, 2001.
- CHIO, H.; SANDBORN, R. J. Atrazine inhibition of carbofuran metabolism in the house cricket. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 70, p. 544-546, 1977.
- CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Controle do algodoeiro: monitoramento e controle**. Piracicaba: POTAFÓS, 1999. p. 159-161.

COSTA C.; IDE S. Crescimento e muda. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, D. E. **Insetos imaturos**: metamorfose e identificação. Ribeirão Preto: Holos, 2006. p. 31-36.

COSTA, E. A. D. et al. Efeito de herbicidas utilizados em cana-deaçúcar no desenvolvimento in vitro do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 14, p. 19-24, 2004.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1995. 45 p.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, p. 355-359, 1982.

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J. Danos de *Spodoptera frugiperda* em milho cultivado em solos com diferentes teores de alumínio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 1989, Belo Horizonte.. **Resumos...** Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1989. v. 1, p. 433.

CRUZ, I. et al. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. **International Journal of Pest Management**, Colchester, v. 44, 293-296, 1999.

CRUZ, I. et al. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 293-297, 1996.

CRUZ, I. et al. **Monitoramento de parasitóides de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em municípios de Minas Gerais, Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa, 2009. 33 p. (Documentos, 92).

DAUTERMAN, W. C. Insect metabolism: extramicrosomal. In: KERKUT, G. A.; GILBERT, L. I. **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**. Oxford: Pergamon, 1985. p. 713.

DEML, R.; DETTNER, K. Biodegradation and transfer of ingested 2,4-D herbicide by a polyphagous saturniid caterpillar. **Chemosphere**, Oxford, v. 45, p. 783-789, 2001.

DEW, J. A. Fall armyworm *Laphygma frugiperda* (S & A). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 6, n. 4, p. 362-366, 1913.

EGAAS, E. et al. A comparative study of effects of atrazine on xenobiotic metabolizing enzymes in fish and insect, and of the in vitro phase II atrazine metabolism in some fish, insects, mammals and one plant species. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Philadelphia, v. 106, p. 141, 1993.

EIGENBRODE, S. D.; SHELTON, A. M. Survival and behaviour of *Plutella xylostella* larvae on cabbages with leaf waxes altered by treatment with S-ethyl dipropylthiocarbamate. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxford, v. 62, p. 139-145, 1992.

EISNER, T. et al. 2,5 Dichlorophenol (from ingested herbicide?) in defensive secretion by grasshopper. **Science**, Washington, DC, v. 172, p. 277-278, 1971.

EMBRAPA. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**: sistemas de produção 3, 2005. Disponível em:  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap05.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

ETCHEVERRY, M. *Laphygma frugiperda* (Smith & Abbot) in Chile (Lepidoptera-Noctuidae). **Revista Chilena de Entomologia**, Santiago, v. 5, p. 183-192, 1957.

FAHL, G. M. et al. pH-dependent sorption, bioconcentration and algal toxicity of sulfonylurea herbicides. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 31, p. 175-187, 1995.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004. 360 p.

FARLOW, R. A.; PITRE, H. N. Effects of selected pesticide application routines on pest and beneficial arthropods on soybean in Mississippi. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 12, p. 552-557, 1983a.

FARLOW, R. A.; PITRE, H. N. Bioactivity of the postemergent herbicides acifluorfen and bentazon on *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 76, p. 200-203, 1983b.

FERREIRA, E. Manejo da cultura do arroz de sequeiro: controle integrado de pragas. In: FERREIRA, M. E.; YAMADA, T; MALAVOLTA, E. **Cultura do arroz de sequeiro**: fatores afetando a produtividade. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1983. p. 323-341.

FINNEY, D. J. **Probit analysis**: a statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge: University Press, 1964. 318 p.

FOX, W. B. 2,4-D as a factor increasing wireworm damage of wheat. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v. 28, p. 423-424, 1948.

FOX, L. R. Cannibalism among larvae of the dragonfly *Lestes nympha* Sleelys. **Ekologia Polska Seria B**, Lodz, v. 6, p. 87-106, 1975.

GALL, A.; DOGGER, J. R. Effect of 2,4-D on the wheat stem sawfly. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 60, p. 75-77, 1967.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p.

GAMAL, E. S.; EL-GHAR, A. Effects of herbicides on consumption, growth and food utilization by cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larvae. **Anzeiger Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz**, Heidelberg, v. 67, p. 143-146, 1994.

GAST, A.; GROB, H. Triazines as selective herbicides. **Pest Technology**, Bucks, v. 3, p. 68-73, 1960.

GHUMARE, S. S.; MUKHERJEE, S. N. Performance of *Spodoptera litura* Fabricius on different host plant: Influence of nitrogen and total phenolics of plant and mid-gut esterase activity of the insect. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v. 41, n. 8, p. 895-899, 2003.

GOLDMAN, S. E.; CLEVELAND, G. D.; PARKER, J. A. Lightwood induction and associated beetle attacks on slash pine. **Forest Science**, Bethesda, v. 25, p. 80-83, 1979.

GUPTA, G; BHATTACHARYA, A. K. Assessing toxicity of post-emergence herbicides to the *Spilarctia oblique* Walker (Lepidoptera: Arctiidae). **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 81, p. 9-15, 2008.

HÄCKERMANN, J.; ROTT, A. S.; DORN, S. How two different host species influence the performance of a gregarious parasitoid: host size is not equal to host quality. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 76, n. 2, p. 376-383, 2007.

HAN, Y. C.; WANG, C. Y. Physiological basis of bentazon tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) lines. **Weed Biology and Management**, Richmond, v. 2, n. 4, p. 186-193, 2002.

HARTMANN, T, Chemical ecology of pyrrolizidine alkaloids. **Planta**, Heidelberg, v. 207, p. 483-495, 1999.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite, **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, n. 1, p. 157-161, 1955.

HILL, M. G. Effects of *Cotesia ruficrus* (Braconidae: Hymenoptera) parasitism and rearing density on *Mythimna separata* (Noctuidae: Lepidoptera) food consumption, and implications for biological control. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Singapore, v. 29, p. 281-288, 1986.

HIRANPRADIT, H.; FOY, C. L.; SHEAR, G. M. Effects of low levels of atrazine on some mineral constituents and forms of nitrogen in *Zea mays* L.1. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 3, p. 267-272, 1972.

HOAGLAND, R.E. Chemical interactions with bioherbicides to improve efficacy. **Weed Technology**, Lawrence, v. 10, p. 651-674, 1996.

HUCKABA, R. M.; COBLE, H. D. Effect of herbicides on soybean thrips (*Sericothrips variabilis*) in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 4, p. 475-477, 1990.

HYNES, H. B. N. Lepidopterous pests of maize in Trinidad. **Tropical Agriculture**, St. Augustine, v. 19, n. 10, p. 194-202, 1942.

INGRAM, J. W.; BYNUM, E. K.; CHARPENTIER, L. J. Effect of 2,4-D on sugarcane borer. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 40, p. 745-746, 1947.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA - área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras: ano 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/-listabl.asp?z=t&c=839>>. Acesso em: 7 jun. 2011.

ISHII, S.; HIRANO, C. Growth responses of larvae of rice stem borer to rice plants treated with 2,4-D. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxford, v. 6, p. 257-262, 1974.

JIN-CLARK, Y.; LYDY, M. J.; ZHU, K. Y. Effects of atrazine and cyanazine on chlorpyrifos toxicity in *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae). **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v. 21, p. 598-603, 2002.

KAO, L. M.; WILKINSON, C. F.; BRATTSTEN, L. B. In vivo effects of 2,4-D and atrazine on cytochrome P-450 and insecticide toxicity in southern armyworm (*Spodoptera eridania*) larvae. **Pesticide Science**, Bognor Regis, v. 45, p. 331, 1995.

KERN, F. Nota sobre uma nova forma biológica de *Laphygma frugiperda* (Smith & Abbot). **Agronomia Tropical**, Maracaibo, v. 3, n. 4, p. 295-300, 1954.

KJAER, C.; ELMEGAARD, N. Effect of herbicide treatment on host plant quality for a leaf-eating beetle. **Pesticide Science**, Bognor Regis, v. 47, p. 319-325, 1996.

KJAER, C.; HEIMBACH, U. Relationships between sulfonylurea herbicide treatment of host plants and the performance of herbivorous insects. **Pest Management Science**, Bognor Regis, v. 57, n. 12, p. 1161-1166, 2001.

KJAER, C. et al. Phytochemical responses to herbicide exposure and effects on herbivorous insects. Miljøstyrelsen: KBH, 2001. (Pesticides Research, 55).

KOMIVES, T.; CASIDA, J. E. Acifluorfen increases the leaf content of phytoalexins and stress metabolites in several crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 31, p. 751-755, 1996.

KRISTIANSEN, L. M. et al. Effect of isoproturan and etephon on the abundance of cereal aphids. **Groen Viden**, Tjele, v. 86, p. 75-83, 1992.

- KRUSE, J. J.; RAFFA, K. F. Effect of food plant switching by a herbivore and its parasitoid: *Cotesia melanoscela* development in *Lymantria dispar* exposed to reciprocal dietary crosses. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 24, p. 37-45, 1999.
- LABRADOR, S. J. R. Estudio de biología y combate del gusano cogollero del maíz *Laphygma frugiperda* S&A. **Sección Entomología, Serie A**, Maracaibo, v. 57, n. 45, 1967.
- LARDIER, P. A.; SCHIAVON, M. Toxicité du carbofuran et activité synergique del' atrazine sur son action vis-a`-vis de quelques especes animales. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 559-563, 1989.
- LEHMANN, K.; TUROWSKI, W.; FRIESKE, S. Changes in the nitrogenous and mineral contents of plants treated with Gesatop 50 (simazine 50%). **Biuletyn Instytutu Ochrony Roslin**, Poznan, v. 50, p. 149-165, 1971.
- LICHTENSTEIN, E. P.; LIANG, T. T.; ANDEREGG, B. N. Synergism of insecticides by herbicides. **Science**, Washington, DC, v. 181, p. 847-849, 1973.
- LÓPEZ-OVEJERO, R. F. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 413-419, 2003.
- LUCCHINI, F. **Biologia de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae), níveis de prejuízos e avaliação toxicológica de inseticidas para o seu combate em milho**. 1977. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977.
- LUCCHINI, F.; ALMEIDA, A. A. Parasitas de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) lagarta do cartucho do milho, encontrados em Ponta Grossa-PR. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 9, p. 115-121, 1980.
- LUNGINBILL, P. The fall armyworm. **Technical Bulletin**, Brookings, v. 34, n. 5, p. 1-91, 1928.
- LYDON, J.; DUKE, S. O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, Bognor Regis, v. 25, p. 361-374, 1989.
- LYDY, M. J.; LINCK, S. L. Assessing the impact of triazine herbicides on organophosphate insecticide toxicity to the earthworm *Eisenia fetida*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Secaucus, v. 45, p. 343-349, 2003.
- MAXWELL, R. C.; HARWOOD, R. F. Increased reproduction of pea aphids on broadbeans treated with 2,4-D. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 53, p. 199-205, 1960.

MESSERSMITH, C. G.; ADKINS, S. W. Integrating weed-feeding insects and herbicides for weed control. **Weed Technology**, Lawrence v. 9, n. 1, p. 199-208, 1995.

METCALF, D. L.; FLINT, W. P. **Insectos destructivos y insectos utiles: sus custumbres e su control**. 4. ed. México: Continental, 1965. 630 p.

METCALF, C.; FLINT, W. P. J.; METCALF, R. L. **Destructive and useful insects: their habits and control**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1962. 1087 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa 46, de 24/07/2002. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1337>>. Acesso em: 06 out. 2011.

MIOTA, F. et al. Atrazine induction of cytochrome P450 in *Chironomus tentans* larvae. **Chemosphere**, Oxford, v. 40, p. 285-291, 2000.

MONQUERO, P. A. et al. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 185-193, 2008.

MOORE, R. G.; HANKS, L. M. Aerial dispersal and host plant selection by neonate *Thyridopteryx ephemeraeformis* (Lepidoptera: Psychidae). **Ecological Entomology**, Oxford, v. 29, p. 327-335, 2004.

MORTON, C. A.; HARVEY, R. G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 6, p. 91-96, 1992.

MORTON, C.A. et al. Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. **Weed Technology**, Lawrence, v. 5, p. 130-136, 1991.

MOTOYAMA, M.; DAUTERMAN, W. C. Glutathione S-transferases: their role in the metabolism of organophosphorus insecticides. **Review in Biochemical Toxicology**, Amsterdam, v. 2, p. 49-69, 1980.

NAKANO, O.; SILVERIA NETO, S.; ZUCCHI, R. A. **Entomologia econômica**. Piracicaba: Fealq, 314 p. 1981.

NALIN, D. N. **Biologia, nutrição quantitativa e controle de população de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) – (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais**. 1991. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

NICOLAI, M. et al. Aplicação conjunta de herbicidas e inseticidas na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 413-420, 2006.

- NORRIS, R. F.; KOGAN, M. Interactions between weeds, arthropods pests, and their natural enemies in managed ecosystems. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, p. 94-158, 2000.
- NOTZ, P. A. Parasitismo de diptera e hymenoptera sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera - Noctuidae) recolectadas em maiz, Maracay, Venezuela. **Revista de la Facultad de Agronomia**, Maracaibo, v. 6, p. 5-16, 1972.
- NRC. **Alternative agriculture**. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 447 p.
- OKA, N.; PIMENTEL, D. Herbicide (2,4-D) increases insect and pathogen pests on corn. **Science**, Washington, DC, v. 93, p. 239-240, 1976.
- OMOTO, C. et al. Bases for an insecticide resistance management of *Spodoptera frugiperda* in corn in Brazil. In. INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLGY, 21., 2000, Foz do Iguaçu. **Abstracts...** Londrina: Embrapa Soja, 2000. v. 1, p. 347. (Documentos, 143).
- PAPE-LINDSTROM, P. A.; LYDY, M. J. Synergistic toxicity of atrazine and organophosphate insecticides contravenes the response addition mixture model. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v. 16, p. 2415-2420, 1997.
- PARON, M. R.; BERTI-FILHO, B. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) Em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 355-358, 2000.
- PATEL, P. N.; HABIB, M. E. M. Ocorrência natural de *Aspergillus parasiticus* em populações de *Spodoptera frugiperda* (Abbot & Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e sua transmissão por insetos parasitos. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 5, p. 223-232, 1982.
- PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 120, n. 11, p. 16-27, 1985.
- PRABHU, T.; SRIKANTH, J.; SANTHALAKSHMI, G. Compatibility of selected pesticides with three entomopathogenic fungi of sugarcane pests. **Journal of Biological Control**, Bangalore, v. 21, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:jbc&volume=21&issue=1&article=011>>. Acesso em: 28 ago. 2011.
- PRICE, P. W. et al. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 41-65, 1980.
- RAHMAN, A.; JAMES, T. K. Enhanced activity of nicosulfuron in combination with soil. Applied insecticides in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 7, p. 824-829, 1993.

- RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T. et al. Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado ao fungo *Metarhizium anisopliae*, agente de controle microbiano de *Tibraca limbatriventris*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 745-751, 2010.
- REED, J. P. et al. Synergistic and antagonistic responses of soil insecticide-herbicide combinations for corn rootworm, *Diabrotica* spp. control. **Journal of Environmental Health Science. (Part B)**, Philadelphia, v. 24, p. 325-334, 1989.
- REIS, P. R. Principais pragas do arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p.44-57, 1989.
- ROBINSON, A. G. Effects of amitrole, zytron and other herbicides or plant growth regulators on the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), caged on broad bean, *Vicia faba* L. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 41, p. 413-417, 1961.
- ROCK, G. C.; YEARGAN, D. R. Toxicity of apple orchard herbicides and growth-regulating chemicals to *Neoseiulus fallacis* and twospotted spider mite. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 66, p. 1342-1343, 1973.
- ROMAN, E. S. et al. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158 p.
- RUSSEL, C.; SCHULTZ, C. B. Effect of Grass-specific herbicides on butterflies: na experimental investigation to advance conservation efforts. **Journal of Insect Conservation**, Dordrecht, v. 14, p. 23-63, 2010.
- SAMSOE, P. L. Effects of 67 herbicides and plant growth regulators on the rove beetle *Aleochara bilineata* (Col.: Staphylinidae) in the laboratory. **Entomophaga**, Dordrecht, v. 40, p. 95-104, 1995.
- SANTANA, A. F. K. et al. Canibalismo em insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. p. 297-320.
- SANTOS, J. P. **Controle de pragas durante o armazenamento de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 20 p. (Circular Técnica, 84).
- SCHULER, L. J. et al. Joint toxicity of triazine herbicides and organophosphate insecticides to the midge *Chironomus tentans*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Secaucus, v. 49, p. 173-177, 2005.
- SHARMA, M. L.; SHARMA, R. K.; NAMDEO, K. N. Effect of weed management practices on the incidence of stemfly and grain yield of soybean. **Crop Research**, Hisar, v. 8, p. 265-268, 1994.

- SHORT, P.; COLBORN, T. Pesticide use in the U.S. and policy implications: A focus on herbicides. **Toxicology and Industrial Health**, London, v. 15, p. 240-275, 1999.
- SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. The central role of the haemolymph in the regulation of nutrient intake in insects. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 395-403, 1993.
- SINGH, H.; BHATTACHARYA, A. K. non target effect of post-emergence herbicides on the developmental profile of *Spodoptera litura* (Fab.). **Indian Journal of Entomology**, New Delhi, v. 66, p. 42-47, 2004.
- SMITH, J. E. **The natural history of the rarer lepidopterous insects of Georgia**. London: T. Bensley, 1797. 191 p.
- SMITH, B. R. C. Observations on the fall armyworm (*Laphygma frugiperda* Smith & Abbot) and some control experiments. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 14, n. 4, p. 300-308, 1921.
- SOSNOVAYA, O. N. et al. Regulation of the rate of atrazine detoxification by corn plants. **Soviet Agriculture Sciences**, New York, v. 7, p. 14-17, 1979.
- SPARKS, T. C. et al. Biological activity of the spinosyns, new fermentation derived insect control agents, on tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 91, p. 1277-1283, 1998.
- SPEIGHT, R. I.; WHITTAKER, J. B. Interactions between the chrysomelid beetle *Gastrophysa viridula*, the weed *Rumex obtusifolius*, and the herbicide asulam. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 24, p. 119-129, 1987.
- STAAL, W. M., BEWICK, T. A. Tolerance variability among sweet corn cultivars to DPX-V9360. **Southern Weed Science Society**, Las Cruces, v. 43, p. 170, 1990.
- STADLER, T. et al. Side effect of pesticides on *Aphytis melinus* De Bach and *A. lingnanensis* Compere (Hymenoptera: Aphelinidae), two natural enemies of diaspine scale pests on lemon trees in Tucuman province, Argentina. **Revista de Investigaciones CIRPON**, Tucumán, v. 10, p. 43-49, 1996.
- STAM, P. A. et al. Effects of certain herbicides on some insects and spiders found in Louisiana cotton fields. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 71, p. 477-480, 1978.
- THIELE, H. U. **Carabid beetles in their environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1977. 369 p.
- TURLINGS, T. C. J.; BENREY, B. Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. **Ecoscience**, Sainte-Foy, v. 5, p. 321-333, 1998.

- URRUTIA, M. A. et al. Influence of host diet on parasitoid fitness: unraveling the complexity of a temperate pastoral agroecosystem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxford, v. 123, n. 1, p. 63-71, 2007.
- VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Ocorrência e controle de pragas durante a safrinha de milho no Sudoeste Goiano**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2004. 4 p. (Circular Técnica, 48).
- VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura de milho**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2006. 20p. (Documentos, 61).
- VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Pragas. In CRUZ, I.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Eds.). Cultivo do milho. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/pragas.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2006.
- WALDBAUER, G. P.; COHEN, R. W.; FRIEDMAN, S. Self-selection of an optimal mix from defined diets by larvae of the corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie). **Physiological Zoology**, Chicago, v. 57, p. 590-597, 1984.
- WANG, X. G.; MESSING, R. H. Fitness consequences of body-size-dependent host species selection in a generalist ectoparasitoid. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Heidelberg, v. 56, p. 513-522, 2004.
- WAQUIL, J. M. et al. **Ocorrência e controle de pragas na cultura do milho no Mato Grosso do Sul - Safrinha**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2004. 12 p. (Circular Técnica, 46).
- WATSON, G. B. Actions of insecticidal spinosyns on aminobutyric acid receptors from small-diameter cockroach neurones. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Maryland, v. 71, p. 20-28, 2001.
- WELCH, A. W. Status of sweet corn varietal tolerance to nicosulfuron. **Southern Weed Science Society**, Las Cruces, v. 44, p. 204, 1991.
- WILIANS, T. et al. Ultralow rates of spinosad in phagostimulant granules provide control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 2, p. 422-428, 2004.
- XU, J. C.; WU, J. C.; CHENG, J. A. Effects of some agro-chemicals on neutral insect *Culex tritaeniorhynchus* Giles and natural enemy, *Pirata subpiraticus*. **Journal of Jiangsu Agricultural College**, Jiangsu, v. 18, p. 51-54, 1997.
- YING, J. C.; LYDY, M. J.; ZHU, K. Y. Effects of atrazine and cymazine on chlorpyrifos toxicity in *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae). **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v. 21, p. 598-603, 2002.

YU, S. J. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Maryland, v. 39, n. 1, p. 84-91, 1991.

YU, S. J. Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Maryland, v. 80, p. 113-122, 2004.

ZACHÉ, B. et al. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), a new parasitoid of *Melanolophia consimilaria* (Lepidoptera: Geometridae). **Phytoparasitica**, Dordrecht, v. 38, p. 355-357, 2010.

ZALUCKI, M. P.; CLARKE, A. R.; MALCOLM, S. B. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 361-393, 2002.

ZHOU, Q. et al. Action mechanisms of acetolactato sintetase-inhibiting herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Maryland, v. 89, p. 89-96, 2007.