

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

Marizete Cavalcante de Souza Vieira

Dourados-MS
Julho/2020

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Marizete Cavalcante de Souza Vieira

**BIOLOGIA, TABELA DE VIDA DE *Helicoverpa armigera*
(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) EM DIFERENTES
PLANTAS HOSPEDEIRAS E CONTROLE QUÍMICO DE
SUAS LAGARTAS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**

Tese apresentada à Universidade Federal da
Grande Dourados (UFGD), como parte dos
requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e
Conservação

Orientador: Crébio José Ávila

Dourados-MS
Julho/2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V657b Vieira, Marizete Cavalcante De Souza
BIOLOGIA, TABELA DE VIDA DE *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)
EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS E CONTROLE QUÍMICO DE SUAS
LAGARTAS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO [recurso eletrônico] / Marizete Cavalcante
De Souza Vieira. -- 2020.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Crébio José Ávila.
Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da
Grande Dourados, 2020.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Tabela de vida. 2. Heliothinae. 3. Controle. 4. Inseticidas. I. Ávila, Crébio José. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

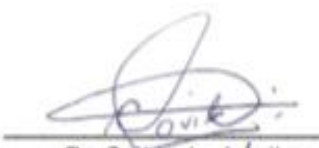
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

"BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS E CONTROLE QUÍMICO DE SUAS LAGARTAS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO"

Por

MARIZETE CAVALCANTE DE SOUZA VIEIRA


Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTORA EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação



Dr. Grébio José Ávila
Orientador/Presidente – Embrapa

Lúcia m. Vivan
Participação remota
Dr.ª Lúcia Madalena Vivan
Membro Titular – Fundação MT

Winnie C. Fernandes
Participação remota
Dr.ª Winnie Cezario Fernandes
Membro Titular – Autônoma



Participação remota
Dr.ª Ivana Fernandes da Silva
Membro Titular – UFGD

Samir Oliveira Kassab
Participação remota
Dr. Samir Oliveira Kassab
Membro Titular – Legado Pesquisa e Consultoria

Aprovada em: 23 de julho de 2020.

Biografia do Acadêmico

Marizete Cavalcante de Souza Vieira, natural de Poxoréo – Mato Grosso-MT, nascida em 20 de outubro de 1986, filha de José Cavalcante de Souza Neto e Maria Vieira Paulina. cursou todo o Ensino Fundamental (1997 - 2004) na Escola Municipal “Franklin Cassiano”, município de Poxoréo e na Escola Municipal “Padre Dionísio Kuduavicz”, município de Rondonópolis e Ensino Médio (2005 - 2007) na Escola Estadual “José Otávio Pitaluga” em Rondonópolis – MT.

Graduada em Ciências Biológicas – Licenciatura, pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em Rondonópolis, MT, no período de 2008 - 2011. Foi bolsista de iniciação científica também pela UFMT no período de 2010 a 2011 com o trabalho Propriedade anti-biofilme, atividade anti-microbiana e efeito inibidor da liberação de óxido nítrico de espécies vegetais do cerrado de Mato Grosso.

Foi estagiária no período de 2012 a 2013 no Laboratório de Bioquímica da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Mestre em Agronomia – Horticultura pela Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu (FCA) na Unesp, em Botucatu, SP, no período de 2014 - 2016. No mestrado, desenvolveu o projeto Investigação dos compostos Bioativos de Tomate (*Solanum esculentum* L.) após o processamento, sob orientação da Dr^a Giuseppina Pace Pereira Lima.

De 2016 a 2020 foi aluna de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, MS, desenvolvendo o projeto de pesquisa **Biologia, tabela de vida de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes plantas hospedeiras e controle químico de suas lagartas em condições de laboratório.**

Nesse mesmo período realizou estágio no Laboratório de Entomologia da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados MS. Atualmente faz parte do quadro de professores da Escola Estadual Militar Tiradentes Major PM “Ernestino Veríssimo da Silva”.

Agradecimentos

Agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida pela vida, por me dar forças para lutar, conquistar e vencer meus sonhos e obstáculos durante a minha caminhada, pelas pessoas colocadas em meu caminho, pela família que não existe outra melhor. Agradeço por todos os momentos maravilhosos que passei, pelos momentos difíceis também, porque serviram como lição de vida e aprendizado. Os dias de angústia, cansaço, tédio, valeram a pena para alcançar e vencer meus objetivos.

À minha família, meus pais José e Maria, duas incríveis e admiráveis pessoas que mesmo com pouco estudo, fizeram o possível e até mesmo o impossível para dar oportunidade de chegar onde estou hoje e me fortalecer durante toda minha vida, e principalmente nessa fase que fiquei distante deles, sempre me apoiaram e me fortaleceram em cada momento. Aos meus irmãos José e Elizete, que venceram as dificuldades junto comigo e hoje estão também na pós-graduação, meu tio (Orozino) que é como um pai, que me apoiou, aconselhou nesta caminhada. Meu amado namorado (Epaminondas), que mesmo longe me amou, me entendeu e deu forças para realização dessa conquista. Aos meus sogros João e Bertulina (em memória) pelo carinho e apoio todo esse tempo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Crébio José Ávila pela orientação, paciência e acolhimento durante todos estes anos. Que Deus te abençoe sempre e o meu muito obrigado.

À Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD pela formação e oportunidade de concretizar o curso de Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade.

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

Ao Dr^o. Marcos Gino Fernandes pela participação na banca e por toda a ajuda, paciência em esclarecer minhas dúvidas. Obrigada também pela orientação em dois estágios de docência, seus ensinamentos foram essenciais em minha formação.

À Dr^a Lúcia Vivan pela participação na banca e ajuda com a criação dos insetos.

Aos Doutores Samir Kassab e Ivana Silva pela participação na banca e sugestões desde a qualificação.

À Dr^a Winnie pela amizade, participação na banca e sugestões para melhorar o trabalho.

À Dr^a Eunice pela ajuda com material para a criação dos insetos.

A todos os amigos da graduação, em especial as companheiras: Ineilian Bruna, Nélida Auxiliadora, Josiani Souza, Viviane de Jesus que fazem grande diferença em minha vida, e mesmo distante sempre me lembro dos nossos momentos felizes.

À minha amiga/irmã Paula Gregorini, minha estagiária do coração, que acabou se tornando uma amiga exemplar, pessoa iluminada. Obrigada por ter sido e continuar sendo essa pessoa de luz em minha vida, minha irmã de outra mãe.

À minha querida e amada amiga Milena Galhardo Borguini, que sempre esteve comigo, ajudando e incentivando. Só nós sabemos a dificuldade que tivemos para chegarmos até aqui.

Aos amigos queridos que fiz em Dourados e os que já estavam junto comigo, Kamila Mônaco, Jaqueline Alves, Isabelle Mônaco, Daniel Bilck, Eduardo Faca, Édio, Natália Rodrigues, Alex Polato, Helter Carlos e etc.

Aos meus estagiários e amigos que me ajudaram na batalha dos experimentos, Paula, Izabela Vessoni, Nátaly Rocha, Giovane Franco, Rodrigo, Daniel e Vinícios Silva, obrigada por tudo, sem vocês o caminho seria bem mais longo e cansativo.

A todos do laboratório de Entomologia da EMBRAPA Agropecuária Oeste por toda ajuda sempre que precisei, obrigada por tudo.

Aos funcionários da EMBRAPA que foram fundamental na realização do trabalho, em especial a Marinho, Narciso, Vladimir, Anderson, Débora, João e etc, que sempre que precisei me ajudaram e a todos os demais que sempre me trataram com carinho e respeito. Sentirei muitas saudades.

À Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Rondonópolis, pela formação. Ao meu ex-orientador Prof. Dr Helder Lopes Teles que me mostrou o caminho a seguir com os seus ensinamentos, aos meus queridos professores Elza Amélia, Mauro Osvaldo, Claudionor de Oliveira, José Libério (em memória), Paulo Roberto, Hilton Morbec, Nídia e Wilson Menegazzo e todos os demais que contribuíram para a minha formação.

Os meus sinceros agradecimentos!

À minha família, meus pais (José Cavalcante de Souza Neto e Maria Vieira Paulina), duas incríveis e admiráveis pessoas. Aos meus irmãos (José e Elizete), que venceram as dificuldades junto comigo, meu tio (Orozino) que é como um pai, e meu amado namorado (Epaminondas). Aos meus avós Pedro e Joana (in memoriam), momento muito difícil e triste que passei.

DEDICO

A minha amada irmã Elizete Cavalcante que foi a responsável por hoje eu ter concluído meu Doutorado nessa área, sempre me incentivou, me apoiou e me ajudou com os seus conhecimentos.

OFEREÇO

Sumário

Biologia e tabela de vida de <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes plantas hospedeiras e seu controle químico de lagartas em condições de laboratório	11
Resumo Geral/Palavras – chave	
Biology and life table of <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (Lepidoptera: Noctuidae) in different host plants and its chemical control of Caterpillars in laboratory conditions	12
Abstract/ Key words	
Introdução Geral	13
Revisão Bibliográfica	14
1.1-Identificação, ocorrência e distribuição geográfica de <i>Helicoverpa armigera</i>	
1.2-Aspectos bioecológicos de <i>Helicoverpa armigera</i>	16
1.3-Manejo de <i>H. armigera</i>	18
Referências bibliográficas	21
Capítulo 1: Influência de diferentes plantas hospedeiras sobre o desenvolvimento e a reprodução de <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	27
Capítulo 2: Eficiência de inseticidas no controle de lagartas pequenas e grandes de <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório	53

BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS E SEU CONTROLE QUÍMICO DE LAGARTAS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Resumo geral

Helicoverpa armigera é uma praga de importância econômica que ataca diversas culturas, causando prejuízos muitas vezes irreversíveis. Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo estudar a biologia e tabela de vida de *H. armigera* quando alimentada com diferentes hospedeiros, bem como a utilização de produtos químicos e um biológico (flubendiamida, clorantraniliprole + lambda-cialotrina, clorfenapir, espinetoran, indoxacarbe, benzoato de emamectina, metomil e *Bacillus thuringiensis*) no controle das lagartas. Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados-MS), laboratório de Entomologia. O primeiro ensaio teve como objetivo avaliar culturas hospedeiras (girassol, sorgo, feijão, canola, grão de bico, nabo forrageiro, milho e crotalária) com oferta de estruturas vegetativas e reprodutivas, oferecidas como alimento às lagartas de *H. armigera* desde o segundo instar larval, mantidas em recipientes plásticos com capacidade de 100 mL em condições de laboratório (temperatura: $22 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; fotofase: 12 horas). Os adultos provenientes de cada alimento, foram individualizados em gaiolas de PVC cobertas com tule, que também serviam como substrato para oviposição das mariposas. Os resultados evidenciaram que as plantas do grão de bico, feijão e a dieta artificial proporcionaram maior viabilidade das fases imaturas de *H. armigera*, bem como, maior sobrevivência de adultos fêmea no período reprodutivo e fecundidade superior em comparação às demais culturas. No segundo ensaio foi avaliada a eficiência de oito inseticidas, sendo sete produtos químicos e um biológico, visando o controle de lagartas de segundo e quarto instar de *H. armigera*. Verificou-se que todos os tratamentos químicos e o biológico testados causaram mortalidade significativa de lagartas pequenas e grandes de *H. armigera*, atingindo porcentagem de controle de 100% aos 7 dias após o tratamento, evidenciando a possibilidade do emprego dos inseticidas para o controle da praga em condições de campo.

Palavras chave: Tabela de vida, Heliiothinae, controle, inseticidas.

**BIOLOGY AND LIFE TABLE OF *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN DIFFERENT HOST PLANTS AND THEIR
CHEMICAL CONTROL OF CATERPILLARS IN LABORATORY
CONDITIONS**

Abstract

Helicoverpa armigera is a pest of economic importance that attacks several cultures, causing losses that are often irreversible. Thus, this research aimed to study the biology and life table of *H. armigera* when fed with different hosts, as well as the use of some chemicals and a biological product (flubendiamide, chloranthraniliprole + lambda-cyhalothrin, chlorfenapyr, espinetoran, indoxacarb, emamectin benzoate, metomil and *Bacillus thuringiensis*) in the control of their caterpillars. The experiments were carried out at Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados-MS), in the Entomology laboratory. The first trial involved the planting of eight crops (sunflower, sorghum, beans, canola, chickpeas, forage turnip, millet and crotalaria) for the production of vegetative and reproductive structures that have been offered as food to *H. armigera* caterpillars since the second larval instar and kept in plastic containers with a capacity of 100 mL under laboratory conditions (Temperature: 22 ± 1 ° C; RH: $70 \pm 10\%$; Photophase: 12 hours). The adults were individualized in PVC cages covered with tulle, which also served as a substrate for moth oviposition. The results showed that the chickpea, bean and artificial diet provided greater viability of the immature phases of *H. armigera*, as well as greater survival of female adults in the reproductive period and higher fertility compared to other cultures. In the second test the efficiency of eight insecticides was evaluated, seven chemicals and one biological, aiming to control second and fourth instar caterpillars of *H. armigera*. It was found that all chemical and biological treatments tested caused significant mortality of small and large caterpillars of *H. armigera*, reaching a 100% control percentage at 7 days after treatment, showing the possibility of using insecticides to control the pest in field conditions.

Keywords: Life table, Heliiothinae, control, insecticides.

Introdução geral

No Brasil, lagartas do gênero *Helicoverpa* pertencentes à família Noctuidae e subfamília Heliothinae são observadas causando danos em cultivos agrícolas, com destaque para as espécies *Helicoverpa zea* (Boddie) e *Helicoverpa armigera* (Hübner). Apesar destas lagartas serem muito bem conhecidas pelos produtores de algodão e milho no Brasil, sua diferenciação ainda é um desafio. A distinção entre *H. armigera* e *H. zea* pode ser realizada pela presença marcante em *H. armigera* de algumas estruturas escurecidas nas cerdas (pêlos) no quarto segmento, caracterizando-se um formato de cela. Outra característica da *H. armigera* é a grande quantidade de cerdas brancas sobre o corpo e a textura do seu tegumento com aspecto coriáceo, não observado em *H. zea* (CZEPAK et al., 2013b). Para a correta identificação de adultos dessas espécies, recomenda-se que os insetos sejam enviados para laboratórios para a análise das estruturas reprodutivas dos machos ou através da análise molecular com marcadores específicos para cada espécie (SPECHT et al., 2013).

Helicoverpa armigera é considerada uma espécie polífaga, cujas larvas já foram registradas alimentando-se em mais de duzentas espécies de plantas cultivadas e silvestres (SHARMA et al., 2005) e que pertencem a um grande número de famílias (FITT, 1989; ALI; CHOUDHURY, 2009). As lagartas podem se alimentar tanto dos órgãos vegetativos como dos reprodutivos de várias espécies de plantas de importância econômica (ÁVILA et al., 2013). No Brasil, as lagartas de *H. armigera* foram constatadas se alimentando de culturas como algodão, soja, milho, tomate, feijão, sorgo, milheto, guandu, trigo, canola, aveia-preta, crotalária e citros, bem como em algumas espécies de plantas daninhas (ÁVILA et al., 2013; CZEPAK et al., 2013b; SALVADORI et al., 2013). Esta espécie já foi também constatada em estilosantes e braquiárias, como também em cultivos de feijão e girassol em fase de maturação (THOMAZONI et al., 2013). Esse

amplo número de hospedeiros pode assumir papel decisivo na sobrevivência e na dinâmica sazonal dessa praga, podendo dar suporte à manutenção de suas populações nos períodos em que seus hospedeiros preferenciais não estejam presentes no ambiente (FITT, 1989; ÁVILA et al., 2013).

Para avaliar a adequação potencial de plantas hospedeiras no desenvolvimento de populações de *H. armigera*, são necessários estudos comparativos de parâmetros da tabela de vida, os quais estimam a taxa de sobrevivência, o tempo de desenvolvimento, a capacidade reprodutiva e o crescimento populacional da praga nas diferentes plantas hospedeiras (SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000). Plantas com mecanismo de antibiose influenciam diretamente diminuindo a sobrevivência dos insetos, ou o seu tamanho e peso, assim como a longevidade e fecundidade dos adultos (SARFRAZ et al., 2006). Métodos utilizados no controle de populações de *H. armigera* realizam-se através do uso de produtos químicos e biológicos. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, são mais de 41 ingredientes ativos disponíveis no país para o controle dessa praga, incluindo produtos químicos e biológicos (AGROFIT/MAPA, 2018).

Diante desse cenário, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos biológicos e de tabela de vida com diferentes plantas hospedeiras em que *H. armigera* se alimenta para melhor entender os efeitos na dinâmica populacional dessa praga, assim como a avaliação de diferentes métodos de controle de suas lagartas.

Revisão bibliográfica

1.1 Identificação, ocorrência e distribuição geográfica de *Helicoverpa armigera*

Em países da América do Sul como Brasil, Uruguai e Chile são registradas a ocorrência de aproximadamente 69 espécies de lepidópteros, causando danos em diferentes culturas de importância econômica (FORMENTINI et al., 2015). Dentre essas espécies, destaca-se a família Noctuidae que representa a maioria dos lepidópteros presentes nessas regiões (FORMENTINI et al., 2015). A espécie *H. armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) pertence à classe Insecta, ordem Lepidoptera, família Noctuidae, subfamília Heliothinae (SULLIVAN; MOLET, 2007), sendo uma das principais representantes dessa família que causam danos em diferentes culturas de valor comercial (LIN; YUN-CHE, 2010; CZEPAK et al., 2013 a ou b?; EMBRAPA 2013; SPECHT et al., 2013).

Há relatos da ocorrência de 18 espécies de *Helicoverpa* spp. distribuídas no mundo, sendo *H. zea* (Estados Unidos e Brasil), *H. punctigera* (Austrália), *H. assulta* (Índia), *H. gelotopoeon* (América Latina) e *H. armigera* (América do Sul, Ásia, África, Europa, Oceania) as cinco espécies de maior importância econômica (LIN; YUN-CHE, 2010; THOMAZONI et al., 2013).

Registrada no Brasil em 2013, foi constatada causando danos em diferentes plantas nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Bahia (CZEPAK et al. 2013 a ou b; ÁVILA et al., 2013), embora acredita-se que a praga já ocupava o país há pelo menos 5 anos antes da constatação oficial (SOSA-GÓMEZ et al., 2016). No ano de 2008 já existiam relatos da identificação de espécimes de *H. armigera* em amostra coletada na região do Paraná, e em seguida, foi encontrada em outras regiões, embora seu primeiro registro oficial tenha sido feito somente em 2013 (CZEPAK et al., 2013 a ou b; SOSA-GÓMEZ et al., 2016).

No Mato Grosso do Sul *H. armigera* foi constatada causando danos nas culturas de algodão, na região dos Chapadões, e logo em seguida em soja, na região sul do estado (ÁVILA et al., 2013). Praga de difícil identificação pois possui hábito de curvar a cabeça

em direção aos segmentos abdominais na direção ventral (GUEDES et al., 2013). O gênero *Helicoverpa* possui microespinhos nas pintas pretas ao longo do corpo (GRIGOLLI, 2014). As pupas se desenvolvem no solo e a mariposa possui coloração amarelada nas asas dianteiras, com pontuações nas margens, enquanto as asas posteriores são claras com borda marrom-escuro nas fêmeas e esverdeadas nos machos (GUEDES et al., 2013).

A identificação dos adultos deve ser realizada através de análise da genitália, utilizando preferencialmente machos nesse processo (GUEDES et al., 2013).

1.2 Aspectos bioecológicos de *Helicoverpa armigera*

A espécie *H. armigera* é um inseto holometábolo, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adultos, com o ciclo de vida completando-se, em média, 30 dias (QUEIROZ-SANTOS et al., 2018), podendo atingir até os 60 dias, dependendo da qualidade nutricional do alimento e de fatores ambientais, como temperatura e umidade (GUEDES et al., 2013a). O período de incubação dos ovos varia, em média, de 2 a 12 dias, sendo maior a duração nos períodos mais frios (ALBERNAZ et al., 2014). Os ovos têm cerca de 0,5 mm de diâmetro, inicialmente são claros ou quase brancos e vão escurecendo à medida que se aproxima a eclosão das larvas (CZEPAK et al., 2013a, b).

A fase larval dura em torno de 14 a 18 dias, sendo que nos períodos mais quentes do verão constatou-se que a lagarta pode durar apenas 12 dias e atingir 40 mm de comprimento (SALVADORI; SUZANA, 2014), com grande variação quanto à coloração, podendo ser desde ao branco-amarelado ao marrom-avermelhado e cápsula cefálica do marrom ao preto, de 1,4 a 4 milímetro, são ágeis e causam maior dano a planta a partir do terceiro instar (GUEDES et al., 2013 a ou b)].

A fase larval de *H. armigera* tem duração de cinco a seis instares. O estágio larval pode durar de 2 a 3 semanas e dependendo das condições de criação pode sofrer mudanças no período de desenvolvimento (SILVA et al., 2018). O último instar larval corresponde ao período de pré-pupa, momento que a lagarta cessa a alimentação até atingir a fase de pupa (ALI; CHOUDHURY, 2009).

Helicoverpa armigera apresenta durante os primeiros instares, corpo com cerdas escuras e base brilhante, características também de outros insetos da família Heliothinae. Apresenta pelos esbranquiçados em toda a larva, incluindo na cápsula cefálica, a partir do quarto instar, e uma saliência em forma de “sela” no quarto segmento abdominal e tegumento levemente coriáceo (ALBERNAZ et al., 2014). As pupas possuem formato fusiforme, podendo atingir de 12 mm a 20 mm de comprimento, com duração de 10 a 14 dias, dependendo das condições climáticas (ALI; CHOUDHURY, 2009). *Helicoverpa armigera* possui pupa do tipo obtecta, ou seja, apresenta apêndices intimamente ligados ao corpo, coberto por uma película brilhante (FUJIHARA et al., 2016) a qual se desenvolve no solo, podendo entrar em diapausa, de acordo com as condições climáticas (KARIM, 2000; ALI; CHOUDHURY, 2009). Fatores relacionados à quantidade e qualidade nutricional da dieta, temperatura e umidade podem interferir no desenvolvimento do inseto, bem como no período de incubação dos ovos, podendo afetar diretamente a duração e a viabilidade do seu ciclo biológico (SALVADORI; SUZANA, 2014).

O valor nutricional das plantas hospedeiras pode interferir na sobrevivência, período de desenvolvimento, capacidade reprodutiva e de hibernação dos insetos-praga, na sobrevivência das pupas e também no potencial de ataque dos insetos nas plantas hospedeiras durante o ano (LIU et al., 2006).

A temperatura é outro fator que pode influenciar a taxa de desenvolvimento e a sobrevivência dos insetos-praga. Na estação quente, a duração da fase de pupa de *H. armigera* no solo, em condições normais dura de 10 a 12 dias (SALVADORI; SUZANA, 2014). Porém, na fase de pupa pode ocorrer diapausa facultativa, podendo neste estágio de desenvolvimento o inseto passar até 140 dias no solo, geralmente em resposta às condições de dias curto e/ou de temperaturas amenas (ALBERNAZ et al., 2014; CHEN et al., 2014). Temperaturas mais elevadas, entre 33 e 39°C, também podem induzir a diapausa no verão (LIU et al., 2006), enquanto as temperaturas mais baixas promovem diapausa de inverno.

Os adultos de *H. armigera* apresentam grande facilidade de dispersão a campo, sendo considerados migrantes naturais que apresentam capacidade de se movimentar por longas distâncias, chegando a voar até 1000 a 2000 km nesta fase de desenvolvimento (PEDGLEY, 1985; NIBOUCHE et al., 1998). Essa característica foi comprovada em razão da sua rápida expansão no Brasil após a sua introdução, como também aconteceu no Rio Grande do Sul (GUEDES et al., 2013b). As mariposas têm hábito noturno para a oviposição (ALBERNAZ et al, 2014). Cada fêmea tem capacidade média de ovipositar de 1000 a 1500 ovos, sendo a postura feita de forma isolada ou em pequenos grupos (dois a três ovos), preferencialmente na face adaxial da folha, sobre talos, flores, frutos e brotações apicais com superfícies pubescentes (MENSAH, 1996). O período de oviposição dura aproximadamente 5,3 dias (NASERI et al, 2011). A longevidade média das fêmeas é de 11,7 dias e dos machos é 9,2 dias (ALI; CHOUDHUROY, 2009).

1.3 Manejo de *H. armigera*

O Brasil está entre os países de maior potencial para produção de cultivos de importância econômica (CONAB, 2019). Devido à grande área cultivada, os produtores necessitam controlar os insetos praga que surgem durante o ciclo de desenvolvimento das culturas (PEDIGO, 1995; HOFFMANN-CAMPO et al., 2012; GAZZONI, 2012; BUENO et al., 2013).

O controle de *H. armigera* é feito em alguns países com base no Manejo Integrado de Pragas (MIP). As medidas propostas pelo MIP têm como objetivo reduzir o uso em excesso de produtos químicos e evitar surtos dos insetos praga (PEDIGO, 1995; HOFFMANN-CAMPO et al., 2012; GAZZONI, 2012; BUENO et al., 2013). O MIP é a integração de práticas e métodos adequados ao controle de pragas, que mantém os insetos abaixo do nível de dano econômico, utilizando estratégias de controle sustentável (KOGAN, 1998).

O uso de armadilhas iscadas com feromônio sexual para o monitoramento da flutuação populacional de adultos e o monitoramento de ovos e lagartas, ou até mesmo de pupas, são essenciais, como subsídios para a tomada de decisão visando a implementação ou não do controle (CZEPAK et al., 2013a). A utilização de cultivares resistentes, o uso de plantas geneticamente modificadas (como as plantas Bt), a destruição de restos culturais, a liberação de inimigos naturais e o uso de inseticidas seletivos aos inimigos naturais são outras importantes táticas que podem ser empregadas no manejo integrado de *H. armigera* (KUMAR et al., 2009).

Alta capacidade de dispersão, adaptação em diversas culturas e hábito alimentar polífago, favorece o sucesso de *H. armigera* como praga (CZEPAK et al., 2013b). A grande variedade de alimento durante o ano favorece também o aumento populacional dessa praga e, conseqüentemente, ocorre o aumento de danos às diferentes culturas (FENG et al., 2009). A chamada “ponte biológica” ou “ponte verde” no

agroecossistema do Cerrado favorece e mantém o desenvolvimento populacional de algumas espécies de pragas no período de entressafra em hospedeiros de baixa importância econômica, contribuindo para o crescimento do nível populacional de pragas na safra seguinte, como está, provavelmente, ocorrendo com *H. armigera* (THOMAZONI et al., 2013).

A dinâmica populacional de *H. armigera* nos agroecossistemas se dá em função da maior ou menor adequação de uma planta como hospedeira, pelos parâmetros biológicos dessa praga estarem relacionados ao conteúdo de nutrientes das plantas, de substâncias secundárias e à capacidade de digestão e assimilação dos mesmos pelo inseto (RUAN; WU, 2001; NASERI et al., 2010; NAMIN et al., 2014).

A aplicação de métodos de controle eficientes para lagartas de *H. armigera* deve ser feito a partir do conhecimento adequado da dinâmica populacional do inseto no tempo e no espaço. É importante conhecer também os principais fatores ambientais ou biológicos que podem interferir no desenvolvimento do inseto (ÁVILA et al., 2013). Entender esse conjunto de fatores é essencial para o controle eficaz da praga, sendo o erro na identificação do inseto o ponto de partida para um manejo inadequado e algumas vezes, comprometendo toda a produtividade da lavoura (ÁVILA et al., 2013).

A melhor estratégia para o manejo de *H. armigera* inicia-se pelo monitoramento adequado de todas as fases do inseto, desde ovo, larva, pupa e adultos, e servirá como base para a determinação do nível populacional e tomadas de decisão de seu controle (ÁVILA et al., 2013). Manejo inadequado e condições climáticas favoráveis a praga foram essenciais para explosão de *H. armigera*, por ocasião da sua constatação no país, ocasionando elevados danos e custos devido ao emprego de inseticidas de forma emergencial (MAPA, 2014). São também necessárias informações sobre o controle

químico e biológico de *H. armigera* no Brasil, que ainda é considerado um desafio para os produtores (GRIGOLLI et al., 2016).

A correta identificação e monitoramento que servirá como base para a determinação do nível populacional e tomada de decisão de seu controle (ÁVILA et al., 2013; FATHIPOUR; SEDARATIAN, 2013).

Os inseticidas químicos são utilizados para o controle de *H. armigera* em diversas culturas (TORRES-VILA et al., 2002; ALVI et al., 2012), porém, apresentam problemas no seu emprego, devido a capacidade que essa praga apresenta de desenvolver resistência aos produtos aplicados (KRANTHI et al., 2002; TORRES-VILA et al., 2002; BUÉS et al., 2005; ALVI et al., 2012).

O controle de lepidópteros utilizando inseticidas biológicos também é uma alternativa promissora para o manejo desse grupo de pragas, pois além de fazer o seu controle efetivo, evita impactos ambientais e a seleção de populações resistentes (PEREIRA et al., 2009; SEBASTIÃO et al., 2015).

Referências Bibliográficas

AGROFIT/MAPA. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 março. 2018.

ALBERNAZ, K. C.; CZEPAK, C.; COSTA, J.; ZUNTINI, B.; BORGES, M. Guia de Identificação – *Helicoverpa armigera* – Escola de Agronomia – UFG e Nufarm, 2014. (Guia de identificação).

ALI, A.; CHOUDHURY, R. A. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. Tunisian Journal of Plant Protection, Tuniscie, v. 4, n. 1, p. 99-106, 2009.

ALVI, A. H. K.; SAYYED, A. H.; NAEF, M.; ALI, M. Field Evolved Resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* Toxin Cry1Ac in Pakistan. PLoS ONE, v. 7, p. 1-9, 2012.

ARGHAND, A. Comparison of biological parameters and nutritional indices of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on seed of diferente maize hybrids. Dissertation (Master). Sc. Thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, 2011.

ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados: Embrapa, 2013. (Circular Técnica, 23).

BUENO, A. de F.; ROGGIA, S.; HIROSE, E.; SOSA-GOMES, D. R.; CAMPO, C. B. H.; BUENO, R. C. O. de F.; POMARI, A. L. F. Mitos e verdades. Revista Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n. 176, p. 17-21, 2013. Edição especial.

BUÉS, R.; BOUVIER, J. C.; BOUDINHON, L. Insecticide resistance and mechanisms of resistance to selected strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in the south of France. Crop Protection, v. 24, p. 814-820, 2005.

CHEN, C.; XIA, Q. W.; XIAO, H. J.; XIAO, L.; XU, F. S. A comparison of the lifehistory traits between diapause and direct development individuals in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. Journal of Insect Science, Oxford, v. 14, n. 19, p. 1536-2442, 2014.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 43, n. 1, p.110-113, 2013a.

CZEPAK, C.; ÁVILLA, C. J.; VIVAN, L. M.; ALVERNAZ, K. C.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHIAS, T. Como manejas: Táticas racionais, sustentáveis e integradas, adotadas em conjunto e de forma ampla são o caminho correto do complexo de lagartas Heliiothinae e o enfrentamento dos ataques sucessivos de *Helicoverpa armigera* em lavouras de soja, milho e algodão. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n. 171, p. 6- 10, 2013b.

EMBRAPA. Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas. 19 p. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/ALERTA-HELICOVERPA>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

FATHIPOUR, Y.; SEDARATIAN, A. Integrated Management of *Helicoverpa armigera* in Soybean Cropping Systems. In: EL-SHEMY, H. (Ed.). Soybean - Pest Resistance. Cairo: InTech, p. 231-280, 2013.

FENG, H.; WU, X.; WU, B.; WU, K. Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai sea. Journal of Economic Entomology, v. 102, n. 1, p. 95, 2009.

FITT, G. P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 34, p. 17-52, 1989.

FORMENTINI, A. C.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V.; BARROS, N. M.; SPECHT, A. Lepidoptera (Insecta) associated with soybean in Argentina, Brazil, Chile and Uruguay. *Ciência Rural* 45: 2113-2120, 2015.

GAZZONI, D. L. Perspectivas do manejo de pragas. (In: Soja: Manejo Integrado de Insetos e Outros Artrópodes-Praga. C.B. HOFFMANN-CAMPO, CORRÊA FERREIRA B.S., MOSCARDI F. Eds. Embrapa, Brasília): pp 791–829, 2012.

GOMES, E. S.; SANTOS, V.; ÁVILA, C. J. Biology and fertility life table of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in different hosts. *Entomological Science*, v. 20, p. 419-426, Jan./Dec. 2017.

GRIGOLLI, J. F. J. Controle químico de *Helicoverpa* spp. na cultura da soja em Mato Grosso do Sul. Fundação MS, Mato Grosso do Sul, 2014.

GRIGOLLI, J. F. J.; ÁVILA, C. J.; OLIVEIRA, H. N.; TOMQUELSKI, G. V. SANTOS, V. Mapping the occurrence and density of *Helicoverpa armigera* (Hbner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Journal of Entomology and Nematology*, v. 8, p. 28-33, 2016.

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J. A.; PERINI, C. R.; ARRUÈ, A.; ROHRIG, A. Manejar ou perder. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas, n. 176, p. 12-16, 2013b.

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J. A.; PIRINI, C. R.; MELLO, A. A.; ROHRIG, A.; STACKE, R. F.; MACHADO, M. R. R. *Helicoverpa armigera*: da invasão ao manejo da soja. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, v. 137/138, p. 24- 35, 2013a.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Pragas. Embrapa Soja. Brasília, DF. Pp. 859, 2012.

KARIM, S. Management of *Helicoverpa armigera*: a review and prospectus for Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Faisalabad, v. 3, n. 8, p.1213-1222, 2000.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspective and contemporary development. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v.43, p.243-270, 1998.

KUMAR, S.; SAINI, S. K.; RAM, P. Natural mortality of *Helicoverpa armigera* (Hübner) eggs in the cotton ecosystem. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 11, n. 1, p. 17- 25, 2009.

LIN, M. Y.; YUN-CHE, H. Insect and mite pests on tomato: identification and management, In: SRINIVASAN, R. Safer tomato production techniques: A field guide

for soil fertility and pest management, AVRDC-World Vegetable Center Publication. Taiwan p. 23-61, 2010.

LIU, Z. D.; LI, D. M.; GONG, P. Y.; WU, K. J. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. Environmental Entomology, Annapolis, v. 33, p.1570-1576, 2004.

LIU, Z.; GONG, P.; WU, K.; SUN, J.; LI, D. A true summer diapause induced by high temperatures in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Insect Physiology, Oxford, v. 52, p. 1012-1020, 2006.

MAPA. Programa de supressão da *Helicoverpa armigera*. 2014. 13p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PROGRAMA%20SUPRESSAO%20BAHIA%202013%20-%20MAPA%20_2_.pdf> Acesso em: 20 mar. 2014.

MENSAH, R. K. Supresssion of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition by use of the natural enemy food supplement Envirofeast. Australian Journal of Entomology, v. 35, n. 4, p. 323-329, 1996.

NAMIN, F. R.; NASERI, B.; RAZMJOU, J. Nutritional performance and activity of some digestive enzymes of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, in response to seven tested bean cultivars. Journal of Insect Science, v. 14, n. 93, p. 1-18, 2014.

NASERI, B., FATHIPOUR, Y., MOHARRAMIPOUR, S., HOSSEININAVEH, V., GATEHOUSE, A. M. R. Digestive proteolytic and amylolytic activities of *Helicoverpa armigera* in response to feeding on different soybean cultivars. Pest Management Science, v. 66, p. 1316- 1323, 2010.

NASERI, B.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH, V. Comparative reproductive performance of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on thirteen soybean varieties. Journal of Agricultural Science and Technology, Libertyville, v. 13, 17-26, 2011.

NIBOUCHE, S.; BUES, R.; TOUBON, J. F.; POITOUT, S. Allozyme polymorphism in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): comparison of African and European populations. Heredity, Oxford, v. 80, p. 438-445, 1998.

PEDGLEY, D. E. Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera Noctuidae) to the British Isles. Entomologist's Gazette, Buckinghamshire, v. 36, p. 15-20, 1985.

PEDIGO, L. P.; HUTCHINS, S. H.; HIGLEY, L. G. Economic Injury Levels in Theory and Practice. Annu. Rev. Entomol, v. 31, p. 341-68, 1986.

PEREIRA, J. M.; SEII A. H.; OLIVEIRA, M. F.; BRUSTOLIN, C.; FERNANDES, P. M. Mortalidade de lagartas de *Spodoptera eridania* (Cramer) pela utilização de *Bacillus thuringiensis* (Berliner). Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 39, p.140-143, 2009.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). *Annals of the Entomological Society of America*, Lexington, v. 97, n. 6, p. 1222-1226, 2004.

QUEIROZ-SANTOS, L.; CASAGRANDE, M. M.; SPECHT, A. Morphological characterization of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). *Neotropical Entomology*, v. 47, n. 4, p. 517-542, Aug. 2018.

RUAN, Y. M.; WU, K. J. Performances of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* on different food plants. *Acta Entomology, Bohemoslov*, v. 44, p. 205–212, 2001.

SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. da S.; SPECHT, A. *Helicoverpa armigera* no Sul. *Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas, v. 176, n.15, p. 22-23, 2013.

SALVADORI, J. R.; SUZANA, C. S. Saldo da *Helicoverpa*. *Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas, v.15, n. 187, p. 26-28, 2014.

SARFRAZ, M.; DOSDALL, L. M.; KEDDIE, B. A. Diamond back moth-host plant interactions: implications for pest management. *Crop Protection*, Brighton, v. 25, p. 625-636, 2006.

SEBASTIÃO, I.; LEMES, A. R. N.; FIGUEIREDO, C. S.; POLANCZYK, R. A.; DESIDÉRIO, J. Á. E LEMOS, M. V. F. Toxicidade e capacidade de ligação de proteínas Cry1 a receptores intestinais de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, p. 999-1005, 2015.

SHARMA, H. C.; PAMPATHY, G.; DHILLON, M. K.; RIDSDILLSMITH, J. T. Detached leaf assay to screen for host plant resistance to *Helicoverpa armigera*. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 98, n. 2, p. 568- 576, 2005.

SILVA, I. F.; BALDIN, E. L. L.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; MORANDO, R.; PAULA-MORAES, S. V. Biotic potential and life table of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) from three brazilian regions. *Neotropical Entomology*, v. 47, n. 3, p. 344-351, June 2018.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; LOPES-LIMA, A.; YANO, S. A. C.; MICHELI, A.; MORAIS, E. G. F.; GALLO, P.; PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R. BOTTON, M.; ZENKER, M. M.; AZEVEDO-FILHO, W. S. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliiothinae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 60, p. 101-104, 2016.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. *Ecological methods*, 3rd edn. Blackwell Science, Oxford, p. 592, 2000.

SPECHT, A.; GOMEZ, D. R. S.; PAULA-MORAES, S. V. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação

de seu registro de ocorrência no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 48, n. 6, p. 689-692, 2013.

SULLIVAN, M.; MOLET, T. Pest Datasheet for *Helicoverpa armigera*. USDA-APHIS-PPQCPHST. 2007. Revised April 2014. Disponível em: <https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/owb-factsheet.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2018.

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; PEREIRA, E. J. G.; DEGRANDE, P. E. *Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado de Mato Grosso. Cuiabá: Instituto Mato Grossense de Algodão, 2013. 13 p. (Circular Técnica, 5).

CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A REPRODUÇÃO DE *Helicoverpa armigera* (Hübner) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Marizete Cavalcante de Souza Vieira¹, Paula Gregorini Silva¹, Elizete Cavalcante de Souza Vieira¹, Elias Soares Gomes¹, Crébio José Ávila²

¹Programa de Pós-Graduação e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, MS, Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agropecuária Oeste), Dourados, MS, Brasil

Autor correspondente: marikavalcante@gmail.com

Resumo

Helicoverpa armigera é uma praga importante que causa danos econômicos a diferentes culturas ao redor do mundo. Por ser uma espécie polífaga, ter elevada capacidade de dispersão e rápida proliferação, há anualmente, dificuldade em seu controle. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi gerar informações sobre os aspectos biológicos e de tabela de vida de fertilidade de *H. armigera* quando criadas em diferentes hospedeiros. Essas informações contribuirão para subsidiar o manejo eficaz dessa praga nos diferentes sistemas de produção em que a mesma ocorre. Os parâmetros biológicos foram avaliados em seis espécies de plantas cultivadas (girassol, sorgo, feijão, canola, grão de bico e nabo forrageiro), duas espécies utilizadas como coberturas (milheto e crotalária), além da dieta artificial. Determinou-se a taxa de sobrevivência, o tempo de desenvolvimento, a capacidade reprodutiva e o crescimento populacional de *H. armigera* nos diferentes hospedeiros. As plantas hospedeiras foram cultivadas a campo na Embrapa Agropecuária Oeste de Dourados-MS, para a obtenção de estruturas vegetativas e reprodutivas, que foram oferecidas às lagartas *H. armigera* em condições de laboratório. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com os 9 tratamentos (oito hospedeiros vegetais + dieta artificial) em 17 repetições. Verificou-se que houve efeito significativo dos diferentes tipos de alimento testados sobre o desenvolvimento e fecundidade de *H. armigera*. Os resultados evidenciaram que as leguminosas grão de bico, feijão e a dieta artificial proporcionaram maiores viabilidades das fases de desenvolvimento, taxa de sobrevivência dos adultos fêmeas e fecundidade em comparação às demais culturas. Para os parâmetros de tabela de vida avaliados, a dieta artificial e feijão apresentaram os melhores resultados.

Palavras chave: Parâmetros biológicos, hospedeiros, tabela de vida, Noctuidae. **INFLUENCE OF DIFFERENT HOST PLANTS ON THE DEVELOPMENT AND**

REPRODUCTION OF *Helicoverpa armigera* (Hübner) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Abstract

Helicoverpa armigera is an important pest that causes economic damage to different cultures around the world. For being a polyphagous species with high dispersion capacity and rapid proliferation there are difficulties in its control annually. Thus, the objective of this work was to generate information about the biological and life table aspects of *H. armigera* when raised in different hosts. This information will contribute to subsidize the effective management of this pest in the different production systems in which it occurs. The biological parameters were evaluated in six species of cultivated plants (sunflower, sorghum, beans, canola, chickpeas and turnip), two species used as cover (millet and crotalaria), in addition to the artificial diet. The survival rate, development time, reproductive capacity and population growth of *H. armigera* in the different hosts were determined. The host plants were cultivated in the field at Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, to obtain vegetative and reproductive structures which were offered to *H. armigera* caterpillars under laboratory conditions. The experimental design was completely randomized, with 9 treatments (eight plant hosts + artificial diet) in 17 repetitions. It was found that there was a significant effect of the different types of hosts tested on the development and fecundity of *H. armigera*. The results showed that the chickpea, bean and artificial diet plants provided greater viability in the development stages, adult female survival rate and fertility compared to other crops. For the evaluated life table parameters, the artificial diet and beans showed the best results.

Keywords: Biological parameters, hosts, life table, Noctuidae.

Introdução

Helicoverpa armigera (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga de importância econômica, que apresenta polifagia e está distribuída em várias regiões do mundo como na Europa, África, Ásia, Austrália (FITT, 1989; ZALUCKI et al., 1994) e na América do Sul (CZEPAK et al., 2013; TAY et al., 2013; MURUA et al., 2014; KRITICOS et al., 2015). Em 2013 essa espécie foi registrada, oficialmente, pela primeira vez no Brasil, quando suas larvas foram constatadas se alimentando de diferentes espécies de plantas de importância econômica (ÁVILA et al., 2013; CZEPAK et al., 2013 a, b ou c), causando elevados prejuízos nos cultivos. Porém, foram encontrados registros de sua presença no país desde 2008 em amostra coletada na região do Paraná, que em seguida, foi constatada em outras regiões, embora o seu registro oficial Brasil tenha sido feito somente em 2013 (CZEPAK et al., 2013; SOSA-GÓMEZ et al., 2016).

Devido ao hábito polífago e a grande habilidade de voo, os adultos de *H. armigera* podem dispersar até 1000 km de distância (PEDGLEY, 1985), podendo-se expandir e atacar uma grande variedade de culturas, onde apresentam normalmente alta fecundidade e facilidade de adaptação a ambientes adversos (FITT, 1989; ZALUCKI et al., 1994; TAY et al., 2013; KRITICOS et al., 2015). Regiões com grande disponibilidade de plantas hospedeiras, agroecossistemas ou cultivos extensivos, favorecem o seu aumento populacional (KRITICOS et al., 2015).

As condições de alimentação de *H. armigera* durante o estágio imaturo é um fator importante para o desenvolvimento, dispersão e reprodução desta espécie na fase adulta (SINGH; PARIHAR, 1988). Desse modo, a dieta oferecida às larvas de *H. armigera* pode interferir em toda a fase de desenvolvimento das gerações seguintes, não só para essa praga em questão, como também para outras espécies de Lepidoptera (WOESTMANN e SAASTAMOINEN, 2016).

As larvas de *H. armigera* se alimentam de diferentes estruturas e estágios fenológicos das plantas, porém, demonstram preferência pelas partes reprodutivas como botões florais, frutos, espigas, maçãs, panículas e sementes, o que pode acarretar desse modo, maior potencial de danos às culturas (WACKERS et al., 2007; GOMES et al., 2017).

A planta hospedeira é extremamente importante para o desenvolvimento de *H. armigera*, a qual determina a sua sobrevivência, duração do ciclo, número de instares, taxa de consumo, fecundidade e longevidade de larvas e dos adultos (SUZANA et al., 2015; KULKARNI et al., 2004; RUAN e WU, 2001). Algumas plantas possuem o mecanismo de resistência do tipo antibiose, o que pode causar interferência negativa na sua sobrevivência, tamanho e peso de suas formas imaturas, como também em características dos adultos (BERNAYS, 1998; SARFRAZ et al., 2006; GOMES et al., 2017).

A análise da tabela de vida de fertilidade é fundamental para entender a taxa de mortalidade, sobrevivência, desenvolvimento e a capacidade reprodutiva de um determinado inseto (RAZMJOU e NASERI, 2014; GOMES et al., 2017). Diante disso, compreender a biologia de *H. armigera* é de grande importância para auxiliar no entendimento da sua capacidade de dispersão e de sobrevivência nos cultivos, uma vez que para o desenvolvimento de estratégias visando o manejo dessa praga, as informações da sua biologia são de grande importância (CHAKROUN et al., 2016). Dessa forma, avaliaram-se os efeitos de diferentes plantas hospedeiras e da dieta artificial no desenvolvimento de *H. armigera*, bem como, os parâmetros da tabela de vida de fertilidade desta espécie para os diferentes alimentos testados.

Material e métodos

Obtenção das plantas hospedeiras e condução do experimento

Plantas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.), canola (*Brassica napus* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.), crotalária (*Crotalaria spectabilis* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e grão de bico (*Cicer arietinum* L.) foram cultivadas na estação experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados-MS (22°14'S 54°49'W), visando a obtenção de estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas para serem oferecidas como alimento às lagartas de *H. armigera*. Todos os hospedeiros receberam os tratamentos culturais e irrigação requeridos para cada cultura durante todo seu desenvolvimento.

Os experimentos de biologia foram conduzidos no Laboratório de Entomologia da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, com temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$; umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. As lagartas utilizadas foram provenientes da criação estoque de *H. armigera* mantidas previamente em laboratório (VIEIRA et al., 2018), alimentadas com a dieta artificial modificada de GREENE et al. (1976).

Biologia de H. armigera

As espécies vegetais utilizadas como dieta de *H. armigera* foram sorgo, crotalária, milheto, feijão, girassol, nabo forrageiro, canola e grão de bico, além da dieta artificial modificada de GREENE et al. (1976). Desse modo, estruturas vegetativas e reprodutivas fracionadas de cada uma das plantas hospedeiras e porções de dieta artificial, foram transferidas para copos plásticos com capacidade de 100 mL, contendo uma lagarta de segundo instar larval de *H. armigera* cada. O fundo de cada recipiente foi forrado com papel filtro umedecido com água destilada para evitar o ressecamento das estruturas das plantas, bem como da dieta artificial, sendo a troca do alimento realizada diariamente para

evitar contaminação, especialmente por fungos. Foram utilizadas 170 lagartas para cada tratamento, perfazendo-se 17 repetições com 10 lagartas cada, as quais foram diariamente monitoradas para determinar o tempo de desenvolvimento de cada fase imatura ou a sua mortalidade, quando esta ocorria.

Para a alimentação das lagartas de primeiro e segundo instar foram utilizadas preferencialmente as folhas mais jovens dos hospedeiros. Já as lagartas mais desenvolvidas, do terceiro instar até a fase de pré-pupa foram alimentadas também com estruturas reprodutivas. Quando as lagartas atingiram a fase de pupa, estas foram separadas e sexadas segundo ZENKER et al. (2007). Dos adultos emergidos foram preparados casais e individualizados em gaiolas constituídas por tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, cobertas com tecido tipo tule, no qual as mariposas realizavam as posturas. Cada repetição foi representada por um casal, totalizando 20 casais por tratamento no delineamento inteiramente casualizado, exceto para nabo forrageiro, no qual não houve emergência de adultos para este tratamento.

Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: duração das fases de desenvolvimento larval e pupal, ciclo total, o peso, a largura e o comprimento de pupa. O peso das pupas foi determinado com balança analítica, enquanto o comprimento e largura destas foram mensurados utilizando um paquímetro digital. Determinou-se também a fecundidade de *H. armigera*, registrando-se o número de ovos por fêmea diariamente e total, bem como a mortalidade de machos e fêmeas em cada tratamento, determinando assim a longevidade dos mesmos.

A determinação da razão sexual foi feita através da divisão do número de fêmeas pelo somatório do número de fêmeas e de machos (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Tabela de vida de fertilidade

Os dados biológicos de *H. armigera* foram analisados e elaborada uma tabela de vida de fertilidade, determinando-se a taxa líquida de reprodução (R_0), onde $R_0 = \sum (m_x \cdot l_x)$, o intervalo de tempo entre a geração (T), onde $T = \sum (m_x \cdot l_x \cdot x) / \sum (m_x \cdot l_x)$, a capacidade inata de aumentar em número (r_m), onde $r_m = \log_e R_0 / T = \ln R_0 / T$ e a razão finita de aumento (λ), sendo $\lambda = e^{r_m}$. Os parâmetros da tabela de vida foram analisados baseando-se no trabalho de SILVEIRA NETO et al. (1976) e calculados da seguinte forma:

$$R_0 = \sum m_x \cdot l_x$$

$$T = \sum (m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x)$$

$$r_m = \ln R_0 / T$$

$$TD = \ln(2) / r_m$$

$$\lambda = e^{r_m}, \text{ onde:}$$

R_0 significa a taxa líquida de reprodução, ou seja, número de vezes de crescimento da população; T o tempo entre cada geração (dias); r_m a capacidade de aumentar em número; TD o tempo de duplicação da população em número; e λ o número de indivíduos adicionados a população/fêmea/dia que originam fêmeas; m_x o número de descendentes produzidos/fêmea no estágio x (fertilidade específica) e que produzirão fêmeas; l_x a taxa de sobrevivência e $m_x \cdot l_x$ o total de fêmeas produzidas/fêmea durante o intervalo de tempo. O cálculo de m_x foi feito usando a razão sexual, que foi determinada através da divisão do número de fêmeas pelo somatório do número de fêmeas + machos (SILVEIRA NETO et al., 1976).

O ensaio foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado com nove tratamentos (oito espécies vegetais e dieta artificial), com dezessete repetições/tratamento, sendo cada repetição constituída por um grupo de 10 lagartas. Na fase adulta utilizou-se 20 repetições/tratamento, sendo cada repetição constituída por um

casal de mariposas. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados

*Biologia de *H. armigera* em diferentes hospedeiros*

Os resultados obtidos referentes ao período embrionário dos ovos de *H. armigera* mostraram que o nabo forrageiro apresentou menor valor quando comparado aos demais tratamentos, semelhante ao girassol, enquanto que a dieta artificial, feijão, sorgo, grão de bico, crotalária, milho e canola não diferiram, entre si, para este parâmetro (Tabela 1).

Tabela 1. Duração média (dias \pm EP) dos diferentes estágios de desenvolvimento imaturo, longevidade de machos e de fêmeas e ciclo total de *Helicoverpa armigera* quando criada em diferentes hospedeiros. Dourados, MS, 2020.

Tratamentos	Ovo	Larva	Pupa	Longevidade (dias)		Ciclo total
	(Dias)	(Dias)	(Dias)	Macho	Fêmea	(Dias)
Dieta artificial	3,06 \pm 0,01ab	17,60 \pm 0,41d	15,76 \pm 0,94ab	20,80 \pm 1,12a	23,50 \pm 1,06a	59,93 \pm 1,52b
Feijão	3,09 \pm 0,02ab	17,10 \pm 0,47d	12,23 \pm 0,28de	12,36 \pm 0,56b	13,23 \pm 0,41bc	45,66 \pm 0,64d
Sorgo	3,10 \pm 0,02ab	19,80 \pm 0,13c	10,46 \pm 0,26e	9,40 \pm 0,85bc	10,93 \pm 1,12cd	44,30 \pm 1,12d
Grão de bico	3,19 \pm 0,03a	24,80 \pm 0,52a	16,83 \pm 0,32a	17,73 \pm 0,90a	21,66 \pm 1,01a	66,49 \pm 1,45a
Crotalária	3,11 \pm 0,03ab	22,90 \pm 0,41ab	14,26 \pm 0,31bc	9,56 \pm 1,44bc	14,56 \pm 1,06b	54,85 \pm 1,19c
Milheto	3,06 \pm 0,02ab	17,10 \pm 0,47d	13,06 \pm 0,50cd	5,50 \pm 0,86cd	9,60 \pm 0,22d	42,82 \pm 0,66d
Canola	3,11 \pm 0,03ab	22,60 \pm 0,51b	14,40 \pm 0,33bc	3,36 \pm 0,28d	2,93 \pm 0,19e	43,04 \pm 0,69d
Girassol	3,04 \pm 0,02bc	21,66 \pm 0,77bc	12,33 \pm 0,14de	7,86 \pm 1,36c	8,46 \pm 0,80d	45,50 \pm 1,21d
Nabo Forrageiro	2,92 \pm 0,03c	23,36 \pm 0,20ab	3,53 \pm 0,20f	-	-	-

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$).

A maior duração do estágio larval foi no tratamento de grão de bico, não diferindo do nabo forrageiro e nem da crotalária, em comparação aos demais tratamentos de feijão, milho, dieta artificial, canola, sorgo e girassol que apresentaram a menor duração dessa fase. (Tabela 1). O grão de bico foi o hospedeiro testado que interferiu negativamente na duração do período larval de *H. armigera*, evidenciando que o alimento oferecido às lagartas não possui todas as características nutricionais adequadas para o desenvolvimento dessa praga. Ao analisar os dados de viabilidade larval na dieta artificial, no feijão, seguido pelo sorgo verificou-se que estes alimentos interferiram significativamente nos resultados, mostrando-se que a dieta e esses dois hospedeiros possuem características nutricionais mais adequadas para o inseto se desenvolver. As larvas se alimentaram tanto das folhas quanto das vagens do feijoeiro, embora demonstrassem, visualmente, preferência pela parte reprodutiva da cultura, principalmente pelos grãos.

Já o período de desenvolvimento de pupa foi novamente superior para o grão de bico, que não diferiu apenas da dieta artificial, enquanto o nabo forrageiro apresentou a menor duração quando comparado a todos os demais tratamentos, indicando que este hospedeiro, possivelmente, não contém os nutrientes considerados adequados para um bom desenvolvimento imaturo da praga, pois todas as pupas morreram aproximadamente no terceiro dia de avaliação (Tabela 1).

As longevidades de adultos machos e fêmeas foram consideravelmente maiores para a dieta artificial e o grão de bico, os quais superaram todos os demais tratamentos, enquanto que canola proporcionou a menor longevidade para ambos os sexos (Tabela 1). Considerando o ciclo total do inseto, verificou-se que o grão de bico apresentou o maior valor, seguido pela dieta artificial e a crotalária. No tratamento com nabo forrageiro não

houve emergência de adultos, não sendo, portanto, registrados os valores de longevidade de adultos e do ciclo total do inseto para este hospedeiro (Tabela 1).

Para a viabilidade de ovos, as maiores taxas foram nos tratamentos com dieta artificial, seguido por grão de bico e feijão e o menor valor sendo observado com crotalária (Tabela 2). Nos tratamentos com canola e nabo forrageiro não foram apresentados resultados para viabilidade de ovos devido à ausência de postura dos insetos nestes dois tratamentos.

Tabela 2. Viabilidade média (% \pm EP) de ovos, larvas e pupas de *Helicoverpa armigera* quando criada em diferentes hospedeiros. Dourados, MS, 2020.

Tratamentos	Ovo (%)	Larva (%)	Pupa (%)
Dieta artificial	85,52 \pm 2,52a	88,00 \pm 2,00a	54,30 \pm 6,33c
Feijão	67,52 \pm 2,06abc	74,00 \pm 4,76a	80,57 \pm 2,18ab
Sorgo	62,55 \pm 5,66bcd	70,00 \pm 3,94ab	55,20 \pm 6,21c
Grão de bico	82,13 \pm 2,19ab	40,00 \pm 4,47cd	87,80 \pm 1,31a
Crotalária	43,96 \pm 7,69d	53,20 \pm 3,99bc	52,30 \pm 4,54c
Milheto	49,31 \pm 2,33cd	32,00 \pm 8,91de	32,50 \pm 2,08d
Canola	-	20,00 \pm 2,58def	91,80 \pm 3,38a
Girassol	60,16 \pm 9,39cd	19,00 \pm 4,06ef	65,70 \pm 4,72bc
Nabo Forrageiro	-	11,00 \pm 1,00f	4,90 \pm 1,26e

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$).

No desenvolvimento larval, a dieta artificial apresentou a maior viabilidade, seguido por o feijão e sorgo, enquanto o nabo forrageiro apresentou a menor viabilidade larval (Tabela 2). Já para a fase de pupa, canola, grão de bico e feijão foram os que apresentaram o melhor desenvolvimento pupal, enquanto o nabo forrageiro se manteve como a menor viabilidade para este estágio de desenvolvimento (Tabela 2).

O peso médio de pupas machos apresentou maior valor com a dieta artificial quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 3). Já o peso de pupas fêmeas, foi maior com a dieta artificial não diferindo do grão de bico e nabo forrageiro, enquanto o menor peso foi verificado com milho. A largura de pupas machos foi maior na dieta artificial em relação aos demais tratamentos, semelhante ao valor observado para grão de bico e nabo forrageiro, enquanto as larguras de fêmeas não diferiram entre os diferentes tratamentos (Tabela 3). O maior comprimento de pupas de macho foi observado com nabo forrageiro e o menor com sorgo, enquanto o maior comprimento de pupas fêmeas foi observado com grão de bico e o menor com sorgo, como verificado para pupas de macho (Tabela 3).

Tabela 3. Pesos médios (g), comprimentos e larguras médias (mm) (\pm EP) de pupas machos e fêmeas de *Helicoverpa armigera* quando criada em diferentes hospedeiros. Dourados, MS, 2020.

Tratamentos	Peso (g)		Largura (mm)		Comprimento (mm)	
	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea
Dieta artificial	0,32 \pm 0,01a	0,32 \pm 0,01a	5,68 \pm 0,08a	5,68 \pm 0,07a	17,35 \pm 0,23ab	17,65 \pm 0,208ab
Feijão	0,21 \pm 0,01bc	0,20 \pm 0,14bc	5,01 \pm 0,10bc	4,89 \pm 0,17a	17,25 \pm 0,35ab	16,61 \pm 0,50ab
Sorgo	0,18 \pm 0,10c	0,19 \pm 0,03bc	4,83 \pm 0,08bc	4,61 \pm 0,09a	15,78 \pm 0,24c	14,82 \pm 0,26c
Grão de bico	0,25 \pm 0,01b	0,26 \pm 0,01ab	5,28 \pm 0,12ab	5,34 \pm 0,09a	17,99 \pm 0,37ab	18,06 \pm 0,55a
Crotalária	0,22 \pm 0,01bc	0,22 \pm 0,01bc	5,14 \pm 0,10bc	4,95 \pm 0,08a	17,18 \pm 0,30ab	16,94 \pm 0,29ab
Milheto	0,21 \pm 0,01bc	0,17 \pm 0,01c	5,00 \pm 0,07bc	4,81 \pm 0,09a	16,70 \pm 0,35bc	15,31 \pm 0,52ab
Canola	0,24 \pm 0,01b	0,21 \pm 0,01bc	5,08 \pm 0,12bc	4,87 \pm 0,08a	16,88 \pm 0,34bc	15,86 \pm 0,23ab
Girassol	0,22 \pm 0,01bc	0,17 \pm 0,01c	4,81 \pm 0,12c	4,88 \pm 0,10a	17,93 \pm 0,30ab	16,14 \pm 0,42ab
Nabo Forrageiro	0,26 \pm 0,01b	0,25 \pm 0,01ab	5,21 \pm 0,05ab	5,07 \pm 0,02a	18,60 \pm 0,25a	17,28 \pm 0,41ab

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os diferentes hospedeiros utilizados na alimentação das lagartas de *H. armigera*, não interferiram no período pré-oviposição das fêmeas (Tabela 4). Já o período de oviposição foi superior no milho, o qual foi superior? apenas ao período de oviposição observado com a crotalaria. Os alimentos utilizados também afetaram tanto a fecundidade diária com o a fecundidade total da praga. A maior fecundidade diária foi observada com feijão, o qual superou os valores observados como milho e grão de bico, sem diferir dos demais tratamentos (Tabela 4). Já a fecundidade total, foi maior com feijão, dieta artificial e grão de bico, enquanto os menores valores foram observados com milho e girassol (Tabela 4).

Tabela 4. Duração média (dias \pm EP) dos períodos de pré-oviposição, de oviposição e fecundidade diária e total de fêmeas de *Helicoverpa armigera* quando criada em diferentes hospedeiros. Dourados, MS, 2020.

Tratamentos	Pré-oviposição (Dias)	Oviposição (Dias)	Fecundidade	
			Diária	Total
Dieta artificial	2,80 \pm 0,60a	2,55 \pm 0,35ab	54,15 \pm 5,80ab	583,55 \pm 56,26a
Feijão	1,75 \pm 0,17a	2,30 \pm 0,30ab	71,20 \pm 11,53a	612,15 \pm 101,11a
Sorgo	2,75 \pm 0,71a	1,70 \pm 0,68ab	53,40 \pm 6,59ab	502,25 \pm 91,79ab
Grão de bico	2,50 \pm 0,67a	2,75 \pm 0,50ab	32,90 \pm 4,59b	530,25 \pm 80,64a
Crotalária	1,90 \pm 0,61a	1,40 \pm 0,48b	44,35 \pm 3,96ab	360,45 \pm 93,08ab
Milheto	2,80 \pm 0,17a	3,60 \pm 0,18a	26,60 \pm 2,24b	198,00 \pm 45,70b
Girassol	2,70 \pm 0,20a	2,75 \pm 0,53ab	49,25 \pm 15,38ab	193,90 \pm 62,59b

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$).

A taxa líquida de reprodução das fêmeas de *H. armigera* (R_0) foram maiores para os insetos alimentados com dieta artificial e feijão e menores com milho, crotalária e girassol, enquanto com sorgo e grão de bico apresentaram valores intermediários (Tabela 5). A capacidade inata de aumento do número (r_m) foi superior no tratamento com feijão, seguido por milho e dieta artificial e inferiores com grão de bico e girassol (Tabela 5). As taxas finitas de aumento da população (λ) apresentaram maiores valores nos tratamentos com feijão e milho, embora superasse apenas o valor observado com o grão de bico. Já o maior valor de tempo decorrido entre gerações (T) foi observado com grão de bico seguido por sorgo e dieta artificial e menores com milho e girassol. Já com relação ao tempo gasto para a população duplicar (TD) foi superior para o tratamento com girassol, seguidos por grão de bico e crotalária e inferior para os insetos criados em feijão (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios (\pm EP) da taxa líquida de reprodução (Ro), capacidade inata de aumento do número (rm), taxa finita de aumento da população (λ), tempo decorrido entre gerações (T) e duplicação da população (TD) de *Helicoverpa armigera* quando criada em diferentes hospedeiros. Dourados, MS, 2020.

Tratamentos	Ro	Rm	λ	T	TD
Dieta artificial	273,15 \pm 19,59a	0,82 \pm 0,07abc	2,20 \pm 0,16ab	7,74 \pm 0,70abc	0,97 \pm 0,09bcd
Feijão	260,33 \pm 39,38a	1,15 \pm 0,07a	3,07 \pm 0,23a	4,86 \pm 0,24cd	0,64 \pm 0,04d
Sorgo	136,95 \pm 26,88b	0,74 \pm 0,11bc	2,13 \pm 0,24ab	8,03 \pm 1,10ab	1,24 \pm 0,12bcd
Grão de bico	98,09 \pm 14,91bc	0,49 \pm 0,04c	1,74 \pm 0,08b	10,25 \pm 1,01a	1,64 \pm 0,16ab
Crotalária	37,88 \pm 12,24c	0,64 \pm 0,09bc	2,23 \pm 0,33ab	6,24 \pm 0,78bcd	1,56 \pm 0,20abc
Milheto	33,58 \pm 7,39c	0,93 \pm 0,10ab	3,24 \pm 0,44a	3,53 \pm 0,16d	0,90 \pm 0,08cd
Girassol	14,51 \pm 4,30c	0,54 \pm 0,08c	2,71 \pm 0,31ab	4,63 \pm 0,45d	2,00 \pm 0,28a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$).

Discussão

A alimentação é fundamental para o desenvolvimento e sobrevivência dos insetos, podendo assim o uso de dietas artificiais ou as plantas hospedeiras oferecidas a estes insetos influenciar no seu ciclo biológico (PARRA, 1991; GOMES et al., 2017). Durante a fase larval, a qualidade nutricional das plantas hospedeiras pode interferir na duração e desenvolvimento da fase imatura do inseto. O grão de bico foi o hospedeiro testado que interferiu negativamente na duração do período larval de *H. armigera*, evidenciando que o alimento oferecido às lagartas não possui todas as características nutricionais adequadas para o desenvolvimento dessa praga. Ao analisar os dados de viabilidade larval na dieta artificial, o feijão, seguido pelo sorgo verificou-se que estes alimentos interferiram significativamente nos resultados, mostrando que a dieta e esses dois hospedeiros possuem características nutricionais mais adequadas para o inseto se desenvolver. Todavia, o nabo forrageiro apresentou resultados desfavoráveis para viabilidade larval e pupal de *H. armigera*, indicando que este hospedeiro, possivelmente, não contém os nutrientes considerados adequados para um bom desenvolvimento imaturo da praga. As plantas podem também reagir quando insetos se alimentam, liberando proteínas inibidoras que podem afetar o sistema digestivo e, conseqüentemente, o desenvolvimento da praga (GREEN & RYAN, 1972; GOMES et al., 2017). Tudo indica que a baixa viabilidade larval e de pupa observada com nabo forrageiro é resultado do baixo índice nutricional destes alimentos (HEDIN et al., 1990). Estudos realizados com *H. armigera* utilizando diferentes plantas hospedeiras de grão de bico e feijão, também afetaram o desenvolvimento dos insetos (RAZMJOU & NASERI, 2014).

Os alimentos altamente nutritivos são importantes para o desenvolvimento das larvas de Lepidoptera (HWANG et al., 2008; PARRA, 1991) e quando estas são alimentadas com hospedeiros nutritivos, se desenvolvem com maior qualidade (PARRA

e HADDAD; 1989; KOUHI et al., 2014). Estudos realizados por ZALUCKI et al. (2002) observaram que larvas de *H. armigera* não sobreviveram quando alimentadas com folhas de milho, milheto e sorgo e exibiu taxas baixas de sobrevivência, resultados diferentes dos encontrados nesse trabalho, uma vez que o milheto e sorgo foram os hospedeiros em que as larvas se desenvolveram mais rápidas, embora com relação a viabilidade de ovos, o milheto apresentou resultados insatisfatórios. Estes mesmos autores encontraram bons resultados para desenvolvimento larval em feijão caupi, sugerindo que este hospedeiro seja adequado para o desenvolvimento de *H. armigera*, à semelhança dos resultados encontrados para feijão carioca neste trabalho, o qual foi uma das culturas que teve rápido desenvolvimento larval (Tabela 1) e os maiores percentuais de viabilidade de larva e pupa da praga (Tabela 2).

Por ser uma espécie polífaga, ou seja, que apresenta uma grande diversidade de hospedeiros, *H. armigera* não necessariamente se desenvolve no mesmo hospedeiro que a fêmea deposita os seus ovos (ZALUCKI et al. 1986; JALLOW e ZALUCKI, 2003; CUNNINGHAM e ZALUCKI, 2014; REIGADA et al., 2016). Muitas vezes, a fêmea não encontra um hospedeiro que apresente valor nutricional adequado para o completo desenvolvimento da espécie, mas mesmo assim, as fêmeas depositam seus ovos nas plantas e as larvas começam a se desenvolver, resultando em poucas as larvas que conseguem chegar a fase adulta para dar continuidade à sobrevivência da espécie (THOMPSON, 1988; JALLOW e ZALUCKI, 2003; REIGADA et al., 2016). As espécies onde as lagartas não tiveram um bom desenvolvimento ou não alcançaram a fase adulta, como foi observado para os hospedeiros nabo forrageiro e canola, neste trabalho, evidenciam que essas espécies de plantas apresentam um nível nutricional inadequado para *H. armigera*.

Cultura como o milho é plantada normalmente após a colheita de soja e milho. As mariposas de *H. armigera* podem depositar seus ovos nesta cultura, que aparentemente é inadequada, porém os indivíduos sobreviventes garantem um incremento populacional da espécie na próxima safra, quando estiver disponível um hospedeiro mais adequado para o seu desenvolvimento (JALLOW e ZALUCKI, 2003; REIGADA et al., 2016).

A baixa viabilidade pupal observada nos insetos alimentados com nabo forrageiro apresenta evidências de que esta cultura é inadequada para a criação do inseto. O peso de pupas fêmeas é um parâmetro importante que pode indicar se o alimento é adequado ou não para a alimentação do inseto, parâmetro este que também apresenta relação direta com a sua fecundidade (LIU et al., 2004). Neste trabalho, os insetos alimentados com o milho e o girassol apresentaram relativamente baixos pesos de pupas fêmeas (Tabela 3), o que provavelmente explica a menor fecundidade total observada com estes tratamentos (Tabela 4). Segundo DARYAEI et al. (2007), as pupas fêmeas que são mais pesadas apresentam fecundidade superior às pupas mais leves.

A fecundidade diária e total das fêmeas de *H. armigera* alimentadas com feijão mostrou ser esta espécie uma boa alternativa para o desenvolvimento do inseto (Tabela 4). Quando o alimento é adequado e possui as qualidades nutricionais favoráveis, ele é convertido em nutrientes no sistema digestivo do inseto durante a fase larval proporcionando na fase adulta uma boa fecundidade de *H. armigera* (KULKARNI et al., 2004; AMER & EL-SAYED, 2014).

O entendimento da biologia e da tabela de vida de *H. armigera* é de extrema importância para o manejo efetivo dessa praga. Neste trabalho foi possível observar que as culturas de grão de bico e feijão foram relativamente adequadas ao desenvolvimento deste inseto, com resultados semelhantes à dieta artificial, enquanto que nabo forrageiro e canola foram os menos adequados, apresentando deficiências no seu desenvolvimento,

quando impediu até mesmo do inseto atingir a fase adulta. No entanto, dada a importância econômica de *H. armigera* como praga nos cultivos, faz-se necessários estudos adicionais visando estudar o desenvolvimento de populações provenientes em nível de campo, para confirmar a adequabilidade ou não dessas plantas hospedeiras.

De forma geral que as leguminosas grão de bico, feijão e a dieta artificial proporcionaram maiores viabilidades das fases de desenvolvimento, taxa de sobrevivência dos adultos fêmeas e fecundidade em comparação às demais culturas. Para os parâmetros de tabela de vida avaliados, a dieta artificial e feijão apresentaram os melhores resultados.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos colaboradores, à Embrapa Agropecuária Oeste, à ‘Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior’ (CAPES) e o ‘Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico’ (CNPq) pelas bolsas de estudos concedidas.

Referências bibliográficas

AMER, A. E. A.; EL-SAYED, A. A. A. Effect of different host plants and artificial diet on *Helicoverpa armigera* (Hunber) (Lepidoptera: Noctuidae) development and growth index. *Journal of Entomology*, S.l., v. 11, n. 5, p. 299- 205, 2014.

ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados: Embrapa, 2013. (Circular Técnica, 23).

BERNAYS, E. A. Evolution of feeding behavior in insect herbivores. *Bioscience*, 48: 35-44, 1998.

BUENO, A. de F.; ROGGIA, S.; HIROSE, E.; SOSA-GOMES, D. R.; CAMPO, C. B. H.; BUENO, R. C. O. de F.; POMARI, A. L. F. Mitos e verdades. Revista Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n. 176, p. 17-21, 2013. Edição especial.

CUNNINGHAM, J. P., & ZALUCKI, M. P. Understanding Heliothine (Lepidoptera: Heliothinae) pests: What is a host plant? Journal of Economic Entomology, 107, 881-896, 2014.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013c.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013a.

CZEPAK, C.; ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; ALBERNAZ, K. C. Praga da vez. Revista Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n. 176, p. 4-11, 2013b. Edição especial.

DARYAEI, G. M; DARVISHI, S.; ETEBARI, K.; SALEHI, M. Host preference and nutrition efficiency of the gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae: Lepidoptera), on different poplar clones. Turk Journal Agriculture Food Chemical, 32:469–476, 2007.

FITT, G. P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 34, p. 17-52, 1989.

GOMES, E. S.; SANTOS, V.; ÁVILA, C. J. Biology and fertility life table of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in different hosts. Entomological Science, v. 20, p. 419–426, Jan./Dec. 2017.

GREEN, T. R.; RYAN, C. A. Wound-induced proteinase inhibitor in plant leaves: a possible defense against insect. Science, Washington 175: 776–777, 1972.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvet bean caterpillar: a rearing procedure and artificial diet. Journal of Economic Entomology, Lanham, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J. A.; PERINI, C. R.; ARRUE, A.; ROHRIG, A. Manejar ou perder. Revista Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, n. 176, p. 12-16, 2013. Edição especial.

HEDIN, P. A.; WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; BUCKLEN, P. M. Roles of amino acids, protein, and fiber in leaf-feeding resistance of corn to the fall armyworm. Journal of Chemical Ecology, New York, v.16, p. 1977-1995, 1990.

HWANG, S. Y.; LIU, C. H.; SHEN, T. C. Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Biochemical Sistemática e Ecologia*, New York, v. 36, p. 505- 513, 2008.

JALLOW, M. F. A.; ZALUCKI, M. P. Within- and between- population variation in host-plant preference and specificity in Australian *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Australian Journal of Zoology*, Osaka, v. 44, p. 503-519, 1996.

JALLOW, M. F. A.; AND M. P. ZALUCKI. Relationship between oviposition preference and offspring performance in Australian *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Aust. J. Entomol.* 42: 343–348, 2003.

KOUHI, D.; NASERI, B.; GOLIZADEH, A. Nutritional performance of the tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera*, on different tomato cultivars. *J Insect Sci* 14(102): 1- 12, 2014.

KRITICOS, D. J.; OTA, N.; HUTCHISON, W. D.; BEDDOW, J.; WALSH, T.; TAY, W. T.; BORCHERT, D. M.; PAULA-MOREAS, S. V.; CZEPAK, C.; ZALUCKI, M. P. The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: is it just a matter of time? *PLoS ONE*, San Francisco, 2015.

KULKARNI, U. S.; GAWANDE, R. B.; KULKARNI, S. S.; YADGIRWAR, P. V. Comparative studies on the biology of *Helicoverpa armigera* on different food substrates. *Journal of Soils and Crops*, New Delhi, v. 14, p. 207-208, 2004.

LIU, Z. D.; LI, D. M.; GONG, P. Y.; WU, K. J. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. *Environmental Entomology*, Annapolis, v. 33, p. 1570-1576, 2004.

LIU, Z.; GONG, P.; WU, K.; SUN, J.; LI, D. A true summer diapause induced by high temperatures in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 52, p. 1012–1020, 2006.

MURÚA, M. G.; SCALORA, F. S.; NAVARRO, F. R.; CAZADO, L. E.; CASMUZ, A.; VILLAGRÁN, M. E.; LOBOS, E.; GASTAMINZA, G. First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. *Florida Entomologist*, Lutz, v. 97, n. 2, p. 854-856, 2014.

NASERI, B.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH, V. Comparative reproductive performance of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on thirteen soybean varieties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, Tehran, v. 13, p. 17-26, 2011.

PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimento por insetos. In: Panizzi AR, Parra JRP. (Ed). *Ecologia nutricional e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, p.9-65, 1991.

PARRA, J. R. P.; HADDAD, M. L. Determinação do número de ínstaes de insetos. Piracicaba, FEALQ, 45p, 1989.

PEDGLEY, D. E. Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles. *Entomologist's Gazette*, Wallingford, v. 36, n. 1, p. 15-20, 1985.

RAZMJOU, J.; NASERI, B. Comparative performance of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *Journal Pest Science*, Netherlands, v. 87, p. 29-37, 2014.

REIGADA, C.; GUIMARÃES, K. F.; PARRA, J. R. P. Relative fitness of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on seven host plants: a perspective for IPM in Brazil. *Journal of Insect Science*, v. 16, n. 1, p. 1-5, Jan. 2016.

RUAN, Y. M.; WU, K. J. Performances of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* on different food plants. *Acta Entomology, Bohemoslov*, v. 44, p. 205–212, 2001.

SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. da S.; SPECHT, A. *Helicoverpa armigera* no Sul. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas, n. 176, p. 22-23, 2013. Edição especial.

SARFRAZ, M.; DOSDALL, L. M.; KEDDIE, B. A. Diamond back moth-host plant interactions: implications for pest management. *Crop Protection*, Brighton, v. 25, p. 625-636, 2006.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, A.; BARBIN, D. N. A. V. Nova. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres, Minas Gerais, 419p, 1976.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; LOPES-LIMA, A.; YANO, S. A. C.; MICHELI, A.; MORAIS, E. G. F.; GALLO, P.; PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R. BOTTON, M.; ZENKER, M. M.; AZEVEDO-FILHO, W. S. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliothinae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 60, p. 101-104, 2016.

SPECHT, A.; GOMEZ, D. R. S.; PAULA-MORAES, S. V. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 6, p. 689-692, 2013.

SUZANA, C.S.; DAMIANI, R.; FORTUNA, L. S.; SALVADORI, J. R. Desempenho de larvas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes fontes alimentares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 4, 2015.

TAY, W. T.; SORIA, M. F.; WALSH, T.; THOMAZONI, D.; SILVIE, P.; BEHERE, G. T.; ANDERSON, C.; DOWNES, S. A brave New World for an Old World pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *PLoS ONE*, San Francisco, v. 8, n. 11, p. 1-7, 2013.

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; PEREIRA, E. J. G.; DEGRANDE, P. E. *Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado

de Mato Grosso. Cuiabá: Instituto Mato Grossense de Algodão, 2013. 13 p. (Circular Técnica, 5).

THOMPSON, J. K. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomol. Exp. Appl.* v. 47, p. 3-14, 1988.

VIEIRA, M. C. S., VIEIRA, E. C. S., GOMES, E. S., SILVA, I. F., SILVA, P. G., ÁVILA, C. J., & OLIVEIRA, H. N. Criação de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) em condições de laboratório utilizando dietas artificial e natural (Circular técnica, v. 46, p. 17). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018.

WACKERS, F. L.; JORG, R.; RUN, P. Néctar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 52, p.301-323, 2007.

ZALUCKI, M. P., A. R. CLARKE, AND S. B. MALCOLM. Ecology and behaviour of first instar larval Lepidoptera. *Ann. Rev. Entomol.* V. 47, p. 361-393, 2002.

ZALUCKI, M. P., D.A.H. MURRAY, P. C. GREGG, G. P. FITT, P. H. TWINE, AND C. JONES. Ecology of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *H. punctigera* (Wallengren) in the inland of Australia: larval sampling and host plant relationships during winter and spring. *Aust. J. Zool.* V. 42, p. 329–346, 1994.

ZALUCKI, M. P., DAGLISH, G., FIREMPONG, S.; TWINE, P. H. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? *Australian Journal of Zoology*, Victoria, v. 34, n. 6, p. 779–814, 1986.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Estágios Imaturos de *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 24 (1) 99-107, 2007.

CAPÍTULO II

Effectiveness of insecticides to control small and large larvae of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

Manuscrito publicado na revista Journal of Agricultural Science, 2020.

- **ISSN(Print):** 1916-9752
- **ISSN(Online):** 1916-9760
- **DOI:** [10.5539/jas.v12n6p90](https://doi.org/10.5539/jas.v12n6p90)

Marizete Cavalcante de Souza Vieira^{1*}, Elizete Cavalcante de Souza Vieira¹, Paula Gregorini Silva¹, Ivana Fernandes da Silva¹, Crébio José Ávila², Nátaly Diane Rocha da Silva³, Izabela Carla Vessoni⁴, Giovane Franco Rodrigues⁴

¹Programa de Pós-Graduação e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, MS, Brazil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agropecuária Oeste), Dourados, MS, Brazil

³Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - Campus Nova Andradina, Nova Andradina, MS, Brazil

⁴Centro Universitário da Grande Dourados, UNIGRAN, Dourados, MS, Brazil

*Correspondence: marikavalcante@gmail.com

Abstract: *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is a cosmopolitan pest with wide geographical distribution in Brazil. This pest was officially registered in 2013 on cotton, soybean,

corn, and some weeds, although this species may have been present in the country since 2008. The objective of this work was to evaluate the efficiency of 8 insecticides (7 chemicals and 1 biological product) to control small and large *H. armigera* caterpillars. The experiment was conducted under laboratory conditions (T 22 ± 1 °C; RH 70 ± 10%; 12 h photoperiod), with 9 treatments (g a.i./ha dose): flubendiamide (72), chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin (30 + 15), chlorfenapyr (288), spinetoran (18), indoxacarb (120), emamectin benzoate (10), metomil (322.5), *Bacillus thuringiensis* (500), and control (water). A completely randomized design was used with 4 replications for each size of caterpillars (small and large), and each repetition (plot) consisted of five *H. armigera* caterpillars fed with bean leaves immersed in the different treatments evaluated. The larval mortality evaluations were performed at 1, 3, 5, and 7 days after contact with the treated bean leaves, determining the control efficiency (E%) through the formula of Abbott (1925). All chemical and biological treatments tested caused significant mortality of small and large *H. armigera* caterpillars, reaching a control percentage of 100% at 7 days after treatment, demonstrating the possibility of using the insecticides tested to control of this pest under field conditions.

Keywords: Insecticide, larval mortality, control efficiency, Heliothinae.

INTRODUCTION

Helicoverpa caterpillars are considered economically important pests for several cultivated plant species around the world. The species *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is among the most relevant because it is an extremely polyphagous pest, as it has already been found feeding on more than 170 host plants from different families (Cunningham & Zalucki, 2014), including the following crops: soybean (*Glycine max*), cotton (*Gossypium hirsutum*), corn (*Zea mays*), wheat (*Triticum aestivum*), rice (*Oryza sativa*), oat (*Avena sativa*), sorghum (*Sorghum bicolor*), common bean (*Phaseolus vulgaris*), peanut (*Arachis hypogaea*), sunflower (*Helianthus annuus*), tomato (*Lycopersicon esculentum*), potato (*Solanum tuberosum*), and pigeon pea (*Cajanus cajan*) (Kuss et al, 2016).

Its key pest status in several crops is mainly due to the fact that *H. armigera* larvae are able to feed on both their reproductive and vegetative organs, although they have a higher preference for the first ones (Ávila et al, 2013). It has a high capacity to adapt to adverse conditions and a high reproductive potential compared to other lepidopteran species (Mironidis et al, 2009; Naseri et al, 2009a; b). In addition, adults can migrate over a thousand kilometers especially using night flights (Silva et al, 2018). Management of *H. armigera* is required throughout the entire development period of the host plants, due to its high reproductive and consumption capacity. The attack by large caterpillars is commonly observed in formed reproductive structures, enhancing the damage caused by this pest (Ávila et al, 2013). To control of *H. armigera* caterpillars, several chemical molecules are available on the world market that can be used in different crops (Noorani et al, 1994; Abdul et al, 2003; David et al, 2005; Ávila et al, 2013). Active ingredients including lambda-cyhalothrin, methomyl, and emamectin benzoate are widely used to control this pest in several countries (Avilla & Gonzalez-Zamora, 2010; Babariya et al, 2010). However, to the control *H. armigera* in Brazil, there is a lack of products registered for its management, as well as few works developed under Brazilian conditions. As this pest was detected in the Cerrado region at population levels never before registered and causing serious economic damage, several products were made available by the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply (MAPA- *Ministério da Agricultura e Pecuária*), for emergency control (EMBRAPA, 2013). However, the use of these products should always be done in accordance with the recommended doses and insect population levels in the field, as *H. armigera* has demonstrated the potential to develop resistance to various commercial chemical products (Ahmad et al, 2001; Fathipour & Sedaratian, 2013).

In addition to the available chemical insecticides, biological products are also part of the strategy to control this pest, mainly due to the increase of environmental problems arising from the misuse of synthetic chemicals, as well as the demand for development of a more sustainable and environmentally friendly agriculture. The main advantage being the absence of residues in agricultural products and the environment (Oliveira & Ávila, 2010). Thus, the use of chemical and biological insecticides is an important tool for insect pest management in various crops.

Although insecticides used to control *H. armigera* caterpillars can prevent economic damage, a loss of efficiency has been observed as reported by Chankapue et al. (2014).

Therefore, the objective of this study was to evaluate the control efficiency of seven chemical and one biological insecticides to control small and large *H. armigera* caterpillars under laboratory conditions.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted in the Entomology laboratory of Embrapa Western Agriculture, located in Dourados, MS (22°14'S 54°49'W). The bean cultivar (*Phaseolus vulgaris* L.) "BRS Estilo" was planted in 5 liter plastic pots containing a 1:1:1 mixture of soil, sand, and organic substrate, kept in a greenhouse. After the emergence of bean plants and the unfolding of third trifoliolate leaf, these leaves were removed from the plants, sanitized, and cut into leaf disks with an area of 12.56 cm², using a metal punch.

Subsequently, the leaf disks were immersed in the insecticidal spray containing the different treatments with their respective doses (Table 1) for approximately 5 seconds and then removed from the spray and put for drying on paper towels. These leaf discs were then offered to small and large *H. armigera* caterpillars kept in Petri dishes (6.0 cm diameter × 1.3 cm height) for a period of seven days. The leaf discs were replaced in the Petri dish when necessary, depending on the degree of consumption by the caterpillars.

The experiment was carried out in a completely randomized design with 9 treatments: 7 chemical insecticides, 1 biological, and 1 control (without insecticide) in four replications. Each experimental unit (repetition) consisted of five small (<1.5 cm) or large (>1.5 cm) *H. armigera* caterpillars. The *H. armigera* caterpillars, used in the bioassay, originated from the stock maintained on artificial diet in the Entomology laboratory of Embrapa Western Agriculture, as described by Vieira et al (2018).

Mortality assessments of small and large larvae were performed at 1, 3, 5, and 7 days after leaf disc immersion (DAI) in the different treatments, to determine the number of dead caterpillars (N) after contact with untreated or treated leaf discs. The control efficiency (E%) in each treatment was calculated using Abbott's formula (1925). The mortality data obtained were submitted to analysis of variance and the means of treatments compared by Tukey test at 5% probability.

Table 1. Chemical and biological treatments (g a.i./ha) used to the control of small and large caterpillars of *Helicoverpa armigera* under laboratory conditions. Dourados/MS,

Treatments	Dose (g a.i./ha)	Chemical group	Commercial name	Group/mode of action ¹
Flubendiamide	72.0	Phthalic Acid Diamide	Belt [®] 480 SC	G28
Chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin	30.0 + 15.0	Diamide + Pyrethroid	Ampligo [®] 100+50 SC	G3
Chlorfenapyr	288.0	Pyrazole Analog	Pirate [®] 240 SC	G13
Espinetoram	18.0	Spinosinas	Exalt [®] 120 SC	G5
Indoxacarb	120.0	Oxadiazine	Avatar [®] 150 EC	G22
Emamectin Benzoate	10.0	Avermectin	Proclaim [®] 50 SG	G6
Metomil	322.5	Oxime Methyl Carbamate	Lannate BR [®] 215 SL	G1
<i>Bacillus thuringiensis</i>	500.0	Biological	Agree [®] 500 WP	G11
Control	---	---	---	---

2019.

¹classification of groups and mode of action of insecticides according to IRAC 2019

^{G28} ryanodine receptor modulators

^{G3} modules of sodium channels

^{G13} oxidative phosphorylation decouplers via proton gradient interruption

^{G5} allosteric Acetylcholine Receptor Modulators (nAChR)

^{G22} voltage-dependent sodium channel blockers

^{G6} allosteric Modules of Glutamate Chloride (GluCl) Closed Channels

^{G1} acetylcholinesterase (AChE) enzyme inhibitor

^{G11} microbial insect gut disruptors

RESULTS

On the first day after contact of the caterpillars with the treated bean leaves (1 DAI), the chemical treatments chlorphenapyr (288.0 g a.i./ha) and indoxacarb (120.0 g a.i./ha), followed by the benzoate of emamectin (10.0 g a.i./ha) achieved the highest shock effects for control of *H. armigera* small caterpillars (<1.5 cm) compared to the control and other treatments evaluated in the assay (Table 2). At 3 DAI, only flubendiamide treatments (72.0 g a.i./ha), chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin (30.0+15.0 g. a.i./ha) and *B. thuringiensis* (500.0 g a.i./ha) did not show significant control of small caterpillars when compared to control, whereas the other chemical treatments provided relatively high levels of control, especially with chlorfenapyr treatment (288.0 g a.i./ha) that presented 100% pest control (Table 2). At 5 and 7 DAI, all chemical treatments showed significant control of small caterpillars in relation to the control treatment, without differing from each other. At 7 DAI, there was no small caterpillar (<1.5 cm) surviving in the Petri dishes for all the chemical and biological treatments tested (Table 2).

As for the efficiency to control large caterpillars (>1.5 cm), in the first evaluation period (1 DAI), the chemical treatments chlorfenapyr (288.0 g a.i./ha), indoxacarb (120.0 g a.i./ha), and emamectin benzoate (10.0 g a.i./ha) obtained the lowest numbers of surviving caterpillars compared to the control and similar to that observed for small caterpillars, providing control percentages of 60%, 55%, and 70%, respectively (Table 3). The other chemical and biological treatments evaluated had number of surviving caterpillars similar to those observed in the control treatment for the first evaluation period (Table 3).

At 3 DAI, treatments flubendiamide (72.0 g a.i./ha), chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin (30.0 + 15.0 g a.i./ha), and *B. thuringiensis* (500.0 g a.i./ha) did not demonstrate significant control of large caterpillars compared to the control treatment, similarly to that observed for small caterpillars with these same treatments (Tables 2 and 3). In the other chemical treatments, higher levels of population reduction of large caterpillars were observed, with emphasis once again on the chlorphenapyr (288.0 g a.i./ha) and emamectin benzoate (10.0 g a.i./ha) treatments, which obtained the highest control efficiencies of large caterpillars (Table 3). At 5 DAI, all chemical and biological treatments evaluated in the trial significantly reduced the *H. armigera* large caterpillars' population in relation to the control treatment, with control levels ranging from 77.8% to 100.0%. In the last mortality assessment performed in the trial (7 DAI), all large *H. armigera* caterpillars were dead due to insecticide action, providing 100% mortality in all chemical or biological treatments tested (Table 3).

Table 2. Average number of surviving small (<1.5 cm) *H. armigera* caterpillars (N) and percentage of control efficiency (E%) at 1, 3, 5, and 7 days after treatment with different chemical and biological insecticides. Dourados/MS, 2019.

Treatments	Do se	1 DAI		3 DAI		5 DAI		7 DAI	
		N	E(%)	N	E(%)	N	E(%)	N	E(%)
Flubendiamide	72.0 (g	4.5±0.6 abc	10.0	4.5±0.6 a	10.0	0.3±0.5 b	95.0	0.0±0.0 b	100.0
Chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin	30.0+15.0	4.5±0.6 abc	10.0	3.8±1.0 a	25.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Chlorfenapyr	288.0	1.3±1.0 d	75.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Espinetoram	18.0	2.5±0.6 bcd	50.0	0.8±1.0 b	85.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Indoxacarb	120.0	1.5±1.0 d	70.0	1.0±1.2 b	80.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Emamectin Benzoate	10.0	2.3±1.3 cd	55.0	0.5±0.6 b	90.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Metomil	322.5	2.8±1.9 abcd	45.0	0.3±0.5 b	95.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
<i>Bacillus thuringiensis</i>	500.0	4.8±0.5 ab	5.0	4.8±0.5 a	5.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Control	-	5.0±0.0 a	-	5.0±0.0 a	-	3.8±0.5 a	-	3.8±0.5 a	-
CV (%)		29.86		30.46		53.03		40.00	

Means followed by the same letter in the column do not differ statistically from each other by the Tukey test (p <0.05).

DAI (Days after immersion)

Table 3. Average number of surviving large (> 1.5 cm) larvae (N) of *H. armigera* and percentage of control efficiency (E%) at 1, 3, 5 and 7 days after treatment with different chemical and biological insecticides. Dourados/MS, 2019.

Treatments	Do	1 DAI		3 DAI		5 DAI		7 DAI	
		N	E(%)	N	E(%)	N	E(%)	N	E(%)
Flubendiamide	72.0	5.0±0.0 a	00.0	4.8±0.5 ab	5.0	1.0±0.8 b	77.8	0.0±0.0 b	100.0
Chlorantraniliprole+lambda-cyhalothrin	30.0-45.0	5.0±0.0 a	00.0	3.8±1.0 abc	25.0	0.8±1.0 b	83.3	0.0±0.0 b	100.0
Chlorfenapyr	288.0	2.0±1.4 b	60.0	0.0±0.0 e	100.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Espinetoram	18.0	3.5±1.9 ab	30.0	2.5±1.9 bcd	50.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Indoxacarb	120.0	2.3±1.0 b	55.0	1.5±1.3 cde	70.0	0.5±0.6 b	88.9	0.0±0.0 b	100.0
Emamectin Benzoate	10.0	1.5±1.0 b	70.0	0.5±0.6 de	90.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Metomil	322.5	3.3±0.5 ab	35.0	1.8±1.3 cde	65.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
<i>Bacillus thuringiensis</i>	500.0	5.0±0.0 a	00.0	4.8±0.5 ab	5.0	0.0±0.0 b	100.0	0.0±0.0 b	100.0
Control	-	5.0±0.0 a	-	5.0±0.0 a	-	4.5±0.6 a	-	4.3±0.5 a	-
CV (%)		25.84		36.05		66.67		35.29	

Means followed by the same letter in the column do not differ statistically from each other by the Tukey test (p <0.05).

DAI (Days after immersion)

DISCUSSION

Insecticides, both chemical and biological, are an important tool to management various pest insects a variety of different crops. Those used to control *H. armigera* caterpillars can prevent economic damage in most crops where this species occurs. However, research evaluating the effectiveness of insecticides in controlling this pest has found different percentages of efficiency (Guedes et al, 2013; Chankapue et al, 2014). According to MAPA (2018), chemical and biological insecticides, released in Brazil, must control on average at least 80% of the target pests for the products to be considered agronomically efficient. Based on our results, all the chemical and biological insecticides, tested with their respective doses, are efficient to control small and large *H. armigera* larvae, because by the last mortality evaluation performed in the assays (7 DAI), all *H. armigera* caterpillars (both sizes) had been killed due to insecticide action, providing 100% mortality.

The degree of control efficiency of a product is extremely important in the management of caterpillars, since in most cases spraying is performed almost as soon as a pest occurs in the crop, i.e., when small caterpillars predominate, to avoid greater damage to crops by large caterpillars (Cruz, 2002). However, the control efficiency may change due to the different developmental stages of the pest in the crop, and smaller sized caterpillars are generally more susceptible to insecticides (Gusmão et al, 2000; Basavanneppa & Balikai, 2014; Abbas et al, 2015; Kuss et al, 2016). In field spraying, caterpillars receive more product in the integument, penetrating into the cuticle, trachea, or even pores, reaching the nervous system, and causing the insect to die (Viana & Costa, 1998; Fernandes et al, 2018). This work evaluated the control efficiency on both small (<1.5 cm) and (>1.5 cm) caterpillars, determining that the overall the size of the caterpillar had no influence their susceptibility to the tested products.

The main chemical groups of insecticides applied to soybean crops, the primary host plant for *H. armigera* caterpillars in Brazil, are pyrethroids, organophosphates, and carbamates, which have been used for decades. However, benzoylureas and phthalic acid diamides have been used more recently (Hannig et al, 2009; Tomquelski et al, 2015). Guedes et al. (2013). Thus, at least five molecules (indoxacarb, chlorantraniliprole, chlorphenapyr, spinosad, and flubendiamide) provide satisfactory control efficiency of *H. armigera*. These molecules represent products registered with different chemical groups, enabling the rotation of products due to the different mechanisms of action, which can prevent the development of insecticide resistant populations (Corrêa-Ferreira et al, 2014). It is well known that *H. armigera* is a species that can easily develop populations resistant to commercially available insecticide (Fathipour & Sedaratian, 2013).

Even though no statistical differences between the sizes of caterpillars and the products tested were found during the evaluations, the ones with the lowest shock effect were flubendiamide, cyantraniliprole + lambda-cyhalothrin, and *B. thuringiensis*. This can be partially explained by the fact that flubendiamide is a newly discovered group, and there are few studies conducted to evaluate its effectiveness in controlling *H. armigera* caterpillars. However, the results generated in this research may contribute to these clarifications.

The mode of action is related to the active ingredient in each product. The chemical insecticides of the diamide group (flubendiamide and chlorantraniliprole) when in contact with the insect binds to the ryanodine receptors on muscle cells, causing calcium channels to open, leading initially the cessation of feeding, paralysis, and posteriorly its death (Cordova et al, 2006; Lahm et al, 2007; Arrue et al, 2014). In this way, the mode of action of diamids explains the delayed shock effect observed for both small and large caterpillars. Chlorantraniliprole is an important insecticide in the diamide group (IRAC, 2019), that presents low toxicity to other animals such as natural enemies, mammals, birds, and fish (Lahm et al, 2007; Larson et al, 2012). Flubendiamide is another insecticide in the same group that also causes slower mortality of target insects (Lima-Neto, 2016), as was also observed in the results obtained in this study for second and fourth instar caterpillars.

For the only biological insecticide tested (*B. thuringiensis*), studies have showed that first and second instar small caterpillars (<1.5 cm) die one week after application (Salvadori et al, 2013), corroborating the low mortality of *H. armigera* observed in the first evaluations for both caterpillar sizes. This low control efficiency, after exposure to caterpillars, could be related to its

mechanism of action, because this product affects the intestinal epithelium, interrupting caterpillar feeding within hours after exposure, but not causing the immediate death of caterpillars in the early phase of contamination (Bueno et al, 2012), as also was observed for the tested insecticides of the diamide group.

An important characteristic for insecticides, in addition to their efficiency, is their residual period, which decreases the number of required applications and costs, consequently, increasing the plant protection period, as observed in all insecticide treatments in this research after 5 DAI for both small and large caterpillars. Regarding the shock effect, the chlorphenapyr (288.0 g a.i./ha) and indoxacarb (120.0 g a.i./ha) insecticides were more effective, especially for small caterpillars, when they presented 75% and 70% of control, respectively, in 24 hours (Table 2). The results obtained in this work with these products also showed good control of large *H. armigera* caterpillars together with emamectin benzoate treatment (10 g a.i./ha), which corroborates the results presented by Perini et al. (2016); Kuss et al. (2016); Sandip & Arunava (2018), which obtained similar results with chlorphenapyr for *H. armigera* control. In general, the control of *H. armigera* reached the 100% mortality level at 7 DAI for both small and large caterpillars with the different insecticides used. Thus, these products present a promising alternative to control caterpillars of this pest by the producer. Furthermore, according to the results obtained here, the control of *H. armigera* with biological products can be also viable, as the results obtained with *B. thuringiensis* were quite satisfactory. However, successful control of any type of pest must include the proper pest monitoring in the area, rotation of products with different active ingredient, and selection of insecticides that preserve natural enemies and environment, which are fundamental principles of the Integrated Pest Management.

CONCLUSIONS

All chemical and biological insecticides tested in this study are efficient for the control of *H. armigera* caterpillars, not only in the early phase of the caterpillar development, but also for the most developed caterpillars.

ACKNOWLEDGEMENTS: The authors thank the support of the collaborators, an Embrapa Agropecuária Oeste, an ‘Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior’ (CAPES) and ‘Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico’ (CNPq) scholarships awarded.

REFERENCES

- Abbas, G., Hassan, N., Farhan, M., Haq, I. & Karar, H. 2015. Effect of selected insecticides on *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) and their successful management. *Advances in Entomology*, 03, 16-23, <http://dx.doi.org/10.4236/ae.2015.31003>.
- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, 18, 265-267.
- Abdul, R., Saeed, H. A., Akhtar, L. H., Siddiq, S. Z. & Arshid, M. 2003. Comparative efficacy of various insecticides to control gram pod borer (*Helicoverpa armigera*) on chick pea. *Asian Journal Plant Science*, Singapore, 2, 403-405, <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2003.403.405>.
- Ahmad, M., Arif, M. I. & Ahmad, Z. 2001. Resistance to carbamate insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Crop Protection*, 20, 427-432, [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00168-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00168-X).
- Arrue, A., Guedes, J. V. C., Storck, L., Swarowsky, A., Cagliari, D., Burtet, L. M. & Arnemann, J. A. 2014. Precipitação artificial após aplicação do inseticida clorantropilprole associado com adjuvante em plantas de soja. *Ciência Rural*, 44, 2118-2123. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120211>.
- Ávila, C. J., Vivan, L. M. & Tomquelski, G. V. 2013. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção

- agrícolas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 12 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 23).
- Avilla, C. & González-Zamora, J. E. 2010. Monitoring resistance of *Helicoverpa armigera* to different insecticides used in cotton in Spain. *Crop Protection*, 29, 100-103, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.09.007>.
- Babariya, P. M., Kabaria, B. B., Patel, V. N. & Joshi, M. D. 2010. Chemical control of gram pod borer, *Helicoverpa armigera* Hubner infesting pigeonpea. *Legume Research*, 33, 224-226.
- Basavanneppa, B. B. & Balikai, R. A. 2014. Toxicity of newer insecticides against *Helicoverpa armigera* (Hubner) under laboratory condition. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 10, p. 221-223.
- Brévault, T. 2009. Initial activity and persistence of insecticides for the control of bollworms (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton crops. *Crop Protection*, 28, 401-406, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.12.006>.
- Bueno, A. F., Sosa-Gómez, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Moscardi, F. & Bueno, R. C. O. F. 2012. Inimigos naturais das pragas da soja. In: Hoffmann-Campo, C. B., Corrêa-Ferreira, B. S., Moscardi, F. (Ed.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa. p. 493-629.
- Cordova, D., Benner, E. A., Sacher, M. D., Rauh, J. J., Sopa, J. S., Lahm, G. P. & Selby, T. P. 2006. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry Physiology*, 84, 196-214. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2005.07.005>.
- Cruz, I. 2002. Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith) (p. 15). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Cunningham, J. P. & Zalucki, M. P. 2014. Understanding Heliothine (Lepidoptera: Heliothinae) pests: what is a host plant? *Journal of Economic Entomology*, Cary, 107, 881-896, <http://www.bioone.org/doi/full/10.1603/EC14036>.
- David, A. H. M., Lloyd, R. J. & Hopkinson, J. E. 2005. Efficacy of new pesticide for management of *Helicoverpa* spp. in Australian grain crops. *Australian Journal Entomology*, 44, 62-78, <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2005.00422.x>.
- EMBRAPA 2013. Alerta *Helicoverpa*: Ações emergenciais propostas pela embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas disponível em: <http://www.embrapa.br/alerta-helicoverpa>.
- Fathipour, Y. & Sedaratian, A. 2013. Integrated management systems of cultivation of soy *Helicoverpa armigera*. In *Resistance a Pests of Soybeans*; Elshemy, H. A., Ed. InTeOpP: Cairo, Egypt, 231-280, <https://doi.org/10.5772/54522>.
- Fernandes, F. O., Abreu, J. A., Christ, L. M. & Rosa, A. P. S. A. 2018. Efficacy of Insecticides Against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *Journal of Agricultural Science*; 11, <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p494>.
- Guedes, J. V. C., Arnemann, J. A., Perini, C. R., Melo, A. A., Rohrig, A., Stacke, R. F. & Machado, M. R. R. 2013. *Helicoverpa armigera* da invasão ao manejo na soja. *Revista Plantio Direto, Passo Fundo*, , 24-35, 2013.
- Gusmão, M. R., Picanço, M., Gonring, A. H. R., & Moura, M. F. 2000. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespidae predadores do bicho-mineiro-do-cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 681-686, <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000400002>.
- Hannig, G.T., Ziegler, M. & Marçon, P.G. 2009. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. *Pest Management Science*. 65, 969-974. <https://doi.org/10.1002/ps.1781>.
- Kuss, C. C., Roggia, R. C. R. K., Basso, C. J., Oliveira, M. C. N., Pias, O. H. C. & Roggia, S. 2016. Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51, 527-536, <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500013>.
- Lahm, G. P., Stevenson, T. M., Selby, T. P., Freudenberger, J. H., Cordova, D., Flexner, L. & Benner, E. A. 2007. Rynaxypyr(tm): A new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17, 6274-6279. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2007.09.012>.
- Lima Neto, J. E. & Siqueira, H. Á. A. 2017. Seleção de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) para resistência a clorfenapir: herdabilidade e o número de genes envolvidos. *Rev. Caatinga*, 30, 1067-1072. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n428rc>.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2018. Memória da 2ª reunião técnica nacional sobre pesquisa com agrotóxicos, 1-6. Brasília.

- Mironidis, G. K. & Savopoulou-Soultani, M. 2009. Development, survival and growth rate of the *Hyposoter didymator Helicoverpa armigera* parasitoid-host system: effect of host instar at parasitism. *Biological Control* 49, 58-67, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.12.006>.
- Noorani, A. M., Shah, A. D., Jugnati, T. K. & Lohar, M. K. 1994. Efficacy of different insecticides against gram pod borer (*Helicoverpa armigera*) on gram crop under field condition. *Sarhad Journal of Agriculture, Peshawar*, 7, 183-186.
- Naseri, B.; Fathipour, Y.; Moharramipour, S.; Hosseininaveh, V. Comparative life history and fecundity of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on different soybean varieties. *Entomological Science*, 12, 147-154. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2009.00310.x>, 2009a.
- Naseri, B.; Fathipour, Y.; Moharramipour, S.; Hosseininaveh, V. Life Table parameters of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) on different soybean cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran*, 29, 25-40, 2009b.
- Perini, C. R.; Amemann, J. A.; Melo, A. A.; Pes, M. P.; Valmorbidia, I.; Beche, M.; Guedes, J. V. C.; How to control *Helicoverpa armigera* on soybean in Brasil? What we have learned since its detection. *African Journal of Agricultural Research, Ebène*, v. 11, p. 1426-1432, 2016.
- Salvadori, J. R.; Pereira, P. R. V. S.; Specht, A. *Helicoverpa armigera* no Sul. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, 176, 22-23. Edição Especial, 2013.
- Sandep, S.; Khandwe, N.; Nema, K. K. Chemical control of *Helicoverpa armigera* (Hubner) in Chick pea. *Plant Protection Sciences, Tunisia*, 22, 85-87, 2014.
- Sandip, P.; Arunava, S. Evaluation of insecticides against *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura* in tomato. *Indian Journal of Entomology*, 80, <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2018.00263.3>, 2018.
- Shivana, B. K.; Lathia, M.; Jeevitha, S.; Chethan, K. S.; Priyanka, K. Management of budworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) with new molecules and its effect on yield in FCV tobacco. *Environment and Ecology, Bengala Ocidental*, 32, 129-133, 2014.
- Silva, I. F.; Baldin, E. L. L.; Specht, A.; Sosa-Gómez, D. R.; Roque-Specht, V. F.; Morando, R.; Paula-Moraes, S. V. Biotic potential and life table of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) from three Brazilian regions. *Neotropical Entomology*, 47, 344-351, <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-017-0529-8>, 2018.
- Tomquelski, G.V.; Martins, G. L. M.; Dias, T. S. Características e manejo de pragas da cultura da soja. *Pesquisa, Tecnologia e Produtividade, Chapadão do Sul-MS*, 2, 61-82, 2015.
- Thilagam, P.; Sivasubramanian, P.; Kuttalam, S. Bioefficacy of Flubendiamide 480 SC against American bollworm in Cotton and Biochemical changes. *Annals of Plant Protection Sciences*, 18, 384-387, 2010.
- Viana, P. A.; Costa, E. F. Controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27 (3), 451-458. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591998000300014>, 1998.
- Vieira, M. C. S.; Vieira, E. C. S.; Gomes, E. S.; Silva, I. F.; Silva, P. G.; Ávila, C. J.; Oliveira, H. N. Criação de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) em condições de laboratório utilizando dietas artificial e natural. *Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste*, 17 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 46), 2018.