



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

FRANCISCA THAIS FERREIRA MOTA

**EFEITO SUBLETAL DE METOMIL E DE *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* EM
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

FORTALEZA, CE
2022

FRANCISCA THAIS FERREIRA MOTA

**EFEITO SUBLETAL DE METOMIL E DE *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* EM
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Patrik Luiz Pastori, *D. Sc.*

Coorientador: Raimundo H. F. Rodrigues, *M. Sc.*

FORTALEZA, CE
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M871e Mota, Francisca Thais Ferreira.
Efeito subletal de metomil e de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* em *Spodoptera frugiperda*
(Lepidoptera: Noctuidae) / Francisca Thais Ferreira Mota. – 2022.
37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori.

Coorientação: Prof. Me. Raimundo H. F. Rodrigues.

1. Lagarta-do-cartucho. 2. Milho. 3. Subdosagens. I. Título.

CDD 630

FRANCISCA THAIS FERREIRA MOTA

**EFEITO SUBLETAL DE METOMIL E DE *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* EM
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Patrik Luiz Pastori, *D. Sc.*

Coorientador: Raimundo H. F. Rodrigues *M. Sc.*

Aprovada em: 31/01/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Patrik Luiz Pastori, *D. Sc.* (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Raimundo Henrique Ferreira Rodrigues, *M. Sc.* (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Karolina Rafrana da Silva de Araújo *M. Sc.*
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Thais Paz Pinheiro André, Eng^a. Agr^a.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus avós, Terezinha e Oliveira

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente a Deus pelo dom da vida e proteção ao longo dessa caminhada!

Agradecer aos meus avós, Terezinha e Oliveira, por terem me acolhido e não medirem esforços para me criar, educar e proteger! Amo vocês mais que tudo!

Agradeço as minhas tias, em especial Eliete Mota, minha mãe, por absolutamente tudo que fez e faz por mim diariamente, Ediana Mota, por ser um dos maiores suportes que eu poderia ter tido ao longo desses anos de graduação e além, Eridan Mota e Conceição Mota, que sempre torceram e me apoiaram, e me ajudaram da forma que podia, Eliane Mota, por todo o amor e dedicação que tem por mim! E minhas tias Eliene e Evandra, por sempre acreditarem em mim. Serei eternamente grata a cada uma dessas mulheres, que represaram tanta força e determinação!

Agradeço ao meu pai, Pedro Mota, por lutar por mim quando eu mesma não podia, e aos meus tios, em especial Eliezer Mota e sua esposa, Telma, por torcerem e vibrarem a cada conquista minha, ao meu padrinho Paulo, por todo amor e carinho, e aos demais tios que eu tanto perturbei ao longo desses 25 anos, Evandro Mota, Zé Filho, Beu! Ao tio que chegou a pouco, Magno Gomes, meu eterno professor, meu maior incentivador, gratidão por cada lição e por sempre estar ao meu lado e desejar sempre o melhor para mim!

Ao meu irmão, Thiago Mota, por sempre querer me vê bem e conquistar meus sonhos, e todos os primos Mota, que compartilharam momentos e alegrias ao longo de todos esses anos, Vitoria, Luana, Bárbarah, Lais, Mariana, Lucas, Maria Ester, Guilherme, Junior, Hanry, e meu amor mais lindo Maria Beatrice!

Agradeço ao meu amor, Evaldo Sousa, por compartilhar a vida ao meu lado, por me levantar e me apoiar em cada momento difícil, por ser um ponto de paz em minha vida! Sem você eu não teria chegado com tanto êxito até aqui! Obrigada!

Agradeço aos amigos que me ajudaram a chegar até a graduação, Larissa Henrique, minha irmã de coração, por tudo! Por cada aventura, cada momento compartilhado, por cada sonho e conquista, Te amo, La! Monica Mota, por compartilhar momentos felizes e difíceis, mas sempre juntas! Por me ajudar, e me permitir te fazer sorrir sempre que eu pude amiga! Amigas ainda mais antigas, Mayara e Bia, obrigada por cada momento feliz!

Aos amigos que a melhor Ej de agronomia do Nordeste poderia ter me dado, Lucas e Dani, amo vocês, eu cresci e amadureci tanto ao lado de cada um de vocês, obrigada

por absolutamente tudo! Ingrid, Medeiros, Isa, Davi, João Vitor que bom ter vocês ao meu lado nessa trajetória,

Agradeço aos amigos que a Agronomia me deu, Egídio, Carlos, Daniel, Michael, Carol, Lorena, André, Antônio, Josias, Iana, Flaildo, Cintia, obrigada a todos por cada sofrimento compartilhado! Carol, obrigada por aturar meus dramas até depois de formada, você vai brilhar tanto amiga! As amigas que a Zootecnia me deu Isa e Thais, foi um enorme prazer ter vocês ao meu lado!

A minha colega de quarto que foi um grande presente, Iris, obrigada por escutar minhas histórias por longas horas, por me encorajar e me apoiar sempre! Amo você

Aos amigos que o LEA me deu, sem vocês nada disso seria possível minhas meninas, Débora, Edilaine, Thais Paz, Roberta, Camilla, Karol, Alice, obrigada por compartilharem as dificuldades e as alegrias do mundo da pesquisa comigo! Ao melhor técnico do mundo, Adson! E ao melhor coorientador que eu poderia ter tido, Henrique, agradeço de coração pela paciência em me ajudar nesse processo, por cada conselho e pela amizade que ficará para sempre!

Ao meu orientador, Prof. Patrik, por ser o primeiro a acreditar em mim na universidade, por ter me dado uma equipe maravilhosa, por cada conselho sábio e cada palavra amiga, professor foi uma honra ser sua orientada, não poderia ter sido outra pessoa se não você, muitíssimo obrigada!

A minha amada UFC, como tenho orgulho de dizer que faço parte dessa instituição, que me deu sempre todo o suporte necessário para enfim chegar até esse momento!

“ As estrelas que ouvem e aos sonhos que são atendidos ”

Sarah J Maas

RESUMO

Considerada a principal praga da cultura do milho no Brasil, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), gera perdas consideráveis de produção, sendo necessária a tomada de alguma medida de controle. Comumente são realizadas aplicações de produtos químicos e biológicos. No entanto, devido a diversos fatores como erros na aplicação, falhas técnicas e fatores ambientais, a praga além de entrar em contato com doses letais, que levam a morte imediata, também pode ser exposta a dosagens subletais, que não levam a morte imediata, mas geram diversos efeitos subletais e, dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito subletal de subdosagens de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Bt*) e de metomil sobre *S. frugiperda*. As concentrações utilizadas de cada ingrediente ativo foram: CL₅, CL₁₅ e CL₃₀ (CL: Concentração Letal). A longevidade de cada estágio de vida (larva-pupa, pupa-adulto), a massa das pupas, e parâmetros biológicos como: a taxa de sobrevivência, a razão sexual, a fertilidade, a fecundidade e a oviposição foram avaliados. Os resultados demonstram que ambos os produtos utilizados causaram efeitos subletais sobre *S. frugiperda*. O período de desenvolvimento de pupa-adulto e larva-adulto foi prolongado quando as lagartas foram expostas à subdosagens de *Bt*. Exposições subletais de metomil diminuíram a taxa de sobrevivência. A razão sexual não foi afetada por nenhum dos produtos utilizados. Os tratamentos *Bt* promoveram redução da longevidade das fêmeas, enquanto os tratamentos com metomil elevaram os valores desse parâmetro. Ambos os produtos causaram diminuição na fertilidade e, no número médio de ovos produzidos. Dessa forma, é possível concluir que *Bt* e metomil, quando aplicados em subdosagens, causam efeitos subletais em *S. frugiperda*.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho; milho; subdosagens.

ABSTRACT

Considered the main pest of corn in Brazil, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), generates considerable production losses, requiring some control measure. Applications of chemical and biological products are commonly carried out. However, due to several factors such as application errors, technical failures and environmental factors, the pest in addition to coming into contact with lethal doses, which lead to immediate death, can also be exposed to sublethal doses, which do not lead to immediate death, but it generates several sublethal effects and, therefore, the objective of this work was to evaluate the sublethal effect of underdosing of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Bt*) and methomyl on *S. frugiperda*. The concentrations used for each active ingredient were: LC₅, LC₁₅ and LC₃₀ (LC: Lethal Concentration). The longevity of each life stage (larva-pupa, pupa-adult), pupae mass, and biological parameters such as: survival rate, sex ratio, fertility, fecundity and oviposition were evaluated. The results demonstrate that both products used had sublethal effects on *S. frugiperda*. The period of pupa-adult and larva-adult development was prolonged when the caterpillars were exposed to sub-doses of *Bt*. Sublethal exposures to methomyl decreased the survival rate. The sex ratio was not affected by any of the products used. The *Bt* treatments reduced the longevity of females, while the treatments with methomyl increased the values of this parameter. Both products caused a decrease in fertility and in the average number of eggs produced. Thus, it is possible to conclude that *Bt* and methomyl when applied in sub-doses cause sublethal effects in *S. frugiperda*.

Keywords: fall armyworm; corn; underdoses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação dos modelos atuais de ação da toxina Cry no epitélio do intestino médio de insetos	23
Figura 2 – Esquema ilustrativo da metodologia de aplicação dos produtos	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Concentração letal estimada de <i>Bacillus thuringiensis</i> e metomil, sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> após exposição	26
Tabela 2	Tempo de desenvolvimento e longevidade (Média \pm EP) de diferentes estágios de vida de <i>S. frugiperda</i> após exposição a subdosagens de <i>Bacillus thuringiensis</i> e metomil	28
Tabela 3	Taxa de Sobrevivência de diferentes estágios de vida de <i>S. frugiperda</i> após exposição a subdosagens de <i>Bacillus thuringiensis</i> e Metomil	29
Tabela 4	Longevidade, fecundidade e Fertilidade (Média \pm EP) de <i>S. frugiperda</i> após exposição a subdosagens de <i>Bacillus thuringiensis</i> e Metomil	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Importância da cultura do milho para o Brasil e problemas fitossanitários	16
2.2	<i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)	17
2.3	<i>Spodoptera frugiperda</i> : Manejo Integrado	18
2.4	Efeitos subletais	20
2.5	Modo de Ação e efeitos subletais: Metomil e <i>Bacillus thuringiensis</i>	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Coleta e criação de <i>Spodoptera frugiperda</i>	23
3.2	Produtos utilizados e preparo da solução	24
3.3	Obtenção das plantas e aplicação dos produtos	24
3.4	Determinação da concentração letal (concentração - resposta), delineamento experimental e análises estatísticas	25
3.5	Bioensaio de efeito subletal	25
3.6	Parâmetros avaliados	26
3.7	Delineamento experimental e análise estatística	27
4	RESULTADOS	27
5	DISCUSSÃO	30
6	CONCLUSÃO	32
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
8	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais de milho (EMBRAPA, 2021). Estima-se que a safra brasileira 2021-22 atinja patamares superiores a 117,2 milhões de toneladas (CONAB, 2021). No entanto, apesar da alta produtividade, ainda existem perdas de rendimento, atribuídas a diversos fatores, como o ataque de artrópodes-praga (PETERSON; HIGLEY, 2001).

Durante todo o desenvolvimento da cultura do milho, grande variedade de pragas pode comprometer o desempenho produtivo da cultura. Na fase vegetativa por exemplo, uma importante praga é a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), que além de sugar seiva de estruturas das folhas, é vetora de diferentes doenças como o enfezamento pálido e vermelho (MOREIRA; ARAGÃO, 2009). Já a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), ataca a cultura em diferentes fases de desenvolvimento, iniciando o ataque desde seus primeiros instares de vida, raspando as folhas, mas sem perfurar, propiciando o sintoma típico do dano da praga. As larvas maiores migram para a região do cartucho, passando a se alimentar em seu interior (CURZ, 1999). É considerada uma das principais pragas da cultura do milho, uma vez que seu ataque pode reduzir a produção entre 34,0 e 52,0% (VALICENTE, 2015).

Diferentes métodos de controle são empregados para o controle da lagarta-do-cartucho, dentre eles os mais comumente utilizados são os inseticidas químicos e biológicos (FORESTI, 2020), contudo, depois da aplicação dos inseticidas no campo, os insetos podem ser expostos a diferentes dosagens, uma vez que esses produtos se degradam com o tempo (BANTZ *et al.*, 2018). Fatores como temperatura, umidade relativa do ar, ventos e, falhas na aplicação, podem levar a essa degradação dos produtos aplicados (LEE; YAP; CHONG, 1998). Dessa forma, os insetos podem ser expostos a dosagens subletais, ou seja, uma dose que não induz mortalidade, mas causam efeitos subletais (DESNEUX; AXEL; DELPUECH, 2007; FRANÇA *et al.*, 2017). Os efeitos subletais são definidos como os efeitos fisiológicos, quando as doses subletais afetam por exemplo, processos como espermatogênese e ovulação; biológicos, quando são afetados o ciclo de vida, peso larva/pupa; demográficos, quando é afetada a população em geral, e comportamentais, como a resposta a feromônios é afetada (FRANÇA *et al.*, 2017).

O inseticida químico metomil é largamente utilizado no controle de *S. frugiperda* (AMORIM *et al.*, 2018), bem como os inseticidas biológicos, sendo os produtos à base de *B. thuringiensis* (*Bt*), os de maior sucesso econômico (JURAT-FUENTES; HECKEL; FERRÉ, 2021). Ambos os produtos podem atingir a praga em subdosagens, com isso se faz necessário

ampliar o entendimento de como subdosagens de metomil e *Bt* afetam diferentes parâmetros bioecológicos da praga, para melhor estruturação das estratégias de controle da *S. frugiperda*. Diante disso, o objetivo foi avaliar os efeitos subletais de subdosagens de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Bt*) e de metomil sobre *S. frugiperda*, testando a hipótese de que subdosagens alteram a sobrevivência, a longevidade e a reprodução de *S. frugiperda*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura do milho para o Brasil e problemas fitossanitários

O milho, *Zea mays*, é o cereal mais produzido no mundo, apresentando diversas formas de utilização, desde fonte de alimentação humana e animal, até matéria-prima na fabricação de subprodutos (CLB, 2020). O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais de milho, ficando na terceira posição no ranking na safra de 2020, com uma produção de 100 milhões de toneladas, além de 38 milhões toneladas serem exportadas, gerando uma receita de US\$6 bilhões (EMBRAPA, 2021). O Valor Bruto da Produção Agropecuária - VBP, ou seja, o faturamento bruto dentro das fazendas produtoras para a cultura do milho em 2020 foi de R\$117 bilhões, a projeção para 2022 é que o VBP da cultura cresça, chegando a R\$146 bilhões (BRASIL, 2022). A estimativa da safra brasileira 2021-22 é que sejam produzidas 117,2 milhões de toneladas, em uma área de aproximadamente 20,9 milhões de hectare (CONAB, 2021).

Mesmo com elevadas produções, a cultura tem perdas de rendimento atribuídas a diversos fatores, como artrópodes-praga (PETERSON; HIGLEY, 2001). Ao longo do ciclo produtivo da cultura tem-se a ocorrência de diferentes tipos de pragas, a depender da fase fenológica em que se encontra e/ou parte da planta atacada. Na fase inicial do ciclo da cultura, de 25 a 30 dias após a germinação, podemos destacar a lagarta-elasmó *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), as lagartas iniciam o dano raspando as folhas e dirigem-se para a região do colo da planta, onde cavam uma galeria vertical (VALICENTE, 2015). Outra importante praga da fase vegetativa, é a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), uma vez que essa praga é vetor de doenças como o enfezamento pálido e vermelho, o mosaico de estrias finas e o nanismo arbustivo do milho, as perdas na lavoura de milho variam de 9,0 a 90,0% (MOREIRA; ARAGÃO, 2009; VALICENTE, 2015).

Já na fase reprodutiva, se destaca a lagarta-da-espiga *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), que se alimenta dos grãos em formação, causando prejuízos estimados em cerca de 8% dos rendimentos (CRUZ; VIANA; WAQUIL, 2002). Além desta, a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), que é considerada uma das principais pragas da cultura do milho, o ataque dessa praga ocorre desde a emergência da planta, no qual as lagartas raspam as folhas, até o pendoamento e espigamento, se alimentando inclusive dos grãos (CRUZ; VIANA; WAQUIL, 2002).

2.2 *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

A principal praga da cultura do milho no Brasil, *S. frugiperda* (CRUZ; MONTEIRO, 2004) popularmente conhecida por lagarta-do-cartucho, é um lepidóptero-praga com alta mobilidade, rápida capacidade de destruição dos cultivos (MURUA; VIRLA, 2004), além de elevado grau de polifagia, com mais de 353 plantas registradas como hospedeiros distribuídas em 76 famílias, destacando-se milho, arroz, algodão e sorgo (WAN *et al.*, 2021).

Spodoptera frugiperda é um inseto holometábolo, ou seja, o seu ciclo de vida é dividido em ovo (2-4 dias), larva (total de seis instares, 14-18 dias), pupa (8-10 dias) e adulto (7-14 dias) na cultura no milho (CRUZ, 1995). Seu ciclo desenvolvimento dura em média, 30 dias em condições de temperaturas diárias em torno de 28-30°C, podendo ainda se estender até 90 dias em temperaturas inferiores (PRASANNA *et al.*, 2018).

As mariposas apresentam uma envergadura de 32 a 40 mm, as asa anterior dos machos geralmente é cinza e marrom sombreado, com manchas brancas triangulares na ponta e perto do centro da asa, já nas fêmeas varia de um uniforme acinzentado marrom a um fino mosqueado de cinza e marrom (PRASANNA *et al.*, 2018). A longevidade dos adultos é influenciada pela alimentação (néctar) e pela temperatura, sem alimentação, as mariposas vivem em média 4,4 dias e, quando se alimentam podem viver em média 13,3 dias (CRUZ, 1995). As mariposas acasalam durante a noite e, as fêmeas acasaladas ovipositam seus ovos em grupos que contêm de algumas a centenas de ovos em diferentes partes da planta de milho, os ovos tem formato de cúpula, e podem ser ovipositados em camadas, ou espalhados pelas folhas do milho em uma única camada, os quais são protegidos por uma densa cobertura de escamas das fêmeas (PRASANNA *et al.*, 2018; SPARKS, 1979).

As pupas da lagarta-do-cartucho são de coloração marrom-avermelhada, tornando-se progressivamente mais escura, até ficar praticamente preta, próximo à emergência do adulto. As lagartas normalmente descem para o solo a uma profundidade de 2 a 8 cm para se tornarem pupas. A larva constrói um casulo solto amarrando partículas de solo com seda. O casulo é de forma oval e 20 a 30 mm de comprimento (CRUZ, 1995; PRASANNA *et al.*, 2018).

As lagartas se alimentam das folhas em diferentes fases de desenvolvimento da cultura do milho, mas tem predileção por se alojarem nos cartuchos das plantas provocando de forma direta perdas significativas na produção (CRUZ, 1995). Ao longo do ciclo de vida as lagartas apresentam características distintas, as lagartas em seus instares iniciais tem coloração esverdeadas, a partir do terceiro ínstar, tornam-se acastanhadas, do quarto ao sexto instar a cabeça é marrom avermelhado (PRASANNA *et al.*, 2018).

Quando o ataque da *S. frugiperda* ocorre nos primeiros estádios de desenvolvimento da cultura, pode acarretar na morte das plantas e conseqüentemente reduzir a população inicial das plantas, caso o ataque ocorra na fase reprodutiva da cultura, as lagartas podem se alimentar das espigas (LIMA *et al.*, 2008). Para verificar a presença da lagarta dentro do cartucho deve-se observar a quantidade de excrementos ainda frescos existentes na planta, ou abrindo as folhas e verificando a presença da lagarta, que terá a cabeça escura com o característico Y invertido na parte frontal da cabeça (CRUZ, 1997).

Spodoptera frugiperda pode reduzir a produção entre 34 e 52% (VALICENTE, 2015), em uma análise para verificar as implicações econômicas do controle da lagarta-do-cartucho e os danos causados na cultura do milho, foi simulado uma situação na qual a lagarta não seria controlada, foi constatada uma redução de 40% na safra devido aos danos causados pela praga, resultando um prejuízo aos produtores de R\$ 20,5 bilhões, com a queda na produção, as exportações caíram 32%, causando uma redução da receita cambial de US\$ 1,6 bilhão (CEPEA, 2019), dessa forma, medidas de controle devem ser adotadas para minimizar os possíveis impactos causados por essa praga no campo.

2.3 *Spodoptera frugiperda*: Manejo Integrado

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) consiste na adoção de diversas técnicas de controle, isoladamente ou associadas harmoniosamente, numa estratégia baseada em análises de custo/benefício, que levam em conta o interesse e/ou o impacto sobre os produtores, sociedade e o ambiente (KOGAN, 1998) com o objetivo de manter os artrópodes-pragas abaixo do nível de dano econômico (GALLO, 1988). O MIP possui princípios básicos para ser implementado, sendo eles, a avaliação do agroecossistema (monitoramento), a tomada de decisão, a definição de estratégias e a aplicação de técnicas de controle (PASTORI *et al.*, 2019).

O monitoramento da lagarta-do-cartucho pode ser realizado por meio de avaliações visuais do dano e/ou da presença da lagarta nas plantas sendo a identificação da lagarta feita pela observação de uma marca em formato de “Y” invertido na cabeça, pelas linhas longitudinais dorsais e, pelos pontos de coloração preta no corpo (ROSA, 2011). Os adultos podem ser monitorados com armadilhas do tipo Delta com feromônio sexual sintético, sendo este o modelo usualmente utilizado no monitoramento de *S. frugiperda* (MELO, 2005). O nível de controle, considerando os danos, é de 20% das plantas atacadas se a cultura estiver com até 30 dias e 10% quando as plantas tiverem de 40 a 60 dias, se o monitoramento for realizado com armadilhas, o nível de controle de *S. frugiperda* ocorre a partir do momento

que são capturadas três mariposas (ROSA, 2011).

A construção de um plano de ação bem-sucedido, baseado nos objetivos do sistema de produção e na biologia e ecologia da praga, incluindo a seleção dos métodos apropriados e regras de decisão para sua aplicação mais eficaz é fundamental para a obtenção do sucesso no processo produtivo. Dentre as estratégias do MIP tem-se: a prevenção da chegada ou estabelecimento de pragas em áreas geralmente não infestadas, mitigação temporária, ou seja, uso de táticas de controle específicas em uma base emergencial para prevenir o ataque violento da praga, manejo de populações no interior dos campos de cultivo, manejo de pragas em grandes áreas, e erradicação (KOGAN, 1998; SOUSA FILHO; COSTA, 2009).

Entre as técnicas utilizadas no MIP e aplicadas ao controle de *S. frugiperda* tem-se o controle biológico, no qual são utilizados, de forma racional, os inimigos naturais, como parasitoides e predadores (BORGES; NOVA, 2011) e entomopatógenos que infectam os artrópodes-praga, como é o caso dos fungos: *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin; do vírus *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus (SfMNPV) e da bactéria: *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) (PRASANNA *et al.*, 2018).

Além do controle biológico, há o controle químico, que consiste na aplicação de determinada substância química com o intuito de reduzir a população de artrópodes-pragas presentes na área de cultivo (PAREDES-SÁNCHEZ *et al.*, 2021). No Brasil, na cultura do milho, *S. frugiperda* pode ser controlada com diferentes ingredientes ativos: Carbamatos como metomil e Tiodicarbe (inibidores de acetilcolinesterase); Piretróides como Cipermetrina e Deltametrina (moduladores de canais de sódio); Neonicotinóides como Acetamiprido e Imidacloprido (agonistas de receptores nicotínicos da acetilcolina), dentre outros (AGROFIT, 2021).

Em condições de campo, os insetos podem entrar em contato com subdosagens (FRANÇA *et al.*, 2017), uma vez que essas substâncias ficam expostas a fatores abióticos (temperatura, vento, volatilização, umidade ambiente e luz) e bióticos (penetração cuticular deficiente), que podem degradar as moléculas do produto aplicado (LEE; YAP; CHONG, 1998) expondo a praga a subdoses. A temperatura, por exemplo, pode influenciar tanto na qualidade da operação de aplicação, quanto na absorção/deposição da molécula na planta (SANTILLI, 2020), a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam na evaporação das gotas, fazendo com que parte do produto evapore antes de atingir o alvo (CHAIM, 2009). Outro ponto importante é que as pulverizações quando realizadas em horários de maior

incidência de raios solares podem resultar em subdosagens, uma vez que os raios ultravioletas causam inativação da molécula química. Além desses possíveis entraves, a lagarta tem o hábito de se abrigar no interior do cartucho das plantas, evitando o contato direto com o produto aplicado (FREIRE, 2006; VALICENTE, 2015). Dessa forma, quando em contato com essas dosagens subletais, os insetos podem expressar efeitos subletais.

2.4 Efeitos subletais

Os inseticidas químicos e/ou biológicos, exercem diferentes efeitos sobre os artrópodes-praga, sendo estes divididos em efeitos tóxicos letais que levam a morte, quando expostos a doses letais e, os efeitos subletais, nos quais os indivíduos expostos sobrevivem após a exposição a doses subletais (LEE, 2000). Uma dose/concentração subletal é definida como aquela que não induz nenhuma mortalidade aparente na população experimental (DESNEUX; AXEL; DELPUECH, 2007).

Os efeitos subletais são definidos como os efeitos fisiológicos, biológicos, demográficos e comportamentais em indivíduos que sobreviveram após a exposição de um produto químico e/ou biológico (FRANÇA *et al.*, 2017). No que diz respeito a biologia dos insetos, os efeitos subletais podem afetar a fecundidade, a fertilidade, a oviposição, o peso da larva/pupa e, o ciclo de vida (FRANÇA *et al.*, 2017). Já no comportamento dos indivíduos, podem ser afetados processos que envolvem a alimentação, algumas respostas aos feromônios emitidos pela espécie e o sistema locomotor (FRANÇA *et al.*, 2017). No contexto da fisiologia, podem ser afetados eventos como espermatogênese, a motilidade espermática, a ovogênese, a ovulação e a fertilização dos ovos (HAYNES, 1988). Os efeitos demográficos ampliam as observações, aonde é observada a população de insetos no geral, e não apenas o indivíduo (FRANÇA *et al.*, 2017).

Efeitos subletais foram observados com a utilização do inseticida clorantraniliprole em *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), sendo observada redução da fecundidade de fêmeas tratadas, bem como redução na taxa de sobrevivência de cada estágio de vida de uma população (HAN *et al.*, 2012). A utilização de Spinosad sobre o mesmo lepidóptero praga resultaram na redução da fecundidade e prolongamento da longevidade total das fêmeas em *P. xylostella* (YIN *et al.*, 2008). Houve prolongamento do período larval total das populações de *Ostrinia furnacalis* (Guenee) (Lepidoptera: Crambidae) que foram tratadas com ciantraniliprole e, além disso, as fêmeas adultas apresentaram efeitos subletais como longevidade mais curta que as fêmeas não tratadas (XU *et al.*, 2017). Efeitos subletais como redução do peso das pupas fêmeas de *Helicoverpa assulta* (Guenée)

(Lepidoptera: Noctuidae) expostas ao produto ciantraniliprole em comparação com controle foi observado mas, por outro lado, a emergência dos adultos não foi afetada (DONG *et al.*, 2016). A fecundidade das fêmeas de *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) que receberam tratamento com clorantraniliprole foi bastante reduzida em comparação ao controle, assim houve redução na eclosão dos ovos das fêmeas tratadas, evidenciando efeitos causados pelas doses subletais (KONG *et al.*, 2021).

Diferentes insetos-praga apresentam efeitos subletais quando expostos a dosagens subletais, o estudo dos efeitos subletais pode ajudar na correta avaliação da eficácia desses produtos, na correta aplicação dos mesmos, e assim permitir traçar as melhores estratégias de controle, além de contribuir para maior compreensão dos aspectos bioecológicos da praga (HAN *et al.*, 2012).

2.5 Modo de ação e efeitos subletais: Metomil e *Bacillus thuringiensis*

Os inseticidas, em um contexto amplo, possuem diferentes modos e/ou sítios de ação no organismo de um artrópode e, um importante sítio-alvo é a acetilcolinesterase (AChE) (BASF, 2013). A acetilcolinesterase (AChE) atua no sistema nervoso como agente de regulação da transmissão nervosa, uma vez que esta enzima realiza a redução da concentração de acetilcolina (ACh) na fenda sináptica por meio da hidrólise catalítica da acetilcolinesterase em colina (Ch) e ácido acético (A) (FUKUTO, 1990). Assim, é de suma importância que a ACh seja rapidamente removida da fenda sináptica após a transmissão do impulso nervoso, para que o impulso tenha uma duração finita (BASF, 2013).

O metomil é um princípio ativo de amplo espectro, do grupo dos Carbamatos e, seu mecanismo de ação consiste na inibição da AChE. Esse inseticida reage com a AChE por um mecanismo análogo ao da reação fisiológica. Devido à incapacidade da AChE fosforilada de hidrolisar a acetilcolina, as concentrações de acetilcolina na sinapse aumentam e ocorre uma neuroexcitação excessiva devido à ligação prolongada da acetilcolina ao seu receptor pós-sináptico (YU, 2015). A descarbamilação da AChE causada pelo inseticida é rápida e, portanto, os carbamatos são considerados inibidores reversíveis da AChE. Com a transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos, ocorre paralisação dos músculos, impedindo a respiração e provocando a morte do inseto devido à ausência de oxigênio no cérebro. Os sinais de intoxicação incluem inquietação, hiperexcitabilidade, tremores, convulsões e paralisia (YU, 2015).

No entanto, no campo os insetos podem ser expostos a diferentes dosagens, inclusive a doses subletais (BANTZ *et al.*, 2018). Em um estudo realizado com tiodicarbe,

foram observados efeitos subletais em uma população de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), houve aumento da duração do estágio de larva (11,5%) e pupa (4,3%) em relação ao controle (SABER *et al.*, 2013). Os insetos adultos também apresentaram efeitos subletais, uma vez que houve redução da longevidade (23%) daqueles que tiveram suas larvas expostas ao tiodicarbe (SABER *et al.*, 2013).

Além dos produtos químicos sintéticos, existem inseticidas biológicos disponíveis no mercado mundial, sendo alguns destes à base de organismos como a bactéria *B. thuringiensis* (*Bt*), sendo o entomopatógeno de maior sucesso econômico (JURAT-FUENTES; HECKEL; FERRÉ, 2021). Os produtos comerciais à base de *Bt* são comumente formulados em pó, contendo uma mistura de esporos secos e δ -endotoxina cristalina (YU, 2015).

Durante a esporulação, a bactéria *Bt* forma δ -endotoxinas como inclusões parasporais que, quando ingeridas pelo inseto, se dissolvem em seu intestino, liberando protoxinas (Cry). Essas protoxinas são então convertidas proteoliticamente em moléculas de toxinas ainda menores (MW 55-70 kDa) (YU, 2015). A solubilização de protoxinas longas (130 kDa) depende do pH altamente alcalino que está presente no intestino, especialmente de lepidópteros e a ativação da toxina envolve a remoção proteolítica de um peptídeo N-terminal (25-30 aminoácidos para toxinas Cry1, 58 para Cry3A e 49 para Cry2Aa) (BRAVO A; GILL S, 2005). Após serem ativadas, as toxinas se ligam aos receptores presentes na membrana microvilar das células epiteliais do intestino médio do inseto e produzem pequenos poros na membrana, o que causa um desequilíbrio osmótico celular e faz com que as células aumentem de tamanho (incham) e se lisem e, conseqüentemente ocorra a destruição do intestino médio (YU, 2015). Com a liberação do conteúdo celular, cria-se um meio rico que é adequado para germinação de esporos, levando a um severo quadro de septicemia e conseqüente morte (Figura 1) (BRAVO A; GILL S, 2005).

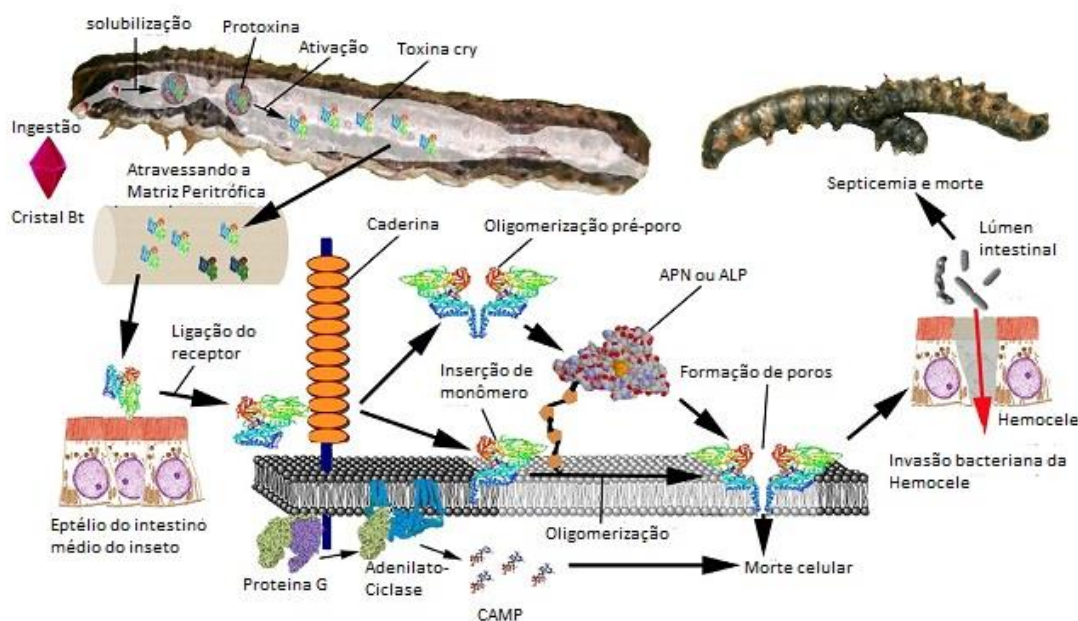


Figura 1. Representação dos modelos atuais de ação da toxina Cry no epitélio do intestino médio de insetos (Adaptado de ADANG *et al.*, 2014).

Os inseticidas biológicos à base de *B. thuringiensis* assim como os inseticidas químicos podem causar efeitos subletais nos organismos-alvo. Em *S. frugiperda* foi evidenciado interferência no desenvolvimento da população que recebeu tratamento com proteínas Cry (Cry1Ac) sendo que larvas apresentaram menores pesos médios durante os primeiros dias de avaliação. Os insetos adultos do mesmo tratamento também sofreram efeitos subletais, nesse caso, a oviposição foi afetada pois fêmeas que receberam proteínas Cry1Ab não foram capazes de ovipositar ovos (MOTTA, 2021).

Spodoptera frugiperda pode ser exposta a subdosagens de *Bt* e metomil, sendo imprescindível compreender como essas subdosagens afetam os parâmetros biológicos dessa espécie-praga, para assim, definir as melhores estratégias para seu manejo no campo. Portanto, o objetivo foi avaliar os efeitos subletais de subdosagens de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Bt*) e metomil sobre *S. frugiperda*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e criação de *S. frugiperda*

A população de *S. frugiperda* foi coletada em campo, no município de Guaraciaba do Norte - CE, em lavoura de milho, durante a safra de 2020/2021. Os insetos foram coletados nas fases de ovo e larva, inseridos em copos plásticos (200 mL) com tampa e, acondicionados em caixas térmicas de isopor. As lagartas foram transportadas para o Laboratório de

Entomologia Aplicada (LEA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) para triagem inicial e posterior estabelecimento da criação. Os ovos de *S. frugiperda* foram acondicionados em placas de Petri (9 cm Ø) até a emergência das lagartas. Após a emergência, as lagartas foram transferidas, com auxílio de um pincel de cerdas finas, para tubos de vidro devidamente esterilizados (100 x 25 mm), contendo dieta artificial (KASTEN; PRECETTI; PARRA, 1978). Os tubos contendo as lagartas foram tamponados com algodão hidrófobo e permaneceram em sala sob condições controladas ($25 \pm 3^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12 h), até a fase de pupa, que foram transferidas para placas de Petri (9 cm Ø) e acondicionadas no interior de gaiolas de PVC (10 x 25 cm). As gaiolas foram fechadas nas extremidades com tecido “voil” e revestidas internamente com papel toalha, utilizado como substrato para oviposição. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10%. A cada dois dias os ovos foram coletados e a solução de mel substituída.

3.2 Produtos utilizados e preparo da solução

Os produtos selecionados foram metomil (BAZUKA 216 SL[®]) e *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (DIPEL 54WG[®]) (*Bt*). Os produtos foram diluídos em água destilada e receberam adição de 0,01% (v/v) de adjuvante surfactante não-iônico Triton[™] X-100 (Vetec[™]).

3.3 Obtenção das plantas e aplicação dos produtos

Plantas de milho (BRS 3046[®]) foram cultivadas em casa-de-vegetação, sem aplicação de defensivos agrícolas até o estágio de desenvolvimento V₆.

A metodologia de aplicação dos tratamentos adotada foi o que preconiza o Comitê de Ação de Resistência a Inseticidas (IRAC) método nº 007 (INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2014), sendo este adaptado para a *S. frugiperda* na cultura do milho. Discos foliares de milho foram mergulhados individualmente nas respectivas caldas correspondente ao tratamento por 5 segundos e, posteriormente, foram colocados para secar sob bandejas plásticas contendo papel toalha. A testemunha consistiu no uso da água destilada mais adjuvante. Após secos, os discos foliares foram colocados em tubos de plástico (2,5 Ø x 3,0 cm) e, em cada tubo, foi colocada uma lagarta de *S. frugiperda* de terceiro instar (aproximadamente 5 dias de vida). A mortalidade foi avaliada após 72 e 96 horas de exposição aos tratamentos. As lagartas foram consideradas mortas quando não apresentaram movimentos aparentes quando tocadas com um pincel de cerdas finas.

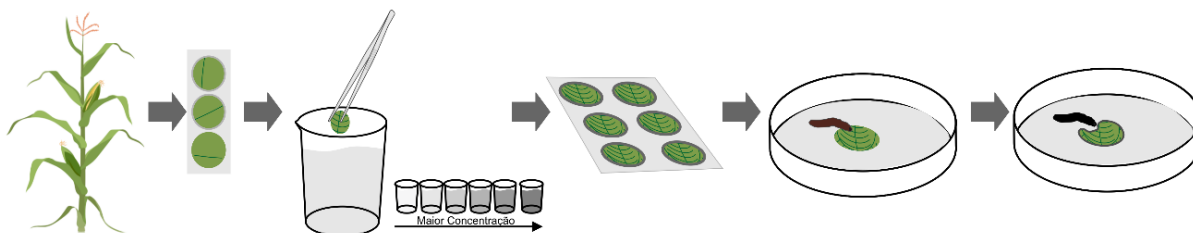


Figura 2. Esquema ilustrativo da metodologia de aplicação dos produtos (Fonte: Autora).

3.4 Determinação da concentração letal (concentração-resposta), delineamento experimental e análises estatísticas

As concentrações utilizadas para determinação da Concentração Letal (CL_5 , CL_{15} e CL_{30}) (Tabela 1), foram obtidas em pré-teste, no qual foram estimadas 7 (sete) concentrações distribuídas em escala logarítmica, que proporcionaram mortalidades mínimas e máximas de 5 e 95%, respectivamente (ROBERTSON et al., 2017; SIMON; YU, 2014). A metodologia de aplicação e avaliação de mortalidade foi descrita anteriormente. O experimento foi conduzido utilizando 50 lagartas por concentração (25 lagartas/repetição). Os bioensaios referentes a cada repetição foram realizados em dois dias consecutivos (repetição/dia). Os dados de mortalidade foram submetidos à análise PROBIT usando o software Polo Plus (LEORA, 2003). Os testes de paralelismo e igualdade de constantes de regressão foram realizados, conforme o descrito por Robertson et al. (ROBERTSON et al., 2017).

3.5 Bioensaio de efeito subletal

Para avaliar os efeitos subletais dos inseticidas foram utilizadas as concentrações CL_5 , CL_{15} e CL_{30} de acordo com a literatura (DONG et al., 2017), dos princípios ativos *B. thuringiensis var. kurstaki* e metomil (Tabela 1). As lagartas foram expostas aos tratamentos como já descrito anteriormente. Após a exposição aos tratamentos, as lagartas sobreviventes foram mantidas em dieta artificial e avaliadas diariamente até completarem o ciclo de vida.

Tabela 1. Concentração letal estimada de *Bacillus thuringiensis* e metomil, sobre *Spodoptera frugiperda* após exposição

Parâmetros	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>var. kurstaki</i>	Metomil
H	394 ₍₅₎	397 ₍₅₎
χ^2	2,45	6,33
P	0,78	0,26
Slope	1,45 ± 0,23	1,63 ± 0,13
Intercepto	-4,397 ± 0,70	-1,60 ± 0,15
CL ₅ µg i.a. mL ⁻¹ (IC 95%)	80,09 (22,87 - 159,65)	0,94 (0,43 - 1,61)
CL ₁₅ µg i.a. mL ⁻¹ (IC 95%)	211,05 (90,15 - 344,64)	2,23 (1,25 - 3,37)
CL ₃₀ µg i.a. mL ⁻¹ (IC 95%)	477,01 (276,83 - 680,36)	4,58 (2,96 - 6,57)

η = Número de indivíduos; Entre parênteses Graus de Liberdade; χ^2 = Chi-quadrado; P= Significância; CL= Concentração letal e; IC= Intervalo de confiança.

3.6 Parâmetros avaliados

A sobrevivência larval foi avaliada diariamente até as lagartas atingirem o estágio de pupa. A longevidade de cada fase de vida (larva-pupa, pupa-adulto), também foi avaliada. As pupas obtidas foram pesadas em até 24 horas após sua formação, separadas por sexo e transferidas para placas de Petri (9 cm Ø) revestidas com papel filtro e, avaliadas diariamente até a emergência dos adultos. O número de lagartas que se tornaram pupas e o número de pupas que eclodiram foram utilizados para estimar a sobrevivência das lagartas e pupas, respectivamente. A sexagem das pupas foi realizada segundo a metodologia de Butt e Cantu (1962). A razão sexual foi estimada pela divisão do número de pupas fêmeas pelo número total de pupas fêmeas e machos. Após a sexagem, os adultos recém-emergidos foram agrupados em casais e alimentados com solução de mel a 10%, mantidos em gaiolas de PVC (15 cm de altura/ 10 cm Ø), revestidas com papel toalha e fechadas na extremidade inferior com papelão e superior com tecido do tipo “voil”, preso com elástico.

Foram utilizadas, no mínimo, 20 gaiolas por tratamento (cada gaiola representando uma repetição). As gaiolas foram distribuídas aleatoriamente sobre prateleiras mantidas em sala com ambiente controlado (25 ± 3°C, 70 ± 10% de UR e fotofase de 12 h). A coleta e contagem dos ovos foi realizada diariamente. A sobrevivência dos adultos também foi avaliada diariamente. A fertilidade foi obtida por meio da viabilidade dos ovos de cada casal formado.

3.7 Delineamento experimental e análise estatística

Os experimentos foram conduzidos em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 8 tratamentos, sendo 5 repetições (20 lagartas/ repetição). Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias paramétricos de Levene, sendo também verificada a presença de *outliers*. Posteriormente foi aplicada análise de variância (ANOVA) e, sempre que se constatou significância estatística pelo teste F a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas referentes aos parâmetros biológicos foram realizadas utilizando Software R Version 4.0.2 (R CORE TEAM, 2021).

4 RESULTADOS

O tempo de desenvolvimento larva-pupa não foi afetado, entretanto, os períodos de desenvolvimento de pupa-adulto e, larva-adulto apresentaram aumento significativo após a exposição de *S. frugiperda* a subdosagens (CL₅; CL₁₅; CL₃₀) de *Bt* (Tabela 2). Os tratamentos subletais (CL₅; CL₁₅; CL₃₀) utilizando metomil não afetaram significativamente os períodos de desenvolvimento de *S. frugiperda* estudados, ou seja, de larva até a emergência dos adultos (Tabela 2).

A massa das pupas no tratamento CL₃₀ de *Bt* apresentou aumento significativo em relação ao controle (tabela 2). Já nas populações expostas ao metomil, não foram observadas mudanças significativas para esse parâmetro (Tabela 2).

O percentual de sobrevivência para os diferentes estágios de vida de *S. frugiperda* expostos aos tratamentos subletais com *Bt* não apresentaram efeitos significativos (Tabela 3). A exposição das lagartas aos tratamentos subletais (CL₅; CL₁₅; CL₃₀) de metomil causou efeito significativo sobre o percentual de sobrevivência sendo observada redução de cerca de 30% na sobrevivência das lagartas expostas à CL₅ em comparação ao controle (Tabela 3). Não foram observados efeitos subletais significativos sobre a razão sexual de *S. frugiperda* para nenhum dos tratamentos e/ou produtos utilizados (Tabela 3).

A longevidade dos machos adultos não foi afetada significativamente em comparação ao controle para ambos os produtos (Tabela 4). Fêmeas provenientes dos tratamentos com *Bt* apresentaram redução significativa em sua longevidade, tendo as fêmeas do tratamento CL₅ a maior redução em comparação ao controle (Tabela 4). Já as fêmeas provenientes dos tratamentos CL₅ e CL₁₅ do princípio ativo metomil apresentaram aumento significativo da longevidade em relação ao controle (Tabela 4).

A fecundidade das fêmeas reduziu significativamente para ambos os tratamentos/produtos aplicados (Tabela 4). O número médio de ovos produzidos pelas fêmeas expostas ao tratamento CL₃₀ de *Bt* reduziu aproximadamente pela metade, quando em comparação ao controle (Tabela 4). Já quando expostas ao metomil, a redução no número de ovos foi ainda maior (51,94%) no tratamento CL₃₀ em relação ao controle (Tabela 4).

A fertilidade reduziu drasticamente em todos os tratamentos avaliados em comparação com o controle (Tabela 4). Tanto o *Bt* quanto o metomil reduziram em aproximadamente 50% a fecundidade das fêmeas (Tabela 4).

Em síntese, subdosagens de *Bt* afetaram o período de desenvolvimento e a massa de pupas, enquanto metomil afetou a taxa de sobrevivência de *S. frugiperda*. A longevidade das fêmeas dos tratamentos com *Bt* reduziu, enquanto as do tratamento com metomil aumentou. Tanto a fecundidade quanto a fertilidade foram reduzidas por ambos os produtos utilizados nas subdosagens testadas.

Tabela 2. Tempo de desenvolvimento e longevidade (Média ± EP) de diferentes estágios de vida de *S. frugiperda* após exposição a subdosagens de *Bacillus thuringiensis* e metomil.

Tratamentos	Larva - Pupa (Dias)	Pupa - Adulto (Dias)	Larva - Adulto (Dias)	Massa - Pupa (mg)
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>				
CL ₅	17,35 ± 0,11	9,01 ± 0,12 a	26,36 ± 0,19 ab	247,11 ± 1,27 b
CL ₁₅	17,76 ± 0,42	9,12 ± 0,08 a	26,88 ± 0,45 ab	255,84 ± 4,46 ab
CL ₃₀	17,61 ± 0,08	9,46 ± 0,25 a	27,07 ± 0,28 a	269,02 ± 1,94 a
Controle	17,22 ± 0,08	8,5 ± 0,17 b	25,72 ± 0,19 b	250,33 ± 5,74 b
P	0,35	0,007	0,02	0,004
F	1,18 ^{N.S.}	5,8**	4,1*	6,41**
Metomil				
CL ₅	18,01 ± 1,28	9,69 ± 0,56	27,7 ± 1,78	260,74 ± 3,7
CL ₁₅	17,63 ± 0,93	10,27 ± 0,53	27,9 ± 1,45	255,6 ± 4,22
CL ₃₀	18,15 ± 1,19	10,02 ± 0,49	28,17 ± 1,66	252,17 ± 4,19
Controle	17,41 ± 0,93	9,88 ± 0,62	27,29 ± 1,55	248,49 ± 3,79
P	0,96	0,89	0,98	0,2
F	0,09 ^{N.S.}	0,19 ^{N.S.}	0,05 ^{N.S.}	1,7 ^{N.S.}

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ^{N.S.}não significativo; *significativo a 5% e; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3. Taxa de Sobrevivência de diferentes estágios de vida de *S. frugiperda* após exposição a subdosagens de *Bacillus thuringiensis* e Metomil

Tratamentos	Larva - Pupa (%)	Pupa - Adulto (%)	Larva - Adulto (%)	Razão Sexual
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>				
CL ₅	88,11 ± 5,04	85,65 ± 5,08	75,47 ± 8,01	0,45 ± 0,04
CL ₁₅	86,11 ± 4,12	96 ± 4,00	82,67 ± 5,72	0,45 ± 0,05
CL ₃₀	92,17 ± 1,38	94,46 ± 3,91	87,06 ± 3,99	0,45 ± 0,05
Controle	96 ± 1,87	100 ± 0	96 ± 1,87	0,44 ± 0,05
P	0,22	0,09	0,11	0,99
F	1,62 ^{N.S.}	2,56 ^{N.S.}	2,33 ^{N.S.}	0,02 ^{N.S.}
Metomil				
CL ₅	83,2 ± 6,1 b	83,16 ± 6,16 b	69,19 ± 8,46 b	0,51 ± 0,09
CL ₁₅	86,2 ± 2,68 ab	86,24 ± 2,68 ab	79,5 ± 4,62 ab	0,46 ± 0,05
CL ₃₀	82,50 ± 4,87 b	82,46 ± 4,87 b	79,21 ± 4,22 ab	0,45 ± 0,04
Controle	100 ± 0,00 a	100 ± 0 a	95,84 ± 1,9 a	0,52 ± 0,13
P	0,028	0,02	0,02	0,91
F	3,9*	3,89*	4,13**	0,17 ^{N.S.}

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ^{N.S.}não significativo; *significativo a 5% e; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4. Longevidade, fecundidade e Fertilidade (Média ± EP) de *S. frugiperda* após exposição a subdosagens de *Bacillus thuringiensis* e Metomil

Tratamentos	Macho (dias)	Fêmea (dias)	Fecundidade (n)	Fertilidade (%)
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>				
CL ₅	7,14 ± 0,57	8,27 ± 0,76 c	910,32 ± 207,6 b	79,92 ± 7,52 ab
CL ₁₅	7,82 ± 0,38	9,09 ± 0,57 bc	1073,91 ± 261,38 ab	66,7 ± 8,3 b
CL ₃₀	9,46 ± 2,6	9,58 ± 0,62 b	721,92 ± 281,36 b	58,86 ± 7,81 b
Controle	8,92 ± 0,54	10,79 ± 0,65 a	1344,67 ± 192,66 a	98,73 ± 0,78 a
P	0,05	1,02E-06	1,11E-03	4,39E-03
F	2,57 ^{N.S.}	12,13**	5,84**	6,5039**
Metomil				
CL ₅	10 ± 1,02	11,74 ± 1,06 a	896,91 ± 355,24 ab	74,24 ± 8,25 b
CL ₁₅	9,76 ± 0,89	11,05 ± 1,14 a	740,57 ± 220,98 b	64,59 ± 5,6 bc
CL ₃₀	9,73 ± 0,8	9,13 ± 0,75 b	585,33 ± 175,33 b	51,72 ± 1,15 c
Controle	9,17 ± 0,65	10,46 ± 0,56 ab	1217,96 ± 213,01 a	94,94 ± 1,62 a
P	0,50	2,36E-03	5,91E-03	1,59E-04
F	0,80 ^{N.S.}	5,25**	4,48**	12,83**

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ^{N.S.}não significativo; *significativo a 5% e; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

5 DISCUSSÃO

Compreender como dosagens subletais de metomil e de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* afetam diferentes parâmetros bioecológicos é importante para melhor estruturação das estratégias de controle de *S. frugiperda* no campo. Foi observado aumento no período de desenvolvimento das lagartas que foram expostas a subdosagens de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*. É possível que os indivíduos passam a gastar recursos em um processo de desintoxicação desviando energia que seria utilizada em seu desenvolvimento (XU *et al.*, 2016). O período de desenvolvimento de *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) sofreu atraso em seu desenvolvimento quando exposta a subdosagens de ciantraniliprole e, esse atraso, pode estar relacionado ao desvio dos recursos alimentares para a desintoxicação, deixando de fornecer componentes essenciais para o crescimento normal (XU *et al.*, 2016). Aumento na duração do período de desenvolvimento pode afetar o tempo de renovação da população e, conseqüentemente, menor capacidade de crescimento populacional (SABER *et al.*, 2013).

Houve aumento na massa das pupas de *S. frugiperda* expostas ainda na fase larval ao *B. thuringiensis* var. *kurstaki* e, apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas, observou-se também tendência do aumento da massa de pupas expostas aos tratamentos com metomil. Fato semelhante foi observado para *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) quando exposta a clorantraniliprole (LAI; SU, 2011), uma possível explicação para esse aumento do peso das pupas de *S. exigua* é que tenha ocorrido aumento no número de instares larvais, resultando em instares tardios mais pesados (LAI; SU, 2011). No caso de *S. frugiperda* são necessários novos estudos para confirmação dessa possibilidade, uma vez que não foi avaliado o número de instares larvais.

A influência das subdosagens nos tratamentos com metomil resultou na redução das taxas de sobrevivência de *S. frugiperda*, o mesmo também pode ser observado sobre a população de *H. armigera*, que teve sua sobrevivência diminuída quando suas larvas foram expostas às subdosagens de espinosade (WANG *et al.*, 2009). Semelhante ao observado em *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) que apresentou declínio constante, ao longo do período de larva a adulto, em sua sobrevivência, em todos os grupos, quando exposta a tratamentos com clorantraniliprole (HAN *et al.*, 2012). Vale destacar que o período de desenvolvimento da praga não foi afetado pelos tratamentos com metomil, mas a taxa de sobrevivência sim, indicando que possivelmente as lagartas expostas a esse tratamento morreram rapidamente, antes de conseguirem se desintoxicar, uma vez que os inseticidas com modo de ação no sistema nervoso agem de forma rápida, levando a essa redução na taxa de

sobrevivência (BUSATO *et al.*, 2006).

A razão sexual de *S. frugiperda* não apresentou alteração quando exposta a ambos os produtos utilizados. O mesmo aconteceu com *P. xylostella* quando exposta a indoxacarb em concentrações subletais (MAHMOUDV *et al.*, 2010) e com *Helicoverpa assulta* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) exposta a ciantranilprole (DONG *et al.*, 2016). Dessa forma, acredita-se que não são esperadas alterações na razão sexual de lepidópteros devido à exposição a subdosagens. Para ser observada alteração nesse parâmetro, os produtos deveriam ter causado maior mortalidade sobre um determinado sexo em detrimento do outro e, isso não foi observado no estudo. É importante destacar que o inseticida não tem capacidade de modificar o sexo dos indivíduos, como foi confirmado em estudo com proteínas *Bt*, no qual foi evidenciado que o consumo de plantas com essas proteínas por lagarta-do-cartucho não afetava a sobrevivência em função do sexo (WAQUI *et al.*, 2016).

Os produtos utilizados afetaram a longevidade de *S. frugiperda* de forma oposta, enquanto *B. thuringiensis* var. *kurstaki* reduziu a longevidade das fêmeas, metomil aumentou. Fêmeas de *H. armigera* apresentaram redução da longevidade quando as larvas foram expostas a tiodicarbe (SABER *et al.*, 2013), já a longevidade de *P. xylostella* prolongou-se quando as larvas foram expostas a doses subletais de espinosade (YIN *et al.*, 2008). Os resultados do presente trabalho e estudos anteriores demonstram que a longevidade pode ser afetada de diferentes formas pelos inseticidas utilizados, podendo então aumentar, diminuir ou permanecer inalterado (LEE, 2000). Reduzir ou aumentar a longevidade influencia na chance de oviposição, uma vez que a fêmea vai viver mais/menos tempo, resultando em diminuição ou aumento no nível de infestação da praga em campo.

A redução da fecundidade após exposição à dosagens subletais de inseticidas pode estar relacionada a fatores fisiológicos e/ou a efeitos comportamentais (DESNEUX; AXEL; DELPUECH, 2007). Tanto *B. thuringiensis* var. *kurstaki* quanto metomil causaram redução na fecundidade das fêmeas de *S. frugiperda* com diminuição no número de ovos e na fertilidade das fêmeas. A fertilidade de *H. armigera* também foi reduzida quando suas larvas foram expostas à subdosagens de espinosade (WANG *et al.*, 2009). Uma possível causa para a redução da fecundidade é que os inseticidas poderiam reduzir o comprimento de diferentes partes dos ovários, o número de óvulos maduros, o tamanho dos ovócitos basais e a espessura do epitélio folicular (PERVEEN, 2000; XU *et al.*, 2016), interferindo assim na fecundidade dos indivíduos.

Em suma, de acordo com os resultados obtidos, doses subletais de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* e metomil podem afetar o período de desenvolvimento, limitar a taxa de

sobrevivência, modificar a longevidade das mariposas e reduzir a capacidade de reprodução da *S. frugiperda*, e consequentemente reduzir a densidade populacional da praga no campo. Evidenciando a importância de se compreender como essa praga se comporta quando exposta a subdosagens dos produtos utilizados em seu manejo. Esses resultados contribuem para melhor estruturação e realização do plano de ação para o controle dessa praga.

6 CONCLUSÃO

Metomil e *B. thuringiensis* var. *kurstaki* quando aplicados, em subdosagens, causam efeitos subletais sobre os parâmetros sobrevivência, longevidade e reprodução de *S. frugiperda*.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo são importantes para o aprimoramento das estratégias de controle de *S. frugiperda* dentro do MIP, uma vez que doses subletais, apesar de não causarem a morte imediata do inseto, geram uma série de alterações fisiológicas e biológicas que podem diminuir os níveis de infestação da praga no campo, permitindo que outros métodos de controle possam ser integrados para a manutenção da população em níveis que não causem danos.

Desenvolver este trabalho, tanto o processo de escrita como a realização dos experimentos em laboratório foi algo que agregou muito em minha formação acadêmica, permitindo um maior contato com o universo científico.

REFERÊNCIAS

- ADANG, M. J.; CRICKMORE, N.; JURAT-FUENTES, J. L. **Diversity of *Bacillus thuringiensis* crystal toxins and mechanism of action**. In: Advances in insect physiology. Academic Press, 2014. p. 39-87.
- AGROFIT**. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 15 nov. 2021.
- AMORIM, A. D. S.; SILVA, J. M. M. D.; CARVALHO, A. S.; ISIDIO, E. L.; SOBRAL, Ú. K. BIODEGRADATION OF THE METHOMYL INSECTICIDE BY BACTERIA OF THE GENUS BACILLUS. **III Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, 2018.
- BANTZ, A.; CAMON, J.; FROGER, J.A; GOVEN, D.; RAYMOND, V. Exposure to sublethal doses of insecticide and their effects on insects at cellular and physiological levels. **Current Opinion in Insect Science**, 2018. DOI: 10.1016/j.cois.2018.09.008.
- BARROS, R. **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012 Pragas do Milho**. Fundação Minas, p. 275–296, 2012.
- BASF. **Insecticide Mode of Action**, p. 1–24, 2013.
- BLANCO, C. A; PELLEGAUD, J. G; NAVA-CAMBEROS, U.; LUGO-BARRERA, D.; VEGA-AQUINO, P.; COELLO, J.; TERÁN-VARGAS, A. P.; VARGAS-CAMPLIS, J. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 5, n. 4, 2014. DOI: 10.1603/IPM14006.
- BORGES, L. R.; NOVA, M. X. V. N. **Associação de insetos incididas químicos e fungos entomopatogênicos no Manejo Integrado de Pragas – uma revisão**. p. 179–190, 2011. DOI: 10.5777/ambiencia.2011.01.02rb.
- BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plataforma governamental. Brasília, DF: 13 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- BRAVO A, M.; GILL S, S. **Molecular Insect Science**, v. 6, 2005.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; ZOTTI, M. J.; NÖRNBERG, S. D.; MAGALHÃES, T. R.; MAGALHÃES, J. De BANDEIRAS. Susceptibilidade de lagartas dos biótipos milho e arroz de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas com diferentes modos de ação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1 p. 15-20, 2006
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no Brasil: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão**. 2019.
- CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. p. 11-24, 2009.

CLB - Crop Life Brasil. **Cultura do milho: melhoramento genético supera os desafios da lavoura**. 20 de maio de 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/cultura-do-milho/>. Acesso em: 19 jan. 2022.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Portal do Governo Brasileiro. Brasília, DF: 09 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4422-producao-de-graos-pode-chegar-a-291-1-milhoes-de-toneladas-na-safra-2021-22>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CRUZ, I. **A LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO**. Embrapa, p. 6-14, 1995.

CRUZ, I. **MANEJO INTEGRADO DA LAGARTA-DA-CARTUCHO**. Embrapa, p. 1-7, 1997.

CRUZ, I.; MONTEIRO, M. A. R. **Controle Biológico da Lagarta do Cartucho do Milho, *Spodoptera frugiperda*, utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum***. Comunicado Técnico 98, p. 4, 2004.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **CULTIVO DO MILHO Pragas da Fase Vegetativa e Reprodutiva**. Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, v. 49, p. 1–8, 2002.

CURZ, I. Lagarta-do-cartucho : enfrente o principal inimigo do milho. Revista Cultivar, p. 1-2, 1999.

DESNEUX, N.; AXEL, D.; DELPUECH, J. M. **The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods**. Annual Review of Entomology, v. 52, p. 81–106, 2007. DOI: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091440.

DONG, J.; WANG, K.; LI, Y.; WANG, S. **Lethal and sublethal effects of cyantraniliprole on *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Pesticide Biochemistry and Physiology. 2016. DOI: 10.1016/j.pestbp.2016.08.003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo**. 01 de junho de 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FORESTI, J. **Suscetibilidade do milho ao ataque da Lagarta-do-cartucho**. Pioneer. 2020. Disponível em: <https://www.pioneersementes.com.br/blog/125/suscetibilidade-do-milho-ao-ataque-da-lagarta-do-cartucho>.

FRANÇA, S. M. D.; BREDA, M. O.; BARBOSA, D. R. S.; ARAUJO, A. M. N.; GUEDES, C. A. The Sublethal Effects of Insecticides in Insects. **Intech**, p. 13, 2017.

FREIRE, Francisco Roberto de Azevedo Francisco das Chagas Oliveira. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Manual de manejo e controle de plantas daninhas, p. 145–184, 2006.

FUKUTO, T. R. **Mechanism of Action of Organophosp and Carbamate Insecticides**, p. 245-254, 1990.

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

HAN, W.; ZHANG, S.; SHEN, F.; LIU, M.; GAO, X. **Residual toxicity and sublethal effects of chlorantraniliprole on *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae)**. SciELO, 2012. DOI: 10.1002/ps.3282.

HAYNES, K. F. **Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior**. Ann. Rev. Entomo, v. 33, p. 149–168, 1988.

IRAC - INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, **Susceptibility Test Methods Series, Method No. 007: Leaf-eating lepidoptera (including *Heliothis*, *Helicoverpa*) and Coleoptera on cotton, vegetable and field crops**. 2014. DOI: https://irac-online.org/content/uploads/Method_007_v3.1_24july14.pdf.

JURAT-FUENTES, J. L.; HECKEL, D. G.; FERRÉ, J. Mechanisms of Resistance to Insecticidal Proteins from *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**, v. 66, n. January, p. 121–140, 2021. DOI: 10.1146/annurev-ento-052620-073348.

KASTEN, P. Jr.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparative biologic data on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) on two artificial diets and natural substrate. **Revista de agricultura**, 1978.

KOGAN, M. **INTEGRATED PEST MANAGEMENT: Historical Perspectives and Contemporary Developments**. Revisão Anual de Entomologia, P. 243–270, 1998. doi:10.1146/annurev.ento.43.1.243

KONG, F.; SONG, Y.; ZHANG, Q.; WANG, Z.; LIU, Y. Sublethal Effects of Chlorantraniliprole on *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) Moth: Implication for Attract-And-Kill Strategy. **Toxics**, 2021. doi:10.3390/toxics9020020

LAI, T.; SU, J. Effects of chlorantraniliprole on development and reproduction of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner). **Journal of Pest Science**, v. 84, n. 3, p. 381–386, 2011. DOI: 10.1007/s10340-011-0366-1.

LEE, C. Y.; YAP, H. H.; CHONG, N. L. **Sublethal effects of deltamethrin and propoxur on longevity and reproduction of German cockroaches, *Blattella germanica***. n. 1992, p. 137–145, 1998.

LEE, C. **Sublethal Effects of Insecticides on Longevity, Fecundity and Behaviour of Insect Pests: A Review**. v. 11, n. 1, 2000.

LEORA, S. **Poloplus, a user's guide to probit or logit analysis** LeOra Software, Berkeley, CALeOra Software Berkeley, CA, 2003.

LIMA, J. F. M.; GRÜTZMACHER, A. D.; CUNHA, U. S. DA; PORTO, M. P.; MARTINS, J. F. DA S.; DALMAZO, G. O. Ação de inseticidas naturais no controle de *Spodoptera*

frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: noctuidae) em milho cultivado em agroecossistema de várzea. **Ciência rural**, 38(3), p. 607–613, 2008. Doi:10.1590/s0103-84782008000300003

MAHMOUDV, M.; ABBASIPOUR, H.; GARJAN, A. S.; BANDANI, A. R. Sublethal effects of indoxacarb on the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 46, n. 1, p. 75–80, 2010. DOI: 10.1007/s13355-010-0010-1.

MELO, E. P. **Desempenho de armadilhas à base de feromônio sexual para o monitoramento de *spodoptera frugiperda* (j.e. smith, 1797) (lepidoptera: noctuidae) na cultura do milho.** 2005.

MOREIRA, H. J. D. C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de Pragas do Milho**, v. 1, p. 132, 2009.

MOTTA, A. C. Q. **Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2021.

MURUA, M.; VIRLA, E. Presencia Invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Área Maicera de la Provincia de Tucumán, Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía**, la Plata, v. 105, n. 2, p. 46–52, 2004.

PAREDES-SÁNCHEZ, F. A.; RIVERA, G.; BOCANEGRA-GARCÍA, V.; MARTÍNEZ-PADRÓN, H. Y.; BERRONES-MORALES, M.; NIÑO-GARCÍA, N.; HERRERA-MAYORGA, V. Advances in control strategies against *spodoptera frugiperda*. A review. **Molecules**, v. 26, n. 18, 2021. DOI: 10.3390/molecules26185587.

PASTORI, P. L.; PINTO, A. C.; DIAS-PINI, N. S.; GODOY, M. S.; RUGAMA, A. J. M. **Manejo integrado das pragas do meloeiro.** In: Marcelo de Almeida Guimarães; Fernando Antonio Souza de Aragão. (Org.). *Produção de melão*. 1ed. Viçosa-MG: UFV, 2019, v. 1, p. 266-282.

PERVEEN, F. Effects of sublethal dose of chlorfluazuron on testicular development and spermatogenesis in the common cutworm, *Spodoptera litura*. **Physiological Entomology**, v. 25, n. 4, p. 315–323, 2000. DOI: 10.1046/j.1365-3032.2000.00198. x.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. **Biotic Stress and Yield Loss.** 2001

PRASANNA, B. M.; HUESING, J. E.; REGINA E.; PESCHKE, V. M. **Fall Armyworm in Africa: A GUIDE FOR INTEGRATED PEST MANAGEMENT**, p. 63–73, 2018.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing URL <https://www.R-project.org> Vienna, Austria, 2021.

ROBERTSON, L. J.; JONES, M. M.; OLGUIN, E.; ALBERT, B. **Bioassays with Arthropods.** Third edition. | Boca Raton : CRC Press, 2017. DOI: 10.1201/9781315373775.

ROSA, A. P. S. A. Da. **Monitoramento da lagarta-do-cartucho do milho.** Embrapa Clima Temperado-Pelotas/RS, p. 2, 2011.

SABER, M.; PARSAEYAN, E.; VOJOU DI, S.; BAGHERI, M.; MEHRVAR, A.; KAMITA, S. G. Acute toxicity and sublethal effects of methoxyfenozide and thiodicarb on survival,

development and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection**, v. 43, p. 14–17, 2013. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.09.011.

SANTILLI, C. C. **Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de Bemisia tabaci Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja**. 2020.

SARKOWI, F. N.; MOKHTAR, A. S. The fall armyworm (Faw) *Spodoptera frugiperda*: A review on biology, life history, invasion, dispersion and control. **Outlooks on Pest Management**, v. 32, n. 1, p. 27–32, 2021. DOI: 10.1564/v32_feb_07.

SIMON, J. Y.; YU, S.J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. CRC Press, 2014. DOI: 10.1201/b18164.

SOUZA FILHO, M. F.; COSTA, V. A. **Manejo integrado de pragas na goiabeira**. In: III Simpósio Brasileiro da Cultura da Goiaba. Jaboticabal-SP. 2009.

SPARKS, A. N. A REVIEW OF THE BIOLOGY OF THE FALL ARMYWORM. **The Florida Entomologist**, v. 62, n. 2, p. 82–87, 1979.

VALICENTE, F. H. **Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho**. Embrapa, p. 1-12, 2015.

WAN, J.; HUANG, C.; LI, C.; ZHOU, H.; REN, Y.; LI, Z.; XING, L.; ZHANG, B.; QIAO, X.; LIU, B.; LIU, C.; XI, Y.; LIU, W.; WANG, W.; QIAN, W.; MCKIRDY, S. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 646–663, 2021. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63367-6.

WANG, D.; GONG, P.; LI, M.; QIU, X.; WANG, K. Sublethal effects of spinosad on survival, growth and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 65, n. 2, p. 223–227, 2009. DOI: 10.1002/ps.1672.

WAQUI, M. S.; PEREIRA, E. J. G.; CARVALHO, S. S. S.; PITTA, R. M.; WAQUI, J. M.; MENDES, S. M. **Índice de adaptação e tempo letal da lagarta-do-cartucho em milho *Bt***. 2016.

XU, C.; DING, J.; ZHAO, Y.; LUO, J.; MU, W. **Insecticide Resistance and Resistance Management Cyantraniliprole at Sublethal Dosages Negatively Affects the Development, Reproduction, and Nutrient Utilization of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae)**, v. 110, n. December 2016, p. 230–238, 2017. DOI: 10.1093/jee/tow248.

XU, C.; ZHANG, Z.; CUI, K.; ZHAO, Y.; HAN, J.; LIU, F.; MU, W. **Effects of Sublethal Concentrations of Cyantraniliprole on the Development, Fecundity and Nutritional Physiology of the Black Cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae)**, p. 1–19, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0156555.

YIN, X.; WU, Q.; LI, X.; ZHANG, Y.; XU, B. **Sublethal effects of spinosad on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae)**. v. 27, p. 1385–1391, 2008. DOI: 10.1016/j.cropro.2008.05.008.

YU, S. J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. 2015.