

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**COMPATIBILIDADE, EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE
MISTURAS DE BIOINSETICIDAS À BASE DE *Bacillus*
thuringiensis E INSETICIDAS EM *Chrysodeixis includens***

Kelly Cristina Goncalves

Engenheira Agrônoma

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**COMPATIBILIDADE, EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE
MISTURAS DE BIOINSETICIDAS À BASE DE *Bacillus*
thuringiensis E INSETICIDAS EM *Chrysodeixis includens***

Kelly Cristina Goncalves

Orientador: Prof. Dr. Sergio Antônio De Bortoli

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Polanczyk

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2020

G635c Gonçalves, Kelly Cristina
Compatibilidade, Efeitos Letais e Subletais de Misturas de Bioinseticidas à
Base de *Bacillus thuringiensis* e Inseticidas em *Chrysodeixis includens* / Kelly
Cristina Gonçalves. -- Jaboticabal, 2020
124 f. : il., tabs. + 1 CD-ROM

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Sergio Antônio De Bortoli
Coorientador: Ricardo Antônio Polanczyk

1. Mistura em tanque. 2. Lagarta falsa medideira. 3. Controle microbiano.
4. Controle químico. 5. Parâmetros biológicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: COMPATIBILIDADE, EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE MISTURAS DE BIOINSETICIDAS À BASE DE *Bacillus thuringiensis* E INSETICIDAS EM *Chrysodeixis includens*

AUTORA: KELLY CRISTINA GONÇALVES

ORIENTADOR: SERGIO ANTONIO DE BORTOLI

COORIENTADOR: RICARDO ANTONIO POLANCZYK

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SERGIO ANTONIO DE BORTOLI
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. FERNANDO HERCOS VALICENTE (VIDEOCONFERÊNCIA)
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Sete Lagoas/MG

Prof. Dr. LEONARDO FERNANDES FRACETO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Prof. Dr. ADRIANO ARRUE MELO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Universidade Federal de Santa Maria / Santa Maria/RS

Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 24 de julho de 2020

DADOS DA AUTORA

Kelly Cristina Goncalves - filha de Doralina Maria Fiuza de Barros Goncalves e Jose Luiz Goncalves, nasceu na cidade de Tatuí, São Paulo, Brasil, no dia 06 de outubro de 1975. Em fevereiro de 1994 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, concluindo-o em julho de 2001. Em março de 2013 iniciou os estudos na pós-graduação no Programa de pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil, obtendo o título de mestre em julho de 2015. Em agosto de 2016 iniciou o doutorado em entomologia agrícola pelo mesmo programa de pós-graduação, submetendo-se a defesa de tese em julho de 2020.

“Talvez eu não consegui fazer o melhor, mas lutei pelo melhor a ser feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus não sou o que era antes”.

Marthin Luther King Jr.

'Aos meus pais Doralina e Jose Luiz, por todo amor, carinho e confiança depositada em mim, minhas irmãs Maria Isabel, Ivana e minha filha Natalia, pelo companheirismo e carinho, porque mesmo estando longe sempre estiveram presentes em meu coração.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em todos os momentos e por ter me concedido força, humildade e sabedoria nos momentos difíceis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Entomologia Agrícola da Universidade Estadual Paulista - UNESP, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela oportunidade de realização desta pesquisa e pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Professor Dr. Sergio Antônio De Bortoli, pelos ensinamentos durante o curso de pós-graduação, e eficiência na orientação desta pesquisa.

Ao meu coorientador Professor Dr. Ricardo Antônio Polanczyk pela excelente coorientação prestada concepção e condução da pesquisa, bem como na escrita dos artigos científicos.

Aos meus pais pelos conselhos e por sempre me apoiarem em todas as minhas decisões e estarem ao meu lado nos momentos difíceis.

Aos Profs. Drs. Arlindo Leal Boiça Júnior e Raphael de Campos Castilho por concederem estrutura de pesquisa para realização de alguns experimentos e pelo desenvolvimento acadêmico.

A Prof. Dr. Nilza Maria Martinelli pela concessão de material necessário para os meus experimentos e pela contribuição científica e pessoal.

Ao amigo Marcelo Muller de Freitas, doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da FCAV – UNESP, pela valiosa ajuda nas análises estatísticas realizadas nessa pesquisa.

Aos colegas e amigos de laboratório de Controle Microbiano de Artrópodes Pragas – LCMAP, da FCAV UNESP, Joacir do Nascimento, Stefane C. Q. S. Faria, Natalia D. Danzi, Beatriz B. Rocha, Yasmin R. Magalhaes, Juliana Queiroz, Matheus H. T.G.

Borges, Amanda C.Q. Motta, Giovani Smaniotto, Igor H. S. Silva, Bianca M. Ramos pela convivência e ajuda durante a condução dos experimentos da minha pesquisa.

Aos colegas e amigos do Laboratório NEDTA Cicero A. M. Dos Santos, Jeruska M. A. Brenha, Ana B. D. Spadoni e Gabriela Pelegrini.

Aos amigos e colegas Avyla R. A. Barros, Flavia F. Paula, Sandy S. Fonseca, Hagabo H. Paulo, Ivana L. Souza, Matheus C. Castro, Emiliano A. Brandao, Aline F. Torris, Sophia J. Jorge, Gilmar S. Nunes, Dagmara G. Ramalho, Juliana B. Silva pelos bons momentos vividos.

Aos companheiros da pós-graduação em Entomologia Agrícola.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade como Jose Luiz Dacal e Wilson Carlos Pazini por auxiliarem na condução dos experimentos da Tese.

Aos amigos que fiz em Jaboticabal, Vanessa Bedore, Lidiani Prado, Silmara Bellodi, Roberta Bottino, Maria F. F. Oliveira.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

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

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Aspectos biológicos e morfológicos de <i>Chrysodeixis includens</i>	3
2.2 Prejuízos causados por <i>Chrysodeixis includens</i>	9
2.1.3 Controle de <i>Chrysodeixis includens</i>	12
2.1.4 Compatibilidade entre inseticidas e Bt bioinseticidas	20
3. Referências bibliográficas.....	25
CAPÍTULO 2 - A compatibilidade <i>in vitro</i> de bioinseticidas à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> e inseticidas influencia a mortalidade de <i>Chrysodeixis includens</i> em laboratório?	27
RESUMO.....	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
2.1. Testes <i>in vitro</i> de compatibilidade de Bt bioinseticidas e inseticidas	42
2.2. Testes de mortalidade de <i>Chrysodeixis includens</i> em laboratório.....	43
2.3. Análise dos dados	45
2. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3. CONCLUSÕES	66
CAPITULO 3 - Efeitos subletais de mistura de bioinseticidas à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> e inseticidas em <i>Chrysodeixis includens</i>	76
RESUMO	76
ABSTRACT	77
1. Introdução	78
2. Materiais e Métodos	79
2.1 Obtenção da mistura inseticida e bioinseticida a ser utilizadas nos experimentos... 80	
2.2 Obtenção das lagartas de <i>Chrysodeixis includens</i>	80
2.3 Análise de dados.....	82
3. Resultados e Discussão.....	83
3. CONCLUSÕES	101
4. REFERÊNCIAS	103
CAPITULO 4 - CONSIDERACOES FINAIS	113

**COMPATIBILIDADE, EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE MISTURAS DE
BIOINSETICIDAS À BASE DE *Bacillus thuringiensis* E INSETICIDAS EM
*Chrysodeixis includens***

RESUMO - Inseticidas e Bt bioinseticidas são utilizados em mistura em tanque principalmente para aumentar a eficiência de controle de pragas e otimizar as operações agrícolas. O presente estudo objetivou avaliar em laboratório a compatibilidade *in vitro* de inseticidas e Bt bioinseticidas e os seus efeitos letais e subletais em *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), importante praga da cultura da soja. A compatibilidade *in vitro* dos Bt bioinseticidas Dipel SC® e Thuricide PM® e oito inseticidas (Ampligo SC®, Avatar CE®, Belt SC®, Curyom CE®, Exalt SC®, Lannate SL®, Larvin 800 WG® e Prêmio SC®) foi avaliada em 74 tratamentos (combinações) com 15 repetições cada. Os parâmetros crescimento vegetativo (cm²) e esporulação (esporos.mL⁻¹) permitiram o cálculo de T, que classifica a interação em compatível, moderadamente tóxica, tóxica e muito tóxica. Posteriormente, para os testes de mortalidade uma suspensão contendo 3 x 10⁸ esporos.mL⁻¹ de 82 tratamentos (72 combinações entre inseticidas e os bioinseticidas e estes isoladamente) foi testada para lagartas de segundo ínstar de *C. includens*. A mortalidade foi avaliada um dia e sete dias após a aplicação dos tratamentos e relacionada com o índice T. A massa das lagartas sobreviventes foi avaliada nove, 11, 13, 15 e 19 dias após aplicação dos tratamentos, bem como a massa de pupa no segundo dia desse estágio. Todos os inseticidas foram compatíveis *in vitro* com o Thuricide PM® e 45% deles foram compatíveis para o Dipel SC®, enquanto oito foram moderadamente tóxicos e muito tóxicos e 10 tóxicos. O inseticida Exalt SC® apresentou maior compatibilidade *in vitro* com os bioinseticidas Thuricide PM® e Dipel SC®. A mortalidade no primeiro dia foi afetada por todos as misturas, enquanto no sétimo dia a influência dos tratamentos foi menor. Nem sempre foi constatada correlação positiva entre os parâmetros de T e a mortalidade, o que demonstra que a compatibilidade *in vitro* não prediz a mortalidade em laboratório. 1.805 (21,75%) lagartas sobreviveram em 41 misturas e somente 687 empuparam. Em seis das 31 misturas com três produtos a sobrevivência foi maior que 80%. Na primeira avaliação, as lagartas submetidas aos diferentes tratamentos apresentaram pesos maiores, mas também por vezes menores do que a testemunha; a maioria das mais pesadas empuparam antes do que a testemunha, e a maioria das menos pesadas morreram e, com algumas alogando o ciclo. Os efeitos subletais do tratamento Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Prêmio SC® em lagartas de *C. includens* foram menos severos, com 94,5% delas empupando, enquanto que em outros 16 tratamentos nenhuma lagarta empupou. A formulação grânulo dispersível (WG) do inseticida Larvin WG 800®, favoreceu a sobrevivência dos indivíduos. Fatores como formulação dos produtos, especialmente a grânulo dispersível, e seus inertes, bem como o modo de ação, afetam a eficiência da mistura de produtos químicos e biológicos.

Palavras-chave: Mistura em tanque, lagarta falsa medideira, controle microbiano, controle químico, parâmetros biológicos.

COMPATIBILITY, LETHAL AND SUBLETHAL EFFECTS OF *Bacillus thuringiensis* BASED BIOPESTICIDES AND PESTICIDES MIXTURES ON *Chrysodeixis includens*

ABSTRACT - Pesticides and Bt based biopesticides are used in tank mixes mainly to increase pest control efficiency and optimize agricultural operations. The present study aimed to evaluate in laboratory the *in vitro* compatibility of pesticides and Bt based biopesticides and their lethal and sublethal effects to *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), an important pest in soybean. The *in vitro* compatibility of Bt based biopesticides Dipel SC® and Thuricide WP® and eight insecticides (Ampligo SC®, Avatar EC®, Belt SC®, Curyom EC®, Exalt SC®, Lannate LS®, Larvin 800 WG® and Prêmio SC®) was evaluated in 74 treatments (combinations) with 15 repetitions each. The vegetative growth (cm²) and sporulation (spores.mL⁻¹) parameters allowed the calculation of T, which classified the interaction as compatible, moderately toxic, toxic and very toxic. Subsequently, for mortality tests, a suspension containing 3 x 10⁸ spores.mL⁻¹ from 82 treatments (72 combinations between pesticides and Bt based biopesticides and these alone) was tested for second instar *C. includens* larvae. Mortality was assessed one day and seven days after the treatments and related to the T index. The weight of the surviving larvae was evaluated nine, 11, 13, 15 and 19 days after application of the treatments, as well as the pupal weight on the second day of this stage. All pesticides were compatible *in vitro* with Thuricide WP® and 45% of them were compatible with Dipel SC®, while eight were moderately toxic and very toxic and 10 toxic. Exalt SC® was more compatible *in vitro* with both biopesticides. Mortality on the first day was affected by all mixtures while on the seventh day the influence of treatments was lesser. A positive correlation between T parameters and mortality has not always been found, which demonstrates that *in vitro* compatibility does not predict laboratory mortality. 1,805 (21.75%) larvae survived in 41 mixtures and only 687 pupate. In six of the 31 mixtures with three products, survival was higher than 80%. In the first evaluation between treatments, the larvae were more or less heavy than the control; the majority of the heavier ones pupate before the control, and the majority of those with lower weight died and, some extended the cycle until the end of the evaluation. The sublethal effects of the Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Prêmio SC® treatment on *C. includens* larvae were less severe, with 94.5% of them pupate, while in the other 16 treatments no larvae became pupae. The dispersible granule (WG) formulation of the insecticide Larvin WG 800®, favored the survival of individuals. Factors such as product formulation, especially in water dispersible granules, and their inert as well as the mode of action affect the efficiency of mixing chemical and biological products.

Key words: tank mixtures, soybean looper, microbial control, chemical control biological parameters.

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

A notável e histórica expansão da cultura da soja no Brasil, em mais de 10 milhões de hectares na última década, foi acompanhada pelo aumento dos problemas fitossanitários que demandaram o uso de táticas de controle para garantir a produtividade. O alto valor da soja para exportação e o baixo custo dos inseticidas de amplo espectro, levaram muitas vezes ao uso incorreto de produtos de amplo espectro, com efeitos prejudiciais ao meio ambiente, ao homem e a eliminação dos inimigos naturais.

Neste cenário, a lagarta falsa medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma das principais desfolhadoras, encontrada em todas as regiões produtoras de soja no Brasil. Essa praga considerada secundária, tornou-se primária principalmente devido à eliminação de fungos entomopatogênicos pelos fungicidas utilizados para o controle da ferrugem-asiática *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & P. Sydow) e, também pela expansão dessa cultura para a região central e norte do Brasil.

O manejo de *C. includens* é baseado em inseticidas, vírus entomopatogênicos e plantas Bt, que expressam a toxina Cry1Ac de *Bacillus thuringiensis* Berliner. Entretanto, anteriormente ao uso da planta Bt, Bt bioinseticidas foram importantes para suprimir surtos de *C. includens*, sendo importante ressaltar que o hábito da praga, polifagia e tolerância aos inseticidas utilizados contra outras pragas dificultam, o seu controle. Além disso, a resistência de populações aos inseticidas registrados, e a baixa adoção de áreas de refúgio em lavouras com soja Bt, podem comprometer a durabilidade das atuais táticas de controle.

Quanto ao uso de agrotóxicos, a maioria dos agricultores adota a mistura de produtos em tanque do pulverizador como prática para otimizar as operações e reduzir o custo de produção. Entretanto, nessa mistura é impossível mensurar a eficiência de cada componente, devido às complexas interações entre os diferentes ingredientes ativos e inertes que podem aumentar ou reduzir o efeito de cada produto. Este fato dificulta a recomendação de misturas de tanque para o agricultor.

Além disso, a interação entre agentes de controle, químicos ou biológicos, necessita de outros parâmetros de avaliação, além da mortalidade e estimativas da concentração letal mediana (CL₅₀). Nesse sentido, os efeitos subletais dos agentes de controle nas pragas devem ser considerados como forma de obter novas informações que possam refletir melhor a eficiência contra a espécie-alvo.

Dessa forma, este trabalho foi desenvolvido com intuito de gerar informações sobre a compatibilidade *in vitro*, ou seja em condições de laboratório, de inseticidas e sua toxicidade para *C. includens*. Inicialmente, foi avaliada a compatibilidade *in vitro* de inseticidas e Bt bioinseticidas e seus efeitos letais (mortalidade) nessa praga e, num segundo momento foram avaliados os efeitos subletais dessas misturas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos biológicos e morfológicos de *Chrysodeixis includens*

Chrysodeixis includens, conhecida como lagarta falsa medideira, pertencia ao gênero *Pseudoplusia* McDonnug, 1944 (Poole, 1989), mas baseado na revisão de caracteres morfológicos da genitália de noctuídeos europeus, Goater et al. (2003) consideraram *Pseudoplusia* ser um sinônimo de *Chrysodeixis* Hübner, 1821, sendo esse último considerado correto.

Independente de características morfológicas, também é possível sua identificação com uso de marcadores SSR, citogenéticos e PCR-RFLP (Rolim et al., 2013; Silva et al., 2019; Magalhães et al., 2020). Os marcadores SSR e ISSR também são importantes para estudos demográficos, ecológicos, de especificidade hospedeira e de fluxo gênico de *C. includens* (Palma et al., 2015; Silva et al., 2019).

Seus ovos são globulares, com cerca de 0,5 mm de diâmetro e são de cor creme-clara logo a marrom-clara, depositados individualmente pela fêmea de *C. includens* principalmente na face inferior das folhas e na altura mediana superior do dossel (Mascarenhas e Pitre 1997; Moscardi et al., 2012) (Figura 1). Chapman (1982) enfatizou que a face inferior da folha é o local preferido para oviposição de muitos lepidópteros devido a menor a dessecação e exposição aos inimigos naturais. O período de desenvolvimento embrionário é de 2 a 5 dias e a viabilidade dos ovos varia entre 33 e 100% (Peterson, 1964; Barrionuevo e San Blas, 2016).



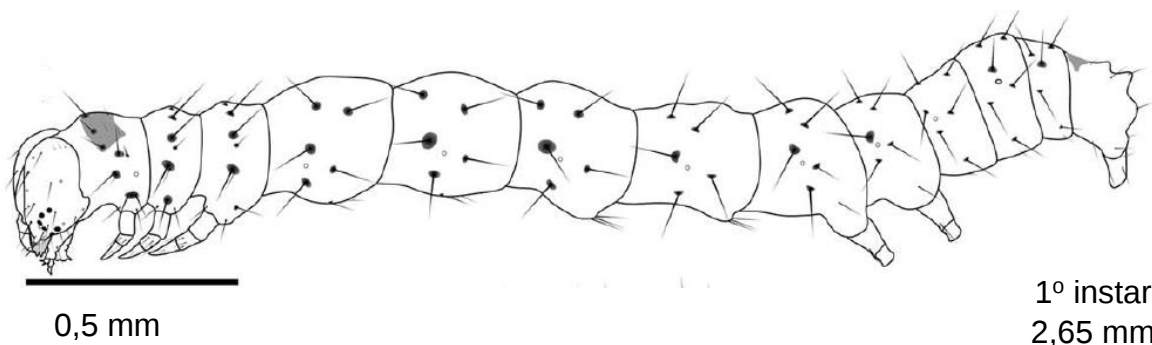
Figura 1. Ovos de *Chrysodeixis includens* (Moscardi et al., 2012).

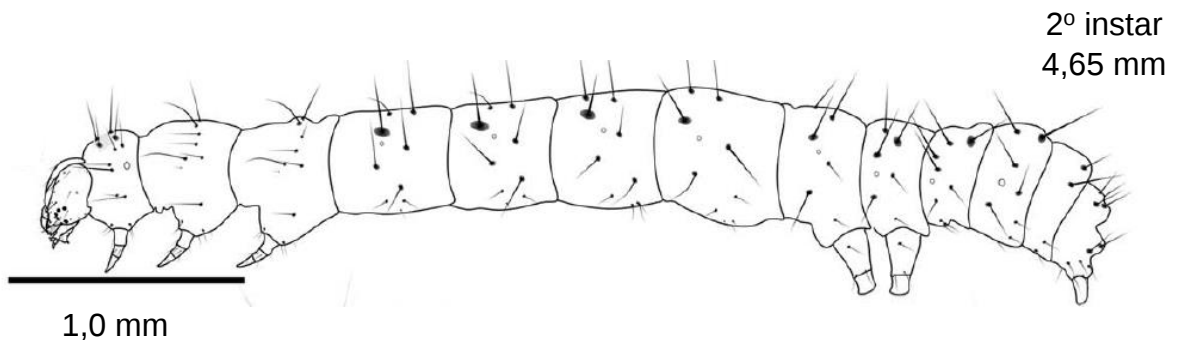
As lagartas de *C. includens* se desenvolvem em cinco a sete ínstares (Strand, 1990), normalmente seis, com duração da fase larval de 16,8 a 23,3 dias (Shour e Sparks, 1981; Barrionuevo e San Blas, 2016) (Figura 2). Elas possuem coloração verde-clara com listras longitudinais brancas e pontuações pretas, atingindo até 4,5 cm de comprimento no último estágio larval, cerca de 15 dias após a eclosão. No quinto e sexto ínstares apresentam a mesma forma, porém tamanho diferente, sendo 30% maior no último instar (Barrionuevo e San Blas, 2016).

As lagartas são do tipo eruciforme, com a cabeça hipognata distinta do corpo e aparelho bucal mastigador. Apresentam três pares de pernas torácicas, dois pares de falsas pernas e um par anal, fazendo com que, durante seu deslocamento, pareça "medir palmos", originando o nome comum de lagarta falsa medideira (Sosa-Gómez et al., 2014) (Figura 2). Esse movimento é semelhante ao das lagartas da família Geometridae (verdadeiras medideiras) (Hoffmann-Campo et al., 2000).

Barrionuevo et al. (2012) e Sosa-Gómez et al. (2014) destacaram a semelhança dessa lagarta com a de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae), de ocorrência mais no Paraguai, Bolívia, Argentina, Chile e Uruguai. *C. includens* possui dois dentes na face interna de sua mandíbula e presença de micro espinhos na região superior da inserção das pernas torácicas.

As lagartas de primeiro instar têm período de alimentação de dois dias em dieta de Burton (1969) e uma fase errante sem consumo de alimento de um a dois dias. Entre o segundo e penúltimo ínstares se alimentaram por dois dias com um dia de comportamento errático; após ao esvaziamento intestinal a lagarta se desloca para o topo do recipiente e constrói uma estrutura de seda para passar ao último instar (Shour e Sparks, 1981).





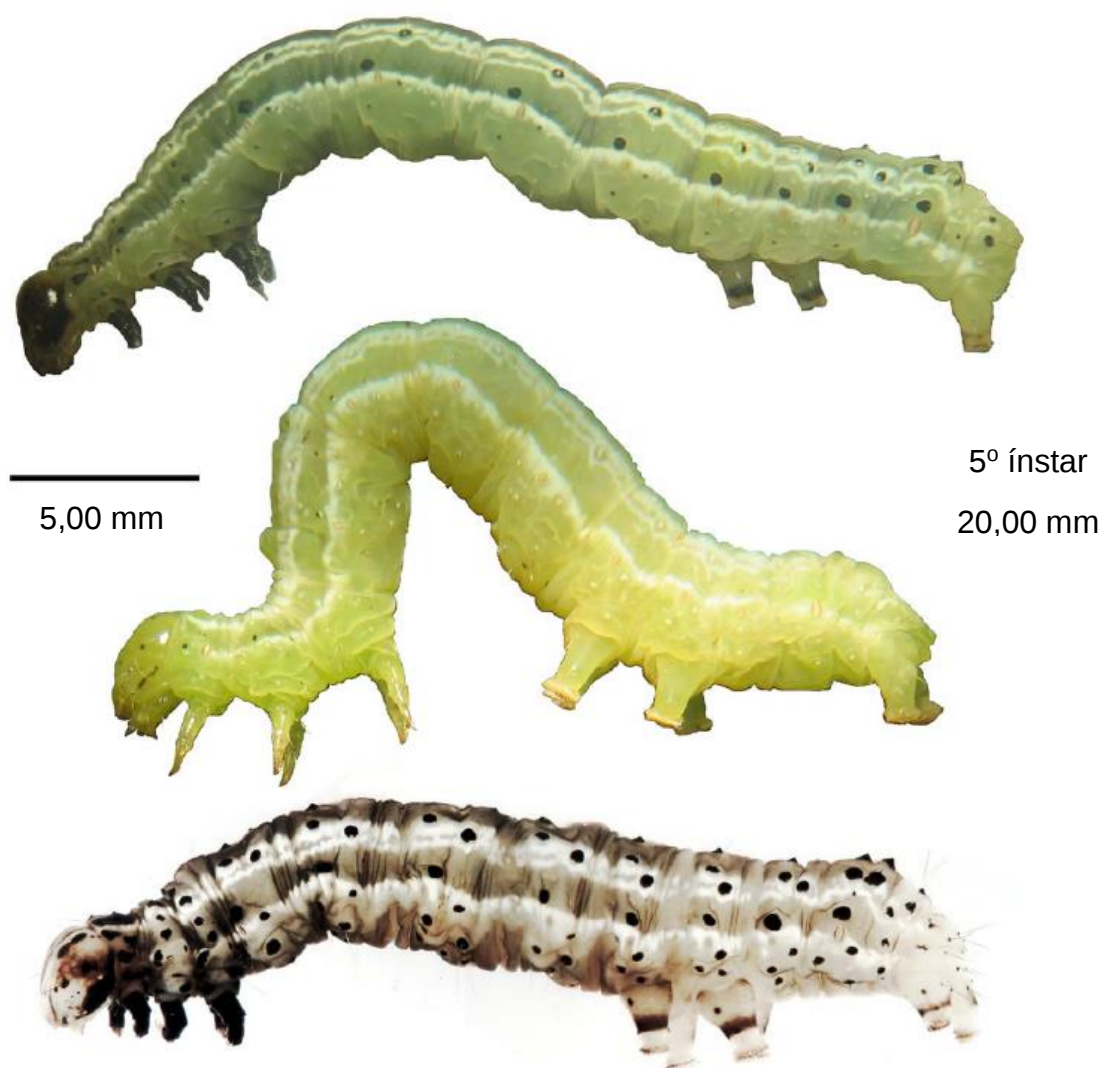


Figura 2. Lagartas de primeiro a quinto ínstar de *Chrysodeixis includens* (Barrionuevo e San Blas, 2016). Detalhe da variação de coloração no quinto ínstar.

Strand (1990) relatou incremento de massa de cerca de seis vezes a cada ínstar, variando de 0,23 a 2,78 gramas ao longo do estágio larval, e de acordo com Nyhout e Williams (1974), o período de comportamento errático, iniciado pela limpeza do intestino, ocorre 12 horas após a liberação do hormônio da ecdise, acompanhado da deposição de pigmento rosa monocromático ao longo do dorso e clareamento dos tecidos em volta do vaso dorsal do inseto. Andrade et al. (2016) observaram sobrevivência larval dessa espécie entre 85% e 98,33% em dietas artificiais e naturais (algodão, girassol e soja).

No início da fase de pré-pupa, caracterizado pelas acentuadas alterações no comportamento e no sistema hormonal do inseto, a lagarta cessa a alimentação e libera o último “pellet” fecal de coloração amarelo-brilhante, que é a indicação de que o inseto encontra-se nessa fase, quando então ocorre uma mudança da cor do tegumento, para verde-amarelada perda de mobilidade, encolhimento e, o enrolamento da lagarta nas folhas da planta hospedeira, tece um fino casulo de seda e transforma-se em pupa (Botelho et al. 2019).

A pupa é do tipo obtecta se localiza, em geral, na face abaxial das folhas (Sosa-Gómez et al., 2010). A pupa da fêmea é um pouco menor em comprimento (18,2 mm) do que a pupa do macho (18,6 mm) (Barrionuevo e San Blas, 2016). O estágio de pupa dura de sete a nove dias e a cor verde clara dos primeiros dias torna-se marrom clara quando perto da emergência do adulto (Figura 3). A coloração da pupa varia de acordo com a alimentação da lagarta, sendo que lagartas alimentadas com folhas resultam em pupas de coloração esverdeada (Shour e Sparks, 1981).

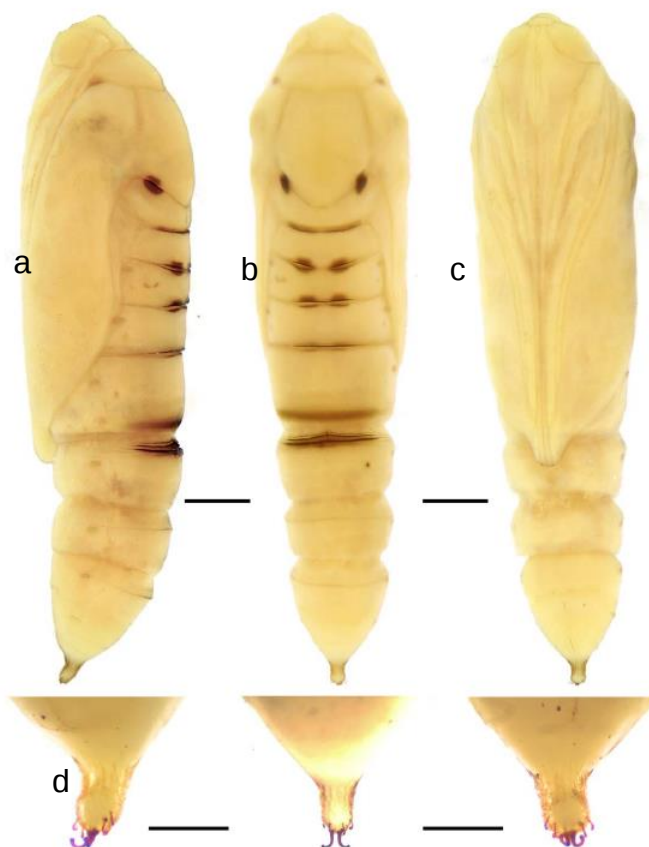


Figura 3. Pupa de *Chrysodeixis includens*: vista lateral (a), vista dorsal (b), vista ventral (c) cremaster (d). Escala das barras = 2 mm (a, b, c) and 1 mm (d) (Barrionuevo e San Blas, 2016).

Os adultos de *C. includens* são mariposas com 3,5 cm de envergadura de asas, dispostas em forma inclinada. As asas anteriores são de coloração escura, com duas manchas prateadas brilhantes na parte central do primeiro par, com as asas posteriores marrons (Sosa-Gómez et al., 2010). As asas posteriores possuem as nervuras M3, M2 e CuA1 convergentes, tendo as asas anteriormente, geralmente com um ponto escuro na franja da célula M2 (Figura 4).

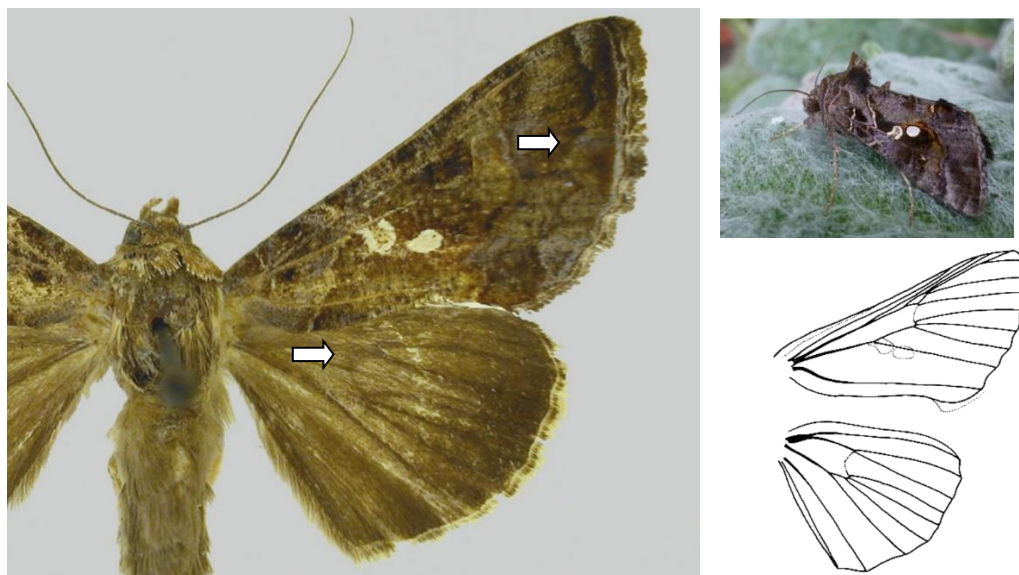


Figura 4. Caracteres de identificação de adulto de *Chrysodeixis includens* e sua venação alar. <https://www.ndsu.edu/ndmoths/ndmoths/keys/Noctuidkey/Plusiinaekey-16.htm>

A longevidade dos adultos de *C. includens* é de 15 dias e o período de ovo à emergência do adulto varia de 27 a 34 dias. O acasalamento ocorre, normalmente, entre 22h e 4h em condições de temperatura e umidade favoráveis. Cada fêmea oviposita, em média, 700 ovos durante quatro dias, podendo variar entre 320 a 1.300 ovos (Barrionuevo et al., 2012; Moscardi et al., 2012). O principal período de oviposição na soja coincide com a fase de formação das vagens (R3-R4) e o enchimento de grãos (R5) (Wisch, 2011; Luz et al., 2019). Jensen et al. (1974) relataram que os adultos se alimentam de néctar, importante fonte de energia para a oviposição e migração.

2.2 Prejuízos causados por *Chrysodeixis includens*

Chrysodeixis includens é altamente polífaga pois se alimenta de 174 espécies de plantas de 39 famílias botânicas, entre elas várias culturas de importância econômica, destacando-se a soja, sua principal hospedeira para alimentação e oviposição nas Américas (Beach e Todd, 1988; Barrionuevo et al., 2012; Specht et al., 2015; Moonga e Davis, 2016). Além da polifagia, Santos et al. (2017) e Stacke et al. (2020) ressaltaram a alta capacidade reprodutiva e elevada capacidade de dispersão como características marcantes dessa espécie.

As lagartas pequenas (primeiro ao terceiro ínstar) selecionam folhas novas, com baixo teor de fibras (Jensen et al., 1974; Kogan e Cope, 1974), enquanto as mais desenvolvidas tornam-se menos exigentes, passando a se alimentar de folhas mais velhas, mais fibrosas (Strayer e Greene, 1974). Embora em todos os ínstares as lagartas de *C. includens* se alimentem de folhas, o consumo entre do terceiro até o último estágio representa cerca de 97% do consumo total (Trichilo e Mack, 1989).

No Brasil, as lagartas pequenas, assim como as grandes de *C. includens* têm sido frequentemente encontradas no terço inferior das plantas e de folhas tenras de ramos secundários de soja e algodão (Wisch, 2011; Zulin et al., 2018). No primeiro e segundo ínstares apenas raspam as folhas, enquanto, a partir do terceiro conseguem perfurá-las, deixando, entretanto, as nervuras centrais e laterais intactas. Devido a esse hábito as folhas ficam com aspecto rendilhado, diferente do ataque de outros desfolhadores (Zanardo, 2010; Perini et al., 2020) (Figura 5).



Figura 5. Aspecto rendilhado característico das folhas de soja decorrente do ataque da lagarta falsa medideira, *Chrysodeixis includens* (Zanardo, 2010; Perini et al., 2020).

O consumo total médio de folhas de soja por lagartas de *C. includens* varia de 64 cm² a 200 cm² (Trichilo e Mack, 1989; Bueno et al., 2011; Barrionuevo et al., 2012; Huff, 2020). Essa variação, também observada para outros lepidópteros, ocorre devido às diferenças nos tipos de folhas utilizadas nos estudos. Por exemplo, do quarto ao sexto ínstar as lagartas de *C. includens* consumiram cerca de 80% a mais de área foliar em soja (cultivar Bragg), semeada em casa de vegetação do que as alimentadas com folhas completamente desenvolvidas da mesma cultivar, coletadas em campo. Isto pode estar associado às diferentes espessuras das folhas (Trichilo e Mack, 1989). Huff (2020) relatou que a desfolha causada pela lagarta falsa medideira foi de 1,72; 1,19; 4,66; 3,87 e 9,52 cm² do primeiro ao quinto ínstar. Além disso, as lagartas de último ínstar consumiram quase 10 vezes mais folhas (216,8 mg) que aquelas de primeiro ínstar (28,9 mg).

Hamadain e Pitre (2002) constataram que o dossel denso de plantas favorece a oviposição de *C. includens*. Além disso, os autores ressaltaram que esse fato dificulta a penetração dos inseticidas em comparação ao um dossel menos adensado. Porém, Parcianello et al. (2004) demonstraram que o adensamento de plantas de soja (20 cm entre linhas), mesmo com desfolha, não resulta em redução de rendimento.

Os surtos de *C. includens* parecem ser maiores em agroecossistemas de soja e algodão. Estudos realizados na Louisiana (EUA) demonstraram um aumento na longevidade, oviposição e frequência de cópulas, quando foi fornecido o néctar das flores de algodoeiro para adultos de *C. includens*. Isso pode explicar, em parte, a maior população de *C. includens* em soja quando existe área de algodão nas proximidades (Jensen et al., 1974). Situação semelhante pode ocorrer no Brasil Central, com a sobreposição de áreas de cultivo de soja e algodão (Bernardi, 2012).

No Brasil, surtos de *C. includens* são detectados com frequência no oeste da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, faltando informações sobre a mobilidade dessa espécie nas condições tropicais, plantas hospedeiras e locais que *C. includens* habita durante a entressafra da soja (Moscardi et al., 2012; Zulin et al., 2018). Moraes et al. (1991), relataram que a ocorrência de *C. includens* é maior nos estágios de floração e desenvolvimento das vagens da soja, sendo comum surtos após períodos de seca (Carvalho et al., 2012).

Os primeiros registros de *C. includens* foram relacionados com as safras de 1986/1987 e 1987/1988 na cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, nas cidades de Arroio Grande, Capão do Leão, Cruz Alta, Santa Rosa e Passo Fundo (Moraes et al., 1991).

Na década de 1990 essa praga permaneceu na condição de praga secundária da soja, porém a partir de 2000 aconteceram relatos frequentes de aumento da sua incidência. Nas safras de 2000/2001 e 2001/2002 a explosão populacional de *C. includens* foi devida a mudança no sistema produtivo no cultivo da soja, pela aplicação de inseticidas não seletivos que, além de eliminar os inimigos naturais, selecionam indivíduos resistentes aos inseticidas (Bueno et. al., 2007).

Nas safras seguintes, de 2002/2003 e 2003/2004, a maior parte dos estados produtores de soja relataram surtos de *C. includens*, associados ou não com a lagarta da soja, *Anticarsia gemmatilis* Hubner 1818 (Lepidoptera: Erebidæ) (Bueno et al., 2007). Nesses locais, a praga passou a ter a classificação de praga-chave da cultura da soja onde era controlada naturalmente pelo fungo *Metarhizium rileyi* (Farlow). Com a disseminação do fungo *Pakopsora pachyrhizi* (Sydow e P. Sydow), causador da ferrugem asiática na safra de 2001/2002, as aplicações de fungicidas não seletivos nas lavouras se tornaram mais frequentes, e em consequência, houve diminuição da ocorrência dos fungos entomopatogênicos, levando ao aumento da densidade populacional de *C. includens* (Bueno et al., 2007).

Na safra 2014/2015 também aconteceram ataques severos de *C. includens* na maioria dos Estados produtores de soja, com destaque para o Paraná. Segundo dados da Embrapa Soja, em janeiro e fevereiro de 2015 a escassez de chuvas, altas temperaturas e baixa umidade do ar em grande parte das regiões produtoras, foi constatado o aumento populacional da praga e reduziu ação dos inimigos naturais.

Grigolii et al. (2016) ressaltaram que a lagarta falsa medideira é a principal lagarta da cultura da soja Mato Grosso do Sul. Seu ataque pode causar desfolha severa e redução drástica da produtividade. Uma das grandes dificuldades de seu controle está associada o local que as lagartas se encontram na cultura. O terço inferior das plantas é o mais habitado quando a temperatura está elevada, o que dificulta que o inseticida aplicado atinja o alvo.

No Paraná, Conte et al. (2017) constataram na safra 2016/17 a ocorrência de *C. includens*, associada à da lagarta da soja, *A. gemmatilis*, com maior ocorrência da lagarta falsa medideira no final da fase vegetativa. Porém, na safra 2018/2019, *C. includens* foi a lagarta de maior ocorrência na região sudoeste e noroeste do Paraná (Conte et al., 2019). Os autores ressaltaram que essa maior ocorrência no final do ciclo vegetativo seguiu a tendência observada nos últimos anos nesse Estado.

No Estado de Santa Catarina, De Moraes (2018) constatou que *C. includens* foi a espécie mais frequente na cultura da soja na região do Alto Vale do Itajaí, representando 74% dos espécimes coletados entre janeiro e fevereiro. Nesse caso, as lagartas foram coletadas semanalmente, durante 10 semanas a partir de 30 dias após a emergência e em quatro áreas de cultivo de soja na localidade do Rio Batalha, no município de Ituporanga (região do Alto Vale do Itajaí) durante a safra 2016/2017.

Na região do cerrado brasileiro, Luz et al. (2019) estudaram a presença de noctuídeos na soja entre dezembro de 2015 e março de 2016. Dentre as 1.058 lagartas coletadas na soja convencional, 785 (74,2%) foram identificadas como *C. includens*, sendo 22% de lagartas pequenas, 26% de tamanho médio e 52% de lagartas grandes. Na soja Bt, essa espécie também foi a principal (57,61%), mas com a coleta de somente 53 indivíduos. No mesmo ano, Fidelis et al. (2019) constataram que *C. includens* foi a espécie mais frequente na cultura da soja em Roraima.

2.1.3 Controle de *Chrysodeixis includens*

O elevado grau de polifagia de *C. includens* deve ser considerado no seu manejo. Por exemplo, Specht et al. (2019) relataram que essa espécie apresentou desenvolvimento satisfatório tanto em soja como em nabo forrageiro, portanto deve-se ter especial atenção ao manejo dessa praga em regiões onde é feita a rotação com soja no verão e nabo forrageiro no inverno.

Entretanto, os mesmos autores ressaltaram que a rotação de culturas com o nabo forrageiro pode servir como estratégia de manejo da evolução da resistência em áreas com soja Bt, uma vez que no nabo forrageiro são raras as aplicações de inseticidas, o que favorece o desenvolvimento de populações de *C. includens* suscetíveis, o que poderia funcionar como um “reservatório” de insetos suscetíveis,

bem como área de refúgio. Também, o nabo forrageiro é atraente aos inimigos naturais (parasitoides e predadores), o que é de extrema importância para a dinâmica populacional dos artrópodes presentes nas áreas de rotação de soja Bt com nabo forrageiro.

Os programas de manejo integrado de pragas da soja (MIP-Soja) requerem precisas e rápidas determinações dos níveis populacionais dos artrópodes-praga presentes nas lavouras, sendo o acompanhamento da população das pragas, através das amostragens realizadas, de fundamental importância. Se efetuado de forma incorreta, haverá sempre o risco de decisões equivocadas quanto ao uso de agrotóxicos, antecipando-se aplicações dispensáveis ou deixando de fazer aquelas necessárias (Correa-Ferreira, 2012).

Para um bom monitoramento, as amostragens devem representar a realidade de campo, ser ao acaso e bem distribuídas na área, sendo indicado o número mínimo de seis amostragens para áreas (talhões) de até 10 hectares, oito amostragens para áreas de 11 a 30 hectares e o mínimo de 10 amostragens para áreas superiores a 30 hectares, respeitando-se o tamanho máximo de 100 hectares. Cada talhão deve ser uma área homogênea quanto à data de semeadura, topografia/relevo, cultivar, nível de fertilidade e manejo (Corrêa-Ferreira et al., 2017).

Na amostragem com pano de batida para *C. includens* deve-se dar atenção especial ao período reprodutivo, normalmente na parte mediana ou baixeira da planta. O controle deve ser efetuado quando a amostragem resultar em média superior a 20 lagartas grandes ($>1,5$ cm) por m^2 ou então 30% de desfolha antes do florescimento ou 15% a partir das primeiras flores (Conte et al., 2017).

Entretanto, devido ao tipo de dano nas folhas afetar indiretamente a produção, o percentual de desfolha, o número de lagartas e a perda em kg/ha, normalmente, não seguem relação direta e proporcional nas diferentes cultivares de soja. Nesse sentido, os níveis de controle para *C. includens* estão sendo reavaliados nos Estados Unidos e deveriam também ser revalidados nas condições brasileiras. Alguns trabalhos americanos relatam que 12 lagartas de *C. includens* coletadas em 25 amostragens com rede entomológica, ou 9,6 lagartas/ m^2 amostradas com pano de batida seriam suficientes para causar 20% de desfolha. Isso representa um nível de tolerância extremamente baixo para as condições atuais e requer uma reavaliação dos níveis de

controle utilizados no Brasil, o que pode aumentar a frequência e dose das aplicações de inseticidas (Perini et al., 2020). O manejo de *C. includens* no Brasil é baseado no uso de inseticidas, plantas Bt que expressam a proteína inseticida Cry1Ac de *B. thuringiensis* e de baculovirus (Bernardi, 2012; Conte et al., 2019; Perini et al., 2019; Stacke et al., 2020).

Pereira et al. (2018), em estudo realizado em Viçosa-MG (Brasil), ressaltaram que 99,99% dos espécimes de *C. includens* morreram de causas naturais, e a principal delas foi o controle biológico, especialmente por formigas e vespas predadoras, no segundo e quarto instares larvais, respectivamente. Portanto, o controle biológico natural de *C. includens* deve ser levado em conta na implementação de táticas de controle dessa praga. Historicamente, existem vários relatos de ocorrência expressiva de inimigos naturais em *C. includens*, como o realizado por Richman et al. (1980), onde foi constatada a ocorrência natural de 16 espécies de predadores da lagarta falsa medideira, principalmente de hemípteros da família Nabidae.

2.1.3.1 Controle químico de *Chrysodeixis includens*

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) tem registrados 95 inseticidas para o controle de *C. includens*. Essa praga é de difícil controle no estágio reprodutivo da soja, pois nesse período o dossel está fechado e, como dito anteriormente, as lagartas ocorrem predominantemente nas partes inferior e médio das plantas (Wisch, 2011; Zulin et al. 2018). Além disso, os trabalhos de Cox et al. (1972) e; Ávila et al. (2019) ressaltaram que o controle dessa espécie na soja tem sido difícil por se tratar de uma espécie tolerante à inseticidas normalmente recomendados para o manejo de lagartas na soja.

Essa dificuldade leva os produtores a aumentarem a dose ou o número de aplicações, o que tem impacto negativo sobre os inimigos naturais (Panizzi et al., 1977; Gazzoni et al., 1988; Bueno et al., 2012; Pereira et al., 2018). Entre as classes de inseticidas utilizados para controle de *C. includens*, estão as diamidas, os reguladores de crescimento, os fosforados e os carbamatos (Agrofit, 2020).

Para o controle eficiente dessa praga com inseticidas deve-se distribuir e depositar a calda inseticida nas partes média e inferior da planta, pois além das

lagartas se localizarem na sua maior proporção no terço médio da planta, elas preferem a face abaxial dos folíolos (Zulin et al. 2018). O bico leque deve ser utilizado na aplicação e se não houver indução de ar grande parte do produto fica em cima da folha. O bico cone quebra mais a gota, que borbulha, ventila e desce para a parte mediana e inferior, onde se localizam a maioria das lagartas (Grigolli, 2016).

Durante o período mais quente do dia, entre 10h e 16h, a maioria das lagartas se desloca da parte média para a parte inferior das plantas. Porém, nos horários de temperaturas mais amenas (6h, 8h, 18h e 20h), elas retornam para a parte mediana e superior das plantas de soja. Nesses horários a parte superior apresenta maior quantidade de lagartas do que nos outros períodos. Pode-se inferir que uma eventual pulverização na cultura deve ser realizada bem cedo ou ao anoitecer, quando o contato da praga com os inseticidas poderá ser maior, com maior eficiência de controle da praga (Zulin et al., 2018).

A população desta praga aumenta a partir dos 48 dias após a emergência das plantas de soja, o que reforça que as aplicações de inseticidas no pré-fechamento do dossel devem ser realizados com produtos com efeito residual, como os reguladores de crescimento diflubenzuron, teflubenzuron, novaluron e/ou lufenuron (Grigolli, 2016). Entretanto, Stacke et al. (2019) relatam a baixa suscetibilidade de populações de *C. includens* ao teflubenzuron e novaluron.

Os melhores resultados com inseticidas foram obtidos por Grigolli (2016), quando a população de *C. includens* estava baixa (7 a 10 lagartas por metro de linha), e com os produtos lambda-cialotrina + clorantraniliprole (100 g i.a ha⁻¹), indoxacarbe (400 g i.a ha⁻¹), flubendiamide (70 g i.a ha⁻¹ e 100 g i.a ha⁻¹), metomil (800 g i.a ha⁻¹ e 1200 g i.a ha⁻¹), metomil + diflubenzuron (800 g i.a ha⁻¹ + 120 g i.a ha⁻¹), metomil + teflubenzuron (800 g i.a ha⁻¹ + 150 g i.a ha⁻¹), tiodicarbe (150 g i.a ha⁻¹), clorpirifós (1000 g i.a ha⁻¹), acefato (1000 g i.a ha⁻¹), clorantraniliprole (50 g i.a ha⁻¹ + 70 g i.a ha⁻¹), clorantraniliprole + diflubenzuron (50 g i.a ha⁻¹ + 120 g i.a ha⁻¹), clorantraniliprole + teflubenzuron (50 g i.a ha⁻¹ + 150 g i.a ha⁻¹), clorfenapir (800 g i.a ha⁻¹), bifentrina (500 g i.a ha⁻¹) e espinoteram (100 g i.a ha⁻¹).

Porém, segundo o mesmo autor, quando as aplicações foram realizadas com alta população de lagartas (mais de 20 por metro de linha), os tratamentos lambda-cialotrina + clorantraniliprole (120 g i.a ha⁻¹ + 120 g i.a ha⁻¹), indoxacarbe (400 g i.a ha⁻¹)

¹), espinoteram (100 g i.a ha⁻¹ e 150 g i.a ha⁻¹), clorfenapir (800 g i.a ha⁻¹), clorantraniliprole + triflubenuron (70 g i.a ha⁻¹ e 150 g i.a ha⁻¹) e espinoteram (100 g i.a ha⁻¹ e 150 g i.a ha⁻¹) apresentaram maior eficiência de controle.

Ávila et al. (2019) ressaltaram que 15 após a aplicações do indoxacarbe + novaluron (48 g i.a ha⁻¹ + 16 g i.a ha⁻¹); indoxacarbe + novalurom (36 g i.a ha⁻¹ + 12 g i.a ha⁻¹); indoxacarbe + novalurom (48 g i.a ha⁻¹ + 16 g i.a ha⁻¹); indoxacarbe + novalurom (60 g i.a ha⁻¹ + 20 g i.a ha⁻¹); flubendiamida (28,8 g i.a ha⁻¹), flubendiamida (48 g i.a ha⁻¹) causaram reduções significativas da população da lagarta em relação a testemunha, com níveis de controle variando de 80,6 a 91,7%. Porém, considerando todas as avaliações realizadas no ensaio, apenas os tratamentos contendo os inseticidas indoxacarbe + novalurom apresentaram eficiência agrônômica, especialmente para o controle de lagartas grandes.

Da Silva (2017) avaliou a toxicidade residual e o efeito da chuva na eficácia dos inseticidas indoxcarb (30, 60 e 90 g i.a ha⁻¹), clorantraniliprole (5, 10 e 20 g i.a ha⁻¹), spinosade (36 g i.a ha⁻¹) e teflubenzuron (15 g i.a ha⁻¹). O autor constatou que não houve influência negativa da chuva sobre a mortalidade de lagartas de primeiro instar de *C. includens* e, que todos os tratamentos foram eficientes, com mortalidade acima de 80% até 15 dias após a aplicação dos tratamentos.

Vieira et al. (2019) avaliaram o efeito de inseticidas via tratamento de semente visando ao controle de *C. includens*. Os tratamentos ciantraniliprole + tiametoxam (60 g i.a ha⁻¹ + 70 g i.a ha⁻¹) e clorantraniliprole (62,5 g i.a ha⁻¹) quando aplicados nas sementes de soja, reduziram o consumo foliar, enquanto que o maior controle foi obtido nos tratamentos citados anteriormente, mais o tiametoxam (70 g i.a ha⁻¹).

Apesar dos resultados positivos com uso de inseticidas no manejo de *C. includens* descritos anteriormente, Perini (2018) constatou a baixa eficiência da maioria dos inseticidas testados em três anos consecutivos (2014 a 2016). Nesse caso, somente os inseticidas indoxicarbe (60 g i.a ha⁻¹) e clorfenapir (240 g i.a ha⁻¹) apresentaram os melhores resultados.

Os piretroides têm notável efeito de choque (Aktar et al., 2009), mas vários relatos de resistência de *C. includens* incluem a cipermetrina, permetrina, teflutrina, fenvalerato, acefato, metomil, paration-metil e tiodicarbe (Stacke et al., 2020). Além

da resistência aos piretróides, Boernel et al. (1992) relataram a resistência do inseto também a organofosforados e carbamatos.

Perini (2018) identificou os mecanismos de resistência em população de *C. includens*, do estado do Mato Grosso resistente ao piretróide lambda-cialotrina. Cinco diferentes mutações foram constatadas nos canais de sódio nessa população. Além disso, um processo de detoxificação de várias enzimas está super expresso e iniciou nas partes do aparelho bucal, continuando por todo intestino.

Posteriormente, Stacke et al. (2020) relataram que a razão de resistência de *C. includens* a lambda-cialotrina foi de 73,3 vezes, com a população resistente apresentando resistência cruzada para deltametrina e cipermetrina, com razões de resistência de 6,2 e 22,5 vezes, respectivamente, com os autores destacando o potencial desse inseto desenvolver resistência a outros piretroides.

Os resultados variáveis na suscetibilidade de *C. includens* a inseticidas descritos anteriormente podem também ser resultado da variabilidade populacional dentro da espécie. Essa variabilidade foi descrita em *Piezodorus guidinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) (Husch et al., 2018), *A. gemmatilis* (Yano et al., 2012); *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Monnerat et al., 2006) e *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (González-Cabrera et al. 2001). Nesse sentido, Mascarenhas e Boethel (1997) relataram suscetibilidade diferencial entre populações de *C. includens* nos EUA ao Bt.

2.1.3.2 Controle *Chrysodeixis includens* com soja Bt

Na safra de 2013/2014 iniciou no Brasil o plantio da soja transgênica que expressa a toxina Cry1Ac de *B. thuringiensis*, ou simplesmente denominada de soja Bt. Embora essa planta contenha alta dose dessa toxina para *A. gemmatilis* (Bernardi et al., 2012), também controla outras espécies de lagartas, inclusive *C. includens* (Bernardi, 2012; Yano et al., 2015; Luz et al., 2019), excetuando-se *Spodoptera* spp. e outras pragas da cultura, como os percevejos, ácaros e mosca-branca (Bueno e Silva, 2016). A soja Bt também não tem efeito em outras pragas com relato mais recente, como por exemplo *Peridroma saucia* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae), encontrada por Takahashi et al. (2019) em lavouras de soja no Estado do Paraná.

Posteriormente, outra tecnologia contendo as toxinas Cry1Ac e Cry1F foi testada e considerada altamente eficiente contra lepidópteros-praga da soja, como *A. gemmatilis*, *C. includens*, *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), bem como *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera, Pyralidae), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) (Marques et al., 2016; Marques et al., 2017). O governo chinês autorizou a importação dessa soja em junho de 2020.

É importante destacar que a utilização de cultivares de soja Bt não dispensa a utilização do MIP na cultura. Para o correto uso dessa tecnologia é necessário o mínimo 20% com área de refúgio, utilizando uma cultivar de soja convencional. A posição do refúgio deve permitir que as plantas de soja Bt fiquem a menos de 800 metros de distância do refúgio e tanto a área com a soja Bt, quanto a de refúgio, devem ser manejadas com o MIP-Soja, fazendo-se o monitoramento das lavouras e o controle no momento que a praga alcançar o nível de ação (Conte et al., 2019).

2.1.3.3 Controle *Chrysodeixis includens* com entomopatógenos

O uso de entomopatógenos no controle de pragas agrícolas deve ser realizado dentro de um programa de manejo integrado de pragas. Embora esses organismos se destaquem pela alta eficiência de controle (em torno de 80%), não possuem efeito de choque, são mais específicos e mais virulentos para os estádios iniciais das pragas. Portanto, a amostragem com objetivo de identificar a praga e conhecer a sua composição etária é essencial para o sucesso dos agentes de controle microbiano (Glare et al., 2012; Lacey et al., 2015).

Bacillus thuringiensis é uma bactéria que produz cristais que contêm as toxinas Cry ou delta-endotoxinas, responsáveis por grande parte da sua atividade inseticida (Angus, 1956; Glare e O'Callaghan, 2000; Chattopadhyay e Banerjee, 2018). Misturas de esporos e cristais, na forma de bioinseticidas, têm sido utilizadas com sucesso no controle de pragas agrícolas, especialmente da ordem Lepidoptera (Sanahuja et al., 2011; Polanczyk et al., 2017; Arthurs e Dara, 2019; Fernández-Chapa et al., 2019; Rao e Jurat-Fuentes, 2020).

A suscetibilidade de *C. includens* às toxinas Cry de Bt foi demonstrada na literatura (Morales et al., 1995; Crialesi-Legori et al., 2014; Yano et al., 2015; Mushtaq et al., 2017), com Van Frankenhuyzen (2009) destacando a suscetibilidade desse inseto a oito toxinas Cry. Três Bt bioinseticidas (Dipel®, Dipel WP® e Thuricide®) estão registrados no MAPA para o controle de *C. includens* no Brasil (Agrofit, 2020), sendo que esses produtos foram importantes para controlar surtos de *C. includens* e *H. armigera* na safra brasileira de 2013/2014 (Polanczyk et al., 2017).

Conte et al. (2016) ressaltaram que Bt bioinseticidas devem ser evitados em áreas de refúgio devido ao risco de resistência cruzada entre a toxina da soja Bt e aquelas dos Bt bioinseticidas. Entretanto, cabe ressaltar que Bt bioinseticidas possuem mais de uma toxina, por exemplo o Dipel® possui as toxinas Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac e Cry2Aa (Fu et al., 2008), que funcionam como diferentes ingredientes ativos no produto. Além disso, trabalhos recentes demonstraram a ausência de resistência cruzada entre as toxinas das plantas Bt e Bt bioinseticidas (Jakka et al., 2014; Ferral-Pina et al., 2015; Horikoshi et al., 2019; Souza et al., 2019).

Os vírus entomopatogênicos, principalmente Baculoviridae, são importantes táticas do Manejo Integrado de Pragas de lepidópteros-praga (Moscardi, 1999; Arthurs e Dara, 2019; Kumar et al., 2019; Valicente, 2019). Destaca-se o uso do *Baculovirus anticarsia* para o controle da lagarta da soja, como o maior programa de controle microbiano do mundo, utilizado em cerca de 2 milhões de hectares. Posteriormente, esse vírus foi utilizado no Paraguai e México, com estudos de campo na Argentina e Colômbia (Haase et al., 2015)

Cox et al. (1972) identificaram um vírus de poliedrose nuclear (VPN) causando epizootias em *C. includens* em Lousiana (EUA) em 1970. Morales et al. (1993) constataram a alta eficiência do vírus de *Autographa californica* (Speyer) (Lepidoptera: Noctuidae), considerado de amplo espectro contra lepidópteros para *C. includens*. Posteriormente, Souza et al. (2015) descreveram a ocorrência de um VPN nessa espécie do cerrado brasileiro, com mortalidade natural entre 10,6% e 31,2%.

A EMBRAPA Milho e Sorgo desempenhou papel importante na pesquisa sobre a produção em grande escala de bioinseticidas à base de vírus. Luiz et al. (2018) estudaram os principais parâmetros para a produção de VPN de *C. includens*. O mercado brasileiro tem três bioinseticidas a base de vírus registrados para o controle

de *C. includes* (Chrisogen[®], Surtivo Plus[®] e Surtivo Ultra[®]), sendo os últimos dois misturas de vários VPN's para ampliar o espectro de ação (Agrofit, 2020).

Muraro et al. (2019) avaliaram a suscetibilidade de populações de *C. includens* ao bioinseticida Chrysogen[®], baseado em VPN, denominado, sem constatar diferenças significativas de suscetibilidade entre 11 populações. Os autores também estabeleceram a concentração de $2,9 \times 10^8$ poliedros como discriminatório para estudos de resistência. Além disso, Godoy et al. (2019) relataram a falta de resistência cruzada entre esse bioinseticida e os inseticidas lambda-cyhalothrina e teflubenzuron em populações da lagarta falsa medideira resistentes a esses inseticidas. Dessa forma, esse bioinseticida pode ser utilizado no manejo da resistência de inseticidas a *C. includens*.

Embora os bioinseticidas não tenham o efeito de choque de alguns grupos de inseticidas (Glare et al., 2012; Lacey et al., 2015), característica importante no controle de pragas agrícolas (Aktar et al., 2009) e a Concentração Letal Média (CL₅₀) seja o indicativo mais utilizado para expressar do seu potencial tóxico (Shapiro-Ilan et al., 2005; Bel et al., 2019), os efeitos subletais desses produtos ou isolados/cepas de entomopatógenos em lagartas são relatados na literatura (Glare e O'Callaghan, 2000).

O efeito subletal se caracteriza pela alteração da fisiologia ou do comportamento em espécimes que sobrevivem a exposição de um agente de controle (Desneux et al., 2007). Esse efeito subletal é comumente e caracterizado pela redução do massa ou alteração na duração do estágio na fase larval e/ou pupal (Sharma et al., 1994; Polanczyk e Alves, 2005; Sedaratian et al., 2013; Rodrigues et al., 2018; Sahayaraj et al., 2018). Na fase adulta o efeito subletal pode causar redução na longevidade, na capacidade de oviposição e da massa do inseto (Mullock e Chandler, 2001; Liu et al., 2020), além de afetar o desenvolvimento da prole dos indivíduos sobreviventes (Espinel e Cotes, 2008; Yuan et al., 2018).

2.1.4 Compatibilidade entre inseticidas e Bt bioinseticidas

O agricultor utiliza mistura de produtos em tanque de pulverização devido a inviabilidade econômica de aplicar os agrotóxicos individualmente e ao alto custo operacional (Das, 2013; Krause, 2014; Gandini et al., 2020). Outro motivo para o uso

de misturas é aumentar o espectro de ação dos produtos, seja em número de espécies ou em fases de desenvolvimento (Cloyd, 2011). A associação de agrotóxicos e afins no tanque de aplicação pouco antes da pulverização é a definição para mistura em tanque formulada por Gazziero (2015). Em complemento a essa informação, Queiroz et al. (2008) afirmaram que o resultado da mistura pode ser aditivo, quando a eficiência do produto é igual ou similar a individual; sinérgico, quando um produto aumenta a eficiência do outro; e antagônico, quando um produto interfere negativamente na eficiência do outro. As duas primeiras situações determinam compatibilidade e a terceira incompatibilidade (Sirvi et al., 2013).

Cloyd (2011) detalhou esses conceitos, considerando sinergismo quando a toxicidade de um determinado inseticida aumenta pela adição de um menos tóxico ou de outro componente sinérgico, e antagonismo quando a mistura de dois ou mais inseticidas reduz a eficiência em relação às aplicações separadas de cada um deles ou quando a toxicidade combinada, quando aplicados juntos, é menor que a soma da de suas toxicidades individuais.

O uso de misturas de agrotóxicos em tanque de pulverização não é uma exclusividade da agricultura brasileira, com Schreiner et al. (2016) citando que a maioria das misturas de agrotóxicos na Alemanha, França, Holanda e EUA inclui entre dois e cinco produtos, podendo chegar a nove. Os autores ressaltaram que a maioria das misturas contém herbicidas e seus metabólitos.

As primeiras recomendações do Ministério da Agricultura no Brasil, em relação as misturas em tanque de pulverizador, foram retiradas em 1985 e, sem a sua proibição, esse procedimento passou a ser praticado sob a responsabilidade do agricultor, sem a necessidade da recomendação e acompanhamento de profissionais ou empresas (Lima, 1997; AENDA, 2011).

Em 2017 passou a valer a “Instrução Normativa para Regulamentação das Misturas em Tanques” com informações mais precisas (Gazziero, 2017). As recomendações de mistura em tanque devem ser feitas por instituições públicas ou privadas de ensino, de pesquisa ou de extensão rural, associação de produtores, cooperativas de agricultores, empresa produtora de agrotóxicos e afins (Brasil, 2017).

A publicação da normativa de 2017 trouxe a necessidade de maiores estudos sobre compatibilidade entre agrotóxicos, sejam eles biológicos ou químicos, para que

o agricultor tenha orientação correta sobre a mistura em tanque e para que os agrotóxicos sejam utilizados de forma otimizada em campo. Gazziero (2015) relata que 72% dos agricultores pesquisados declararam ter observado problemas com misturas em tanque, 65% afirmaram que as informações técnicas disponíveis não são suficientes para orientar a boa prática agrônômica da mistura e, enquanto 8% revelaram desconhecer essas orientações. A Universidade Estadual do Norte do Paraná, em conjunto com a EMBRAPA Soja e a Agro DBO disponibiliza *on line* tabelas de compatibilidade que levam informações corretas ao agricultor sobre as misturas em tanque de agrotóxicos (<https://www.portaldbo.com.br/tabela-de-compatibilidade/>). Esse é um exemplo de sucesso de extensão rural bastante significativo para o agricultor.

Posteriormente, a Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018 detalhou alguns procedimentos em relação a normativa anterior, em especial quanto a necessidade de descrever a mistura no receituário agrônômico bem como informações sobre incompatibilidade e determinada que é de competência e responsabilidade do engenheiro agrônomo a interpretação das recomendações.

A compatibilidade física entre os agrotóxicos pode ser avaliada pelo “teste da jarra”, que consiste em adicionar em um recipiente com água os produtos a misturar, numa ordem de acordo com o tipo de formulação, e na mesma diluição de campo, assim: 1) grânulos dispersíveis, pós-molháveis e suspensões concentradas; 2) concentrados emulsionáveis e formulações oleosas; 3) produtos solúveis em água; 4) agentes molhantes; 5) completar o volume de água. Deixar em repouso por duas horas e verificar, então, se há incompatibilidade física. A decantação de alguns produtos flutuantes ou em pó é normal; mas, caso exista dificuldade em “ressuspender” tais produtos, deve-se agitar a calda durante a aplicação (AENDA, 2020).

A compatibilidade biológica e seu efeito no controle de pragas é mais complexa de se avaliar. O efeito da interação dos agrotóxicos e os entomopatógenos pode variar em função da espécie/linhagem do patógeno, da natureza química dos produtos e das doses utilizadas. Essa interação pode inibir o crescimento vegetativo e a esporulação dos microrganismos, e até mesmo causar mutações genéticas. Além disso, a

presença de emulsificantes e outros inertes podem influenciar essa compatibilidade (Batista Filho et al., 2001).

Os estudos de compatibilidade de produtos químicos com bioinseticidas são normalmente feitos usando ensaios *in vitro* que avaliam o crescimento vegetativo ou sobrevivência do microrganismo e são projetados para imitar os tipos de exposição que ocorrem no campo (Schumacher e Poehling, 2012; Ribeiro et al., 2012). Entretanto, nos testes *in vitro* não são considerados alguns aspectos que minimizam ou anulam efeitos negativos em campo, como por exemplo, a deriva, diminuição gradativa da concentração do produto em função de fatores abióticos, ou mesmo a deposição irregular do produto no campo (Rossi-Zalaf et al., 2008).

No exterior, trabalhos de compatibilidade de Bt bioinseticidas e inseticidas são realizados há algumas décadas. Em trabalho clássico, realizado por Morris (1977) foi avaliada a compatibilidade de 27 inseticidas (organofosforados, carbamatos, inibidores de alimentação, piretrinas e derivados da ureia) com o bioinseticida Thuricide® 16B, para o controle de lepidópteros-praga. Dentre os 27 inseticidas testados apenas o Orthene®, Dylox®, Dimilin®, Lannate®, Sevin® e Zectran® foram compatíveis com o Bt bioinseticida, de acordo com os parâmetros germinação dos esporos e reprodução de células vegetativas.

Karim et al. (1999) avaliaram a compatibilidade de um isolado de Bt (CEMB Bt), promissor para o controle de *H. armigera*, com inseticidas de diversos modos de ação. Nesse caso, foi constatado efeito sinérgico quando foi utilizado o isolado de Bt com o inseticida Match®. Com relação a mesma praga, Khalique e Ahmed (2001) constataram sinergismo do bioinseticida Costar® (Bt *kurstaki*) com o inseticida Karate 2.5® (Lamda-cialotrina), em condições de laboratório.

A compatibilidade de inseticidas utilizados na cultura do arroz e cepas de Bt foi analisada por Pinto et al. (2012), com os inseticidas thiamethoxam, lambdacyhalothrin, malathion e fipronil compatíveis com seis cepas (Bt *dendrolimus*, Bt *kurstaki* HD-1, Bt *kurstaki* HD-73, Bt *thuringiensis* 144, Bt *kurstaki* ND-12 e Bt *entomocidus* 60.5) no controle de *S. frugiperda*, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae), *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) e *Oebalus poecilus* (DeGeer 1773) (Hemiptera: Pentatomidae).

Veiga (2014) avaliou a compatibilidade de Bt bioinseticidas (Dipel[®], Agree[®] e Xentari[®]) e inseticidas no controle de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gellechidae). Nenhum inseticida afetou o crescimento e esporulação do Bt, sendo que o Tracer[®] e Azamax[®] promoveram aumento do tamanho das colônias bacterianas. Da mesma forma, Amizadeh et al. (2015) constataram que somente o inseticida metaflumizone, prejudicou o desenvolvimento *in vitro* do Bt *kurstaki*. Os autores enfatizaram que o Bt pode, inclusive utilizar o inseticida como fonte de nutrientes para o seu crescimento, corroborando com os dados obtidos por Veiga (2014).

Além disso, o sinergismo e o antagonismo no controle da praga variaram em função do intervalo de aplicação entre os tratamentos. O efeito antagônico foi observado quando o Bt *kurstaki* foi aplicado logo após o inseticida e quando o mesmo foi aplicado 12 ou 24 horas após a aplicação do inseticida, sendo observado efeito sinérgico na maioria dos tratamentos. Esse efeito sinérgico pode ser devido ao fator estressante do inseticida sobre a praga, tornando-a mais suscetível ao Bt *kurstaki*.

Agostini et al. (2014) avaliaram a compatibilidade dos bioinseticida Dipel[®] e Agree[®] com o herbicida glifosato em cinco concentrações (1,00; 1,25; 1,50; 2,00 e 2,5 L ha⁻¹). A compatibilidade nesse caso foi expressa pelo crescimento bacteriano e, em nenhuma das concentrações foi constatado algum crescimento bacteriano. Portanto, foi constatado alto grau de incompatibilidade entre o herbicida e os bioinseticidas testados.

Abdullah (2019) constatou compatibilidade de bioinseticida a base de Bt (Dipel[®]) e os inseticidas clorfenapire, cipermetrina e metomil quando avaliado o crescimento de colônias *in vitro* e o controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em condições de laboratório.

Foi encontrado relato de estudo com mistura de inseticidas e bioinseticidas visando ao controle de *C. includens* realizado por Felland e Pitre (1990) nos EUA, onde os autores constataram sinergismo entre Dipel[®] e os inseticidas Larvin 3.2 AF[®], Lannate 1.8 L[®] e Sevil XLR 4 EC[®] em condições de campo. Estudos sobre essas misturas constituem uma importante lacuna para viabilizar o sucesso de agentes de controle microbiano de acordo com as premissas do MIP.

3. Referências bibliográficas

Abdullah RRH (2019) The side effect of commonly used chemical pesticides on entomopathogenic *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis* as biopesticides. **Egyptian Journal of Plant Protection and Research Institute** 2:1-8.

AENDA (2011) **Mistura em tanque**. Caderno Associação dos Defensivos Genéricos (AENDA). p. 1-11.

AENDA (2020) **Técnica e controle das misturas**. Disponível em: <https://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2018/02/artigo_tecnica-e-controle-das-misturas_aenda.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2020.

Agostini LT, Otuka AK, Silva EA, Baggio MV, Laurentis VL, Duarte RT, Agostini TT, Polanczyk RA (2014) Compatibilidade de produtos à base de *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911) com glifosato em diferentes dosagens, utilizado em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciencia et Praxis** 6:37-40.

Agrofit (2020) **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 06 set. 2019.

Aktar W, Sengupta D, Chowdhury A (2009) Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology** 2:1-12.

Amizadeh M, Hejazi MJ, Niknam G, Arzanlou M (2015) Compatibility and interaction between *Bacillus thuringiensis* and certain insecticides: perspective in management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology** 25:671–684.

Andrade K, Bueno AF, Silva DM, Stecca CS, Pasini A, Oliveira MCN (2016) Bioecological characteristics of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts. **Austral Entomology** 55:449–454. doi:10.1111/aen.12208

Angus TA (1956) Association of toxicity with protein-crystalline inclusions of *Bacillus sotto* Ishiwata. **Canadian Journal of Microbiology** 2:122-131.

Arthurs S, Dara SK (2019) Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. **Journal of Invertebrate Pathology** 165:13-21.

Ávila CJ, Cavalheiro BM, Silva IF (2019) Eficiência de inseticidas no controle de *Chrysodeixis includens* na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE. **Anais...** Curitiba: FUNEP. p. 1.

Barrionuevo MJ, Murúa MG, Goane L, Meagher R, Navarro F (2012) Life table studies of *Rachiplusia nu* (Guenée) and *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* (Walker)

(Lepidoptera: Noctuidae) on artificial diet. **Florida Entomologist** 95:944–951. doi:10.1653/024.095.0419

Barrionuevo M, San Blas G (2016) Redescription of immature stages of the soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae). **Canadian Entomologist** 1:1-13.

Batista Filho A, Almeida JEM, Lamas C (2001) Effect of thiamethoxam on entomopathogenic microorganisms. **Neotropical Entomology** 30:437-447.

Beach MR, Todd JW (1988). Oviposition preference of the soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) among four soybean genotypes differing in larval resistance. **Journal of Economic Entomology** 81:344–348. doi:10.1093/jee/81.1.344

Bel Y, Zack M, Narva K, Escriche B (2019) Specific binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ea toxin, and Cry1Ac and Cry1Fa competition analyses in *Anticarsia gemmatalis* and *Chrysodeixis includens*. **Scientific Reports** 9:18201. doi:10.1038/s41598-019-54850-3

Bernardi O (2012) **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 x MON 89788 no Brasil**. 144 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

Boernel DJ, Mink JS, Wier AT, Thomas JD, Leonard BR, Gallardo F (1992) Management of insecticide resistant soybean loopers (*Pseudoplusia Includens*) in the Southern United States. In: Copping LG, Green MB, Rees RT (Eds.). **Pest Management in Soybean**. Dordrecht: Springer, p. 66–87. doi:10.1007/978-94-011-2870-4_7

Botelho ABRZ, Silva IF, Avila CB (2019) **Aspectos biológicos da lagarta-falsa-medideira e sua criação em laboratório com dieta artificial**. Dourados: Embrapa, 25p. (Circular Técnica, 47).

Brasil (2017) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 148, de 26 de dezembro de 2017. **Estabelece critérios e procedimentos a serem adotados para recomendação de mistura em tanque de agrotóxicos e afins, e sua prescrição em receituário agrônomo**. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília.

Bueno AF, Silva DM (2016) Velhas inimigas. **Revista Cultivar** 17:28-31.

Bueno, RCOF, Parra JRP, Bueno AF, Moscardi F, Oliveira JRG, Camillo MF (2007) Sem barreira. **Revista Cultivar** 93:12-15.

Bueno RCOF, Bueno AF, Moscardi F, Parra JRP, Hoffmann-Campo CB (2011) Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science** 67:170-174.

Bueno AF, Sosa-Gómez DR, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F, Bueno RCOF (2012) Inimigos naturais das pragas da soja. In: Hoffmann-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (Eds.) **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa. p. 493-629.

Burton RL (1969) **Mass rearing the corn earworm in the laboratory**. Washington DC: USDA/ARS. p. 33-134.

Carvalho LC, Ferreira FM, Bueno NM (2012) Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta-falsa-medideira na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera-Centro Científico Conhecer**, 8:1021, 2012.

Chapman R F (1982) **The insects: structure and function**. Cambridge: Harvard University Press. 919p.

Chattopadhyay P, Banerjee G (2018) Recent advancement on chemical arsenal of Bt toxin and its application in pest management system in agricultural field. **3 Biotech** 8(4):201. doi:10.1007/s13205-018-1223-1.

Cloyd RA (2011) Pesticide Mixtures. In: Stoytcheva M (Ed.) **Pesticides - Formulations, Effects, Fate**. Rijeka: IntechOpen. p. 69-80.

Conte O, Oliveira FT, Harger N, Corrêa-Ferreira BS, Roggia S, Prando AM, Serrato CD (2017) **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2015/16 no Paraná**. Londrina: Embrapa. 62p. (Documentos, 375).

Conte O, Oliveira FT, Harger N, Corrêa-Ferreira BS, Roggia S, Prando AM, Possamai EJ, Reis EA, Marx EF (2019) **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2018/19 no Paraná**. Londrina: Embrapa, 65p. (Documentos, 416).

Corrêa-Ferreira BS (2012) Amostragem das pragas da soja. In: Hoffmann-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (Eds.) **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa. p. 632-672.

Corrêa-Ferreira BS, Prando AM, Oliveira AB, Marx E, Oliveira FT, Conte O, Roggia S (2017) **Caderneta de campo para monitoramento de insetos na soja**. Londrina: Embrapa. 16p.

Cox ME, Larson AD, Amborski RL (1972) Nuclear polyhedrosis virus of *Pseudoplusia includens*. **Journal of Invertebrate Pathology** 19:411–413.

Crialesi-Legori PCB, Davolos CC, Lemes ARN, Marucci SC, Lemos MVF, Fernandes OA, Desidério JA (2014) Interação de proteínas Cry1 e Vip3A de *Bacillus thuringiensis* para controle de lepidópteros-praga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 49:79-87.

Das SK (2013 ou 2014??) Scope and relevance of using pesticide mixtures in crop protection: a critical review. **International Journal of Environmental Science and Toxicology** 2(5):119-123.

Degrande PE, Vivian LM (2012) **Tecnologia e produção: Soja e Milho 2011/2012 – Pragas da soja**. Maracaju: Fundação MS, 52p. ...**não tem no texto!**

De Moraes J (2018) **Levantamento de lagartas desfolhadoras e percevejos pragas na cultura da soja na região do alto vale do Itajaí**. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Instituto Federal Catarinense, Rio do Sul.

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

Espinel C, Cotes A (2008) Sublethal effects of *Nomuraea rileyi* on development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **IOBC/WPRS Bulletin** 31:257-262.

Felland CM, Pitre HN (1990) Soybean looper control, Test 2, 1989. **Insecticide and Acaricide Tests** 15:276–277.

Fernández-Chapa D, Ramírez-Villalobos J, Galán-Wong L (2019) Toxic potential of *Bacillus thuringiensis*: An overview. In: Jia Y (Ed.) **Protecting rice grains in the post-genomic era**. Rijeka: IntechOpen. p. 1-22. doi:10.5772/intechopen.85756

Ferral-Pina J, Vilas Boas GFLT, Sosa-Gómez DR (2015) **Mortality of a HD-73 resistant strain of velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidæ) fed on Bt soybean**. In: RESISTANCE 2015, 2015, Harpenden, Hertfordshire, UK: Rothamsted Research. p. 72 ou 72p. Precisa acertar essa referência!

Fidelis EG, Negrini M, Pereira RS (2019) **Manejo integrado de lagartas-praga da soja em Roraima**. Boa Vista: Embrapa, 11p. (Comunicado Técnico, 89).

Fu Z, Sun Y, Xia L, Ding X, Mo X, Li X, Huang K, Zhang Y (2008) Assessment of protoxin composition of *Bacillus thuringiensis* strains by use of polyacrylamide gel block and mass spectrometry. **Applied Microbiology and Biotechnology** 79:875-878.

Gandini EMM, Costa ESP, Santos JB, Soares MA, Barroso GM, Corrêa JM, Carvalho AM, Zanuncio JC (2020) Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production** 268:122152. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122152

Gazziero DLP (2015) Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha** 33:83-92.

Gazzoni DL, Oliveira EB, Corso IC, Ferreira, BSC, Villas Boas GL, Moscardi F, Panizzi AR (1988) **Manejo das pragas da soja**. Londrina: Embrapa, 48p. (Circular Técnica, 5).

Glare TR, O'Callaghan M (2000) ***Bacillus thuringiensis***: biology, ecology and safety. Chichester: John Wiley & Sons. 350p.

Glare T, Caradus J, Gelernter W, Jackson T, Keyhani N, Köhl J, Marrone P, Morin L, Stewart A (2012) Have biopesticides come of age? **Trends in Biotechnology** 30:250–258.

Goater B, Ronkay L, Fibiger M (2003) **Noctuidae Europaeae** - Catocalinae & Plusiinae. v.10. Sorø: Entomological Press. 452p.

Godoy DN, Führ FM, Stacke RF, Muraro DS, Marçon P, Popham HJR, Bernardi O (2019) No cross-resistance between ChinNPV and chemical insecticides in *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Invertebrate Pathology** 164:66–68.

González-Cabrera J, Herrero S, Sayyed AH, Escriche B, Liu YB, Meyer SK, Wright DJ, Tabashnik BE, Ferre J (2001) Variation in susceptibility to *Bacillus thuringiensis* toxins among unselected strains of *Plutella xylostella*. **Applied and Environmental Microbiology** 67:4610-4613.

Grigolli JFJ (2016) **Pragas da soja e seu controle**. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/239/239/newarchive-239.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

Gröner A (1986) Specificity and safety of baculoviruses. In: Granados RR, Federici BA (Eds.). **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC. p. 177-202.

Haase S, Sciocco-Cap A, Romanowski V (2015) Baculovirus insecticides in Latin America: Historical overview, current status and future perspectives. **Viruses** 7:2230-2267.

Hamadain EI, Pitre HN (2002) Oviposition and larval behavior of soybean looper, *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean with different row spacings and plant growth stages. **Journal of Agriculture and Urban Entomology** 19:29–44.

Hoffmann-Campo CB, Moscardi F, Corrêa-Ferreira BS, Oliveira LJ, Sosa-Gómez DR, Panizzi AR, Corso IC, Gazzoni DL, Oliveira EB (2000) **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa-CNPSoja, 70p. (Circular Técnica, 30).

Horikoshi RJ, Bernardi O, Amaral FSAE, Miraldo LL, Durigan M, Bernardi D, Silva, SS, Omoto C (2019) Lack of relevant cross-resistance to Bt insecticide XenTari in strains of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) resistant to Bt maize. **Journal of Invertebrate Pathology** 161:1-6.

Huff MK (2020) **Refinement and validation of soybean looper (*Chrysodeixis includens*) (Walker) thresholds in Mississippi soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.)**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Mississippi State University. Starkville.

Husch PE, Ferreira DG, Seraphim N, Harvey N, Silva-Brandão KL, Sofia SH, Sosa-Gómez DR (2018) Structure and genetic variation among populations of *Euschistus heros* from different geographic regions in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 166:191-203.

Jakka SRK, Knight VR, Jurat-Fuentes JL (2014) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) with field-evolved resistance to Bt maize are susceptible to Bt pesticides. **Journal of Invertebrate Pathology** 122:52-54.

Jensen RL, Newson LD, Gibbens J (1974) Soybean Looper: effect of adult nutrition on oviposition, mating frequency and longevity. **Journal of Economic Entomology** 67:467-4760.

Karim, S, Murtaza M, Riazuddin S (1999) Field evaluation of *Bacillus thuringiensis*, insect growth regulators, chemical pesticide against *Helicoverpa armigera* (Huber) (Lepidoptera: Noctuidae) and their compatibility for Integrated Pest Management. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 2:320-326.

Khalique F, Ahmed K (2001) Synergistic effect between *Bacillus thuringiensis* (Berliner) and Lambda-cyhalotrin (pyrethroid) against chickpea pod borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) **Pakistan Journal of Biological Sciences** 9:1120-1123.

Kogan M, Cope D (1974) Feeding and nutrition of insects associated with soybeans 3. Food intake utilization, and growth in the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. **Annals of the Entomological Society of America** 67:66-72.

Krause ND (2014) Necessidades tecnológicas relacionadas a novos ingredientes ativos, formulações e da prática da realização de misturas de agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29. Gramado. **Palestra...** CdRoom.

Kumar KK, Sridhar J, Murali-Baskaran RK, Senthil-Nathan S, Kaushal P, Dara SK, Arthurs S (2019) Microbial biopesticides for insect pest management in India: Current status and future prospects. **Journal of Invertebrate Pathology** 165:74-81.

Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS (2015) Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology** 132:1-41.

Lima CF (1997) **Produtos fitossanitários: misturas em tanque**. Cascavel: Ocepar/Coodetec/ Associação Nacional de Defesa Vegetal. 13p. (Relatório Técnico).

Liu J-F, Zhang Z-Q, Beggs JR, Paderes E, Zou X, Wei X-Y (2020) Lethal and sublethal effects of entomopathogenic fungi on tomato/potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in capsicum, **Crop Protection** 129:105023. doi:10.1016/j.cropro.2019.105023.

Luiz CFC, Valicente FH, Dimate FR, Costa VHD, Melo IVP (2018) Otimização de parâmetros para a produção em larga escala de baculovirus para *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, Goiânia. (Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja:)...acho desnecessário) **Anais**, v.8. p. 175.

Luz PMC, Spech A, Paula-Moraes SV, Malaquias JV, Ferreira LFM, Otanásio PN, Diniz IR (2019) Owlet moths (Lepidoptera: Noctuoidea) associated with Bt and non- Bt soybean in the brazilian savanna. **Brazilian Journal of Biology** 79:248-256.

Magalhães BRDS, Sosa-Goméz DR, Dionísio JF, Dias FC, Baldissera JNDC, Rincão MP, Costa, R (2020) Cytogenetic markers applied to cytotaxonomy in two soybean pests: *Anticarsia gemmatilis* (Hübner, 1818) and *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858). **PLoS ONE** 15(3):e0230244. doi:10.1371/journal.pone.0230244

Marques LH, Castro BA, Rosseto J, Silca OABN, Moscardini VF, Zobiole, LHS, Santos AC, Valverde-Garcia P, Babcock JM, Rule DM, Fernandes OA (2016) Efficacy of soybean's event DAS-81419-2 expressing Cry1F and Cry1Ac to manage key tropical lepidopteran pests under field conditions in Brazil. **Journal of Economic Entomology** 96:1922–1928.

Marques LH, Santos AC, Castro, BA, Moscardini, VF, Rosseto J, Silva OAN, Zobiole, LHS, Valverde-Garcia P, Babcock JM, Storer NP, Rule DM, Fernandes OA (2017) Field evaluation of soybean transgenic event DAS-81419-2 expressing Cry1F and Cry1Ac proteins for the control of secondary lepidopteran pests in Brazil. **Crop Protection** 109:109–115.

Mascarenhas RN, Boethel DJ (1997) Responses of field-collected strains of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides using an artificial diet overlay bioassay. **Journal of Economic Entomology** 90:1117-1124.

Mascarenhas RN, Pitre HN (1997) Oviposition responses of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to varieties and growth stage of soybean. **Environmental Entomology** 26:76-83.

Monnerat RG, Queiroz P, Orduz S, Benitende G, Cozzi J, Real MD, Ibarra J, Bravo A (2006) Genetic variability in *Spodoptera frugiperda* Smith populations in Latin America is associated to variations in susceptibility to *Bacillus thuringiensis* Cry toxins. **Applied and Environmental Microbiology** 72:7029-7035.

Moonga MN, Davis JA (2016) Partial life history of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on summer hosts. **Journal of Economic Entomology** 109:1713-1719.

Moraes RR, Loeck AE, Belarmino LC (1991) Inimigos naturais de *Rachiplusia nu* (Grenée, 1852) e de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 26:57-64.

Morales L, Moscardi F, Gravena S (1993) Potencial do Baculovirus de *Autographa californica* no controle de *Chrysodeixes includens* e *Anticarsia gemmatilis* (Lep.: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 28:237-243.

Morales L, Moscardi F, Kastelic JG, Sosa-Gomez DR, Paro FE, Soldorio IL (1995) Suscetibilidade de *Anticarsia gemmatilis* Hubner e *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), a *Bacillus thuringiensis* (Berliner). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 24:593-598.

Morris ON (1977) Compatibility of 27 chemical insecticides with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. **The Canadian Entomologist** 109:855-864.

Moscardi F (1999) Assessment of the application of Baculoviruses for control of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology** 44:257-289.

Moscardi F, Bueno AF, Sosa-Gómez DR, Roggia S, Hoffmann-Campo CB, Pomari A F, Corso IC, Yano SAC (2012) Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: Hoffmann-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (Eds.) **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Londrina: Embrapa Soja. p. 213-334.

Mulock B S, Chandler LD (2001) Effect of *Beauveria bassiana* on the fecundity of western corn rootworm, *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). **BioControl** 22:16-21.

Muraro DS, Giacomelli T, Stacke RF, Godoy DN, Marçon P, Popham HJR, Bernardi O (2019) Baseline susceptibility of Brazilian populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to *C. includens* Nucleopolyhedrovirus and diagnostic concentration for resistance monitoring. **Journal of Economic Entomology** 112(1):349-354. doi:10.1093/jee/toy361

Mushtaq R, Behle R, Liu R, Niu L, Song P, Shakoori AR, Jurat-Fuentes JL (2017) Activity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ie2, Cry2Ac7, Vip3Aa11 and Cry7Ab3 proteins against *Anticarsia gemmatilis*, *Chrysodeixis includens* and *Ceratoma trifurcate*. **Journal of Invertebrate Pathology** 150:70-72.

Nyhout HF, Williams CM (1974) Control of moulting and metamorphosis in the tobacco hornworm, *Manduca sexta* (L.): growth of the last-instar larva and the decision to pupate. **Journal of Experimental Biology** 61:481-491.

Palma J, Maebe K, Guedes JVC, Smagghe G (2015) Molecular variability and genetic structure of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), an important soybean defoliator in Brazil. **PLoS ONE** 10(3):e0121260. doi:10.1371/journal.pone.0121260

Panizzi AR, Corrêa BS, Gazzoni DL, de Oliveira EB, Newman GG, Turnipseed SG (1977) **Insetos da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa, 23p. (Boletim Técnico, 1).

Parcianello G, Costa JA, Pires JLF, Rambo L, Saggin K (2004) Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural** 34:357-364.

Pereira RR, Neves DVC, Campos JN, Santana Júnior PA, Hunt TE, Picanço MC (2018) Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. **Bulletin of Entomological Research** 118(6):831-842. doi:10.1017/S000748531800007X

Perini CR (2018) **Eficiência de inseticidas químicos e identificação de mecanismos moleculares de resistência a piretroides em *Chrysodeixis includens* (lepidoptera: noctuidae)**. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Perini CR, Arnemann JA, Cavallin, LA, Guedes, GA, Marques RP, Valmorbida, I, Silva K, Feltrin NM, Puntel L, Froehlich R, Guedes JVC (2019) Challenges in chemical management of soybean looper (*Chrysodeixis includes*) using several insecticides. **Australian Journal on Crop Science** 13(10):1723-1730.

Perini CR, Stacke RF, Stacke RS, Froehlich R, Machado DN, Puntel L, Selli V, Ceolin M, Daltrozo WB, Guedes JC (2020) Controle químico da lagarta falsa medideira. **Cultivar** 251:18-21.

Peterson A (1964) Egg types among moths of the Noctuidae. **Florida Entomologist** 47:71-100.

Pinto LMN, Natália CD, Ribeiro APA, Salles SM, Oliveira JV, Menezes VG, Fiuza, LM (2012) *Bacillus thuringiensis* monogenic strains: screening and interactions with insecticides used against rice pests. **Brazilian Journal of Microbiology** 43:618-626.

Polanczyk RA, Alves SB (2005) Biological parameters of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) assayed with *Bacillus thuringiensis* Berliner. **Scientia Agricola** 62:464-468.

Polanczyk RA, van Frankenuyzen K, Pauli G (2017) The american *Bacillus thuringiensis* based biopesticides market. In: Fiuza LM, Polanczyk RA, Crickmore N (Eds.) ***Bacillus thuringiensis* and *Lysinibacillus sphaericus***. Characterization and use in the field of biocontrol. Berlin: Springer International Publishing. p. 173-184.

Poole RW (1989) Noctuidae. In: Heppner JB (Ed.) **Lepidopterorum Catalogus** (New Series). Gainesville: Scientific Publishers. 1314p.

Queiroz AA, Martins JAS, Cunha JPAR (2008) Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal** 24:8-19.

Rao T, Jurat-Fuentes J (2020) Advances in the use of entomopathogenic bacteria/microbial control agents (MCAs) as biopesticides in suppressing crop insect pests. In: Birch N, Glare T (Orgs.) **Biopesticides for sustainable agriculture**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing. p. 1-37.

Ribeiro RP, Blume E, Bogorni PC, Dequech STB, Brand SC, Junges E (2012) Compatibility of *Beauveria bassiana* commercial isolate with botanical insecticides utilized in organic crops in southern Brazil. **Biological Agriculture & Horticulture** 28:223-240.

Richman DB, Hemenway RC, Whitcomb WH (1980) Field cage evaluation of predators of the soybean looper, *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology** 9:315–317. doi:10.1093/ee/9.3.315

Rodrigues RHF, Silva LB, Rodrigues TF, Lopes GN, Carneiro E, Pavan BE (2018) Sublethal doses of insecticides affect the fecundity and fertility of the *Chrysodeixis includens*? **American Journal of Plant Sciences** 9:483-494.

Rolim AASG, Yano SAC, Specht A, Andrade CGTJ, Sosa-Gómez DR (2013) Morphological and molecular characterization of the eggs of some noctuid species associated with soybean in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America** 106:643-651.

Rossi-Zalaf LS, Alves SB, Lopes RB, Silveira Neto S, Tanzini M.R. (2008) Interação de micro-organismo com outros agentes de controle de pragas e doenças (2008 não) In: Alves SB, Lopes RB (Eds.) **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ. p. 279–302.

Sahayaraj K, Subash N, Allingham RW, Kuma V, Avery PB, Mehra LK, McKenzie CL, Osborne LS (2018) Lethal and sublethal effects of three microbial biocontrol agents on *Spodoptera litura* and its natural predator *Rhynocoris kumarii*. **Insects** 9(3):101. doi:10.3390/insects9030101

Sanahuja G, Banakar R, Twyman RM, Capell T, Christou P (2011) *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. **Plant Biotechnology Journal** 9:283–300.

Santos S, Specht A, Carneiro E, Paula-Moraes SV, Casagrande MM (2017) Interseasonal variation of *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) populations in the Brazilian Savanna. **Revista Brasileira de Entomologia** 61:294-299.

Schreiner VC, Szöcs E, Bhowmik AK, Vijver MG, Ralf B., Schäfer RB (2016) Pesticide mixtures in streams of several European countries and the USA. **Science of the Total Environment** 573:680–689.

Schumacher V, Poehling HM (2012) In vitro effect of pesticides on the germination, vegetative growth, and conidial production of two strains of *Metarhizium anisopliae*. **Fungal Biology** 116:121–132.

Sedaratian A, Fathipour Y, Talaei-Hassanloui R, Jurat-Fuentes JL (2013) Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: a carryover study on offspring. **Journal of Applied Entomology** 137:540-549.

Shapiro-Ilan DI, Fuxa JR, Lacey LA, Onstad DW, Kay HK (2005) Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology. **Journal of Invertebrate Pathology** 88:1-7.

Sharma S, Agarwal GP, Rajak R (1994) Pathophysiological alterations caused in *Heliothis armigera* by toxic metabolites of *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. **Indian Journal of Experimental Biology** 32:168–171.

Shour MH, Sparks TC (1981) Biology of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*: Characterization of last-stage larvae. **Annals of the Entomological Society of America** 74:531-535.

Silva CS, Cordeiro EMG, Correa AS (2019) Isolation and characterization of microsatellite markers for soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Science** 22:1–5.

Silva KB (2017) **Toxicidade residual de inseticidas utilizados para *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, e efeitos sobre o predador *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae)**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Escola de Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Sirvi SL, Jat AL, Choudhary HR, Jat N, Tiwari VK, Singh N (2013) Compatibility of bio-agents with chemical pesticides: an innovative approach in insect-pest management. **Popular Kheti** 1:62-67.

Sosa-Gómez DR, Corrêa-Ferreira BS, Hoffmann-Campo CB, Corso IC, Oliveira LJ, Moscardi F, Panizzi AR, Bueno AF, Hirose E (2010) **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSoja, 90p. (Documentos, 269).

Sosa-Gómez DR, Côrrea-Ferreira BS, Hoffmann-Campos CB, Corso IC, Oliveira LJ, Moscardi F, Panizzi AR, Bueno AF, Hirose E, Roggia S (2014) **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3ª ed. Londrina: Embrapa Soja. 100p.

Sosa-Gómez DR (2016) **Seletividade de agroquímicos para fungos entomopatogênicos**. Disponível em:<http://www.cnpso.embrapa.br/download/artigos/seletiv_fung.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016. Não encontrei no texto!

Souza ML, Sihler W, Sanches MM, Schmidt FV, Benito NP, Silva ML, Faria MR, Lopes RB (2015) **Ocorrência de Baculovírus em larvas de *Chrysodeixis includens* em cultivo de soja na região do cerrado**. Brasília: Embrapa-Cenargen. 19p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 313).

Souza CSF, Silveira LCP, Pitta RM, Waquil JM, Pereira EJJ, Mendes SM (2019) Response of field populations and Cry-resistant strains of fall armyworm to Bt maize hybrids and Bt-based bioinsecticides. **Crop Protection** 120:1-6. doi:10.1016/j.cropro.2019.01.001

Specht A, Paula-Moraes SV, Sosa-Gómez DR (2015) Host plants of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae, Plusiinae). **Revista Brasileira de Entomologia** 59:343–345.

Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VR, Valduga E, Gonzatti F, Schuh SM, Carneiro E (2019) Biotic potential and life tables of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Rachiplusia nu*, and *Trichoplusia ni* on soybean and forage turnip. **Journal of Insect Science** 19:1-8.

Stacke RF, Giacomelli T, Bronzatto ES, Halberstadt SA, Garlet CG, Muraro DS, Guedes JVC, Bernardi O (2019) Susceptibility of Brazilian populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology** 112:1378–1387.

Stacke RF, Godoy DN, Halberstadt SA, Bronzatto ES, Giacomelli T, Hettwer BL, Muraro DS, Guedes JVC, Bernardi O (2020) Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance, fitness costs and cross-resistance to other pyrethroids in soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection** 131:105096. doi:10.1016/j.cropro.2020.105096

Strand MR (1990) Characterization of larval development in *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America** 83:538-544.

Strayer J, Greene GL (1974) **Soybean insect management**. Cidade de publicação: Florida Cooperation Extension Service. 15p. (Circular, 395).

Takahashi TA, Nishimuraa G, Carneiro E, Foerster LA (2019) First record of *Peridroma saucia* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in transgenic soybeans. **Revista Brasileira de Entomologia** 63:199-201.

Tomquelski GV, Martins GLM, Dias TS (2015) Características e manejo de pragas da cultura da soja. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade** 2:61-82.

Trichilo PJ, Mack TP (1989) Soybean leaf consumption by the soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) as a function of temperature, instar, and larval weight. **Journal of Economic Entomology** 82:633-638.

Valicente FH (2019) **Entomophogenic Viruses**. In: Souza B, Vázquez LL, Marucci R C (Eds.) Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems. Basel: Springer Nature Switzerland. p. 235-244.

van Frankenhuyzen K (2009) Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. **Journal of Invertebrate Pathology** 101:1-16.

Veiga ACP (2014) **Compatibilidade entre produtos químicos e biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner no controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)**. 76 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal.

Vieira EC, Ávila CJ, Vivan LM, Vieira MCS, Silva PG, Silva I F (2019) Control of *Anticarsia gemmatilis* (Hübner: 1818) (Lepidoptera: Erebidæ) and *Chrysodeixis includens* (Walker: 1858) (Lepidoptera: Noctuidæ) through insecticides applied to soybean seeds. **Journal of Agricultural Science** 11:88-97.

Wisch LN (2011) **Flutuação populacional dos principais noctuídeos e distribuição vertical de ovos e lagartas na cultura da soja**. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

Yano SAC, Abreu AG, Zucchi MI, Brandão KLS, Sosa-Gómez DR (2012) **Variabilidade genética em populações de *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidæ) nas regiões produtoras de soja no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24. p.19.

Yano SAC, Specht A, Moscardi F, Carvalho RA, Dourado PM, Martinelli S, Head GP, Sosa-Gómez DR (2015) High susceptibility and low resistance allele frequency of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidæ) field populations to Cry1Ac in Brazil. **Pest Management Science** 72:1578-1584.

Yuan H-G, Wu S-Y, Lei Z-R, Silvia IR, Gao YY (2018) Sub-lethal effects of *Beauveria bassiana* (Balsamo) on field populations of the potato tuberworm *Phthorimaea operculella* Zeller in China. **Journal of Integrative Agriculture** 17(4):911-918. doi:10.1016/S2095-3119(17)61898-7

Zanardo ABR (2010) **Controle da lagarta falsa-medideira, *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidæ) utilizando o Vírus da Poliedrose Nuclear (PsinSNPV) (Baculoviridae)**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Escola de Agronomia Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

Zulin D, Avila CJ, Schlick-Souza EC (2018) Population fluctuation and vertical distribution of the soybean looper (*Chrysodeixis includens*) in soybean culture. **American Journal of Plant Sciences** 9:1544-1556.

CAPÍTULO 2 - A compatibilidade *in vitro* de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* e inseticidas influencia a mortalidade de *Chrysodeixis includens* em laboratório?

RESUMO - Inseticidas e Bt bioinseticidas são utilizados em mistura em tanque de pulverização visando aumentar a eficiência de controle de pragas e otimizar as operações agrícolas. O presente estudo objetivou avaliar em laboratório a compatibilidade *in vitro* de inseticidas e Bt bioinseticidas e relacionar com a mortalidade de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), importante praga da cultura da soja. A compatibilidade *in vitro* dos Bt bioinseticidas Dipel SC® e Thuricide PM® e oito inseticidas (Ampligo SC®, Avatar CE®, Belt SC®, Curyom CE®, Exalt SC®, Lannate SL®, Larvin 800 WG® e Prêmio SC®) foi avaliada em 74 tratamentos (combinações) com 15 repetições cada. Os parâmetros crescimento vegetativo (cm²) e esporulação (esporos.mL⁻¹) permitiram o cálculo de T, que classificam a interação em compatível, moderadamente tóxica, tóxica e muito tóxica. Posteriormente, para os testes de mortalidade suspensões contendo 3×10^8 esporos.mL⁻¹ de 82 tratamentos (72 combinações entre inseticidas e os bioinseticidas e estes isoladamente) foram testadas para lagartas de segundo ínstar de *C. includens*. A mortalidade foi avaliada um dia e sete dias após a aplicação dos tratamentos e relacionada com o índice T. Todos os inseticidas foram compatíveis *in vitro* com o Thuricide PM® e 45% deles foram compatíveis para o Dipel SC®, enquanto oito foram moderadamente tóxicos e muito tóxicos e 10 tóxicos. O inseticida Exalt SC® apresentou maior compatibilidade *in vitro* com os bioinseticidas Thuricide PM® e Dipel SC®. A mortalidade no primeiro dia foi afetada por todas as misturas, enquanto no sétimo dia a influência dos tratamentos foi menor. Nem sempre foi constatada correlação positiva entre os parâmetros de T e a mortalidade, o que demonstra que a compatibilidade *in vitro* não prediz a mortalidade em laboratório. Fatores como formulação dos produtos, especialmente em granulo dispersível, e seus inertes, bem como o modo de ação afetam a eficiência das misturas de produtos químicos e biológicos.

Palavras-chave: Mistura em tanque, lagarta falsa medideira, controle microbiano, controle químico.

CHAPTER 2 – The *in vitro* compatibility of *Bacillus thuringiensis* based biopesticides and pesticides can affect the *Chrysodeixis includens* mortality in the laboratory?

ABSTRACT - Pesticides and Bt based biopesticides are used in tank mixes mainly to increase pest control efficiency and optimize agricultural operations. The present study aimed to evaluate at laboratory the *in vitro* compatibility of pesticides and Bt biopesticides and to relate it to the mortality of *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), an important pest in soybean. The *in vitro* compatibility of Bt biopesticides Dipel SC® and Thuricide WP® and eight insecticides (Ampligo SC®, Avatar EC®, Belt SC®, Curyom EC®, Exalt SC®, Lannate LS®, Larvin 800 WG® and Prêmio SC®) was evaluated in 74 treatments (combinations) with 15 repetitions each. The vegetative growth (cm²) and sporulation (spores.mL⁻¹) parameters allowed the calculation of T, which classifies the interaction as compatible, moderately toxic, toxic and very toxic. Subsequently, for mortality tests, a suspension containing 3 x 10⁸ spores.mL⁻¹ from 82 treatments (72 combinations between pesticides and Bt biopesticides and these alone) was tested for second instar *C. includens* larvae. Mortality was assessed one day and seven days after the treatments and related to the T index. All pesticides were compatible *in vitro* with Thuricide WP® and 45% of them were compatible with Dipel CS®, while eight were moderately toxic and very toxic and 10 toxics. Exalt SC® was more compatible *in vitro* with both biopesticides. Mortality on the first day was affected by all mixtures while on the seventh day the influence of treatments was lesser. A positive correlation between T parameters and mortality has not always been found, which demonstrates that *in vitro* compatibility does not predict laboratory mortality. Factors such as product formulation, especially in water dispersible granules, and their inert as well as the mode of action affect the efficiency of mixing chemical and biological products.

Key words: tank mix, soybean looper, microbial control, chemical control.

1. INTRODUÇÃO

Bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner, ou Bt bioinseticidas, são utilizados na agricultura mundial, principalmente visando ao controle de lepidópteros-praga (Crickmore, 2006; Chattopadhyay et al., 2017; Sansinenea, 2019; Rao e Jurat-Fuentes, 2020). A seletividade desses produtos para inimigos naturais é uma das principais vantagens em relação ao controle químico (Sanahuja et al., 2011; Lacey et al., 2015). Entretanto, a sua baixa persistência, reduzido espectro de ação e problemas regulatórios têm limitado suas utilizações (Lacey e Goettel, 1995; Glare et al., 2012; Velivelli et al., 2014).

Apesar dessas limitações, os Bt bioinseticidas foram importantes para controlar os surtos de *Helicoverpa armigera* (Hübner) e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) em cerca de 9 milhões de hectares na safra brasileira de 2013/2014. Este volume comercializado tornou o Brasil o maior mercado mundial (Polanczyk et al., 2017), mas posteriormente, com o início do plantio da soja Bt, que expressa a toxina Cry1Ac, houve uma redução drástica no uso desses bioinseticidas (Dourado et al., 2016).

Chrysodeixis includens causa intensa desfolha e danos em vagens em soja (Moscardi et al., 2012; Tomquelski et al., 2015; Huff, 2020). O aumento da ocorrência dessa praga no Brasil tem relação com o uso de fungicidas para combater a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow), o que reduziu a incidência dos fungos entomopatogênicos que mantinham baixas as populações de *C. includens*, e com a aplicação de produtos não seletivos, principalmente em misturas com herbicidas visando a dessecação da cultura (Moscardi et al., 2012).

O controle desse inseto é difícil devido à sua tolerância a doses normalmente utilizadas para *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae), a preferência das lagartas pela região inferior das plantas, mais protegidas quanto a cobertura pelos inseticidas (Carvalho, 2012; Ávila et al., 2019). Além da tolerância de *C. includens* aos inseticidas utilizados no controle de outras pragas, existem relatos na literatura de resistência dessa espécie a inseticidas, particularmente no Estados Unidos da América do Norte. Nesse sentido, Boernel et al. (1992) relataram a resistência de *C. includens* a organofosforados e carbamatos naquele país, enquanto que, mais recentemente Perini (2018) e Stacke et al. (2020) reportaram essa resistência no Brasil a piretróides.

Mais de 60 inseticidas são recomendados para o controle dessa praga no Brasil (Agrofit, 2018), incluindo três Bt bioinseticidas (Dipel SC®, Dipel WG® e Thuricide PM®). O agricultor muitas vezes aplica os bioinseticidas em mistura de tanque com inseticidas convencionais visando aumentar o espectro de ação e a eficiência no controle da praga, reduzindo os custos de aplicação, otimizando a logística em grandes áreas e retardando a evolução da resistência de populações de pragas (Tabashnik, 1989; Singh et al., 2007; Das, 2013; Gandini et al., 2020).

No Brasil, o custo de aplicação de agrotóxicos na soja é em torno de R\$ 600,00 por hectare (Conab, 2020) e uma forma do agricultor aumentar seu lucro é reduzir custos. Portanto, uso de mistura de tanque de pulverizador é uma oportunidade para o agricultor aumentar o seu lucro, mas essa deve ser realizada respeitando a orientação técnica para alcançar os seus objetivos.

Gazziero (2015) relatou que 97% de 500 produtores brasileiros analisados utilizam mistura de agrotóxicos em tanque e que 95% utilizam de dois a cinco produtos na mistura. A maioria dos entrevistados (72%) desconhece ou considerou insuficientes as informações sobre misturas, e 99% desses demonstraram interesse em ter essas informações. Por outro lado, Schreiner et al. (2016) realizaram extensa pesquisa sobre o uso de misturas em tanque na Europa (França, Alemanha e Holanda) onde foram analisadas mais de 56 mil amostras. Os autores ressaltaram que a maioria das misturas usou entre dois e cinco componentes, podendo chegar até nove, com maior frequência de misturas de herbicidas e seus metabolitos.

Em 2017 e 2018 foram publicadas pelo governo brasileiro, normativas visando orientar, responsabilizar e informar de forma mais precisa o agricultor quanto ao uso de misturas de tanque (Gazziero, 2017). A partir de então as recomendações de mistura em tanque devem ser feitas por órgãos públicos e privados envolvidos na produção agropecuária (Brasil, 2017).

Os estudos iniciais de compatibilidade são normalmente feitos por meio de ensaios *in vitro* de crescimento microbiano (esporulação e crescimento vegetativo) ou sobrevivência durante a exposição a um agrotóxico (Pinto et al., 2012; Ribeiro et al., 2012; Schumacher e Poehling, 2012;). Outra forma de estudar a compatibilidade é misturar dois ou mais produtos e avaliar o efeito sinérgico, aditivo ou antagônico entre

eles em laboratório (Khalique e Khalique, 2005), semi-campo (Ziaei Madboun et al., 2017) ou campo (Batista Filho et al., 2001; Wakil et al., 2013).

Assim, o presente estudo tem a particularidade de relacionar a compatibilidade *in vitro* de Bt bioinseticidas e inseticidas com a mortalidade de *C. includens* em laboratório. Este estudo se faz necessário principalmente devido a interação dos modos de ação dos agentes de controle microbiano e químico e seu reflexo sobre os insetos e aos diferentes ingredientes ativos, fatores de virulência e inertes presentes nas formulações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para os testes de compatibilidade *in vitro* e mortalidade de *C. includens* foram utilizados os inseticidas e Bt bioinseticidas mais eficientes no controle dessa espécie (Grigoli, 2015) (Tabela 1). Para os testes de compatibilidade foram analisadas 72 combinações de dois produtos (um Bt bioinseticida e um inseticida) e de três produtos (um Bt bioinseticida e dois inseticidas) entre o Dipel SC® ou Thuricide PM® com inseticidas, mais os dois bioinseticidas, resultando em 74 tratamentos. Nos testes de mortalidade foram utilizadas as 72 combinações mais os oito inseticidas e dois bioinseticidas, totalizando 82 tratamentos (Tabelas 2 a 5).

2.1. Testes *in vitro* de compatibilidade de Bt bioinseticidas e inseticidas

O meio de cultura ágar nutriente (Kasvi®), utilizado como substrato, foi preparado com 23,0 gramas do Nutrient Agar® dissolvidos em 1 litro de água destilada, e autoclavado a 1 atm. por 40 minutos. Após atingir temperatura de 45°C, ponto em que o meio ainda não solidifica, o(s) inseticida(s) na dose descrita na Tabela 1 foi(ram) adicionado(s) e homogeneizado(s) ao meio de cultura com o auxílio de um agitador magnético. A seguir, esse meio foi vertido em placas de Petri (9,0 cm Ø), totalizando 15 repetições/placas para cada tratamento. O experimento foi composto de 72 combinações de Bt bioinseticidas e inseticida(s) mais os Bt bioinseticidas isoladamente. Para a testemunha foi utilizado somente Nutrient Agar®.

Após solidificação do meio contendo o(s) inseticida(s), foi inoculada uma alíquota de 5,0 µL da suspensão contendo Dipel SC® ou Thuricide PM® no centro da placa de Petri. Essa alíquota foi espalhada na superfície do meio com auxílio de uma

alça de Drigalski. A seguir, as placas inoculadas foram mantidas em câmaras de germinação (B.O.D.) por um período de sete dias, nas condições favoráveis ao desenvolvimento do Bt ($28 \pm 2^\circ\text{C}$), UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h. Sete dias após a inoculação, a área de cada colônia de cada placa/repetição (cm^2) foi copiada para folha sulfite A4 transparente e recortada com tesoura, sendo essa área foi mensurada com auxílio de um aparelho medidor de área foliar (modelo LI - 3100, Lincoln®).

Para a contagem dos esporos foram raspadas a(s) colônia(s) que se desenvolveu(ram) no meio de cultura mais inseticida(s). O material coletado foi transferido para tubos Falcon® com 10 mL de água estéril com adesivo (Tween 0,01%). Essa suspensão foi homogeneizada com auxílio de um agitador (Phoenix® Modelo AP56) por 60 segundos e 500 μL foram retirados para contagem dos esporos em câmara de Neubauer em microscópio ótico Zeiss® (Alves e Moraes, 1998).

2.2. Testes de mortalidade de *Chrysodeixis includens* em laboratório

Após o final do bioensaio anterior uma placa de Petri foi tomada aleatoriamente em cada tratamento para os testes de mortalidade de *C. includens*. A(s) colônia(s) que cresceram em meio de cultura mais inseticida(s) foram raspadas e transferidas para tubo com 10 mL de água destilada. O tubo foi agitado em vórtex para formar uma suspensão, ajustada para 3×10^8 esporos. mL^{-1} , com auxílio de câmara de Neubauer. A seguir, 75 μL da suspensão foi aplicada na superfície de dieta artificial (Greene et al., 1976) disposta em 20 potes plásticos transparentes de 5,0 cm x 2,0 cm, cada um com cinco lagartas de segundo ínstar de *C. includens*, totalizando 100 lagartas.

As lagartas utilizadas nos bioensaios foram provenientes de uma criação de laboratório (com 15 gerações), criadas segundo Botelho et al. (2019), no Laboratório de Controle Microbiano de Artrópodes Praga da FCAV/UNESP. Na testemunha foi aplicada água destilada, sendo os dois bioinseticidas utilizados como controles positivos. Os recipientes contendo as lagartas foram acondicionados em câmaras de germinação (B.O.D.) por um período de sete dias, ajustadas a condições favoráveis ao desenvolvimento do inseto ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 h de luz/12 h de escuro. A mortalidade foi avaliada no primeiro e sétimo dia após a aplicação dos tratamentos, sendo considerada morta a lagarta que não apresentava movimento quando tocada com pincel de cerdas macias (Nunes et al., 2019).

Tabela 1. Inseticidas e bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* utilizados nos testes de compatibilidade e mortalidade de *Chrysodeixis includens*¹

Marca comercial (ingrediente ativo)	Grupo Químico	Dose do produto comercial	Mecanismo de ação
1) Dipel SC® (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	Microbiano	400 mL.ha ⁻¹	Sistema digestivo
2) Thuricide PM® (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	Microbiano	375 g.ha ⁻¹	Sistema digestivo
3) Ampligo SC® (clorantraniliprole e lambda-cialotrina)	Antranilamida/Piretroide	62,5 mL.ha ⁻¹	Muscular e Neurotóxico
4) Avatar CE® (indoxacarbe)	Oxidiazina	400 mL.ha ⁻¹	Neurotóxico
5) Belt SC® (Flubendiamida)	Diamida	60 mL.ha ⁻¹	Muscular
6) Curyom CE® (lufenuron e profenofós)	Organofosforado e Benzoilureia	350 mL.ha ⁻¹	Neurotóxico e regulador crescimento
7) Exalt SC® (spinetoram)	Espinosinas	87,5 mL.ha ⁻¹	Neurotóxico
8) Lannate SL® (metomil)	Metilcarbamato de oxima	0,75 L.ha ⁻¹	Neurotóxico
9) Larvin WG 800® (tiodicarbe)	Metilcarbamato de oxima	175 g.ha ⁻¹	Neurotóxico
10) Prêmio SC® (clorantraniliprole)	Antranilamida	45 mL.ha ⁻¹	Muscular

SC: Suspensão Concentrada; PM: Pó Molhável; CE: Concentrado Emulsionável; WG: Granulado Dispersível; SL: Concentrado Solúvel. ¹ Volume de calda de 100 L.ha⁻¹

2.3. Análise dos dados

Os dados de mortalidade foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 0,05$) e homogeneidade das variâncias pelo teste de Brown-Forsythe ($\alpha = 0,05$). Quando necessário foram transformados de acordo com o teste de Box-Cox (TRANSREG procedure). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância através do modelo linear geral (PROC GLM Procedure) (one-way ANOVA), utilizando-se o software estatístico SAS® versão 9.4 (SAS, 2013). Quando significativo, as médias dos tratamentos classificados como compatíveis, moderadamente tóxicos, tóxicos e muito tóxicos a *B. thuringiensis* foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) pelo software estatístico Agroestat versão 1.1 (Barbosa e Maldonado Junior, 2015).

A classificação de compatibilidade foi realizada conforme Alves et al. (1998), onde os valores de T entre 0 e 30 caracterizam mistura muito tóxica, 31 a 45 tóxica, 46 a 60 moderadamente tóxica e acima de 60 compatível. Essa escala se baseia nos valores médios da porcentagem de esporulação e crescimento das colônias de *B. thuringiensis*, sendo os valores de T calculados com pela fórmula $(T = 20 * (CV) + 80 * (ESP) / 100)$, onde T = valor corrigido do crescimento vegetativo e esporulação para classificação do produto; CV = porcentagem de crescimento vegetativo em relação a testemunha; ESP = porcentagem de esporulação em relação a testemunha.

As análises de correlação linear foram realizadas entre o crescimento vegetativo, esporulação de Bt e a mortalidade acumulada das lagartas de *C. includens* utilizando o coeficiente de correlação de Pearson (CORR Procedure) pelo software estatístico SAS® versão 9.4.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes de compatibilidade *in vitro* foram obtidas 8 combinações de 2 produtos (um Bt bioinseticida e um inseticida) e 28 combinações de três produtos (um Bt bioinseticida e dois inseticidas) para cada bioinseticida, resultando em 72 tratamentos. Dipel SC® foi compatível em três tratamentos com um inseticida e em 13 com dois. Entre os três tratamentos nos quais o Dipel SC® foi compatível

com um inseticida em dois deles (Dipel SC® + Exalt SC® e Dipel SC® + Avatar CE®) não houve redução na mortalidade de *C. includens* sete dias após a aplicação dos tratamentos, enquanto que para a interação Dipel SC® + Belt SC® a mortalidade foi reduzida para 38%. (Tabelas 2 e 3). Os demais tratamentos foram classificados como tóxicos (11), com redução da mortalidade em nove deles; moderadamente tóxicos (6), com redução da mortalidade em 50% deles; ou muito tóxicos (3), com redução da mortalidade em dois deles (Tabelas 4 a 6); com Dipel SC® foram obtidas 31 interações compatíveis e 19 tóxicas (Tabela 7).

O inseticida Exalt SC® apresentou maior compatibilidade *in vitro* com ambos os bioinseticidas (Tabelas 2 a 7). Thuricide PM® foi compatível com todos os inseticidas, apresentando valores de T entre 67,35 e 1.630, crescimento vegetativo entre 9,64 e 66,62 cm², esporulação entre 1,05 x 10⁷ esporos.mL⁻¹ e 3,70 x 10⁸ esporos.mL⁻¹ (Tabelas 2,3 e 7).

O fato do Thuricide PM® ter apresentado maior compatibilidade *in vitro* do que o Dipel SC® indica superioridade da primeira formulação em relação à segunda. Esse fato foi observado por Dalacosta (2019) em formulações de *Trichoderma harzianum* Rifai, (1969) (Hypocreales: Hypocreaceae). Segundo o autor, somente a formulação PM foi compatível com ingredientes ativos Tiram/Carbendazin + Imidacloprido/Tiodicarbe e Tiofanato Metílico/Fluazinam + Bifentrina/Imidacloprido, enquanto que a formulação suspensão concentrada (SC) foi incompatível. Knowles (2007) ressaltou que os polímeros da formulação SC são à base de celulose como, por exemplo gomas naturais e polissacarídeos, sendo essas substâncias sensíveis ao ataque bacteriano. Na literatura vários trabalhos destacam a atividade antimicrobiana da *B. thuringiensis* (Djenane et al., 2017; Martinez-Zavala et al., 2020), portanto o Bt pode ter degradado a formulação SC.

Por outro lado, a compatibilidade do Exalt SC® com ambos os Bt bioinseticidas pode estar relacionada ao ingrediente ativo (spinoteram), o qual que foi relatado como compatível com outros produtos e ingredientes ativos (Rajasekar e Mallapur, 2017; Rumbos et al., 2018; Atanu et al., 2019). Pode-se inferir que a formulação Exalt SC® possui preservativos que evitam o ataque de microrganismos (Knowles, 1995), enquanto que a do Dipel SC® não possui essas substâncias. Isso pode ser justificado pelo fato do produto Exalt SC® ser mais

moderno, lançado no mercado brasileiro em 2014, enquanto que com o Dipel SC® isso ocorreu em 2005 (Agrofit, 2020).

Nos testes de mortalidade foram utilizados os 72 tratamentos dos testes de compatibilidade mais os inseticidas e bioinseticidas individualmente, totalizando 82 tratamentos. A mortalidade acumulada de *C. includens* para todos os inseticidas e Bt bioinseticidas testados isoladamente foi de 100%, mas variou no primeiro dia conforme o produto. Para os bioinseticidas Dipel SC® e Thuricide PM®, sem efeito de choque, a mortalidade de *C. includens* no primeiro dia ficou entre 0% e 22,00%. Para os inseticidas Ampligo SC®, Avatar CE®, Curyom CE®, Exalt SC®, Lannate LS® e Larvin 800 WG®, com efeito de choque, a mortalidade no primeiro dia de avaliação foi de 89,00%, 78,00%, 77,00%, 69,00%, 61,00% e 80,00%, respectivamente. Neste caso não houve diferença significativa entre os inseticidas químicos e biológicos, ocorrendo diferença significativa entre esses tratamentos e os produtos que não apresentam efeito de choque (Belt SC® e Prêmio SC®), com 24,00% e 43,00% de mortalidade de *C. includens* no primeiro dia, respectivamente (Tabela 2).

A Tabela 7 quantifica as interações compatíveis, moderadamente compatíveis, tóxicas e muito tóxicas entre os inseticidas e Bt bioinseticidas, sem considerar a quantidade de produtos na interação (um Bt bioinseticida e um ou 2 inseticidas), de acordo com os valores de T. É esperado que as interações classificadas como compatíveis resultem em manutenção da eficiência do controle de praga ou até mesmo promovam seu incremento, mas quando se relacionam os resultados de crescimento vegetativo e esporulação com mortalidade (Tabelas 2 a 5 e 7), essa premissa não é necessariamente verdadeira.

Isso fica bastante evidente na Tabela 3, onde em 13 tratamentos compatíveis *in vitro* na combinação Thuricide PM e inseticidas houve redução da mortalidade de *C. includens*, sendo as reduções mais severas (24%, 13% e 16%) constatadas em três interações do Thuricide PM® + Larvin 800 WG® em combinação com Avatar CE® ou Exalt SC® ou Curyom CE®, respectivamente.

Nas 16 combinações compatíveis *in vitro* com Dipel SC® e um ou dois inseticidas (valores de T entre 60,90 e 119,14), somente o tratamento Dipel SC® + Ampligo SC® + Exalt SC® apresentou crescimento vegetativo inferior ao Dipel

SC[®] (14,70 cm²), com nenhuma mistura resultando em esporulação superior ao Dipel SC[®] ($7,23 \times 10^8$ esporos.mL⁻¹). Em seis tratamentos (Dipel SC[®] + Avatar CE[®] + Belt SC[®], Dipel SC[®] + Belt SC[®], Dipel SC[®] + Larvin 800 WG[®] + Belt SC[®], Dipel SC[®] + Larvin 800 WG[®] + Lannate LS[®], Dipel SC[®] + Larvin 800 WG[®] + Exalt SC[®] e Dipel SC[®] + Avatar CE[®]) o crescimento vegetativo (cm²) aumentou em torno de 400%, mas isso não resultou em correlação positiva consistente para o crescimento vegetativo x mortalidade, constatando-se, ao contrário uma relação negativa entre os dois parâmetros ($r = -0,6786$; $p = 0,0020$) (Tabela 8).

A esporulação (esporos.mL⁻¹) variou de $4,5 \times 10^6$ (Dipel SC[®] + Avatar CE[®] + Belt SC[®]) a $7,1 \times 10^8$ (Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Exalt SC[®]), com a maioria dos tratamentos bem próximos ao Dipel SC[®], com fraca correlação positiva para a mortalidade x esporulação ($r = 0,4812$; $p = 0,0432$) e forte interação negativa para crescimento vegetativo e esporulação ($r = -0,7067$; $p = 0,0010$) (Tabela 8).

As combinações moderadamente tóxicas entre Dipel SC[®] e inseticidas foram constatadas com Dipel SC[®] + Lannate LS[®], Dipel SC[®] + Curyom CE[®], Dipel SC[®] + Curyom CE[®] + Exalt SC[®], Dipel SC[®] + Curyom CE[®] + Avatar CE[®], Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] e Dipel SC[®] + Prêmio SC[®]. O crescimento vegetativo, na maioria das vezes, superior ao do Dipel SC[®], oscilou entre 14,57 cm² e 30,00 cm², enquanto a esporulação variou entre $8,50 \times 10^7$ esporos.mL⁻¹ e $3,43 \times 10^8$ esporos.mL⁻¹. Baseado nesses valores, o T variou entre 46,69 e 59,83 (Tabela 4). De uma forma geral, houve correlação forte positiva para o crescimento vegetativo x esporulação ($r = 0,7128$; $p = 0,1766$), crescimento vegetativo x mortalidade ($r = 0,9812$; $p = 0,0031$) e esporulação x mortalidade ($r = 0,7240$; $p = 0,1677$), embora significativo somente para o crescimento vegetativo x mortalidade (Tabela 8). Nesse caso, o crescimento vegetativo está relacionado com a atividade inseticida das misturas.

Interações tóxicas foram constatadas em 11 combinações de Dipel SC[®], com crescimento vegetativo inferior ao Dipel SC[®] em Dipel SC[®] + Larvin 800 WG[®] + Ampligo SC[®], Dipel SC[®] + Larvin 800 WG[®] + Avatar CE[®], Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Curyom CE[®] e Dipel SC[®] + Larvin 800 WG[®], especialmente para o primeiro caso com apenas 4,02 cm². Para as demais combinações o crescimento vegetativo foi superior ao Dipel SC[®].

Tabela 2. Interações compatíveis entre Dipel SC[®], Thuricide PM[®] e inseticida(s), considerando índice T da escala proposta por Alves et al. (1998) e sem redução na mortalidade total de *Chrysodeixis includens* no primeiro e último de avaliação.

Tratamento	Crescimento vegetativo (cm ²)	Esporulação (esporos.mL ⁻¹)	Valor de T	Mortalidade (%)	
				1º Dia ²	7º Dia ²
Dipel SC [®]	14,70	7,23 x 10 ⁸	-	0.00±0.00e	100.00±0.00a
Dipel SC [®] +Prêmio SC [®] + Lannate SL [®]	20,66	2,97x10 ⁸	60,90	06.00±2.58c	97.00±1.91a
Dipel SC [®] +Avatar CE [®] +Prêmio SC [®]	22,77	3,27x10 ⁸	67,16	02.00±1.15d	100.00±0.00a
Dipel SC [®] + Prêmio SC [®] +Exalt SC [®]	19,03	3,89x10 ⁸	68,90	14.00±2.00b	100.00±0.00a
Dipel SC [®] +Avatar CE [®] +Belt SC [®]	52,63	4,50x10 ⁶	72,10	03.00±1.00d	98.00±2.00a
Dipel SC [®] +Belt SC [®] +Exalt SC [®]	38,50	1,77x10 ⁸	72,96	07.00±1.00c	100.00±0.00a
Dipel SC [®] +Exalt SC [®]	19,41	4,40x10 ⁸	75,08	02.00±1.15d	99.00±1.00a
Dipel SC [®] +Lannate SL [®] +Avatar CE [®]	18,30	6,40x10 ⁸	95,70	17.00±3.00b	100.00±0.00a
Dipel SC [®] +Avatar CE [®] +Exalt SC [®]	29,60	5,16x10 ⁸	97,37	09.00±1.91c	99.00±1.00a
Dipel SC [®] +Avatar CE [®]	61,74	2,62x10 ⁸	112,90	09.00±4.43c	98.00±1.15a
Dipel SC [®] +Curyom CE [®] + Prêmio SC [®]	33,90	6,60x10 ⁸	119,14	28.00±1.63b	100.00±0.00a
Thuricide PM [®]	13,39	1,85 x 10 ⁷	-	22.00±3.46b	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Ampligo SC [®] +Belt SC [®]	14,60	1,05x10 ⁷	67,35	08.00±1.63c	99.00±1.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®] + Prêmio SC [®]	12,68	1,36x10 ⁷	77,75	09.00±1.00c	99.00±1.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®] +Avatar CE [®]	7,860	1,55x10 ⁷	78,76	11.00±4.72c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Ampligo SC [®] + Prêmio SC [®]	14,90	1,50x10 ⁷	87,85	09.00±1.00c	100.00±0.00a

Thuricide PM [®] +Avatar CE [®] +Exalt SC [®]	14,26	1,75x10 ⁷	96,97	22.00±5.03b	98.00±1.15a
Thuricide PM [®] +Ampligo SC [®] +Exalt SC [®]	11,40	2,20x10 ⁷	112,12	09.00±1.00c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®]	9,64	3,80x10 ⁷	178,70	28.00±5.88a	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®] +Ampligo SC [®]	13,71	4,70x10 ⁷	226,00	08.00±1.63c	
Thuricide PM [®] +Larvin 800 [®] +Ampligo SC [®]	9,66	7,00x10 ⁷	317,13	06.00±1.15c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Ampligo SC [®] +Lannate SL [®]	13,35	8,40x10 ⁷	383,00	09.00±3.41c	95.00±1.91a
Thuricide PM [®] +Belt SC [®] +Lannate SL [®]	21,80	1,13x10 ⁸	521,20	09.00±2.51c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] + Prêmio SC [®] +Exalt SC [®]	17,88	1,40x10 ⁸	632,06	06.00±1.15c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®] +Belt SC [®]	10,88	1,50x10 ⁸	664,90	12.00±5.88c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] + Prêmio SC [®]	18,37	1,84x10 ⁸	823,00	09.00±2.51c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®] +Lannate SL [®]	14,70	2,11x10 ⁸	933,00	07.00±2.51c	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Exalt SC [®] +Lannate SL [®]	15,76	2,24x10 ⁸	991,50	09.00±1.00c	94.00±1.15a
Thuricide PM [®] +Belt SC [®] +Exalt SC [®]	37,75	2,47x10 ⁸	1.124,40	06.00±1.15c	97.00±3.00a
Thuricide PM [®] +Ampligo SC [®]	14,44	2,80x10 ⁸	1.231,00	13.00±4.43c	99.00±1.00a
Thuricide PM [®] +Belt SC [®] + Prêmio SC [®]	20,22	2,87x10 ⁸	1.262,20	06.00±1.15c	99.00±1.00a
Thuricide PM [®] +Avatar CE [®] +Lannate SL [®]	19,77	3,31x10 ⁸	1.461,40	0.00±0.00e	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Avatar CE [®] + Prêmio SC [®]	16,64	3,51x10 ⁸	1.542,70	17.00±1.91b	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Curyom CE [®] +Exalt SC [®]	20,50	3,70x10 ⁸	1.630,00	23.00±4.43b	100.00±0.00a
Ampligo SC [®]	-	-	-	89.00±3.78a	100.00±0.00a
Avatar CE [®]	-	-	-	78.00±6.21a	100.00±0.00a

Belt SC [®]	-	-	-	24.00±6.73b	100.00±0.00a
Curyom CE [®]	-	-	-	77.00±4.72a	100.00±0.00a
Exalt SC [®]	-	-	-	69.00±3.41a	100.00±0.00a
Lannate SL [®]	-	-	-	61.00±6.60a	100.00±0.00a
Larvin 800 WG [®]	-	-	-	80.00±4.32a	100.00±0.00a
Premium SC [®]	-	-	-	43.00±11.12a	100.00±0.00a
Controle	-	-	-	0.00±0.0e	00.00±0.00f
				$F_{62,189} = 11.33$	$F_{62,189} = 79.33$
				$p < 0.0001$	$p < 0.0001$

* Crescimento igual ao diâmetro da placa de Petri. Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$). ¹ Transformado em $\log(x)+1$. ² Transformado em x^2 .

Tabela 3. Interações compatíveis entre Dipel SC[®], Thuricide PM[®] e inseticida(s), considerando índice T da escala proposta por Alves et al. (1998) com redução na mortalidade total de *Chrysodeixis includens* no primeiro e último de avaliação.

Tratamento	Crescimento vegetativo (cm ²)	Esporulação (esporos.mL ⁻¹)	Valor de T	Mortalidade (%)	
				1º Dia ²	7º Dia ²
Dipel SC [®]	14,70	7,23 x 10 ⁸	-	0.00±0.00e	100.00±0.00a
Dipel SC [®] +Curyom CE [®] +Belt SC [®]	23,21	3,20x10 ⁸	66,98	04.00±1.63d	66.00±7.39c
Dipel SC [®] +Belt SC [®]	55,07	1,34x 10 ⁸	89,75	03.00±1.00d	38.00±7.02e
Dipel SC [®] +Larvin 800 [®] +Belt SC [®]	66,02	1,20x10 ⁶	90,70	11.00±4.12c	57.00±7.00d
Dipel SC [®] +Ampligo SC [®] +Exalt SC [®]	12,68	7,10x10 ⁸	95,60	22.00±3.46b	88.00±1.63b
Dipel SC [®] +Larvin 800 [®] +Lannate SL	66,62*	1,10x10 ⁸	103,40	01.00±1.00e	15.00±3.00f
Dipel SC [®] +Larvin 800 [®] +Exalt SC [®]	66,62*	1,60x10 ⁸	108,00	11.00±4.12c	57.00±7.00d
Thuricide PM [®]	13,39	1,85 x 10 ⁷	-	22.00±3.46b	100.00±0.00a
Thuricide PM [®] +Larvin 800 [®] +Avatar CE [®]	10,81	1,50x10 ⁷	81,01	04.00±1.63d	24.00±9.52f
Thuricide PM [®] +Ampligo SC [®] +Avatar CE [®]	14,38	8,60x10 ⁷	393,40	10.00±1.15c	90.00±4.16b
Thuricide PM [®] +Larvin 800 WG [®] +Belt SC [®]	14,10	9,40x10 ⁷	427,00	12.00±2.30c	74.00±5.29c
Thuricide PM [®] + Prêmio SC [®] +Lannate SL [®]	11,65	9,80x10 ⁷	441,00	10.00±1.15c	60.00±9.38d
Thuricide PM [®] +Exalt SC [®]	18,55	1,09x10 ⁸	499,06	10.00±1.15c	81.00±7.54b
Thuricide PM [®] +Lannate SL [®]	13,5	1,36x10 ⁸	608,24	10.00±1.15c	87.00±3.41b
Thuricide PM [®] +Avatar CE [®] +Belt SC [®]	11,76	1,50x10 ⁸	666,20	07.00±1.91c	59.00±7.18d
Thuricide PM [®] +Avatar CE [®]	66,62*	1,34x10 ⁸	678,70	03.00±1.00d	48.00±2.82e

Thuricide PM [®] +Larvin 800 WG [®] +Exalt SC [®]	21,22	1,50x10 ⁸	680,00	00.00±0.00e	13.00±3.00f
Thuricide PM [®] +Larvin 800 WG [®] + Prêmio SC [®]	33,81	1,90x10 ⁸	872,00	04.00±1.63d	06.00±3.46f
Thuricide PM [®] +Larvin 800 WG [®] +Lannate SL [®]	9,85	2,80x10 ⁸	1.222,00	06.00±1.15c	44.00±8.48e
Thuricide PM [®] +Larvin 800 WG [®]	10,04	2,90x10 ⁸	1.268,00	13.00±5.25c	40.00±4.00e
Thuricide PM [®] +Larvin 800 WG [®] +Curyom CE [®]	12,34	3,40x10 ⁸	1.488,00	04.00±1.63d	16.00±1.63f
Ampligo SC [®]	-	-	-	89.00±3.78a	100.00±0.00a
Avatar CE [®]	-	-	-	78.00±6.21a	100.00±0.00a
Belt SC [®]	-	-	-	24.00±6.73b	100.00±0.00a
Curyom CE [®]	-	-	-	77.00±4.72a	100.00±0.00a
Exalt SC [®]	-	-	-	69.00±3.41a	100.00±0.00a
Lannate SL [®]	-	-	-	61.00±6.60a	100.00±0.00a
Larvin 800 WG [®]	-	-	-	80.00±4.32a	100.00±0.00a
Premium SC [®]	-	-	-	43.00±11.12a	100.00±0.00a
Controle	-	-	-	0.00±0.0e	00.00±0.00f
				F _{62,189} = 11.33	F _{62,189} = 79.33
				p < 0.0001	p < 0.0001

* Crescimento igual ao diâmetro da placa de Petri. Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$). ¹ Transformado em $\log(x)+1$. ² Transformado em x^2 .

Tabela 4. Interações moderadamente tóxicas entre Dipel SC® e inseticidas, considerando índice T da escala proposta por Alves et al. (1998), com e sem redução da mortalidade total de *Chrysodeixis includens* no primeiro e último de avaliação.

Tratamento	Crescimento vegetativo (cm ²)	Esporulação (esporos.mL ⁻¹)	Valor de T	Mortalidade (%)	
				1 Dia ¹	Acumulada ²
Dipel SC®	14,70	7,23 x 10 ⁸	-	0.00±0.00e	100.00±0.00a
Dipel SC®+Curyom CE®+Exalt SC®	21,06	1,90x10 ⁸	49,69	04.00±1.63d	54.00±2.58c
Dipel SC®+Curyom CE®+Avatar CE®	23,04	1,60x10 ⁸	49,80	04.00±2.30d	32.00±4.32d
Dipel SC®+Ampligo SC®	30,00	8,50x10 ⁷	50,58	11.00±1.91d	100.00±0.00a
Dipel SC®+ Prêmio SC®	24,50	1,90x10 ⁸	54,28	11.00±3.00d	83.00±8.06b
Dipel SC®+Lannate SL®	14,57	3,43x10 ⁸	57,70	0.00±0.00e	100.00±0.00a
Dipel SC®+Curyom CE®	28,53	1,90x10 ⁸	59,83	25.00±2.51b	95.00±2.51a
Ampligo SC®	-	-	-	89.00±3.78a	100.00±0.00a
Avatar CE®	-	-	-	78.00±6.21a	100.00±0.00a
Belt SC®	-	-	-	24.00±6.73b	100.00±0.00a
Curyom CE®	-	-	-	77.00±4.72a	100.00±0.00a
Exalt SC®	-	-	-	69.00±3.41a	100.00±0.00a
Lannate SL®	-	-	-	61.00±6.60a	100.00±0.00a
Larvin 800 WG®	-	-	-	80.00±4.32a	100.00±0.00a
Premium SC®	-	-	-	43.00±11.12a	100.00±0.00a
Controle	-	-	-	0.00±0.0e	00.00±0.00f
				F _{10,33} = 68.42	F _{10,33} = 186.24
				p < 0.0001	p < 0.0001

* Diâmetro da placa de Petri. Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$). ¹ Transformado em $\log(x)+1$. ² Transformado em x^2 .

Tabela 5. Interações tóxicas entre Dipel SC® e inseticidas, considerando índice T da escala proposta por Alves et al. (1998), com e sem redução da mortalidade total de *Chrysodeixis includens* no primeiro e último de avaliação.

Tratamento	Crescimento vegetativo (cm ²)	Esporulação (esporos.mL ⁻¹)	Valor de T	Mortalidade (%)	
				1 Dia ¹	Acumulada ²
Dipel SC®	14,70	7,23 x 10 ⁸	-	00.00±00.00e	100.00±0.00a
Dipel SC®+ Larvin 800 WG® Ampligo SC®	4,02	1,60x10 ⁸	23,18	20.00±4.89c	100.00±0.00a
Dipel SC®+Larvin 800 WG®+Avatar CE®	9,96	9,20x10 ⁷	23,72	0.00±0.0d	16.00±3.72c
Dipel SC®+ Prêmio SC®+Belt SC®	16,56	1,12x10 ⁸	34,92	08.00±2.82d	70.50±7.80b
Dipel SC®+Ampligo SC®+Curyom CE®	11,30	2,10x10 ⁸	36,40	11.00±1.91c	32.00±8.16d
Dipel SC®+ Curyom CE®+Lannate SL®	25,30	2,40x10 ⁷	37,07	07.00±1.91d	100.00±0.00a
Dipel SC®+Exalt SC®+Lannate SL®	19,75	9,50x10 ⁷	37,35	03.00±1.00d	60.00±12.54c
Dipel SC®+Lannate SL®+Belt SC®	14,87	1,79x10 ⁸	40,00	04.00±1.63d	57.00±8.38c
Dipel SC®+ Larvin 800 WG®+ Prêmio®	19,98	1,28x10 ⁸	41,58	05.00±1.91d	25.00±1.91d
Dipel SC®+Larvin 800 WG®	14,44	2,16x10 ⁸	43,00	05.00±1.00d	32.00±5.88d
Dipel SC®+Larvin 800 WG® +Curyom CE®	32,19	1,60x10 ⁷	45,50	06.00±2.00d	33.00±5.74d
Dipel SC®+Ampligo SC®+ Prêmio SC®	16,50	2,10x10 ⁸	45,69	08.00±2.82d	
Ampligo SC®	-	-	-	89.00±3.78a	100.00±0.00a
Avatar CE®	-	-	-	78.00±6.21a	100.00±0.00a
Belt SC®	-	-	-	24.00±6.73b	100.00±0.00a
Curyom CE®	-	-	-	77.00±4.72a	100.00±0.00a

Exalt SC [®]	-	-	-	69.00±3.41a	100.00±0.00a
Lannate SL [®]	-	-	-	61.00±6.60a	100.00±0.00a
Larvin 800 [®]	-	-	-	80.00±4.32a	100.00±0.00a
Premium SC [®]	-	-	-	43.00±11.12a	100.00±0.00a
Controle	-	-	-	00.00±0.0e	00.00±0.00f
				$F_{16,51} = 34.16$	$F_{16,51} = 41,41$
				$p < 0.0001$	$p < 0.0001$
Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$). ¹ Transformado em $\log(x)+1$. ² Transformado em x^2 .					

Tabela 6. Interações muito tóxicas entre Dipel SC® e inseticidas, considerando índice T da escala proposta por Alves et al. (1998), com e sem redução da mortalidade total de *Chrysodeixis includens* no primeiro e último de avaliação.

Tratamento	Crescimento vegetativo (cm ²)	Esporulação (esporos.mL ⁻¹)	Valor de T	Mortalidade (%)	
				1 Dia ¹	Acumulada ²
Dipel SC®	14,70	7,23 x10 ⁸	-	00.00±00.00e	100.00±0.00a
Dipel SC®+Ampligo SC®+Belt SC®	9,32	7,04x10 ⁶	13,45	7.00±2.62d	100.00±0.00a
Dipel SC®+Ampligo SC®+Avatar CE®	11,68	1,30x10 ⁷	17,30	04.00±2.30d	32.00±4.32d
Dipel SC®+Ampligo SC®+Lannate SL®	12,66	2,75x10 ⁷	20,24	9.00±3.69d	74.00±5.44b
Ampligo SC®	-	-	-	89.00±3.78a	100.00±0.00a
Avatar CE®	-	-	-	78.00±6.21a	100.00±0.00a
Belt SC®	-	-	-	24.00±6.73b	100.00±0.00a
Curyom CE®	-	-	-	77.00±4.72a	100.00±0.00a
Exalt SC®	-	-	-	69.00±3.41a	100.00±0.00a
Lannate SL®	-	-	-	61.00±6.60a	100.00±0.00a
Larvin 800 WG®	-	-	-	80.00±4.32a	100.00±0.00a
Premium SC®	-	-	-	43.00±11.12a	100.00±0.00a
Controle	-	-	-	00.00±0.0e	00.00±0.00f
				F _{8,27} = 151,06 p < 0.0001	F _{8,27} = 470.74 p < 0.0001

Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0.05$). ¹ Transformado em log (x)+1. ²Transformado em x².

A esporulação variou de $1,60 \times 10^7$ esporos.mL⁻¹ (Dipel SC[®]+Larvin 800 WG[®]+Curyom CE[®]) a $2,16 \times 10^8$ esporos.mL⁻¹ (Dipel SC[®]+Larvin 800 WG[®]), enquanto o valor de T ficou entre 23,18 e 45,69 (Tabela 5), com forte correlação negativa entre o crescimento vegetativo e esporulação ($r = -0,7757$; $p = 0,0084$) e sem correlação significativa entre os demais parâmetros (Tabela 8).

Apenas três combinações resultaram em interações consideradas muito tóxicas pelo valor de T (0 a 30), sendo elas Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Belt SC[®], Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Avatar CE[®] e Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Lannate LS[®], que apresentaram crescimento vegetativo inferior ao Dipel SC[®], de 9,32 cm² a 12,66 cm² e esporulação inferior, variando de $7,04 \times 10^6$ a $2,75 \times 10^7$ esporos.mL⁻¹ (Tabela 6). Destaca-se a forte correlação positiva entre crescimento vegetativo x mortalidade ($r = 0,9727$; $p = 0,0289$) (Tabela 8).

Tabela 7. Número das interações compatíveis (C) total de compatíveis (TC), moderadamente tóxicas (ModT), tóxicas (T) e muito tóxicas (MT) por cada inseticida e Bt bioinseticidas recomendados para o controle de *Chrysodeixis includens* em soja.

Marca comercial	Thuricide PM [®]				Dipel SC [®]				Total Compatíveis (TC)
	C	ModT	T	MT	C	ModT	T	MT	
Ampligo SC [®]	8	0	0	0	1	1	3	3	9
Avatar CE [®]	8	0	0	0	5	1	1	1	13
Belt SC [®]	8	0	0	0	5	0	2	1	13
Curyom CE [®]	8	0	0	0	2	3	3	0	11
Exalt SC [®]	8	0	0	0	6	1	1	0	14
Lannate SL [®]	8	0	0	0	3	1	3	1	12
Larvin 800 WG [®]	8	0	0	0	3	0	5	0	11
Prêmio SC [®]	8	0	0	0	4	1	3	0	12
TOTAL	64	0	0	0	31	6	19	8	95

É importante ressaltar que na interação Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Belt SC[®] (Tabela 6), a expressiva redução do crescimento vegetativo e esporulação não reduziu a mortalidade acumulada de *C. includens* (100%). A mesma formulação nos três produtos pode explicar esse resultado pelo fato dos dois inseticidas pertencerem a mesmo grupo (diamidas).

Para o bioinseticida Thuricide PM[®], nas misturas compatíveis *in vitro*, a acentuada redução do crescimento vegetativo não resultou em redução de mortalidade acumulada de *C. includens* em alguns casos, como por exemplo, na associação Thuricide PM[®] + Curyom CE[®].

Além disso, o elevado crescimento vegetativo ocorrido em Thuricide PM[®] + Avatar CE[®] não resultou em elevada mortalidade acumulada de *C. includens* (Tabela 2). Esses dados são exemplos de que nem sempre o resultado da compatibilidade *in vitro* de uma mistura, mensurado pelo crescimento vegetativo e esporulação, servirá para prever a qualidade da atividade inseticida da mistura (Tabela 8).

Tabela 8. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as diferentes classes de compatibilidade em mistura de produtos químicos e biológicos e crescimento e esporulação de *Bacillus thuringiensis* (Bt) e mortalidade de *Chrysodeixis includens*.

Classes	CV x ES		CV x M		ES x M	
	r	p	r	p	r	p
Compatível ¹	-0,7067*	0,0010	-0,6786*	0,0020	0,4812*	0,0432
Compatível ²	-0,1806 ^{ns}	0,2918	-0,1868 ^{ns}	0,2753	-0,1556 ^{ns}	0,3646
Moderadamente Tóxico ¹	0,7128 ^{ns}	0,1766	0,9812*	0,0031	0,7240 ^{ns}	0,1667
Tóxico ¹	-0,7757*	0,0084	-0,243 ^{ns}	0,4986	-0,25847 ^{ns}	0,4709
Muito tóxico ¹	-0,1397 ^{ns}	0,9108	0,9727*	0,04289	-0,99527 ^{ns}	0,0619

CV – Crescimento vegetativo; ES – Esporulação; M – Mortalidade de lagartas de *Chrysodeixis includens*; * correlação significativa ($p < 0,05$). ^{ns} não significativo; ¹ (Dipel SC[®]); ² (Thuricide PM[®]).

A compatibilidade *in vitro* de *B. thuringiensis* com inseticidas foi relatada por Pinto et al. (2012) e Sutter et al. (1971) e a incompatibilidade por (Morris, 1975) ou, tanto uma como outra por (Morris, 1977) e Salama et al., (1984). Entretanto, a atividade tóxica para os insetos depende de outros fatores ligados às características intrínsecas dos produtos, como o modo de ação, formulação e interações moleculares.

Este aspecto pode ser observado no presente estudo com o inseticida Larvin WG 800[®], uma vez que das 16 combinações possíveis com um ou dois produtos, em seis delas a mortalidade foi inferior a 80% (Thuricide PM[®] + Larvin WG 800[®] + Avatar CE[®], Thuricide PM[®] + Larvin WG 800[®] + Prêmio SC[®], Dipel SC[®] + Larvin WG 800[®] + Avatar CE[®], Dipel SC[®] + Larvin WG 800[®] + Lannate, Thuricide PM[®] + Larvin WG 800[®] + Curyom CE[®] e Thuricide PM[®] + Larvin WG 800[®] + Exalt SC[®]). Entretanto, dessas

combinações apenas Dipel SC® + Larvin WG 800® + Avatar CE® foi considerado tóxico pelo valor de T, enquanto que todas demais foram compatíveis (Tabelas 2 e 6).

Knowles (2006, 2007) ressaltaram que a formulação granulada pode ter problemas de dissolução dos grânulos devido aos diferentes tamanhos ou devido a compactação a seco realizada para a sua fabricação com a finalidade de reduzir a dispersão, sendo que para resolver isso é necessária a adição de efervescentes na formulação. A mistura dessa formulação com outros produtos parece ter potencializado esse efeito negativo, conforme descrito anteriormente.

Segundo Navon (2000), alguns inseticidas podem diminuir a ingestão de alimento pelo inseto alvo, reduzindo assim a ingestão do bioinseticida, com consequente redução na mortalidade. Este fato foi observado por Hoy e Hall (1993) quando avaliaram o sinergismo de um Bt bioinseticida e um piretróide (esfenvalerato) no controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Por outro lado, Navon (2000) ressaltou que o Bt bioinseticida também pode reduzir a ingestão do inseticida, com redução na mortalidade. Este fato pode explicar a perda do efeito de choque dos produtos Ampligo SC®, Avatar CE®, Curyom CE®, Exalt SC®, Lannate LS® e Larvin 800 WG® quando em mistura com os Bt bioinseticidas (Tabela 2)

De acordo com Morris (1977), a presença de emulsificantes e outros aditivos nas formulações são fatores que devem ser levados em conta nos estudos de compatibilidade e mortalidade. Nesse sentido, Dinesh e Bishwajeet (2012) avaliaram a toxicidade de 12 formulações pó molhável à base de Bt *kurstaki* visando ao controle de *H. armigera*. Entre as formulações avaliadas, duas contendo precipitado de sílica foram mais tóxicas para a praga, com base na estimativa da CL₅₀ para lagartas de terceiro ínstar. Além disso, Gonçalves et al. (2018) relataram que a formulação Dipel SC® foi quatro vezes mais eficiente no controle de *Spodoptera albula* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) do que as formulações pó molhável (PM) e grânulo dispersível (WG) do mesmo bioinseticida.

Nagy et al. (2020) buscaram na literatura trabalhos que comparavam a toxicidade dos ingredientes ativos e de suas formulações ao meio ambiente. Os autores encontraram 36 artigos, sendo que desses, com 24 relatando pelo menos uma observação de toxicidade superior do(s) inerte(s) da formulação em relação aos ingredientes ativos.

Cox e Sungan (2006) ressaltaram que os inertes de uma formulação podem ter atividades tóxicas apresentarem efeitos sinérgicos. Portanto, numa mistura de produtos em tanque de pulverização é importante não somente considerar as interações dos ingredientes ativos, mas também dos inertes, sendo essas interações entre diferentes ingredientes ativos e os inertes resultar em maior impacto ambiental das misturas em relação aos produtos isoladamente (Surgan et al., 2010). Essas informações são importantes no controle de insetos-praga, inclusive *C. includens*, pois o controle biológico natural é um importante componente do seu manejo (Pereira et al., 2018).

A seletividade dos Bt bioinseticidas aos inimigos naturais e organismos benéficos não alvo é uma de suas principais vantagens em relação aos inseticidas químicos de amplo espectro (Glare et al., 2012; Lacey et al., 2015; Rao e Jurat-Fuentes, 2020). As misturas de tanques com Bt bioinseticidas e inseticidas precisam ser avaliadas quanto aos possíveis efeitos deletérios de inertes, ingredientes ativos e suas interações com populações de organismos não alvos, como os inimigos naturais (predadores e parasitoides). Nesse sentido, Mullin et al. (2016) e Fine et al. (2017) tem chamado a atenção dos efeitos dos inertes das formulações em abelhas.

Quanto ao efeito dos ingredientes ativos na compatibilidade, os inseticidas Belt SC® e Prêmio SC®, embora ambos sejam diamidas, pertencem à classes diferentes, com o primeiro pertencente a classe do ácido ftálico e o segundo a da antranalamida, o que pode explicar os diferentes índices de mortalidade acumulada para *C. includens*, embora tenham sido compatíveis *in vitro* na maioria das combinações com Dipel SC® e Thuricide® PM (Tabela 7). O clorantraniliprole, ingrediente ativo do Prêmio SC®, representa uma evolução da classe das diamidas antranalamida obtida com a inversão da amida das moléculas anteriores. Essa alteração potencializou a ação inseticida contra várias espécies de lepidópteros-praga (Selby et al., 2016).

A mortalidade acumulada para *C. includens* foi reduzida em 62% em relação aos produtos isolados (100%), enquanto para o Thuricide PM® esta redução foi de apenas 10%. Essa redução na mortalidade de *C. includens* pela combinação Dipel SC® e Belt SC® pode ser explicada pelo fato do ingrediente ativo do Dipel SC® (Bt *kurstaki*) ter degradado a molécula inseticida e/ou o inerte reduzindo a mortalidade de *C. includens*, pois a mistura Dipel SC® e Belt SC® apresentou crescimento vegetativo

bacteriano bem superior ao Dipel SC®. A adição do inseticida Avatar CE®, com efeito de choque, aumentou a mortalidade para 98%, sem diferença de crescimento vegetativo entre as misturas Dipel SC® + Belt SC® e Dipel SC® + Avatar CE® (Tabela 2). A mortalidade acumulada de *C. includens* com a combinação Dipel SC® e Prêmio® SC sofreu uma redução menos acentuada na mortalidade (17,00%) embora significativa, sendo o crescimento da colônia menos intenso (24,50 cm²) (Tabela 4).

Na interação Dipel SC® com Belt SC® ou Premium SC®, o crescimento vegetativo provavelmente produziu somente mais esporos, por isso não houve incremento na mortalidade de *C. includens*. Para o aumento da mortalidade nesses casos seria necessário a produção das toxinas Cry durante o crescimento bacteriano, principal fator de virulência de *B. thuringiensis*, sendo que para isso são necessários quantidades adequadas de carbono e de micronutrientes como cobre, ferro e zinco (Yao et al., 2002 a, b), micronutrientes ausentes nos inertes das formulações.

Por outro lado, o crescimento vegetativo máximo (66,62 cm²) foi constatado para as misturas Dipel SC® + Larvin 800 WG® + Lannate SL® e Dipel SC® + Larvin 800 WG® + Exalt SC®, com redução da mortalidade para 15% e 57%, ou seja, o *Bt kurstaki* degrada a molécula inseticida e/ou o inerte da formulação, bem como afeta a interação com os inseticidas, com destruição das toxinas Cry, o que resultou em redução da mortalidade de *C. includens* (Tabela 3).

A biodegradação de inseticidas pelo *B. thuringiensis* foi relatada por Wu et al. (2013) e Marchlewicz et al. (2017) para o ibuprofen e clorpirifos, respectivamente. No primeiro caso, a degradação ocorreu em meio de cultura simples, mas sem a produção de carbono para o crescimento vegetativo. No segundo caso, houve a degradação do inseticida e este foi utilizado como fonte de carbono. Além disso, os autores enfatizaram que o *B. thuringiensis* deve possuir alguma enzima ou proteína que degrade o clorpirifos em altas concentrações.

Em alguns casos houve redução expressiva do crescimento vegetativo causado pela interação com inseticidas, como por exemplo com Dipel SC® + Larvin 800 WG® + Ampligo SC® (4,02 cm²), Dipel SC® + Belt SC® + Ampligo SC® (9,32 cm²), e Dipel SC® + Larvin 800 WG® + Avatar CE® (9,96 cm²), com redução expressiva da mortalidade para 16,00% no terceiro exemplo, enquanto que no primeiro e segundo a mortalidade acumulada foi de 100%. Portanto, a interação dos inseticidas e o Dipel

SC[®] reduziu o crescimento vegetativo bacteriano, sem afetar o desempenho dos inseticidas (Tabelas 5 e).

A adição do terceiro inseticida, Curyom CE[®] ou Larvin 800 WG[®] ou Prêmio SC[®] ou Lannate SL[®], na combinação Dipel SC[®] e Belt SC[®], resultou em redução de 34%, 43%, 30% e 43% na mortalidade acumulada de *C. includens*, respectivamente. Ao contrário, a adição do Avatar CE[®] ou Ampligo SC[®] ou Exalt SC[®] potencializou a mistura para 100% de mortalidade acumulada (Tabelas 2, 4 e 5). Nas outras combinações do Prêmio SC[®] e Dipel SC[®] com os inseticidas Lannate SL[®] ou Avatar CE[®] ou Exalt SC[®] ou Curyom CE[®] houve incremento da mortalidade acumulada de *C. includens* de 83,00% e do Prêmio SC[®] e Dipel SC[®] para 97,00% a 100% (Tabela 4).

Na combinação Thuricide PM[®] + Belt SC[®] a adição do terceiro inseticida, Ampligo SC[®] ou Lannate SL[®] ou Curyom CE[®] ou Exalt SC[®] ou Prêmio SC[®] aumentou a mortalidade acumulada de lagartas em cerca de 10%. Entretanto, com a adição de Larvin 800 WG[®] ou Avatar CE[®] a mortalidade de *C. includens* foi reduzida em 26% e 41%, respectivamente (Tabela 2). Nas outras combinações do Prêmio SC[®] mais Thuricide PM[®] com os inseticidas Avatar CE[®] ou Exalt SC[®] ou Curyom CE[®], a mortalidade acumulada de permaneceu em 100% (Tabela 2).

A única mistura de três inseticidas com Dipel SC[®] e Prêmio SC[®] ou Thuricide PM[®] e Prêmio SC[®] com drástica redução da mortalidade foi com a adição de Larvin 800[®] como terceiro componente, sendo neste caso a mortalidade acumulada de 25% e 6% (Tabela 3). O inseticida Larvin 800 WG[®] exibiu notória incompatibilidade na combinação com Dipel SC[®] e Thuricide PM[®], com redução da mortalidade acumulada de *C. includens* de 100% do Larvin 800 WG[®] para 32% e 40%, respectivamente (Tabelas 3 e 4). A adição de um terceiro inseticida, Lannate SL[®] ou Exalt SC[®] ou Avatar CE[®] ou Curyom CE[®], na combinação Larvin 800 WG[®] e Dipel SC[®] ou Larvin 800 WG[®] e Thuricide PM[®] não aumentou a mortalidade de *C. includens* de forma significativa. Esta redução na mortalidade com diferentes combinações com o inseticida Larvin 800 WG[®] ocorreu na avaliação no primeiro dia, quando a mortalidade de 80,00% foi reduzida para menos de 20% (Tabelas 3 a 6).

Portanto, a mistura desse inseticida com outros inseticidas químicos ou biológicos faz com que ele perca o efeito de choque da molécula tiodicarbe, sendo que sua incompatibilidade com agentes de controle microbiano já relatada

anteriormente por Alves et al. (1998). Além disso, este inseticida é o único em formulação WG entre os avaliados neste trabalho, o que poderia explicar o elevado grau de incompatibilidade nas misturas com demais formulações, existindo a recomendação de adição de adjuvantes quando se utilizar este tipo de formulação em mistura com outros tipos de formulações, como por exemplo, concentrados emulsionáveis (Ametech, 2019).

O Dipel SC[®], quando misturado aos inseticidas Lannate SL[®], Curyom CE[®], Exalt SC[®] ou Avatar CE[®] e Dipel SC[®] + Curyom CE[®] + Lannate SL[®] não reduziu a mortalidade acumulada de *C. includens* (Tabela 2). Entretanto, nas combinações Dipel SC[®] + Curyom CE[®] + Exalt SC[®], Dipel SC[®] + Curyom CE[®] + Avatar CE[®] e Dipel SC[®] + Exalt SC[®] + Lannate[®] foram observadas reduções entre 32 e 60%. No caso do Thuricide PM[®], somente não houve redução da mortalidade acumulada desse inseto com o Curyom CE[®], mas com reduções de 13% e 19% para os inseticidas Lannate SL[®] e Exalt SC[®] e de mais de 50% para Avatar CE[®] (Tabela 3). Uma expressiva redução na mortalidade de *C. includens* no primeiro dia após a aplicação dos tratamentos ocorreu em todas as misturas entre os produtos biológicos e químicos (Tabelas 2 e 3).

No primeiro dia, o Belt SC[®] causou 24,00% de mortalidade, sendo que na combinação com o Dipel SC[®] esse valor foi reduzido para 3,00%, sem aumento significativo com adição do terceiro inseticida na mistura (Tabelas 3, 5 e 6). Thuricide PM[®] causou 22,00% de mortalidade no primeiro dia, valor semelhante ao da mistura com Belt SC[®]. Neste caso, a adição de um terceiro inseticida sempre resultou em redução significativa de mortalidade no primeiro dia de avaliação (Tabela 3).

A potencialização da mistura contendo Ampligo SC[®], descrita anteriormente com o Dipel SC[®] e Thuricide PM[®] em misturas com Belt SC[®], pode ser devida a presença de outra diamida (clorantianiliprole) na sua composição. Wakil et al. (2013) e Amizadeh et al. (2013) demonstraram o sinergismo entre *Bt kurstaki* e clorantianiliprole no controle de *H. armigera* e *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), respectivamente. Entretanto, o efeito de choque do outro ingrediente ativo deste inseticida, lambdacialotrina (piretróide), foi reduzido significativamente em todas as misturas, pois a mortalidade *C. includens* no primeiro dia foi reduzida para um máximo 22%, mesmo nas misturas com Thuricide PM[®] (13,00%) e Dipel SC[®]

(11,00%). Isto demonstra forte incompatibilidade em termos de eficiência, mesmo com produtos biológicos. No caso do Dipel SC® + Ampligo SC® houve incremento no crescimento bacteriano para 30,00 cm², o que pode indicar que o Bt *kurstaki* degradou um ingrediente ativo do Ampligo SC® (lambdacialotrina), responsável pelo efeito do choque. Chen et al. (2015) descreveram a degradação por hidrólise da ligação éster carboxílica de vários piretroides como cialotrina, fenpropatrine, deltametrina, beta-cipermetrina, ciflutrina, e bifentrina por *B. thuringiensis* cepa ZS-19.

Porém, quando se analisa a mortalidade acumulada essa incompatibilidade toxica é anulada, muito provavelmente devido ao efeito do clorantraniliprole. A mortalidade acumulada de *C. includens* com as misturas dos dois bioinseticidas alcança 100% para o Dipel SC® e 99,0% para o Thuricide PM®. A mortalidade acumulada desse inseto foi reduzida significativamente com a adição do Avatar CE® ou Lannate SL® ou Curyom CE®, ou Prêmio SC® ou Belt SC® na combinação Dipel SC® + Ampligo SC® (Tabelas 3 a 6). Quando o Dipel SC® foi substituído pelo Thuricide PM®, a mortalidade de *C. includens* variou entre 90 e 100% (Tabela 2).

Os resultados descritos sugerem, em algumas situações, a possibilidade de usar os bioinseticidas em mistura com as diamidas, com ressalvas para os outros componentes da mistura, para manter baixa a frequência de alelos de resistência a flubendiamida e clorantraniliprole. Esta concepção é reforçada por Branscome et al. (2015a, b, c) que relataram o sinergismo entre diamidas e Bt *kurstaki* (Btk) cepa ABTS-351, Bt *aizawai* (Bta) cepa ABTS-1857 e uma mistura Bta cepa ABTS-1857 e Btk cepa VBTS-2546. Cao et al. (2010) enfatizaram que o clorantraniliprole aumentou a atividade da esterase e transferase-S-glutationa em populações de *H. armigera* resistente e suscetível a proteína inseticida Cry1Ac. Esses autores ressaltaram que o clorantraniliprole poderia ser incorporado em programa de manejo integrado de pragas do algodão para retardar a evolução da resistência em populações de *H. armigera*.

Ainda de acordo Branscome et al. (2015a, b, c), a combinação sinérgica de produtos biológicos com inseticidas sintéticos é um conceito pouco explorado e que pode beneficiar a adoção de microbianos no MIP. Combinados, esses produtos oferecem modos de ação distintos com sobreposição de espectro de ação, o que pode garantir a mortalidade, retardando a evolução da resistência em populações de

insetos. Neste caso, as diamidas não exibem atividade de contato, mas agem através da ingestão, provocando intoxicação e resultando em cessação alimentar, letargia, paralisia e regurgitação. Esses produtos podem ser altamente ativos em concentrações muito baixas, com longa atividade residual que se estende além de sete dias após a aplicação (Adams et al., 2016). No caso do *B. thuringiensis* o modo de ação é por ingestão, o que resulta em lise das células da parede do intestino médio do inseto, que cessa a alimentação e morre devido a septicemia em 2 a 3 dias (Vachon et al., 2012).

As misturas e tanque de Bt bioinseticidas e inseticidas formam ambientes complexos devido a interação de microrganismos vivos presentes nos bioinseticidas e nas moléculas químicas dos inseticidas convencionais. A eficiência de uma mistura de produtos biológicos e químicos contra um determinado alvo biológico não pode ser correlacionada somente com a compatibilidade *in vitro*, pois esta depende de fatores intrínsecos de cada molécula, formulação e inertes empregados visando otimizar a sua atuação isolada em campo.

3. CONCLUSÕES

A compatibilidade *in vitro* do Thuricide PM® em mistura com outros produtos é superior em relação àquela apresentada pelo Dipel SC®.

O inseticida Exalt SC® apresenta maior compatibilidade *in vitro* com os bioinseticidas Thuricide PM® e Dipel SC®.

A mortalidade inicial de *C. includens* da mistura é reduzida em relação aos inseticidas isoladamente, mas não na última avaliação, na maioria dos casos.

A compatibilidade *in vitro* não prediz a atividade inseticida para *C. includens*.

A formulação em grânulo dispersível em mistura com outros produtos reduz a atividade tóxica da mistura na maioria dos casos.

4. REFERÊNCIAS

Adams A, Gore J, Catchot A, Musser F, Cook D, Krishnan N, Irby T (2016) Residual and systemic efficacy of chlorantraniliprole and flubendiamide against corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean. **Field and Forage Crops** 109:2411-2417.

Agrofit (2018) **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 11 set. 2018.

Agrofit (2020) **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 31 mai. 2020.

Alves SB, Moraes SA (1998) Quantificação de inóculos de patógenos de insetos. In: Alves, S.B (Org.) **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ. p. 765-777.

Alves SB, Moino Júnior A, Almeida JEM (1998) Produtos fitossanitários e entomopatógenos. In: Alves SB (Org.) **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ. p. 217-238.

Ametech (2019) **Water dispersible granules**. Disponível em:<<https://www.ametech.it/wg-wettable-granules>>. Acesso em: 28 set. 2019.

Amizadeh M, Hejazi MJ, Niknam G, Arzanlou M (2013) Compatibility and interaction between *Bacillus thuringiensis* and certain insecticides: perspective in management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology** 25:671–684.

Atanu S, Rini P, Sem NB (2019) Compatibility of some newer insecticides and fungicides against major pests of rice. **Pesticide Research Journal** 31:259-265.

Ávila CJ, Cavalheiro BM, Silva IF (2019) **Eficiência de inseticidas no controle de *Chrysodeixis includens* na cultura da soja**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE. Anais... Curitiba: FUNEP. p. 1.

Barbosa JC, Maldonado Júnior M, **Experimentação Agronômica & AgroEstat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos** (2015). Jaboticabal: Funep. 396p.

Batista Filho A, Almeida JEM, Lamas C (2001) Effect of thiamethoxam on entomopathogenic microorganisms. **Neotropical Entomology** 30:437-447.

Boernel DJ, Mink JS, Wier AT, Thomas JD, Leonard BR, Gallardo F (1992) Management of insecticide resistant soybean loopers (*Pseudoplusia includens*) in the Southern United States. **Pest Managment in Soybean** 66–87. doi:10.1007/978-94-011-2870-4_7

Botelho ABRZ, Silva IF, Ávila CJ (2019) **Aspectos biológicos da lagarta-falsa-medideira e sua criação em laboratório com dieta artificial**. Dourados: EMBRAPA. 47p.

Branscome D, Storey R, Eldridge R, Brazil E, Devisette B (2015a) **Synergistic *Bacillus thuringiensis* subsp. aizawai, *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki and Chlorantraniliprole mixtures for diamondback moth, beet armyworm, sugarcane borer, soybean looper, corn earworm, cabbage looper, and southwestern corn borer control**. Depositante: Valent BioSciences LLC. VAL06131P01730US. Depósito: 7 dez. 2017. Concessão: 14 abr. 2018.

Branscome D, Storey R, Eldridge R, Brazil E (2015b) **Synergistic *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki and chlorantraniliprole mixtures for diamondback moth, beet armyworm, sugarcane borer, soybean looper and corn earworm control**. Depositante: Valent BioSciences LLC. VAL06131P01710US. Depósito: 14 fev. 2018. Concessão: 21 jun. 2018.

Branscome, D, Storey R, Eldridge R, Brazil E (2015c) **Synergistic *Bacillus thuringiensis* aizawai and chlorantraniliprole mixtures for diamondback moth, beet armyworm, sugarcane borer, soybean looper, corn earworm, cabbage looper, and southwestern corn borer control**. Depositante: Valent BioSciences LLC. VAL06131P01720US. Depósito: 15 jan. 2016. Concessão: 21 jun. 2016.

Brasil (2017) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 148, de 26 de dezembro de 2017. **Estabelece critérios e procedimentos a serem adotados para recomendação de mistura em tanque de agrotóxicos e afins, e sua prescrição em receituário agrônomo**. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília.

Cao G, Qiong L, Zhang L, Guo F, Liang G, Wua K, Wyckhuys KAG, Guo Y (2010) Toxicity of chlorantraniliprole to Cry1Ac-susceptible and resistant strains of *Helicoverpa armigera*. **Pesticide Biochemistry and Physics** 98:99–103.

Carvalho LC, Ferreira FM, Bueno NB (2012) Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta-falsa-medideira na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera** 8:1021-1034.

Chattopadhyay P, Banerjee G, Mukherjee S (2017) Recent trends of modern bacterial insecticides for pest control practice in integrated crop management system. **3 Biotechnology** 7(1):60. doi:10.1007/s13205-017-0717-6

Chen S, Deng Y, Chang C, Lee J, Cheng Y, Cui Z, Zhou J, He F, Hu M, Zhang L-H (2015) Pathway and kinetics of cyhalothrin biodegradation by *Bacillus thuringiensis* strain ZS-19. **Scientific Reports** 5:8784. doi:10.1038/srep08784

Cox C, Sorgan M (2006) Unidentified inert ingredients in pesticides: implications for 23 human and environmental health. **Environmental Health Perspectives** 114:1803-1806.

Crickmore N (2006) Beyond the spore – past and future developments of *Bacillus thuringiensis* as a biopesticide. **Journal of Applied Microbiology** 101:616–619.

Dalacosta NL (2019) **Compatibilidade de *Trichoderma harzianum* associado ao controle químico no tratamento de sementes de soja**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

Das SK (2013) Scope and relevance of using pesticide mixtures in crop protection: a critical review. **International Journal of Engineering Science Technology and Research** 2:119-123.

Dinesh S, Bishwajeet P (2012) Effect of carriers on the efficacy of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (HD-1) formulations. **Journal of Biological Control** 26:245–250.

Djenane Z, Nateche F, Amziane M, Gomis-Cebolla J, El-Aichar F, Khorf H, Ferré, J (2017) Assessment of the antimicrobial activity and the entomocidal potential of *Bacillus thuringiensis* isolates from Algeria. **Toxins** 9:139. doi:10.3390/toxins9040139

Dourado PM, Bacalhau FB, Amado D, Carvalho RA, Martinelli S, Head GP, Omoto C (2016) High susceptibility to Cry1Ac and low resistance allele frequency reduce the risk of resistance of *Helicoverpa armigera* to Bt soybean in Brazil. **PLoS ONE** 11(8): e0161388. doi:10.1371/journal.pone.0161388

Fine JD, Cox-Foster DLA, Mullin CA (2017) An inert pesticide adjuvant synergizes viral pathogenicity and mortality in honey bee larvae. **Scientific Reports** 7:40499 doi:10.1038/srep40499

Gandini EMM, Costa ESP, Santos JB, Soares MA, Barroso GM, Corrêa JM, Carvalho AM, Zanuncio JC (2020) Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production** 268:122152. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122152

Gazziero DLP (2015) Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha** 33:83-92

Gazziero DLP (2017) **Mistura de agrotóxico em tanque**. Disponível em:<<https://blogs.canalrural.uol.com.br/embrapasoja/2017/03/10/mistura-de-agrotoxicos-em-tanque/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

Glare T, Caradus J, Gelernter W, Jackson T, Keyhani N, Köhl J, Marrone P, Morin L, Stewart A (2012) Have biopesticides come of age? **Trends in Biotechnology** 30:250–258.

Gonçalves KC, Polanczyk RA, Boiça Júnior AL, Duarte RT, Moreira LF, Nascimento J (2018) *Spodoptera albula* susceptibility to *Bacillus thuringiensis*-based biopesticides. **Journal of Invertebrate Pathology**. 157:147-149. doi:10.1016/j.jip.2018.05.008

Greene GL, Leppla NC, Dickerson WA (1976) Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology** 69:487-488.

Grigolli JFJ (2015) **Pragas da soja e seu controle**. Disponível em:<<http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/239/239/newarchive-239.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

Hoy CW, Hall FR (1993) Feeding behaviour of *Plutella xylostella* and *Leptinotarsa decemlineata* on leaves treated with *Bacillus thuringiensis* and esfenvalerate. **Plant Science** 38:335-340.

Huff MK (2020) **Refinement and validation of soybean looper (*Chrysodeixis includens*) (Walker) thresholds in Mississippi soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.)**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Mississippi State University. Starkville.

Khalique F, Khalique A (2005) Compatibility of bio-insecticide with chemical insecticide for management of *Helicoverpa armigera* Huebner. **Pakistan Journal of Biological Science** 8:475-478.

Knowles A (2006) Trends and opportunities in formulation technology. **Outlooks on Pest Management** 17:99–102. doi:10.1564/17jun02

Knowles A (2007) Recent developments of safer formulations of agrochemicals. **The Environmentalist** 28:35–44. doi:10.1007/s10669-007-9045-4

Knowles DA (1995) Trends in the use of surfactants in agricultural formulations. **Pesticide Outlook** 6:31–34.

Lacey LA, Goettel MS (1995) Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21st century. **Entomophaga** 40:3–27. doi:10.1007/bf02372677

Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS (2015) Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology** 132:1–41.

Marchlewicz A, Guzik U, Hupert-Kocurek K, Nowak A, Wilczyńska S, Wojcieszńska D (2017) Toxicity and biodegradation of ibuprofen by *Bacillus thuringiensis* B1. **Environmental Science and Pollution Research** 24:7572–7584.

Martínez-Zavala SA, Barboza-Pérez UE, Hernández-Guzmán G, Bideshi DK, Barboza-Corona JE (2020) Chitinases of *Bacillus thuringiensis*: phylogeny, modular structure, and applied potentials. **Frontiers in Microbiology** 10:3032. doi:10.3389/fmicb.2019.03032

Morris ON (1975) Effect of some chemical insecticides on the germination and replication of commercial *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Invertebrate Pathology** 26:199–204.

Morris ON (1977) Compatibility of 27 chemical insecticides with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. **Canadian Entomology** 109:855–864.

Moscardi F, Bueno AF, Sosa-Gómez DR, Roggia S, Hoffmann-Campo CB, Pomari AF, Corso IC, Yano SAC (2012) Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: Hoffmann-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (Orgs.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Londrina: Embrapa Soja. p. 213–334.

Mullin CA, Fine JD, Reynolds RD, Frazier MT (2016) Toxicological risks of agrochemical spray adjuvants: organosilicone surfactants may not be safe. **Frontiers on Public Health** 4:92. doi:10.3389/fpubh.2016.00092

Nagy K, Duca RC, Lovas S, Creta M, Scheepers PTJ, Godderis L, Ádám B (2020) Systematic review of comparative studies assessing the toxicity of pesticide active ingredients and their product formulations. **Environmental Research** 181:108926. doi:10.1016/j.envres.2019.108926.

Navon A (2000) *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection – reality and prospects. **Crop Protection** 19: 669–676.

Nunes NR, Ferreira FTR, Thiesen LV, Corassa JN, Pitta RM (2019) Linha básica de suscetibilidade de *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) a Benzoato de Eamectina. **Entomological Communications** 1: ec01015. doi:10.37486/2675-1305.ec01015

Pereira RR, Neves DVC, Campos JN, Santana Júnior PA, Hunt TE, Picanço MC (2018) Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. **Bulletin of Entomological Research** 108(6):831-842. doi:10.1017/S000748531800007X

Perini CR (2018) **Eficiência de inseticidas químicos e identificação de mecanismos moleculares de resistência a piretroides em *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: noctuidae).** 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Pinto LMN, Dör NC, Ribeiro AP, Salles SM, Oliveira JV, Menezes VG, Fiuza LM (2012) *Bacillus thuringiensis* monogenic strains: screening and interactions with insecticides used against rice pests. **Brazilian Journal of Microbiology** 43:618-626.

Polanczyk RA, Frankenuyzen KV, Pauli G (2017) The American *Bacillus thuringiensis* based biopesticides market. In: Fiuza LM, Polanczyk RA, Crickmore N (Orgs.) ***Bacillus thuringiensis* and *Lysinibacillus sphaericus***. Characterization and use in the field of biocontrol. Berlim: Springer International Publishing. p. 173-184.

Rajasekar B, Mallapur CP (2017) Biological compatibility of spinetoram with selected agrochemicals against sucking pests, foliar diseases and natural enemies in Bt cotton ecosystem. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6:3213-3219.

Rao T, Jurat-Fuentes JL (2020) Advances in the use of entomopathogenic bacteria/microbial control agents (MCAs) as biopesticides in suppressing crop insect pests. In: Birch N, Glare T (Orgs.) **Biopesticides for sustainable agriculture**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing. p. 1-37.

Ribeiro R P, Blume E, Bogorni PC, Dequech STB, Brand SC, Junges E (2012) Compatibility of *Beauveria bassiana* commercial isolate with botanical insecticides utilized in organic crops in southern. **Brazilian Biology Agriculture and Horticulture** 28:223-240.

Rumbos CI, Dutton AC, Athanassiou CG (2018) Insecticidal effect of spinetoram and thiamethoxam applied alone or in combination for the control of major stored-product beetle species. **Journal of Stored Products Research** 75:56–63. doi:10.1016/j.jspr.2017.10.004

Salama HS, Foda MS, Zaki, FN, Moawad, S, 1984 Potency of combinations of *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology** 77:885-890.

Sansinenea E (2019) Applications and patents of *Bacillus* spp. in agriculture. In: Singh H, Keswani C, Singh S. (Eds.) **Intellectual property issues in microbiology**. Singapore: Springer. p. 134-146.

SAS (2013) **SAS/STATVR User's Guide**. SAS Institute, Cary, NC.

Sanahuja G, Banakar R, Twyman RM, Capell T, Christou P (2011) *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. **Plant Biotechnology Journal** 9:283–300.

Schreiner VC, Szöcs E, Bhowmik AK, Vijver MG, Schäfer RB (2016) Pesticide mixtures in streams of several European countries and the USA. **Science of Total Environmental** 573:680–689.

Schumacher V, Poehling HM (2012) *In vitro* effect of pesticides on the germination, vegetative growth, and conidial production of two strains of *Metarhizium anisopliae*. **Fungal Biology** 116:121–132.

Selby TP, Lahm GP, Stevenson TM (2016) A retrospective look at anthranilic diamide insecticides: discovery and lead optimization to chlorantraniliprole and cyantraniliprole. **Pest Management Science** 73(4):658-665. doi:10.1002/ps.4308.

Singh G, Rup PJ, Koul O (2007) Acute, sublethal and combination effects of azadirachtin and *Bacillus thuringiensis* toxins on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Bulletin of Entomological Research** 97:351-357.

Sosa-Gómez DR (2018) **Seletividade de agroquímicos para fungos entomopatogênicos.** Disponível

em:<http://www.cnpso.embrapa.br/download/artigos/seletiv_fung.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018. Não tem no texto!

Stacke RF, Godoy DN, Halberstadt SA, Bronzatto ES, Giacomelli T, Hettwer BL, Muraro DS, Guedes JVC, Bernardi O (2020) Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance, fitness costs and cross-resistance to other pyrethroids in soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection** **131**:105096. doi:10.1016/j.cropro.2020.105096

Surgan M, Condon M, Cox C (2010) Pesticide risk indicators: unidentified inert ingredients compromise their integrity and utility. **Environmental Management** **45**:834–841. doi:10.1007/s00267-009-9382-9

Sutter GR, Abrahamson MD, Hamilton ED, Vick ID (1971) Compatibility of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* and chemical insecticides. 1. Effect of insecticide doses on bacterial replication rate. **Journal of Economic Entomology** **64**:1348-1350.

Tabashnik BE (1989) Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence, and recommendations. **Journal of Economic Entomology** **82**:1263–1269.

Tomquelski GV, Martins GLM, Dias TS (2015) Características e manejo de pragas da cultura da soja. **Pesquisa em Tecnologia de Produtos** **2**:61-82.

Vachon V, Laprade R, Schwartz J (2012) Current models of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: A critical review. **Journal of Invertebrate Pathology** **111**:1-12.

Velivelli SLS, De Vos P, Kromann P, Declerck S, Prestwich BD (2014) Biological control agents: from field to market, problems, and challenges. **Trends in Biotechnology** **32**:493–496. doi:10.1016/j.tibtech.2014.07.002

Wakil W, Ghazanfar MU, Riasat T, Qayyum M, Ahmed S, Yasin M (2013) Effects of interactions among *Metarhizium anisopliae*, *Bacillus thuringiensis* and chlorantraniliprole on the mortality and pupation of six geographically distinct *Helicoverpa armigera* field populations. **Phytoparasitica** **41**:221-234. doi:10.1007/s12600-012-0282-9

Wu S, Peng Y, Huang Z, Huang Z, Xu L, Ivan G, Guan X, Zhang L, Zou S (2013) Isolation and characterization of a novel native *Bacillus thuringiensis* strain BRC-HZM2

capable of degrading chlorpyrifos. **Journal of Basic Microbiology** 53:1–9. doi:10.1002/jobm.201300501

Yao J, Liu Y, Gao ZT, Liu P, Sun M, Zou X, Qu SS, Yu ZN (2002a) Microcalorimetric study on the biological effects of Zn^{+2} on *Bacillus thuringiensis* growth. **Chinese Journal of Chemistry** 20:746-752.

Yao J, Liu Y, Gao Z, Liu P, Sun M, Qu SS, Yu ZN (2002b) A microcalorimetric study of the biologic effect of Mn(II) on *Bacillus thuringiensis* growth. **Journal of Thermal and Analytical Calorimetry** 70:415-421.

Ziaei Madbouni MA, Samih MA, Qureshi JA, Biondi A, Namvar P (2017) Compatibility of insecticides and fungicides with the zoophytophagous mirid predator *Nesidiocoris tenuis*. **PLoS ONE** 12: e0187439. doi:10.1371/journal.pone.0187439

.

CAPITULO 3 - Efeitos subletais de misturas de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* e inseticidas em *Chrysodeixis includens*

RESUMO - A mistura de agrotóxicos em tanque de pulverizador é uma prática comum, utilizada por agricultores com objetivo de otimizar as operações agrícolas e tentar aumentar o espectro de ação dos produtos. Entretanto, a mistura em tanque pode reduzir a eficiência de controle e também influenciar os efeitos subletais do inseticida ou dos entomopatógenos na população de sobreviventes. Dois Bt bioinseticidas (Dipel SC[®] e Thuricide PM[®]) e oito inseticidas (Ampligo SC[®], Avatar CE[®], Belt SC[®], Curyom CE[®], Exalt SC[®], Lannate SL[®], Larvin 800 WG[®] e Prêmio SC[®]) foram utilizados em experimentos para avaliação dos efeitos subletais em *Chrysodeixis includens*, importante praga da cultura da soja. Esses produtos foram utilizados na dose média recomendada, isoladamente e em combinações de um Bt bioinseticida mais um ou dois inseticidas, resultando em 83 tratamentos, incluindo a testemunha. Em cada tratamento foram utilizadas 100 lagartas de *C. includens* de segundo instar, distribuídas em 20 repetições, totalizando 8.300 lagartas. A massa das lagartas sobreviventes em 42 tratamentos, incluindo a testemunha, foi avaliado 9, 11, 13, 15 e 19 dias após aplicação dos tratamentos, bem como a massa de pupa no segundo dia desse estágio. 1.805 (21,75%) lagartas sobreviveram em 41 misturas e somente 687 empuparam. Em seis das 31 misturas com três produtos a sobrevivência maior que 80%. Na primeira avaliação entre os tratamentos, as lagartas apresentaram peso superior ou inferior ao do que a testemunha; a maioria das mais pesadas empuparam antes da testemunha, enquanto que a maioria das menos pesadas morreram e, algumas alongaram o ciclo até o final da avaliação. Os efeitos subletais do tratamento Thuricide PM[®]+ Larvin WG 800[®] + Prêmio SC[®] em lagartas de *C. includens* foram menos severos, com 94,5% delas atingindo o estágio de pupa, enquanto que em outros 16 tratamentos nenhuma lagarta empupou. A formulação em granulo dispersível (WG) do inseticida Larvin WG 800[®], favoreceu a sobrevivência dos indivíduos. Os efeitos subletais devem ser levados em conta na avaliação da eficiência de controle de misturas em tanque de pulverização visando ao controle de insetos-praga.

Palavras-chave: controle microbiano, lagarta falsa medideira, soja, compatibilidade.

CAPITULO 3 – Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* based biopesticides and pesticides on *Chrysodeixis includens*

ABSTRACT - The mixture of pesticides in a spray tank is a common practice, used by farmers in order to optimize agricultural operations and increase the of products host spectrum. However, tank mixing can reduce control efficiency and also influence the insecticide or entomopathogens sublethal effects the on surviving larvae. The sublethal effects of Bt bioinsecticides (Dipel SC® and Thuricide PM®) and eight insecticides (Ampligo SC®, Avatar CE®, Belt SC®, Curyom CE®, Exalt SC®, Lannate SL®, Larvin 800 WG® and Prêmio SC®) were evaluated to *Chrysodeixis includes* in lab assays, an important pest in soybean. These products were used in the recommended average dose, alone and in combinations of a Bt bioinsecticide plus one or two insecticides, resulting in 83 treatments, including the control. In each treatment 100 second instar *C. includens* larvae were used, distributed in 20 repetitions, totaling 8,300 larvae. The weight of the surviving larvae in 42 treatments, including the control, was evaluated nine, 11, 13, 15 and 19 days after application of the treatments, as well as the pupal weight on the second day of this stage. 1,805 (21.75%) caterpillars survived in 41 mixtures and only 687 pupate. In six of the 31 mixtures with three products, survival was higher than 80%. In the first evaluation between treatments, the larvae were more or less heavy than the control; the majority of the heavier ones pupate before the control, and the majority of the heavier ones died and, some extended the cycle until the end of the evaluation. The sublethal effects of the Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Premio SC® treatment on *C. includens* larvae were less severe, with 94.5% of them pupate, while in the other 16 treatments no larvae became pupae. The dispersible granule (WG) formulation of the insecticide Larvin WG 800®, favored the survival of individuals. The sublethal effects must be taken into account when assessing the efficiency of control of tank mixtures for insect pests.

Key words: microbial control, soybean looper, soya, compatibility.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da importância dos inseticidas químicos no controle de pragas na agricultura (Aktar et al., 2009; Popp et al., 2013; Liu et al., 2015; Hedlung et al., 2019), o desenvolvimento de resistência de populações de pragas às moléculas inseticidas (Tabashnik et al., 2014; Brevik et al., 2018; Richardson et al., 2020), e o cancelamento da licença do seu uso devido aos riscos à saúde humana e impactos no meio ambiente (Nicolopoulou-Stamati et al., 2016; Guida et al., 2018; Bernieri et al., 2019; Donley, 2019; Fernandes et al., 2020) são importantes limitações para o seu emprego no manejo integrado de pragas.

Por esses motivos, o controle de pragas agrícolas somente com uso de inseticidas químicos evoluiu para o manejo integrado de pragas (Kogan, 1988; Kogan e Bajwa, 1999; Stenberg, 2017; Baker et al., 2020), com abertura do mercado para produtos menos agressivos ao meio ambiente, com menor pressão de seleção para resistência e, de reduzido custo de desenvolvimento em relação aos inseticidas químicos (Glare et al., 2012; Damalas e Koutroubas, 2018). Entre esses produtos destacam-se os bioinseticidas à base de microrganismos, principalmente fungos, vírus e bactérias (Lacey et al., 2015; Morán-Diez e Glare, 2016; Butu et al., 2020).

Huang et al. (2007), Kumar et al. (2015), Ruiu (2018), Arthurs e Dara (2019) e Mascarin et al. (2019) reportaram o sucesso dos bioinseticidas no controle de pragas, o que resultou em aumento da demanda mundial em 600%, com elevação do valor de mercado de US\$ 680 milhões em 2005 para US\$ 4 bilhões em 2016 (Zaki et al., 2020). Este valor representa cerca de 6% do mercado de agrotóxicos, sendo composto em sua maioria (75%) por bioinseticidas a base da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* Berliner (Rao e Jurat-Fuentes, 2020).

No Brasil, 116 bioinseticidas estão registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Agrofit, 2020). O mercado brasileiro desses produtos foi impulsionado significativamente pelos surtos dos noctuídeos *Helicoverpa armigera* e *Chrysodeixis includens* nas safras 2013/2014, quando bioinseticidas a base de *B. thuringiensis* (Bt) foram altamente eficientes contra essas duas pragas (Polanczyk et al., 2017).

A especificidade e seletividade dos Bt bioinseticidas são as suas principais vantagens em relação aos inseticidas químicos (Kumar e Singh, 2015; Chattopadhyay et al., 2017; Ruiu, 2018; Kesho, 2020), mas o seu uso em mistura em tanques de pulverização com outros agrotóxicos pode resultar em perda dessas qualidades e/ou alteração na eficiência (Glare et al., 2012; Mishra et al., 2015). A maioria dos agricultores usa mistura em tanque na tentativa de aumentar o espectro de ação dos produtos e/ou otimizar as práticas agrícolas a fim de economizar mão de obra e insumos (Novaretti et al., 2011; Das, 2014; Gazziero, 2015).

Além de reduzir a eficiência, a mistura em tanque pode alterar os efeitos subletais dos agentes de controle nos insetos. Esses efeitos subletais são definidos por Dexneus et al. (2007) e De França et al. (2017) como efeitos não letais do agente de controle que resultam em alterações biológicas, demográficas, fisiológicas e comportamentais nos indivíduos sobreviventes. Efeitos subletais são relatados com frequência com inseticidas (Wang et al., 2009; Guo et al., 2013; Meng et al., 2020) e Bt bioinseticidas ou toxinas Cry (Pedersen et al., 1997; Gujar et al., 2001; Sedaratian et al., 2013; Fite et al., 2019; Rabelo et al., 2020) utilizados no controle de pragas agrícolas, mas não para misturas de inseticidas e bioinseticidas. Desta forma, esse trabalho objetivou avaliar os efeitos subletais de misturas de inseticidas e Bt bioinseticidas em *C. includens*, como forma de contribuir para o conhecimento da interação dessa praga com os agentes de controle químicos e biológicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nos experimentos de mortalidade foram utilizados os inseticidas e Bt bioinseticidas considerados mais eficientes para *C. includens* por Grigoli (2015) na dose media recomendada (Tabela 1). Os 72 tratamentos foram resultantes de 36 combinações de dois produtos (um Bt bioinseticida mais um inseticida) e de 36 combinações de três produtos (um Bt bioinseticida mais dois inseticidas). Além disso, foram testados mais os oito inseticidas e dois bioinseticidas isoladamente, totalizando 82 tratamentos.

2.1 Obtenção das misturas inseticidas com bioinseticidas

O meio de cultura ágar nutriente (Kasvi®), utilizado como substrato, foi preparado com 23,0 gramas do Nutrient Agar® dissolvidos em 1 litro de água destilada, auto clavado a 1 atm. por 40 minutos. Após atingir a temperatura de 45°C, ponto em que o meio ainda não solidifica, os inseticidas na dose descrita na Tabela 1 foram adicionados e homogeneizados ao meio de cultura com o auxílio de um agitador magnético. A seguir, esse meio foi vertido em placas de Petri (9,0 cm Ø), totalizando 15 repetições (placas de Petri) para cada tratamento. Na testemunha foi utilizado somente o meio Nutrient Agar®.

Após solidificação do meio contendo os produtos foi inoculada uma alíquota de 5,0 µL da suspensão contendo Dipel SC® ou Thuricide PM® no centro da placa de Petri. Essa alíquota foi espalhada na superfície do meio com auxílio de uma alça de Drigalski. A seguir, as placas inoculadas foram mantidas em câmaras de germinação (B.O.D.) por um período de sete dias, em condições favoráveis ao desenvolvimento do Bt ($28 \pm 2^\circ\text{C}$), UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h.

2.2 Obtenção das lagartas de *Chrysodeixis includens*

Após o final do experimento do capítulo 2, uma placa de Petri em cada tratamento foi tomada aleatoriamente para os testes de mortalidade de *C. includens*. As colônias que cresceram em meio de cultura com inseticida foram raspadas e transferidas para tubos com 10 mL de água destilada. Os tubos foram agitados em vórtex para formar suspensões ajustadas para 3×10^8 esporos.mL⁻¹ em câmara de Neubauer. A seguir, 75 µL de cada suspensão foi aplicada na superfície de dieta artificial (Greene et al., 1976) acondicionada em 20 potes plásticos transparentes de 5,0 cm x 2,0 cm, colocando-se cinco lagartas de segundo instar de *C. includens* em cada um dos recipientes, totalizando 100 lagartas. Este procedimento foi realizado para as 72 combinações resultantes das misturas dos bioinseticida e inseticidas (Tabela 1), mais cada produto individualmente, totalizando 83 tratamentos, incluindo a testemunha.

Tabela 1. Inseticidas e bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* utilizados nos testes de compatibilidade e mortalidade de *Chrysodeixis includens*¹

Marca comercial (ingrediente ativo)	Grupo Químico	Concentração do i.a ² ./inerte	Mecanismo de ação
1) Dipel SC [®] (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	Microbiano	33,6g.L ⁻¹ /966,4g.L ⁻¹	Sistema digestivo
2) Thuricide PM [®] (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	Microbiano	32g.kg ⁻¹ /968 g.kg ⁻¹	Sistema digestivo
3) Ampligo SC [®] (clorantraniliprole e lambda-cialotrina)	Antranilamida/Piretroide	100g e 50g.L ⁻¹ /930g.L ⁻¹	Muscular e Neurotóxico
4) Avatar CE [®] (indoxacarbe)	Oxidiazina	150g.L ⁻¹ /797g.L ⁻¹	Neurotóxico
5) Belt SC [®] (flubendiamida)	Diamida	480g.L ⁻¹ /740g.L ⁻¹	Muscular
6) Curyom CE [®] (lufenuron e profenofós)	Organofosforado e Benzoilureia	500g e 50g.L ⁻¹ /640g.L ⁻¹	Neurotóxico e regulador crescimento
7) Exalt SC [®] (espinetoram)	Espinosinas	161g.L ⁻¹ /843,5g.L ⁻¹	Neurotóxico
8) Lannate SL [®] (metomil)	Metilcarbamato de oxima	250g.L ⁻¹ /785g.L ⁻¹	Neurotóxico
9) Larvin WG 800 [®] (tiodicarbe)	Metilcarbamato de oxima	800g.kg ⁻¹ /200g.kg ⁻¹	Neurotóxico
10) Prêmio SC [®] (clorantraniliprole)	Antranilamida	200g.L ⁻¹ /887g.L ⁻¹	Muscular

SC: Suspensão Concentrada; PM: Pó Molhável; CE: Concentrado Emulsionável; WG: Granulado Dispersível; SL: Concentrado Solúvel. ¹volume de calda de 100 L.ha⁻¹. ²i.a.: ingrediente ativo.

As lagartas utilizadas nos bioensaios foram provenientes de uma criação de laboratório com 15 gerações, conduzida segundo Botelho et al. (2019) e sem contato com inseticidas ou bioinseticidas. A criação foi mantida no Laboratório de Controle Microbiano de Artrópodes Praga da FCAV/UNESP. No tratamento controle (testemunha) foi aplicada água destilada, com os dois bioinseticidas representando os controles positivos.

Os recipientes contendo as lagartas foram acondicionados em câmaras de germinação (B.O.D.) por um período de sete dias, ajustada a temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 h de luz/12 h de escuro. A mortalidade foi avaliada no primeiro e sétimo dia após a aplicação dos tratamentos (capítulo 2), sendo considerados “espécimes sobreviventes” aqueles que no sétimo dia de avaliação (Asano et al., 1993; Polanczyk, 2004; Gonçalves et al., 2018; Fite et al., 2019) reagiram ao estímulo feito com pincel de cerdas macias (Busato et al., 2006; Nunes et al., 2019).

No dia seguinte da última avaliação, as placas contendo a dieta contaminada foram substituídas por outras com dieta sem os tratamentos. A pesagem das lagartas sobreviventes foi realizada em balança analítica (Shimadzu-Aty224®), a cada dois dias, entre o nono e trigésimo terceiro dia após a aplicação dos tratamentos. A massa de pupa foi avaliada da mesma forma e no segundo dia após a lagartas entrar nesse estágio de desenvolvimento. As pupas foram sexadas de acordo com Butt e Cantu (1962) e a razão sexual foi calculada pela equação $rs = \text{número de fêmeas} / \text{número fêmeas} + \text{número de machos}$ (Gallo et al., 2002).

2.3 Análise de dados

Os dados foram analisados quanto à normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 0,05$) e homogeneidade das variâncias pelo teste de Brown-Forsythe ($\alpha = 0,05$). Quando necessário foram transformados utilizando o teste de Box-Cox (TRANSREG procedure). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância através do modelo linear geral (PROC GLM Procedure) (one-way ANOVA) empregando-se o software estatístico SAS® versão 9.4 (SAS, 2013). As médias de massa de lagartas e pupas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) pelo software estatístico Agroestat versão 1.1

(Barbosa e Maldonado Jr. 2015). Os dados de desenvolvimento larval ao longo do tempo também foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias e submetidos à análise de variância e, quando diferenças significativas foram observadas, as médias do massa de lagarta entre os tempos avaliados foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) através do software estatístico SAS® versão 9.4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta o resultado da análise da massa médio de lagartas de *C. includens* nos tratamentos, número de pupas e lagartas que morreram até a sexta avaliação quando ainda havia lagartas na testemunha; utilizada como parâmetro comparativo. Na Tabela 3 consta a evolução da massa médio das lagartas de *C. includens* ao longo de todo período de avaliação em cada tratamento, concluída quando não havia mais espécimes na fase larval. A Tabela 4 apresenta a análise dos dados da massa de pupas entre os tratamentos, enquanto a Tabela 5 fornece um resumo geral sobre o desenvolvimento dos insetos avaliados nos estagios de lagarta e pupa.

Das 8.300 lagartas de *C. includens* avaliadas nos 83 tratamentos, 1.805 (21,75%) sobreviveram em 42 (50,6%) tratamentos, incluindo a testemunha. Estas lagartas sobreviventes foram utilizadas na avaliação dos dos efeitos subletais. No total foram realizadas 7.458 pesagens de lagartas em 12 avaliações e de 687 pupas em uma única vez, ou seja, 1.118 espécimes (62%) morreram durante a fase larval (Tabelas 2 a 5). Ressalta-se que não houve indivíduos sobreviventes nos produtos testados isoladamente, ou seja, restaram espécimes vivos em 41 misturas (58,3%), sendo 31 dessas misturas com três produtos. Em 16 misturas (12 com três produtos e quatro com dois produtos) a sobrevivência foi maior do que 50%. Destaca-se que das 12 misturas com três produtos a metade apresentou sobrevivência maior que 80% (Tabela 2).

Até os 19 dias após a aplicação dos tratamentos, ou seja, na sexta avaliação, 1.192 lagartas morreram (697) ou empuparam (495), o que representa 66% dos insetos avaliados (Tabela 2 – coluna M/P). Nas outras seis avaliações posteriores (Tabela 3), mais 421 lagartas morreram e 192 empuparam e do total

de 1805 insetos avaliados, somente 686 (38%) atingiram a fase de pupa (Tabela 5 – coluna L e P).

No total de 42 tratamentos avaliados, em 16 (38%) nenhuma lagarta, de 227, atingiu a fase de pupa (14,38%) (Tabela 5). De acordo com a mesma tabela, nos tratamentos restantes (25) sobrevivência larval elevada e satisfatória foi observada apenas na testemunha (100%), Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Avatar CE® (87%), Dipel SC® + Ampligo SC® + Curyom CE® (67%) e Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Prêmio SC® (95%). Dados semelhantes foram relatados por Andrade et al. (2016) que obtiveram sobrevivência larval de *C. includens* entre 85% e 98,33% trabalhando com dietas artificial e natural (algodão, girassol e soja).

Os menores períodos larvais foram observados nos tratamentos Thuricide PM® + Belt SC®, Thuricide PM® + Belt SC® + Prêmio SC®, Thuricide PM® + Belt SC® + Exalt SC® e Thuricide PM® + Ampligo SC® + Avatar CE®. Deve-se ressaltar que nesses tratamentos o número de espécimes sobreviventes foi baixo (Tabela 1), com nenhum indivíduo chegando a fase de pupa (Tabela 5). Ao contrário, nos tratamentos Thuricide PM® + Avatar CE®, Dipel SC® + Ampligo SC® + Prêmio SC® e Thuricide PM® + Prêmio SC® + Lannate SL® foram constatados os maiores períodos larvais, com ênfase ao primeiro tratamento com 10% das lagartas sobreviventes (Tabela 2), com apenas quatro dessas lagartas atingindo o estágio pupal, sendo todas macho (Tabelas 4 e 5).

Na testemunha as lagartas de *C. includens* atingiram a fase pupal entre 17 e 19 dias após os tratamentos (Tabela 2), o que corresponde a aproximadamente 20 a 23 dias de fase larval (Burton, 1969), uma vez que foram utilizadas lagartas de segundo ínstar nos experimentos. Esses dados estão dentro faixa de duração de fase larval (14 e 23,3 dias) relatada por Reid e Greene (1973), Shour e Sparks (1981), Andrade et al. (2016) e Barrionuevo e San Blas (2016). No presente estudo 100% das lagartas empuparam, valor igual ao relatado por Andrade et al. (2016) e superior ao citado por Barrionuevo et al. (2012) que observaram sucesso de 72,3% na passagem de lagarta para pupa. Essa variação pode ser em função das diferentes dietas artificiais utilizadas (Burton, 1969; Greene et al., 1976;) ou entre populações de *C. includens* (Burleigh, 1972; Silva et al., 2020). Em oito tratamentos na primeira avaliação as lagartas de *C. includens* apresentaram massa maior que a testemunha (0,0293 gramas), com a maior diferença ocorrendo com a mistura Dipel SC® + Ampligo SC® + Curyom CE®, em torno de

400% (0,1152 gramas). A massa média de três tratamentos foi semelhante à da testemunha enquanto que em 28 tratamentos a massa média das lagartas foi inferior a da testemunha, sendo que em dois (Thuricide PM® + Belt SC® e Thuricide PM® + Belt SC® + Prêmio SC®) restou apenas uma lagarta sobrevivente (Tabela 1). Na maioria desses casos (16 tratamentos), os insetos não passaram para a fase de pupa, ocorrendo mortalidade expressiva dos indivíduos sobreviventes ao longo das avaliações, especialmente com Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Curyom CE®, Dipel SC® + Larvin WG 800® + Prêmio SC®, Dipel SC® + Larvin WG 800® + Exalt e Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Exalt SC® e Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Lannate SL® (Tabela 2).

Na segunda avaliação, realizada 11 dias após a aplicação dos tratamentos, seis deles apresentaram massa média superior a da testemunha, com maior diferença ainda entre a testemunha e Dipel SC® + Ampligo SC® + Curyom CE®, em torno de 400%. Por outro lado, quatro tratamentos apresentaram massa média igual a da testemunha e em outros 27 tratamentos esse parâmetro foi inferior, com três tratamentos restando apenas uma lagarta. Entre essa segunda avaliação e a anterior, houve redução de 11% nos indivíduos avaliados (Tabela 1).

Na terceira avaliação houve redução de cerca de um terço dos espécimes vivos (27,9%), principalmente pela redução expressiva nos quatro primeiros tratamentos (de 300 para 29), enquanto que a redução foi de apenas 29 espécimes entre a primeira e a segunda avaliação. Grande parte das lagartas (90%) nesses tratamentos empupou entre essas avaliações (Tabelas 1 e 2). Nesse período houve redução da fase larval para cerca de 14 dias e início da fase de pupa para cerca de 50% dos insetos, sendo 31, 41, 20 e 90 nos tratamentos Dipel SC® + Ampligo + Curyom, Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Avatar CE®, Dipel SC® + Larvin WG 800® + Curyom CE® e Thuricide PM® + Larvin WG 800® e Prêmio SC®, respectivamente. Esse período larval mais curto foi acompanhado por maior massa larval aos nove dias após a aplicação dos tratamentos, o que ocorreu em oito destes, especialmente em Dipel SC® + Ampligo SC® + Curyom CE® (0,1152 gramas) em comparação a testemunha (0,0293 gramas) (Tabela 2), com a mesma tendência observada para os outros sete tratamentos (Tabela 2). Além disso, os insetos que encurtaram a fase larval tiveram mais sucesso (em média 82,7%) em atingir a fase de pupa do que os alongaram a fase larval (em média 9,8%).

Tabela 2. Massa (gramas $\pm$ erro padrão) de lagartas de *Chrysodeixis includens* sobreviventes aos tratamentos em cada avaliação¹.

Tratamento ²	Massa (9 dias) ³	Massa (11 dias)	Massa (13 dias)	Massa (15 dias)	Massa (17 dias)	Massa (19 dias)	M/P ⁷
Di+Am+Cu	0,1152 $\pm$ 0,0043 a (68) ⁴	0,1915 $\pm$ 0,0089 a (65)	0,1643 $\pm$ 0,0196 a (6)	0,1932 $\pm$ 0,0251 a (3)	0,1356 (1) ⁵	0,1362 (1)	8/59
Th+Lar+Av	0,0927 $\pm$ 0,0035 a (87)	0,1866 $\pm$ 0,0079 a (79)	0,1509 $\pm$ 0,0329 a (7)	0,2071 $\pm$ 0,0031 a (5)	0,1612 (1)	-. ⁶	15/75
Di+Lar+Cu	0,0880 $\pm$ 0,0051 a (79)	0,1559 $\pm$ 0,0089 a (65)	0,1641 $\pm$ 0,0197 a (15)	0,2074 $\pm$ 0,0217 a (4)	0,1679 (1)	-	29/50
Th+Lar+Pr	0,0845 $\pm$ 0,0032 a (95)	0,1581 $\pm$ 0,0082 a (92)	0,1573 $\pm$ 0,0194 a (2)	0,1998 $\pm$ 0,0488 a (2)	0,1802 (1)	0,1915 (1)	4/90
Di+Lar+Av	0,0824 $\pm$ 0,0039 a (86)	0,1076 $\pm$ 0,0069 b (83)	0,1758 $\pm$ 0,0100 a (77)	0,2156 $\pm$ 0,0135 a (38)	0,1986 $\pm$ 0,0141 b (28)	0,1856 $\pm$ 0,0572 a (5)	46/35
Di+Lar+Lan	0,0620 $\pm$ 0,0033 a (89)	0,1632 $\pm$ 0,0080 a (86)	0,2066 $\pm$ 0,0080 a (85)	0,2540 $\pm$ 0,0096 a (64)	0,2154 $\pm$ 0,0101 b (18)	0,2110 $\pm$ 0,0099 a (11)	37/41
Di+Lar	0,0397 $\pm$ 0,0032 b (68)	0,0617 $\pm$ 0,0057 c (66)	0,1177 $\pm$ 0,0145 a (46)	0,1970 $\pm$ 0,0204 a (34)	0,2179 $\pm$ 0,0186 b (34)	0,1857 $\pm$ 0,0201 a (24)	24/20
Di+Am+Ex	0,0357 $\pm$ 0,0047 b (11)	0,0518 $\pm$ 0,0102 c (11)	0,1560 $\pm$ 0,0180 a (3)	0,1417 (1)	-	-	11/0
Testemunha	0,0293 $\pm$ 0,0021 c (100)	0,0488 $\pm$ 0,0020 c (100)	0,1358 $\pm$ 0,0074a (100)	0,1848 $\pm$ 0,0105a (100)	0,2281 $\pm$ 0,0071 b (79)	0,2310 $\pm$ 0,0127 a (21)	0/79
Di+Av	0,0275 $\pm$ 0,0067 c (2)	0,0386 $\pm$ 0,0377 d (2)	0,0986 (1)	0,2111 (1)	0,2732 (1)	0,2741 (1)	1/1
Th+Lar+Cu	0,0268 $\pm$ 0,0024 c (84)	0,0496 $\pm$ 0,0042 c (80)	0,0942 $\pm$ 0,0077 b (78)	0,1343 $\pm$ 0,0119 a (75)	0,1845 $\pm$ 0,0141 b(67)	0,1769 $\pm$ 0,0146 a (55)	20/9
Di+Lar+Pr	0,0189 $\pm$ 0,0012 c (77)	0,0486 $\pm$ 0,0036 c (69)	0,0840 $\pm$ 0,0071 b (59)	0,1246 $\pm$ 0,0126 b (59)	0,1654 $\pm$ 0,0148 b (56)	0,1627 $\pm$ 0,0123 a (38)	31/8
Di+Lar+Ex	0,0165 $\pm$ 0,0019 d (67)	0,0303 $\pm$ 0,0034 d (48)	0,1241 $\pm$ 0,0171 a (30)	0,1977 $\pm$ 0,0252 b (20)	0,3102 $\pm$ 0,0148 a (2)	-	53/12
Th+Lar+Ex	0,0140 $\pm$ 0,0010 d (86)	0,0260 $\pm$ 0,0028 d (70)	0,0763 $\pm$ 0,0117 b (42)	0,1168 $\pm$ 0,0182 b (32)	0,0629 $\pm$ 0,0152 d (22)	0,0850 $\pm$ 0,0148 b(11)	70/5
Th+Lar	0,0134 $\pm$ 0,0012 d (60)	0,0297 $\pm$ 0,0025 d (55)	0,0783 $\pm$ 0,0075 b (51)	0,1537 $\pm$ 0,0181 a (45)	0,2147 $\pm$ 0,0235 b (45)	0,1969 $\pm$ 0,0190 a (45)	8/7
Di+Am+Av	0,0123 $\pm$ 0,0017 d (72)	0,0254 $\pm$ 0,0028 e (72)	0,0368 $\pm$ 0,0042 c (72)	0,0700 $\pm$ 0,0064 c (71)	0,1570 $\pm$ 0,0143 b (68)	0,2082 $\pm$ 0,0147 a (65)	7/0
Th+Lar+Lan	0,0121 $\pm$ 0,0014 e (59)	0,0491 $\pm$ 0,0069 c (52)	0,0623 $\pm$ 0,0053 b (49)	0,0817 $\pm$ 0,0077 b (40)	0,1160 $\pm$ 0,0135 e (43)	0,1450 $\pm$ 0,0162 a (29)	28/2
Th+Lar+Be	0,0120 $\pm$ 0,0026 e (25)	0,0186 $\pm$ 0,0035 e (25)	0,0253 $\pm$ 0,0054 c (25)	0,0494 $\pm$ 0,0100 c (25)	0,0920 $\pm$ 0,0170 c (24)	0,1294 $\pm$ 0,0214 b (22)	3/0
Di+Prê+Lan	0,0105 $\pm$ 0,0036 e (3)	0,0136 $\pm$ 0,0031 e (3)	0,0166 $\pm$ 0,0001 d (3)	0,0297 $\pm$ 0,0131 c (2)	0,0380 $\pm$ 0,0209 e (3)	0,0663 $\pm$ 0,0404 b (2)	1/0
Di+Lar+Be	0,0090 $\pm$ 0,0011 e (43)	0,0210 $\pm$ 0,0024 e (42)	0,0622 $\pm$ 0,0072 b (38)	0,1059 $\pm$ 0,0129 b (37)	0,1993 $\pm$ 0,0171 b (35)	0,2197 $\pm$ 0,0266 a (27)	15/1
Di+Cu	0,0063 $\pm$ 0,0021 f (5)	0,0112 $\pm$ 0,0015 e (3)	0,0417 $\pm$ 0,0220 c (2)	0,0660 $\pm$ 0,0302 c (2)	0,1236 $\pm$ 0,0958 b (2)	0,1564 $\pm$ 0,1210 a (2)	3/0
Di+Am+Lan	0,0052 $\pm$ 0,0011 f (26)	0,0070 $\pm$ 0,0032 f (17)	0,0463 $\pm$ 0,0265 b (10)	0,0606 $\pm$ 0,0126 c (10)	0,0810 $\pm$ 0,0224 d (7)	0,0881 $\pm$ 0,0153 b (7)	18/1
Di+Be	0,0044 $\pm$ 0,0006 f (63)	0,0090 $\pm$ 0,0012 e (55)	0,0306 $\pm$ 0,0042 c (44)	0,0406 $\pm$ 0,0050 c (33)	0,0590 $\pm$ 0,0075 d (44)	0,1083 $\pm$ 0,0130 b (39)	24/0
Di+Am+Pr	0,0035 $\pm$ 0,0005 f (41)	0,0161 $\pm$ 0,0031 e (38)	0,0182 $\pm$ 0,0035 d (36)	0,0333 $\pm$ 0,0056 d (35)	0,0675 $\pm$ 0,0126 d (31)	0,1130 $\pm$ 0,0202 b (28)	13/0
Di+Pr+Be	0,0034 $\pm$ 0,0006 g (26)	0,0057 $\pm$ 0,0011 f (20)	0,0081 $\pm$ 0,0018 e (14)	0,0184 $\pm$ 0,0062 d (12)	0,0148 $\pm$ 0,0053 f (9)	0,0198 $\pm$ 0,0070 c (6)	20/0

Di+Cu+Av	0,0023±0,0003 g (33)	0,0027±0,0004 f (23)	0,0086±0,0026 e (16)	0,0077±0,0019 d (11)	0,0107±0,0033 f (16)	0,0530±0,0275 c (11)	22/0
Th+Ex	0,0023±0,0008 g (18)	0,0037±0,0017 f (16)	0,0081±0,0045 e (10)	0,0125±0,0067 d (7)	0,0170±0,0092 f (7)	0,0279±0,0233 c (3)	15/0
Th+Av	0,0019±0,0004 g (54)	0,0041±0,0010 f (53)	0,0152±0,0051 d (46)	0,0168±0,0055 d (40)	0,0256±0,0078 f (40)	0,0567±0,0205 c (34)	20/0
Di+Cu+Ex	0,0019±0,0002 g (44)	0,0046±0,0007 f (33)	0,0050±0,0007 e (29)	0,0060±0,0010 d (13)	0,0096±0,0019 f (21)	0,0147±0,0037 c (13)	31/0
Di+Lan+Be	0,0019±0,0003 g (42)	0,0037±0,0007 f (37)	0,0126±0,0028 d (36)	0,0178±0,0034 d (28)	0,0387±0,0095 e (28)	0,0986±0,0244 b (17)	25/0
Th+Av+Be	0,0017±0,0001 g (40)	0,0030±0,0005 f (37)	0,0049±0,0008 e (33)	0,0072±0,0017 d (28)	0,0094±0,0028 f (21)	0,0121±0,0031 c (13)	27/0
Di+Ex+Lan	0,0015±0,0002 g (41)	0,0030±0,0005 f (40)	0,0138±0,0019 d (27)	0,0142±0,0022 d (21)	0,0297±0,0058 f (28)	0,0965±0,0272 b (21)	20/0
Di+Cu+Be	0,0015±0,0002 g (33)	0,0027±0,0005 f (19)	0,0143±0,0099 d (10)	0,0152±0,0088 d (10)	0,0085±0,0030 f (7)	0,0127±0,0023 c (4)	29/0
Th+Lan	0,0015±0,0007 h (13)	0,0055±0,0035 f (3)	0,0098±0,0061 e (3)	0,0089±0,0049 d (2)	0,0146±0,0085 f (2)	0,0169±0,0060 c (2)	11/0
Th+Ex+Lan	0,0008±0,0001 h (6)	0,0009±0,0001 g (6)	0,0012±0,0002 f (5)	0,0014±0,0003 e (3)	0,0016±0,0003 g (3)	0,0023±0,0003 d (3)	3/0
Th+Pr+Lan	0,0007±0,0001 h (29)	0,0009±0,0003 g (19)	0,0014±0,0005 f (10)	0,0015±0,0003 e (8)	0,0021±0,0005 g (7)	0,0030±0,0005 d (6)	23/0
Di+Pr	0,0005±0,0001 i (17)	0,0008±0,0001 g (12)	0,0011±0,0002 f (7)	0,0024±0,0004 d (3)	0,0025±0,0008 g (3)	0,0034±0,0002 d (2)	15/0
Th+Am+Lan	0,0003±0,0001 i (4)	0,0005±0,0001 g (2)	0,0009±0,0001 f (2)	-	-	-	4/0
Th+Be	0,0002±0,0001 j (5)	0,0015 (1)	0,0020 (1)	-	-	-	5/0
Th+Be+Pr	0,0009 (1)	0,0003 (1)	-	-	-	-	1/0
Th+Be+Ex	0,0006 (1)	-	-	-	-	-	1/0
Th+Am+Av	0,0008±0,0001 h (2)	0,0009 (1)	-	-	-	-	2/0
Total insetos	1.805	1.607	1.158	997	808	568	697/ 495
VP(%) ⁸	393,20	392,40	152,00	137,00	136,00	118,00	
	F: 37,51 = 128,54	F: 116,6	F: 36,14 = 50,83	F: 29,32 = 54,16	F 26,285 = 41,08	F25,241 = 16,58	
	CV: 5,96 P < 0,0001	CV: 1,84 P < 0,0001	CV: 15,36 P < 0,0001	CV: 14,86 P < 0,0001	CV = 20,29P < 0,0001	CV = 27,16 P < 0,0001	

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna são estatisticamente semelhantes (Scott-Knott 5%). ² Cada tratamento e representado pelas primeiras letras de cada produto (Tabela 1), por exemplo: Di+Am+Cu (Dipel+Ampligo +Curyom). ³Dias após a aplicação dos tratamentos. ⁴ () Número de lagartas avaliadas. ⁵ Massa da única lagarta sobrevivente, sem análise estatística. ⁶ As lagartas avaliadas morreram. M/P⁷: Número de insetos que morreram ou empuparam ao longo do período de avaliação. ⁸VP: variação (%) entre a maior massa médio entre as misturas e a massa média das lagartas da testemunha.

Tabela 3. Evolução da massa média (gramas $\pm$ erro padrão) de lagartas de *Chrysodeixis includens* sobreviventes aos tratamentos¹.

Tratamento ²	Massa (9 dias) ³	Massa (11 dias)	Massa (13 dias)	Massa (15 dias)	Massa (17 dias)	Massa (19 dias)	Massa (21 dias)
Di+Am+Cu	0,1152 $\pm$ 0,0043 b	0,1915 $\pm$ 0,0089 a	0,1643 $\pm$ 0,0196 a	0,1932 $\pm$ 0,0251 a	0,1356 (1) ^{4,5}	0,1362 (1)	0,1405 (1)
Th+Lar+Av	0,0927 $\pm$ 0,0035 b	0,1866 $\pm$ 0,0079 ab	0,1509 $\pm$ 0,0329 a	0,2071 $\pm$ 0,0031 a	0,1612 (1)	- ⁶	-
Di+Lar+Cu	0,0880 $\pm$ 0,0051 c	0,1559 $\pm$ 0,0089 b	0,1641 $\pm$ 0,0197 ab	0,2074 $\pm$ 0,0217 a	0,1679 (1)	-	-
Th+Lar+Pr	0,0845 $\pm$ 0,0032 b	0,1581 $\pm$ 0,0082 a	0,1573 $\pm$ 0,0194 a	0,1998 $\pm$ 0,0488 a	0,1802 (1)	0,1915 (1)	-
Di+Lar+Av	0,0824 $\pm$ 0,0039 b	0,1076 $\pm$ 0,0069 b	0,1641 $\pm$ 0,0099 a	0,2074 $\pm$ 0,0217 a	0,2003 $\pm$ 0,0125 a	0,2035 $\pm$ 0,0451 a	0,0424 (1)
Di+Lar+Lan	0,0620 $\pm$ 0,0033 c	0,1632 $\pm$ 0,0080 b	0,2066 $\pm$ 0,0080 ab	0,2540 $\pm$ 0,0096 a	0,2154 $\pm$ 0,0110 c	0,2110 $\pm$ 0,0099 ab	0,2054 $\pm$ 0,0094 ab (4)
Di+Lar	0,0397 $\pm$ 0,0032 d	0,0617 $\pm$ 0,0057 cd	0,1177 $\pm$ 0,0145 bc	0,1970 $\pm$ 0,0204 ab	0,2179 $\pm$ 0,0186 a	0,1857 $\pm$ 0,0201 ab	0,2047 $\pm$ 0,0387 a (5)
Di+Am+Ex	0,0357 $\pm$ 0,0047 b	0,0518 $\pm$ 0,0104 b	0,1560 $\pm$ 0,0180 a	0,1417 (1)	0,1844 (1)	0,2741 (1)	-
Testemunha	0,0293 $\pm$ 0,0021 e	0,0488 $\pm$ 0,0020 d	0,1358 $\pm$ 0,0074 c	0,1848 $\pm$ 0,0105 b	0,2281 $\pm$ 0,0071 a	0,2310 $\pm$ 0,0126 a	
Di+Av	0,0275 $\pm$ 0,0067 b	0,0386 $\pm$ 0,0377 a	0,0886 (1)	0,2211 (1)	0,2732 (1)	-	-
Th+Lar+Cu	0,0268 $\pm$ 0,0024d	0,0496 $\pm$ 0,0042 cd	0,0942 $\pm$ 0,0077 abc	0,1343 $\pm$ 0,0118 ab	0,18455 $\pm$ 0,0141a	0,1769 $\pm$ 0,0146 a	0,1599 $\pm$ 0,0178 ab (25)
Di+Lar+Pr	0,0189 $\pm$ 0,0012c	0,0486 $\pm$ 0,0036 bc	0,0840 $\pm$ 0,0071 ab	0,1246 $\pm$ 0,0126 a	0,1654 $\pm$ 0,0148 a	0,1627 $\pm$ 0,0123 a	0,1534 $\pm$ 0,0133 a (24)
Di+Lar+Ex	0,0165 $\pm$ 0,0019 b	0,0303 $\pm$ 0,0034 b	0,1241 $\pm$ 0,0071 a	0,1977 $\pm$ 0,0252 a	0,3102 $\pm$ 0,0148 a	-	-
Th+Lar+Ex	0,0140 $\pm$ 0,0010 b	0,0260 $\pm$ 0,0028 b	0,0763 $\pm$ 0,0117 a	0,1168 $\pm$ 0,0182 a	0,0629 $\pm$ 0,0152 ab	0,0850 $\pm$ 0,0148 ab	0,0850 $\pm$ 0,0257 a (7)
Th+Lar	0,0134 $\pm$ 0,0012 d	0,0297 $\pm$ 0,0025 cd	0,0783 $\pm$ 0,0075 bc	0,1537 $\pm$ 0,0181 b	0,2147 $\pm$ 0,0235 a	0,1969 $\pm$ 0,0190 a	0,1505 $\pm$ 0,0210 ab (28)
Di+Am+Av	0,0123 $\pm$ 0,0017 d	0,0254 $\pm$ 0,0028 d	0,0368 $\pm$ 0,0042 cd	0,0700 $\pm$ 0,0064 c	0,1570 $\pm$ 0,0143 b	0,2082 $\pm$ 0,0146 ab	0,2210 $\pm$ 0,0112 ab (53)
Th+Lar+Lan	0,0121 $\pm$ 0,0014 d	0,0491 $\pm$ 0,0069 c	0,0623 $\pm$ 0,0053 c	0,0817 $\pm$ 0,0077 bc	0,1160 $\pm$ 0,0135 ab	0,1450 $\pm$ 0,0162 a	0,1437 $\pm$ 0,0151 a (19)
Th+Lar+Be	0,0120 $\pm$ 0,0026 d	0,0186 $\pm$ 0,0035 cd	0,0253 $\pm$ 0,0054 cd	0,0494 $\pm$ 0,0100 bc	0,0920 $\pm$ 0,0170 ab	0,1294 $\pm$ 0,0214 a	0,1640 $\pm$ 0,0205 a (17)
Di+Pr+Lan	0,0105 $\pm$ 0,0036 e	0,0136 $\pm$ 0,0031 e	0,0166 $\pm$ 0,0001 d	0,0297 $\pm$ 0,0131 c	0,0380 $\pm$ 0,0209 e	0,0663 $\pm$ 0,0404 b	0,0105 $\pm$ 0,0036 e (2)
Di+Lar+Be	0,0090 $\pm$ 0,0011 f	0,0210 $\pm$ 0,0024 e	0,0626 $\pm$ 0,0072 d	0,1059 $\pm$ 0,0129 c	0,1933 $\pm$ 0,0171 b	0,2197 $\pm$ 0,266 a	0,2149 $\pm$ 0,1994 a (26)
Di+Cu	0,0063 $\pm$ 0,0021 f	0,0112 $\pm$ 0,0015 e	0,0417 $\pm$ 0,0220 c	0,0660 $\pm$ 0,0302 c	0,1236 $\pm$ 0,0958 b	0,1564 $\pm$ 0,1210	-
Di+Am+Lan	0,0052 $\pm$ 0,0011 b	0,0070 $\pm$ 0,0032 b	0,0463 $\pm$ 0,0265 a	0,0606 $\pm$ 0,0126 a	0,0810 $\pm$ 0,0224 a	0,0881 $\pm$ 0,0153 a	0,1439 $\pm$ 0,0372 a (6)
Di+Be	0,0044 $\pm$ 0,0006 e	0,0090 $\pm$ 0,0012 e	0,0306 $\pm$ 0,0042 d	0,0406 $\pm$ 0,0050 d	0,0590 $\pm$ 0,0075 cd	0,1083 $\pm$ 0,0130 bc	0,1678 $\pm$ 0,0178 ab (33)
Di+Am+Pr	0,0035 $\pm$ 0,0005 e	0,0161 $\pm$ 0,0031 de	0,0182 $\pm$ 0,0035 de	0,0333 $\pm$ 0,0056 cd	0,0675 $\pm$ 0,0126 bcd	0,1130 $\pm$ 0,0202 abc	0,1307 $\pm$ 0,0246 ab (26)

Tratamento	Massa (23 dias) ²	Massa (25 dias)	Massa (27 dias)	Massa (29 dias)	Massa (31 dias)	F	P	CV
Di+Am+Cu	-	-	-	-	-	17,61	< 0,0001	24,86
Th+Lar+Av	-	-	-	-	-	18,79	< 0,0001	28,31
Di+Lar+Cu	-	-	-	-	-	14,10	< 0,0001	36,25
Th+Lar+Pr	-	-	-	-	-	11,75	< 0,0001	35,37
Di+Lar+Av	-	-	-	-	-	30,46	< 0,0001	14,97
Di+Lar+La	0,2275±0,0134 a (2)	-	-	-	-	70	< 0,0001	19,81
Di+Lar	0,2660 (1)	0,2854 (1)	-	-	-	25,42	< 0,0001	24,59
Di+Am+Ex	-	-	-	-	-	15,78	< 0,0001	45,82
Testemunha	-	-	-	-	-	236,58	< 0,0001	10,27
Di+Av	-	-	-	-	-	13,45	< 0,0001	43,05
Th+Lar+Cu	0,1360±0,0233 ab (12)	0,1031±0,0761 bc (2)	-	-	-	23,90	< 0,0001	24,25
Di+Lar+Pr	0,1247±0,0350 a (6)	0,1376±0,0369 a (2)	0,1413±0,0398 a (2)	-	-	31,77	< 0,0001	21,11
Di+Lar+Ex	-	-	-	-	-	27,83	< 0,0001	26,42
Th+Lar+Ex	-	0,1160 (1)	-	-	-	9,33	0,0007	09,89
Th+Lar	0,1522±0,0234 ab (20)	0,2030±0,037 a (4)	0,2039±0,0411 a (3)	0,2060 (1)	-	26,30	< 0,0001	15,80
Di+Am+Av	0,2377±0,0133 a (20)	0,1893±0,0158 ab (18)	0,1822±0,0182 ab (10)	0,2060±0,0120 ab (2)	-	87,37	< 0,0001	19,29
Th+Lar+Lan	0,1160±0,0266 ab (5)	0,1593 (1)	0,1605 (1)	-	-	39,70	< 0,0001	11,98
Th+Lar+Be	0,1470±0,1470 a (12)	0,1680±0,0222 a (8)	0,2373 (1)	-	-	25,11	< 0,0001	17,22
Di+Pr+Lan	-	-	-	-	-	09,87	< 0,0001	07,34
Di+Lar+Be	0,01916±0,0163 a(17)	0,1760±0,0183 a (10)	0,2823 (1)	-	-	34,17	< 0,0001	45,79
Di+Cu	-	-	-	-	-	18,90	< 0,0001	28,86
Di+Am+Lan	0,0423±0,0148 a (2)	0,1248±0,0863 a (2)	0,1176±0,0822 a (2)	-	-	31,28	< 0,0001	28,86
Di+Be	0,1978±0,0206 a (26)	0,2095±0,0180 a (21)	0,1880±0,0309 ab (8)	0,1534±0,0649 ab (3)	-	70,88	< 0,0001	15,00
Di+Am+Pr	0,1127±0,0237abc(19)	0,1313±0,0215 ab (17)	0,1388±0,0205 ab (16)	0,1697±0,0057 a (5)	0,1423±0,0165 ab (3)	23,03	< 0,0001	19,87

Tabela 3. Evolução da massa média (gramas $\pm$ erro padrão) de lagartas de *Chrysodeixis includens* sobreviventes aos tratamentos¹. (Continuação dos tratamentos)

Tratamento ²	Massa (9 dias) ³	Massa (11 dias)	Massa (13 dias)	Massa (15 dias)	Massa (17 dias)	Massa (19 dias)	Massa (21 dias)
Di+Pr+Be	0,0034 $\pm$ 0,0006 c	0,0057 $\pm$ 0,0011 bc	0,0081 $\pm$ 0,0018 bc	0,0184 $\pm$ 0,0062 abc	0,0148 $\pm$ 0,0053 abc	0,0198 $\pm$ 0,0070 ab	0,0452 $\pm$ 0,0177 a (3) ⁴
Di+Cu+Av	0,0023 $\pm$ 0,0003 b	0,0027 $\pm$ 0,0004 b	0,0086 $\pm$ 0,0026 b	0,0077 $\pm$ 0,0019 b	0,0107 $\pm$ 0,0033 b	0,0530 $\pm$ 0,0275 a	0,0647 $\pm$ 0,0289 a (9)
Th+Ex	0,0023 $\pm$ 0,0008 b	0,0037 $\pm$ 0,0017 ab	0,0081 $\pm$ 0,0045 ab	0,0125 $\pm$ 0,0067 ab	0,0170 $\pm$ 0,0092 a	0,0279 $\pm$ 0,0233 a	-
Th+Av	0,0019 $\pm$ 0,0004 e	0,0041 $\pm$ 0,0010 de	0,0152 $\pm$ 0,0051 cd	0,0168 $\pm$ 0,0055 cd	0,0256 $\pm$ 0,0078 bc	0,0567 $\pm$ 0,0205 abc	0,0796 $\pm$ 0,0231 ab (30)
Di+Cu+Ex	0,0019 $\pm$ 0,0002 d	0,0046 $\pm$ 0,0010 cd	0,0050 $\pm$ 0,0007 cd	0,0060 $\pm$ 0,0010 cd	0,0096 $\pm$ 0,0019 bc	0,0147 $\pm$ 0,0037 abc	0,0154 $\pm$ 0,0032 abc (8)
Di+Lan+Be	0,0019 $\pm$ 0,0003 d	0,0037 $\pm$ 0,0007 cd	0,0126 $\pm$ 0,0028 bc	0,0178 $\pm$ 0,0034 b	0,0387 $\pm$ 0,0095 a	0,0986 $\pm$ 0,0244 a	0,1241 $\pm$ 0,0302 a (16)
Th+Av+Be	0,0017 $\pm$ 0,0001 b	0,0030 $\pm$ 0,0005 b	0,0049 $\pm$ 0,0008 ab	0,0071 $\pm$ 0,0017 ab	0,0079 $\pm$ 0,0023 ab	0,0113 $\pm$ 0,0025 a	0,0129 $\pm$ 0,0042 a (9)
Di+Ex+Lan	0,0015 $\pm$ 0,0002 d	0,0030 $\pm$ 0,0005 d	0,0138 $\pm$ 0,0019 c	0,0142 $\pm$ 0,0022 c	0,0302 $\pm$ 0,0051 bc	0,0965 $\pm$ 0,0272 ab	0,1223 $\pm$ 0,0359 ab (19)
Di+Cu+Be	0,0015 $\pm$ 0,0002 c	0,0027 $\pm$ 0,0005 bc	0,0143 $\pm$ 0,0099 abc	0,0164 $\pm$ 0,0109 abc	0,0523 $\pm$ 0,0438 ab	0,1184 $\pm$ 0,1057 a	0,020 $\pm$ 0,005 ab (2)
Th+Lan	0,0015 $\pm$ 0,0007 d	0,0055 $\pm$ 0,0035 c	0,0098 $\pm$ 0,0061 b	0,0089 $\pm$ 0,0049 b	0,0146 $\pm$ 0,0085 a	0,0169 $\pm$ 0,0060 a	0,0114 (1) ⁵
Th+Ex+Lan	0,0008 $\pm$ 0,0002 c	0,0009 $\pm$ 0,0001 c	0,0012 $\pm$ 0,0002 bc	0,0014 $\pm$ 0,0003 bc	0,0016 $\pm$ 0,0003 bc	0,0023 $\pm$ 0,0003 ab	0,0032 $\pm$ 0,0002 a (2)
Th+Pr+Lan	0,0007 $\pm$ 0,0001e	0,0009 $\pm$ 0,0003 de	0,0014 $\pm$ 0,0004 cde	0,0015 $\pm$ 0,0003 bcde	0,002 $\pm$ 0,0005 abcde	0,0030 $\pm$ 0,0005 abc	0,0028 $\pm$ 0,0004abcd (5)
Di+Pr	0,0005 $\pm$ 0,0001 c	0,0008 $\pm$ 0,0001 c	0,0011 $\pm$ 0,0002 bc	0,0024 $\pm$ 0,0004 ab	0,0025 $\pm$ 0,0008 ab	0,0034 $\pm$ 0,0002 a	0,0041 (1)
Th+Am+Lan	0,0003 $\pm$ 0,0001 i	0,0005 $\pm$ 0,0001 g	0,0009 $\pm$ 0,0001 f	- ⁶	-	-	-
Th+Be	0,0006 (1)	-	-	-	-	-	-
Th+Be+Pr	0,0009 (1)	0,0003 (1)	-	-	-	-	-
Th+Be+Ex	0,0008 $\pm$ 0,0001 h	0,0009 (1)	-	-	-	-	-
Th+Am+Av	0,0002 $\pm$ 0,0001 j	0,0015 (1)	0,0020 (1)	-	-	-	-
TOTAL	1.805	1.607	1.158	987	808	568	382

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna são estatisticamente semelhantes (Tukey 5%). ² Cada tratamento é representado pelas primeiras letras de cada produto (Tabela 1), por exemplo: Di+Am+Cu (Dipel+Ampligo+Curyom). ³ Dias após a aplicação dos tratamentos. ⁴ () Número de lagartas avaliadas. ⁵ Massa da única lagarta sobrevivente, sem análise estatística. ⁶ As lagartas avaliadas morreram.

Tratamento	Massa (23 dias) ²	Massa (25 dias)	Massa (27 dias)	Massa (29 dias)	Massa (31 dias)	F	P	CV
Di+Pr+Be	0,0430±0,0295 a (2)	-	-	-	-	6,53	< 0,0001	16,87
Di+Cu+Av	0,0657±0,0277 a (6)	0,0482±0,0109 a (3)	0,0403±0,0128 a (2)	0,0313 (1)	-	21,87	< 0,0001	15,31
Th+Ex	-	-	-	-	-	5,00	0,0021	37,49
Th+Av	0,0727±0,0218 ab (25)	0,0794±0,0206 ab (25)	0,0876±0,0190 a (20)	0,1150±0,0321a (11)	0,0962±0,0305 a (10)	25,23	< 0,0001	24,40
Di+Cu+Ex	0,0156±0,0067abc (7)	0,0284±0,0150 ab (6)	0,0290±0,0128 ab (6)	0,0410±0,0095 a (3)	-	12,32	< 0,0001	13,02
Di+Lan+Be	0,1361±0,0352 a (13)	0,1112±0,0350 a (9)	0,0705±0,0286 a (6)	0,1905±0,0373 a (2)	-	35,42	< 0,0001	21,39
Th+Av+Be	0,0172±0,0056 a (6)	0,0158±0,0068 a (4)	0,0172±0,0056 a (3)	0,0612±0,0452 a (2)	-	8,22	< 0,0001	13,79
Di+Ex+Lan	0,1138±0,0377 ab (14)	0,1163±0,0476 ab (11)	0,1364±0,0560 ab (9)	0,1465±0,0762 a (5)	-	36,84	< 0,0001	19,58
Di+Cu+Be	0,0174±0,0124 a (2)	-	-	-	-	10,54	0,00060	12,91
Th+Lan	0,0142 (1)	-	-	-	-	17,89	< 0,0001	09,87
Th+Ex+Lan	0,0037±0,0001 a (2)	0,0038±0,0001 a (2)	0,0550 (1)	0,0810 (1)	-	17,84	< 0,0001	03,71
Th+Pr+Lan	0,0066±0,0021 a (4)	0,0069±0,0021 a (4)	0,0073±0,0021 a (4)	0,0083±0,0029 a (2)	0,0138±0,0021 a (2)	12,44	< 0,0001	10,34
Di+Pr	0,0049 (1)	0,0081 (1)	0,0920 (1)	0,0980 (1)	-	12,12	< 0,0001	25,06
Th+Am+Lan	-	-	-	-	-	31,06	< 0,0001	23,87
Th+Be	-	-	-	-	-	21,67	< 0,0001	22,01
Th+Be+Pr	-	-	-	-	-	10,12	< 0,0001	19,66
Th+Be+Ex	-	-	-	-	-	19,24	< 0,0001	17,80
Th+Am+Av	-	-	-	-	-	20,21	< 0,0001	22,99
TOTAL	225	151	96	38	15		7.458⁷	

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna são estatisticamente semelhantes (Tukey 5%). ² Cada tratamento e representado pelas primeiras letras de cada produto (Tabela 1), por exemplo: Di+Am+Cu (Dipel+Ampligo+Curyom). ³ Dias após a aplicação dos tratamentos. ⁴ () Número de lagartas avaliadas. ⁵ Massa da única lagarta sobrevivente, sem análise estatística. ⁶ As lagartas avaliadas morreram. ⁷ Total de pesagens.

Tabela 4. Massa média de pupas (gramas $\pm$ erro padrão) de *Chrysodeixis includens* em diferentes misturas de inseticidas e Bt bioinseticidas¹

Tratamentos	Massa $\pm$ EP (g)		Sexo		RS ²
			Macho	Fêmea	
Di+Ex+Lan ³	0,2566 $\pm$ 0,0122	a	3	2	0,40
Di+Am+Lan	0,2542 $\pm$ 0,0234	a	4	0	-
Di+Lan+Be	0,2426 $\pm$ 0,0197	a	3	0	-
Di+Lar	0,2425 $\pm$ 0,0071	a	24	9	0,27
Di+Lar+Be	0,2401 $\pm$ 0,0075	a	11	7	0,38
Th+Av	0,2369 $\pm$ 0,0127	a	4	0	-
Di+Lar+Lan	0,2352 $\pm$ 0,0066	a	30	15	0,33
Di+Be	0,2346 $\pm$ 0,0097	a	11	6	0,35
Th+Lar	0,2346 $\pm$ 0,0080	a	17	6	0,26
Di+Am+Pr	0,2335 $\pm$ 0,0185	a	3	2	0,40
Di+Lar+Ex	0,2329 $\pm$ 0,0087	a	8	6	0,42
Th+Lar+Av	0,2300 $\pm$ 0,0048	a	45	30	0,40
Di+Lar+Pr	0,2282 $\pm$ 0,0103	b	8	9	0,52
Di+Lar+Av	0,2261 $\pm$ 0,0065	b	26	12	0,31
Di+Am+Cu	0,2246 $\pm$ 0,0054	b	28	31	0,52
Di+Lar+Cu	0,2243 $\pm$ 0,0067	b	27	23	0,46
Th+Lar+Lan	0,2213 $\pm$ 0,0091	b	4	0	-
Testemunha	0,2201 $\pm$ 0,0040	b	66	34	0,34
Di+Am+Av	0,2169 $\pm$ 0,0084	b	25	13	0,34
Th+Lar+Be	0,2101 $\pm$ 0,0211	b	1	1	0,50
Th+Lar+Cu	0,2094 $\pm$ 0,0065	b	20	12	0,37
Th+Lar+Pr	0,2084 $\pm$ 0,0051	b	51	39	0,43
Th+Lar+Ex	0,2023 $\pm$ 0,0144	b	6	2	0,25
Di+Av	0,2726 ⁴		1	0	
Di+Cu+Be	0,2744		0	1	
Di+Cu+Av	0,2163		1	0	
TOTAL			427	260	687 ⁵
F 21,232 = 2,15		P = 0,0032	CV = 12,09		0,38 ⁶

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna são estatisticamente semelhantes (Scott-Knott 5%). ² Razão sexual (rs) = número de pupas fêmeas / número de pupas fêmeas mais pupas machos. ³ Cada tratamento é representado pelas primeiras letras de cada produto (Tabela 1), por exemplo: Di+Am+Cu (Dipel+Ampligo+Curyom). ⁴ Massa de uma única pupa, sem análise estatística. ⁵ Número total de pupas. ⁶ Razão sexual média.

Tabela 5. Número de espécimes de *Chrysodeixis includens* avaliados nos experimentos de efeitos subletais (N), os que morreram durante a fase larval (L) e os que empuparam (P).

Tratamentos ¹	N	L	P	Tratamentos	N	L	P
Testemunha	100	0	100	Th+Av+Be	40	40	0
Th+Lar+Pr	95	5	90	Di+Cu+Be	33	32	1
Di+Lar+Lan	89	44	45	Di+Cu+Av	33	32	1
Th+Lar+Av	87	12	75	Th+Pr+Lan	29	29	0
Di+Lar+Av	86	48	38	Di+Am+Lan	26	22	4
Th+Lar+Ex	86	78	8	Di+Pr+Be	26	26	0
Th+Lar+Cu	84	52	32	Th+Lar+Be	25	23	2
Di+Lar+Cu	79	29	50	Th+Ex	18	18	0
Di+Lar+Pr	77	60	17	Di+Pr	17	17	0
Di+Am+Av	72	34	38	Th+Lan	13	13	0
Di+Am+Cu	68	9	59	Di+Am+Ex	11	11	0
Di+Lar	68	35	33	Th+Ex+Lan	6	6	0
Di+Lar+Ex	67	53	14	Di+Cu	5	5	0
Di+Be	63	46	17	Th+Am+Av	5	5	0
Th+Lar	60	37	23	Th+Am+Lan	4	4	0
Th+Lar+Lan	59	55	4	Di+Pr+Lan	3	3	0
Th+Av	54	50	4	Th+Be+Ex	2	2	0
Di+Cu+Ex	44	44	0	Di+Av	2	1	1
Di+Lar+Be	43	25	18	Th+Be	1	1	0
Di+Lan+Be	42	39	3	Th+Be+Pr	1	1	0
Di+Ex+Lan	41	36	5				
Di+Am+Pr	41	36	5	TOTAL	1805	1118	687

¹ Cada tratamento é representado pelas primeiras letras de cada produto (Tabela 1), por exemplo: Di+Am+Cu (Dipel+Ampligo+Curyom).

Entre a primeira e terceira avaliações houve grande incremento de massa média na testemunha (0,0488 para 0,1358 gramas), o que resultou em redução acentuada da diferença entre a maior massa média entre os tratamentos e a

testemunha. Dessa forma, nenhum tratamento que apresentava massa superior a testemunha manteve essa diferença (Tabela 2). Lagartas de nove tratamentos apresentaram massa médio superior a testemunha, sendo que o Dipel SC® + Avatar CE® que apresentou apenas um inseto sobrevivente.

No tratamento Thuricide PM®+ Larvin WG 800® + Exalt SC® houve redução expressiva de 70 para 42 espécimes vivos, com massa médio inferior a testemunha entre 11 e 13 dias após os tratamentos. Devido ao fato de somente 5 espécimes empuparem até 19 dias após aplicação dos tratamentos, pode-se afirmar que essa redução na massa média foi devida a morte de lagartas com menor massa, pois foi observado aumento significativo da massa média das lagartas entre essa e a avaliação anterior (0,0260 para 0,0763) (Tabela 3).

Na avaliação aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos foi observada pequena redução do número de espécimes (14%) com incremento da massa média das lagartas de *C. includens* no tratamento Dipel SC® + Ampligo SC® + Curyom CE® (de 0,01152 gramas para 0,1932 gramas), porém com menor intensidade do que observado na testemunha (de 0,0293 gramas para 0,1848 gramas), como também foi observado aos nove dias após a aplicação dos tratamentos (Tabelas 1 e 2). Com Dipel SC® + Larvin WG 800® + Avatar CE® e Dipel SC® + Larvin WG 800® + Lannate SL® a maior parte dos insetos (35 e 41, respectivamente) atingiram a fase de pupa, ou seja, com cerca de 18 dias de idade.

A massa média das lagartas na testemunha estabilizou em relação aos oito tratamentos aos 15 dias após a aplicação, com exceção do Dipel SC® + Ampligo SC® + Exalt SC®, no qual foi constatada a morte de todas as lagartas sobreviventes. É importante ressaltar que as lagartas da testemunha atingiram maior massa médio aos 17 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabelas 2 e 3).

Aos 17 dias após a aplicação dos tratamentos é possível observar redução em cerca de 50% dos espécimes ainda em avaliação, com redução expressiva em relação a primeira avaliação (9 dias), nos tratamentos, especialmente onde as lagartas tinham massa médio superior a testemunha na primeira avaliação. Essa redução foi bem menor para as lagartas com massa média inferior a testemunha, ocorrendo na maioria dos tratamentos o alongamento do período larval a partir dos 21 dias em 25 dos tratamentos (60%) (Tabela 3). Nessa avaliação lagartas da testemunha começaram

a empupar (21) e os restantes empuparam na próxima avaliação, com 100% de viabilidade larval (Tabela 2). A massa média encontrada em 10 tratamentos foi semelhante à da testemunha, sendo que em quatro tratamentos não havia mais lagartas e em três apenas um espécime.

Aos 21 dias após a aplicação dos produtos (Tabela 3), os tratamentos Thuricide PM[®] + Prêmio SC[®] + Lannate SL[®], Dipel SC[®] + Belt SC[®], Thuricide PM[®] + Avatar CE[®], Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Prêmio SC[®] e Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Avatar CE[®] apresentavam 46,34%, 52,3%, 55,5%, 63,4%, e 73,60% dos indivíduos analisados em comparação com o número inicial (9 dias) (Tabela 2), caracterizando marcante alongamento da fase larval em relação a testemunha, pois todos seus espécimes empuparam até a avaliação anterior (Tabela 2). Entretanto, desses tratamentos, somente o Thuricide PM[®] + Avatar CE[®] mostrou sobrevivência larval expressiva ao final da avaliação (18,5%), embora menos de 50% das lagartas tenham passado ao estágio pupal, o que representa 7,4% em relação ao número inicial de lagartas (Tabela 2). No tratamento Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Prêmio SC[®] apenas cinco empuparam (12,2%) e Thuricide PM[®] + Prêmio SC[®] + Lannate SL[®] nenhuma lagarta sobreviveu (Tabela 5).

Deve-se ressaltar que foi constatada tendência de incremento de massa média ao longo do período de avaliação com Thuricide PM[®] + Avatar CE[®], Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Prêmio SC[®] e Thuricide PM[®] + Prêmio SC[®] + Lannate SL[®] (nove até 31 dias), sendo esse incremento na massa devido ao elevado número de mortes de lagartas com massa inferior nesses três tratamentos (por exemplo, 0,0002; 0,0004 e 0,0030 gramas, respectivamente), ou seja, aqueles indivíduos que sofreram inanição mais severa ou menor eficiência de utilização do alimento, restando aquelas com maior massa. Além disso, no tratamento Thuricide PM[®] + Avatar CE[®] morreram 20 lagartas (37%) até aos 19 dias após a aplicação dos tratamentos e nos tratamentos Dipel SC[®] + Ampligo SC[®] + Prêmio SC[®] e Thuricide PM[®] + Prêmio SC[®] + Lannate SL[®], 13 (31,7%) e 23 (79,3%), respectivamente (Tabela 2).

A partir da avaliação realizada aos 23 dias após a aplicação dos tratamentos houve um decréscimo no número de tratamentos com lagartas e no número de lagartas em cada tratamento, sendo que na última avaliação (31 dias) restaram apenas três tratamentos com lagartas, correspondendo a 7,15% dos tratamentos

iniciais e 15 lagartas (0,83%) da quantidade de lagartas inicialmente avaliadas. As 12 avaliações realizadas permitiram uma melhor compreensão do desenvolvimento dos espécimes sobreviventes aos tratamentos e, permitiram a identificação de dois fatos: a redução e o prolongamento do ciclo, com consequências na viabilidade larval e na passagem para a fase seguinte (pupa).

Conforme destacado anteriormente, o prolongamento da fase larval pode ser devido a menor eficiência da utilização do alimento ou inanição causada pela interrupção ou diminuição na alimentação, conforme observado por Hannig et al. (2009) para o clorantraniliprole, ingrediente ativo do Prêmio SC®, para quatro lepidópteros-praga e por Lai e Su (2011) para *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Esse mesmo fenômeno foi constatado para o bioinseticida Foray 48B (*Bt kurstaki*), utilizado no controle de *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) (Moreau e Bauce, 2003).

O indoxibarbe, ingrediente ativo do Avatar, foi relatado por Gamil et al. (2011) alongando o período larval de *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) em 2,8 a 3 dias. No presente estudo, o prolongamento da fase larval foi de 12 dias para cerca de 20% das lagartas de *C. includens* analisadas, embora menos de 50% (apenas 4 indivíduos) tenham atingido a fase de pupa (Tabela 5).

O prolongamento da fase larval não implica necessariamente em maiores danos às plantas, devido ao pequeno número de lagartas sobreviventes ao final da avaliação (Tabela 3), podendo, inclusive, concorrer para a redução dos prejuízos, uma vez que aumenta a exposição desses insetos aos inimigos naturais (predadores e parasitoides) que ocorrem nos agroecossistemas, conforme observado por Thaler et al. (2012) e Rodrigues et al. (2018), ressaltando-se também que esses inimigos naturais são importantes para o manejo de *C. includens* (Pereira et al., 2018).

O modo de ação de Bt envolve uma série de etapas complexas e interligadas. (1) após a ingestão do esporo e do cristal, ocorre a solubilização da pró-toxina pelo pH alcalino do intestino médio dos insetos (Knowles, 1994), com diferenças na solubilização podendo contribuir para alterar o grau de toxicidade entre as proteínas Cry (Aronson et al., 1991); (2) ativação das pró-toxinas por proteases presentes no intestino médio do inseto (Tojo e Aizawa, 1983), com essa etapa determinante na especificidade e no mecanismo de resistência do inseto pode estar relacionado com

a redução de solubilidade e tipo de proteases (Aronson et al., 1991; Hernández-Martínez et al., 2012); (3) as proteínas Cry ativadas se unem a receptores específicos presentes nas microvilosidades das células colunares do intestino médio dos insetos, sendo fator importante para a toxicidade e especificidade (De Maagd et al., 2001); (4) formação de poros que proporcionam o extravasamento do conteúdo intestinal para a hemocele, redução do pH com consequente germinação dos esporos e septicemia (Copping e Menn, 2000). Vachon et al. (2012) ressaltaram que são bem conhecidos os eventos que resultam na formação de poros no intestino médio e que levam o inseto a morte, mas os eventos anteriores à sua formação após a ligação da proteína inseticida aos receptores, permanecem pouco conhecidos.

O sistema imune dos insetos, que defende o organismo da infecção pelo Bt, é representado por componentes humorais e celulares. A resposta humoral, realizada por peptídeos microbianos, é resultado de proteínas presentes na hemolinfa e está associada a invasão do corpo do inseto por microrganismos, enquanto a resposta celular é de responsabilidade dos hemócitos, células presentes na hemolinfa e responsáveis por fagocitar, nodular e encapsular o agente invasor. Os tipos mais comuns de hemócitos são os prohemócitos, granulócitos, plasmatócitos, esferulócitos e enocitóides (Strand, 2008). Wang et al. (2010) constataram que os granulócitos foram responsáveis pela defesa de *H. armigera* ao Bt e Oliveira et al. (2013) descreveram que, em *Alabama argillaceae* (Hubner) (Lepidoptera: Erebidæ), os sistemas humorais e celulares foram ativados no terceiro instar para defesa do inseto quando este foi contaminado com o Dipel SC®.

Além disso, Loeb et al. (2004) e Castagnola e Jurat-Fuentes (2016) ressaltaram que insetos que ingerem alimento com Bt podem ser recuperar da infecção devido ao aumento da produção de células do intestino médio desencadeada por mitógenos. Ribeiro et al. (2013) relataram a presença de grânulos (esferitos) cobrindo as células epiteliais do intestino médio de *P. xylostella* após a infecção por Bt *kurstaki* (Dipel PM®). Os autores verificaram a presença de grande quantidade de mucinas, que são glicoproteínas poliméricas, responsáveis pela proteção das células do epitélio (Deplancke e Gaskins, 2001).

A maior massa inicial média de lagartas nos seis primeiros tratamentos em relação a testemunha (Tabela 2) pode ser resultado do insucesso em algumas das

etapas do modo de ação do Bt citadas anteriormente devido e ao sistema imune dos insetos, responsável pela sua defesa contra invasão por patógenos (Nielsen-LeRoux et al., 2012). Além disso, os produtos que atuam por ingestão contêm fago estimulantes nas formulações (Batista Filho, 1997; Borges, 2011), o que poderia aumentar o consumo e, conseqüentemente aumentar a massa das lagartas. Em uma mistura de produtos, os diferentes fagos estimulantes, em quantidade e qualidade adequadas, poderiam ter efeito sinérgico no consumo do inseto.

A maioria dos inseticidas avaliados no presente estudo (Tabela 1) apresenta efeito no sistema nervoso dos insetos (Prêmio SC®, Larvin WG 800®, Exalt SC® e Avatar CE®), sistema nervoso e muscular (Ampligo SC® e Belt SC®) e, no sistemas nervoso e regulador de crescimento (Curyom CE®) (IRAC, 2020). Karise e Mand (2015) descreveram as alterações no sistema nervoso e muscular, na alimentação, na oviposição e na atividade motora como os principais efeitos subletais de inseticidas em insetos-praga. Os autores ressaltam ainda que alterações no sistema nervoso e muscular afetam a termorregulação, respiração e balanço hídrico dos insetos. Por fim, embora existam diferentes grupos de inseticidas com diferentes modos de ação, os autores concluem que os efeitos subletais mais comuns são alterações no sistema muscular que levam ao colapso de outros sistemas, como por exemplo, perda do controle de abertura e fechamento dos espiráculos, o que aumenta a perda de água, podendo levar a eventual morte do inseto.

Além dos efeitos subletais dos inseticidas, Karise et al. (2015) ressaltaram que o inerte caulim aumentou a perda de água pela cutícula com conseqüente redução da longevidade de *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae). Cook et al. (2008) constataram efeitos semelhante em ácaro praga, *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae) em estudo avaliando o o efeito de terras diatomáceas nessa praga de grão armazenado.

Os produtos utilizados no presente estudo (inseticidas e bioinseticidas) apresentam vários tipos de formulações, sendo elas: Suspensão Concentrada (SC), Pó Molhável (PM), Concentrado Emulsionável (CE), Granulado Dispersível (WG) e Concentrado Solúvel (SL), com a maioria deles pertencentes ao primeiro tipo (Tabela 1). Na primeira avaliação, entre as 16 misturas possíveis com o Larvin WG 800® com outros produtos, em 14 delas foram observadas espécimes sobreviventes (68,7% na

média), enquanto que para o outro produto com modo de ação neurotóxico (Belt SC®) houve espécimes sobreviventes em 10 misturas (27,9% em média). As outras formulações SC (Ampligo SC®, Exalt SC® e Prêmio SC®) apresentaram número de misturas semelhantes com sobreviventes. A formulação WG, quando em mistura com outros produtos, proporcionou maior número de espécimes sobreviventes, provavelmente pela deficiente dissolução dos grânulos devido aos seus diferentes tamanhos (Knowles, 2006), ou pela compactação a seco durante a sua fabricação, o que reduz a sua dispersão, sendo necessário a adição de efervescentes na formulação para resolver esse problema (Knowles, 2007).

As misturas Thuricide PM® + Avatar CE® e Thuricide PM® + Larvin WG 800® prolongaram a fase larval de *C. includens* até as duas últimas avaliações (29 e 31 dias) (Tabela 3). A adição do Larvin WG 800® na primeira mistura, promoveu expressiva redução da fase larval (Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Avatar CE®), bem como em mais duas misturas (Dipel SC® + Larvin WG 800® + Curyom CE® e Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Prêmio SC®) (Tabela 2). Diferente dos resultados neste trabalho, o tiodicarbe, ingrediente ativo do Larvin WG 800®, não afetou a duração da fase imatura de *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae) e *H. armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) conforme demonstrado por Nuessly e Hent (2004) e Saber et al. (2013).

Embora em 16 dos tratamentos analisados não tenha sobrevivido nenhuma lagarta (Tabela 5), nos restantes a massa média das pupas não foi afetada pelas misturas, com 11 delas iguais a testemunha e 12 com massa superior a testemunha, ou seja, a qualidade da pupa não foi afetada negativamente pelos tratamentos (Tabela 4). Barrionuevo et al, (2012) e Andrade et al. (2016) relataram dados semelhantes ao do presente estudo, onde 97,9% e 95,0% dos espécimes empuparam com sucesso.

Entre os quatro tratamentos com massa superior à testemunha e que reduziram a fase larval (4 dias) em número expressivo e empuparam antes da testemunha (Dipel SC® + Ampligo SC® + Curyom CE®, Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Avatar, Dipel SC® + Larvin WG 800® + Curyom CE® e Thuricide PM® + Larvin WG 800® + Prêmio SC®) (Tabelas 2 e 3), o segundo apresentou massa média de pupas superior a testemunha (0,2300 gramas). Além desses tratamentos, o Dipel SC® + Larvin WG 800® + Lannate SL®, que também reduziu a fase larval em dois dias, e com um

número menor de espécimes (Tabelas 2 e 3), apresentou massa média de pupas maior que a testemunha. Alguns tratamentos (Dipel SC® + Larvin WG 800®, Dipel SC® + Larvin WG 800® + Exalt SC®, Thuricide PM® + Larvin WG 800®, Thuricide PM® + Avatar CE®, Dipel SC® + Ampligo SC® + Lannate SL®) (Tabela 4) que alongaram a fase larval, embora com número muito variável de espécimes sobreviventes (Tabela 5), também apresentaram maior massa média de pupa em relação a testemunha

A razão sexual da testemunha (0,34) foi semelhante a média dos tratamentos (0,38), que oscilou entre 0,25 e 0,52 (Tabela 4). Além disso, Dipel SC® + Avatar CE® e Dipel SC® + Curyom CE® + Belt SC® promoveram pesos superiores ao da testemunha, enquanto com Dipel SC® + Curyom CE® + Avatar CE® os valores foram inferiores, ocorrendo neste caso a formação de apenas uma pupa, impossibilitando a comparação desses dados com os demais da Tabela 4. Deve ser ressaltado também que não houve correspondência direta entre maior peso médio de pupa e maior razão sexual. A razão sexual média encontrada (0,38) ficou um pouco acima da razão sexual da testemunha (0,34), sendo que esses valores estão abaixo daqueles descritos para essa espécie por Ignoffo (1963) (0,59) e Hensley e Hammond (1968) (0,61), com os insetos sendo criados em dietas artificiais diferentes, mas próximos aos valores encontrados por Burton (1969) (0,43) e Poitout e Bues (1970) (0,42).

A amplitude do peso médio das pupas entre os tratamentos foi de 0,2023 gramas a 0,2566 gramas (Tabela 4), estando dentro da amplitude de peso médio de pupas citada por Reid e Greene (1973), que oscilou entre 0,1934 e 0,2650 gramas, e entre 0,1869 e 0,2600 encontrada Andrade et al. (2016), com variação, provavelmente, devido a dieta fornecida ao inseto. Isso sugere que, apesar da diferença estatística entre os tratamentos, as pupas se desenvolveram de forma satisfatória em todos os tratamentos.

Vários trabalhos relatam a influência negativa de inseticidas na razão sexual de artrópodes, conforme relatado por Ako et al. (2004) para *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) e por Costa et al. (2016) para o parasitoide de ovos *Trichogramma galloi* Zucchi (Trichogramma: Trichogrammatidae). Entretanto, não foi encontrado nenhum trabalho com os inseticidas e misturas utilizados no presente estudo.

Os resultados obtidos neste trabalho reforçam a importância de considerar os efeitos subletais das misturas em tanque de pulverização de inseticidas e bioinseticidas como parte da eficiência de controle, pois 1.192 (62%) dos espécimes avaliados morreram durante a fase larval. Esse valor aumentaria a “mortalidade/eficiência” final dos tratamentos em 13,5%. Karise e Mand (2015) e Guedes et al. (2017) ressaltaram que o senso comum de que inseticidas, bioinseticidas ou proteínas inseticidas estão intrinsicamente relacionados aos seus efeitos letais (morte) restringe a poucos estudos uma visão mais holística e detalhada que seria fornecida pela avaliação dos efeitos subletais desses produtos. Os autores ainda ressaltam que esses efeitos subletais afetam a estrutura da população do inseto alvo e interferem nas suas interações ecológicas.

Sobre essas interações ecológicas, Müller et al. (2017), além de constatarem vários efeitos subletais da lambdacialotrina na prole de *Phaedon cochleariae* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae), como menor oviposição e menor eclosão de larvas, também observaram alteração na morfologia da antena do inseto, o que afeta a comunicação entre os indivíduos e, conseqüentemente, a sua reprodução, desenvolvimento e performance geral no ecossistema.

Além disso, Santos et al. (2020) relataram que ninfas do predador *Xylocoris sordidus* (Reuter) (Hemiptera: Lyctocoridae) consomem mais ovos de *P. xylostella* quando estão contaminados com Bt bioinseticidas. Este fato pode ser explicado pelo fato do predador “interpretar” que os ovos da presa pulverizados com Bt são de baixa qualidade, aumentando a quantidade de presas consumidas para satisfazer as suas necessidades nutricionais. Dessa forma, apesar do Bt não ter ação ovicida (Vachon et al., 2012), afeta a interação hospedeiro e presa, de forma a modificar significativamente as suas interações ecológicas.

3. CONCLUSÕES

A formulação em grânulo dispersível (Larvin WG 800®) em mistura com outros produtos proporcionou maior sobrevivência larval de *Chrysodeixis includens*.

Os efeitos subletais das misturas de inseticidas e Bt bioinseticidas em lagartas de *C. includens* causam redução ou aumento da fase larval, sendo que no primeiro caso houve maior sucesso em passar para a fase de pupa.

A avaliação da massa larval em vários períodos permite discriminar os efeitos subletais das misturas em lagartas de *C. includens*

Cerca de um terço dos insetos sobreviventes empupam enquanto que os restantes morreram durante a fase larval.

Não há efeito deletério das misturas sobre a massa das pupas e na razão sexual.

4. REFERÊNCIAS

Agrofit (2020) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 06 set. 2019.

Ako M, Borgemeister C, Poehling H-M, Elbert A, Nauen R (2004) Effects of Neonicotinoid Insecticides on the Bionomics of Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology** 97,1587–1594. doi:10.1603/0022-0493-97.5.1587

Aktar W, Sengupta D, Chowdhury A (2009) Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology** 2:1-12. doi:10.2478/v10102-009-0001-7

Andrade K, Bueno AF, Silva DM, Stecca CS, Pasini A, Oliveira MCN (2016) Bioecological characteristics of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts. **Austral Entomology** 55:449–454. doi:10.1111/aen.12208

Aronson AI, Han E, Mcgaughey W, Johnson D (1991) The solubility if the inclusion proteins from *Bacillus thuringiensis* is depend upon protoxin composition and is a factoring toxicity to insects. **Applied and Environmental Microbiology** 57:981–986, 1991.

Arthurs S, Dara SK (2019) Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. **Journal of Invertebrate Pathology** 165:13-21.

Asano S, Maruyama T, Iwasa T, Seki A, Takahashi M, Soares JGG (1993) Evaluation of biological activity of *Bacillus thuringiensis* test samples using a diet incorporation method with Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Applied Entomology and Zoology** 28:513–524. doi:10.1303/aez.28.513

Baker BP, Green TA, Loker AJ (2020) Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. **Biological Control** 140:104095. doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104095

Barbosa JC, Maldonado Júnior M, **Experimentação Agronômica e AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronomicos** (2015) **Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FUNEP.396p.

Barrionuevo MJ, Murúa M G, Goane L, Meagher R, Navarro F (2012) Life table studies of *Rachiplusia nu* (Guenée) and *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) on artificial diet. **Florida Entomologist** 95:944–951. doi:10.1653/024.095.0419

Barrionuevo M, San Blas G (2016) Redescription of immature stages of the soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae). **Canadian Entomologist** 1:1-13.

Batista Filho A (1997) **Desenvolvimento de formulações de *Baculovirus anticarsia***. 104 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

Bernieri, T, Moraes, M F, Ardenghi, P G, Silva, LB (2019) Assessment of DNA damage and cholinesterase activity in soybean farmers in southern Brazil: High versus low pesticide exposure. **Journal of Environmental Science and Health B**, 1–6. doi:10.1080/03601234.2019.1704608

Borges R (2011) **Evaluation and selection of new toxic bait formulations for *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) tested in laboratory and apple orchards**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages.

Botelho ABRZ, Silva IF, Ávila CJ (2019) **Aspectos biológicos da lagarta falsa medideirae sua criação em laboratório com dieta artificial**. Dourados: EMBRAPA, 47p.

Brevik K, Schoville SD, Mota-Sanchez D, Chen YH (2018) Pesticide durability and the evolution of resistance: A novel application of survival analysis. **Pest Management Science** 74:1953–1963. doi:10.1002/ps.4899

Burleigh JG (1972) Population dynamics and biotic controls of the Soybean Looper in Louisiana. **Environmental Entomology** 1:290–294. doi:10.1093/ee/1.3.290

Burton RL (1969) **Mass rearing of the Corn Earworm in the laboratory**. Washington: USDA, 8p.

Busato GR, Grützmacher AD, Garcia MS, Zotti MJ, Nörnberg SD, Magalhães TR, Magalhães JB (2006) Susceptibilidade de lagartas dos biótipos milho e arroz de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas com diferentes modos de ação. **Ciência Rural** 36:15-20.

Butt BA, Cantu E (1962) **Sex determination of lepidopterous pupae**. Washington: United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service. 7p

Butu M, Stef R, Grozea I, Corneanu M, Butnariu M (2020) Biopesticides: clean and viable technology for healthy environment. In: Hakeem K, Bhat R, Qadri H. (Eds.) **Bioremediation and Biotechnology**. Cham: Springer, p 107-151

Chattopadhyay P, Banerjee G, Mukherjee S (2017) Recent trends of modern bacterial insecticides for pest control practice in integrated crop management system. **3 Biotech** 7:60 doi: 10.1007/s13205-017-0717-6

Cook DA, Wakefield ME, Bryning GP (2008) The physical action of three diatomaceous earths against the cuticle of the flour mite *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae). **Pest Management Science** 64:141–146.

Copping LG, Menn J J (2000) Review biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. **Pest Management Science** 56:651-676.

Costa MA, Moscardini VF, da Costa GP, Carvalho GA, de Oliveira RL, de Oliveira H N (2016) Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology** 23:1399–1408. doi:10.1007/s10646-014-1282-y

Damalas CA, Koutroubas SD (2018) Current status and recent developments in biopesticide use. **Agriculture** 8:13. doi:10.3390/agriculture8010013

De Maagd RA, Bravo A, Crickmore N (2001) How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world. **Trends in Genetics** 17:193-199.

Deplancke B, Gaskins HR (2001) Microbial modulation of innate defense: goblet cells and the intestinal mucus layer. **American Journal of Clinical Nutrition** 73:1131-1141.

Desneux N, Decourtaye A, Delpuech JM (2007) The sub-lethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology** 52: 81-106.

Donley N (2019) The USA lags behind other agricultural nations in banning harmful pesticides. **Environmental Health** 18, 44. doi:10.1186/s12940-019-0488-0

Fernandes C, Volcão LM, Ramires P F, Moura R, Silva Júnior F M R (2020) Distribution of pesticides in agricultural and urban soils of Brazil: A Critical Review. **Environmental Science: Processes & Impacts**. doi:10.1039/c9em00433e

Fite T, Tefera T, Negeri M, Damte T, Sori W (2019) Evaluation of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Bacillus thuringiensis* for the management of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory and field conditions. **Biocontrol Science and Technology** 1–18. DOI:10.1080/09583157.2019.1707481

França SM, Breda MO, Barbosa DRS, Araujo, AMN, Guedes, CA (2017) The Sublethal Effects of Insecticides in Insects. In: Shields, VDC (Org.). **Biological Control of Pest and Vector Insects**. Croacia: Intech. DOI:10.5772/66461

Gallo D, Nakano O, Silveira Neto S, Carvalho RPL, Baptista GC, Berti Filho E, Parra JRP, Zucchi RA, Alves SB, Vendramim JD, Marchini LC, Lopes JRS, Omoto C (2002) **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ. 920p.

Gamil WE, Mariy FM, Youssef LA, Abdel Halim, SM (2011) Effect of Indoxacarb on some biological and biochemical aspects of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larvae. **Annals of Agricultural Sciences** 56:121–126. doi:10.1016/j.aoas.2011.07.005

Gazziero DLP (2015) Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta daninha** 33:83-92. doi:10.1590/S0100-83582015000100010

Glare T, Caradus J, Gelernter W, Jackson T, Keyhani N, Kohl J, Marrone P, Morin L, Stewart A (2012) Have biopesticides come of age? **Trends in Biotechnology** 30:250–258.

Gonçalves KC, Boiça Júnior AL, Duarte RT, Moreira LF, Nascimento J, Polanczyk, RA (2018) *Spodoptera albula* susceptibility to *Bacillus thuringiensis*-based biopesticides. **Journal of Invertebrate Pathology** 157:147-159. doi:10.1016/j.jip.2018.05.008

Greene GL, Leppla NC, Dickerson WA (1976) Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology** 69:487-488.

Grigoli JFJ (2015) **Pragas da soja e seu controle**. Disponível em:< <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/239/239/newarchive-239.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

Guedes RNC, Walse SS, Throne JE (2017) Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current Opinion in Insect Science** 21:47–53. doi:10.1016/j.cois.2017.04.010

Guida YS, Meire RO, Torres JPM, Malm O (2018) Air contamination by legacy and current-use pesticides in Brazilian mountains: An overview of national regulations by monitoring pollutant presence in pristine areas. **Environmental Pollution** 242:19e30. doi:10.1016/j.envpol.2018.06.061

Gujar GT, Kalia V, Kumari A (2001) Effect of sublethal concentration of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on food and developmental needs of the American Bollworm *Helicoverpa armigera* (Hubner) **Indian Journal of Experimental Biology** 39:1130-1135.

Hannig GT, Ziegler M, Marcon PG (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.

Hedlung J, Longo SB, York R (2019) Agriculture, pesticide use, and economic development: a global examination (1990–2014). **Rural Sociology** doi:10.1111/ruso.12303

Hensley SD, Hammond AM (1968) Laboratory techniques for rearing the Sugarcane Borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology** 61:1742–1743. doi:10.1093/jee/61.6.1742

Hernández-Martínez P, Hernández-Rodríguez CS, Krishnan V, Crickmore N, Escriche B, Ferré J (2012) Lack of Cry1Fa binding to the midgut brush border membrane in a resistant colony of *Plutella xylostella* moths with a mutation in the ABCC2 locus. **Applied and Environmental Microbiology** 78:6759-6761.

Huang D-F, Zhang J, Song F-P, Lang Z-H (2007) Microbial control and biotechnology research on *Bacillus thuringiensis* in China. **Journal of Invertebrate Pathology** 95:175-180.

Ignoffo CM (1963) A Successful technique for mass-rearing cabbage loopers on a semisynthetic diet1. **Annals of the Entomological Society of America** 56:178–182. doi:10.1093/aesa/56.2.178

IRAC (2020) **IRAC mode of action classification scheme**. IRAC International MoA Working Group, version 9.4. 30p. não encontrei no texto!

Karise R, Mänd M (2015) Recent insights into sublethal effects of pesticides on insect respiratory physiology. **Open Access Insect Physiology** 5:31–39. doi:10.2147/OAIP.S68870

Karise R, Muljar R, Smagghe G, Kaart T, Kuusik A, Dreyersdorff G, Williams IH, Mand M (2015) Sublethal effects of kaolin and the biopesticides Prestop-Mix and BotaniGard on metabolic rate, water loss and longevity in bumble bees (*Bombus terrestris*). **Journal of Pesticide Science** 89:171–178. doi:10.1007/s10340-015-0649-z.

Kesho A (2020) Microbial bio-pesticides and their use in integrated pest management. **Chemical and Biomolecular Engineering** 5:26–34.

Knowles BH (1994) Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal δ -endotoxins. **Advances in Insect Physiology** 24:275–308.

Knowles A (2006) Trends and opportunities in formulation technology. **Outlooks on Pest Management** 17:99–102. doi:10.1564/17jun02

Knowles A (2007). Recent developments of safer formulations of agrochemicals. **The Environmentalist** 28:35–44. doi:10.1007/s10669-007-9045-4

Kogan M, Bajwa WI (1999) Integrated Pest Management: A global reality? **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 28:1–15.

Kumar S, Singh A (2015) Biopesticides: present status and the future prospects. **Journal of Fertilizers & Pesticides** 6(2):1000e129. doi:10.4172/2471-2728.1000e129

Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS (2015) Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology** 132:1–41. doi:10.1016/j.jip.2015.07.009

Lai T, Su J (2011) Effects of chlorantraniliprole on development and reproduction of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner). **Journal of Pest Science** 84:381–386. doi:10.1007/s10340-011-0366-1

Liu Y, Pan X, Li J (2015) A 1961–2010 record of fertilizer use, pesticide application and cereal yields: A review. **Agronomy and Sustainable Development** 35:83–93.

Loeb MJ, Martin PA, Hakim RS, Goto S, Takeda M (2001 ou 2004 como no texto?) Regeneration of cultured midgut cells after exposure to sublethal doses of toxin from two strains of *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Insect Physiology** 47:599–606. doi:10.1016/s0022-1910(00)00150-5

Meng X, Zhang N, Yang X, Miao L, Jiang H, Ji C, Xu B, Qian K, Wang J (2020) Sublethal effects of chlorantraniliprole on molting hormone levels and mRNA expressions of three Halloween genes in the rice stem borer, *Chilo suppressalis*. **Chemosphere** 238:124676. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.124676

Mishra J, Tewari S, Singh S, Arora NK (2015) Biopesticides: where we stand? In: Arora N. (Ed.) **Plant microbes' symbiosis: applied facets**. New Delhi: Springer. p. 37–75. doi:10.1007/978-81-322-2068-8_2

Morán-Diez M E, Glare T R (2016) What are microbial-based biopesticides? In: Morán-Diez ME, Glare TR (Eds). **Microbial-based biopesticides**. New York: Humana Press. p. 1–10. doi:10.1007/978-1-4939-6367-6_1

Moreau C, Bauce E´ (2003) Lethal and sublethal effects of single and double applications of *Bacillus thuringiensis* variety *kurstaki* on spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. **Journal of Economic Entomology** 96:280–286.

Müller T, Prosche A, Müller C (2017) Sublethal insecticide exposure affects reproduction, chemical phenotype as well as offspring development and antennae symmetry of a leaf beetle. **Environmental Pollution** 230:709–717. doi:10.1016/j.envpol.2017.07.018

Nicolopoulou-Stamati P, Maipas S, Kotampasi C, Stamatis P, Hens, L (2016) Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture. **Public Health** 4:148. doi:10.3389/fpubh.2016.00148.

Nielsen-LeRoux C, Gaudriault S, Ramarao N, Lereclus D, Givaudan A (2012) How the insect pathogen bacteria *Bacillus thuringiensis* and *Xenorhabdus/Photorhabdus* occupy their hosts. **Current Opinion in Microbiology** 15:220–231.

Novaretti WRT, Felix MC, Reis AM, Tobler R (2011) Chemical control of the beetle *Migdolus fryanus* through the application of insecticides at the base of the plough. **STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos** 30:38-41.

Nuessly GS, Hentz MG (2004) Contact and leaf residue activity of insecticides against the sweet corn pest *Euxesta stigmatias* (Diptera: Otitidae). **Journal of Economic Entomology** 97:496–502. doi:10.1093/jee/97.2.496

Nunes NR, Ferreira FTR, Thiesen LV, Corassa JN, Pitta RM (2019) Linha básica de suscetibilidade de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) a Benzoato de Emamectina. **Entomological Communications** 1:ec01015.

Oliveira ACB, Wanderley-Teixeira V, Siqueira ABH, Alves S, thiago José T, Maria SRL, aguiar coelho Teixeira, ACA (2013) Immune response of *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) treated with formulations of *Bacillus thuringiensis* Berliner. **Animal Biology** 63: 343-355.

Pedersen A, Dedes J, Gauthier D, van Frankenhuyzen K (1997) Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* on the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 83:253-262.

Pereira RR, Neves DVC, Campos JN, Santana Júnior PA, Hunt TE, Picanço MC (2018) Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. **Bulletin of Entomological Research** <https://doi.org/10.1017/S000748531800007X>

Poitout S, Bues R (1970) Elevage de plusieurs especes de Lepidopteres Noctuidae sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifie. **Annales de Zoologia-Ecologie** 21:79-81.

Polanczyk RA (2004) **Estudos de *Bacillus thuringiensis* Berliner visando ao controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith)**. 158 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. doi:10.11606/T.11.2004.tde-22092004-144726

Polanczyk et al., 2017...falta

Popp J, Pető K, Nagy J (2013) Pesticide productivity and food security. A review. **Agronomy and Sustainable Development** 33:243–255. doi:10.1007/s13593-012-0105-x

Rabelo MM, Matos JML, Orozco-Restrepo SM, Paula-Moraes SV, Pereira EJG (2020) Like parents, like offspring? susceptibility to Bt toxins, development on dual-gene bt cotton, and parental effect of cry1ac on a nontarget lepidopteran pest. **Journal of Economic Entomology** 113(3):1234-1232. doi:10.1093/jee/toaa051

Rao T, Jurat-Fuentes J (2020) Advances in the use of entomopathogenic bacteria/microbial control agents (MCAs) as biopesticides in suppressing crop insect pests. In: Birch N, Glare T (Orgs.) **Biopesticides for sustainable agriculture**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing. p. 1-37.

Reid JC, Greene GL (1973) The soybean looper: pupal weight, development time, and consumption of soybean foliage. **Florida Entomologist** 56:203–206.

Ribeiro LMS, Wanderley-Teixeira V, Siqueira HAA, Oliveira ACB, Lemos AJJM, Teixeira AAC (2013) Midgut histopathology of resistant and susceptible *Plutella xylostella* exposed to commercial formulations of *Bacillus thuringiensis*. **Bulletin of Insectology** 66:161-171.

Richardson EB, Troczka BJ, Gutbro O, Davies TGE, Nauen R (2020) Diamide resistance: 10 years of lessons from lepidopteran pests. **Journal of Pest Science** 93:911-928. doi:10.1007/s10340-020-01220-y

Rodrigues RHF, Silva LB, Rodrigues TF, Lopes GN, Carneiro E, Pavan BE (2018) Sublethal doses of insecticides affect the fecundity and fertility of the *Chrysodeixis includens*? **American Journal of Plant Sciences** 9:483-494.

Ruiu L (2018) Microbial biopesticides in agroecosystems. **Agronomy** 8:235. doi:10.3390/agronomy8110235

Saber M, Parsaeyan E, Vojoudi S, Bagheri M, Mehrva A, Kamita SG (2013) Acute toxicity and sublethal effects of methoxyfenozide and thiodicarb on survival, development and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection** 43:14-17.

Santos NA, Ramalho DG, Marques HM, Godoy JDS, De Bortoli CP, Magalhães GO, Vacari AM, De Bortoli SA (2020) Interaction between the predator *Xylocoris sordidus* and *Bacillus thuringiensis* bioinsecticides. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 168(5):371-380. doi: 10.1111/eea.12896

SAS, 2013. SAS/STATVR User's Guide. SAS Institute, Cary, NC.

Sedaratian A, Fathipour YR, Talaei-Hassanloui R, Jurat-Fuentes JL (2013) Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: a carryover study on offspring. **Journal of Applied Entomology** 137:540-549.

Shour MH, Sparks TC (1981) Biology of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*: Characterization of last-stage larvae. **Annals of the Entomological Society of America** 74: 531-535.

Silva CS, Cordeiro EMG, Paiva JB, Dourado P, Carvalho RA, Head G, Martinelli S, Correa, AS (2020) Population expansion and genomic adaptation to agricultural environments of the soybean looper, *Chrysodeixis includens*. **Evolutionary Applications** 00:1-15. doi:10.1111/eva.12966

Stenberg SA (2017) A conceptual framework for Integrated Pest Management. **Trends in Plant Science** 22(9):759-769. doi:10.1016/j.tplants.2017.06.010

Strand MR (2008) The insect cellular immune response. **Insect Science** 15:1-14. doi:10.1111/j.1744-7917.2008.00183.x

Tabashnik BE, Mota-Sanchez D, Whalon ME, Hollingworth RM, Carrière Y (2014) Defining terms for proactive management of resistance to Bt crops and pesticides. **Journal of Economic Entomology** 107:496–507. doi:10.1603/EC13458

Thaler JS, McArt SH, Kaplan I (2012) Compensatory mechanisms for ameliorating the fundamental trade-off between predator avoidance and foraging. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 109:12075-12080. doi:10.1073/pnas.1208070109

Tojo A, Aizawa K (1983) Dissolution and degradation of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin by gut juice protease of the silkworm *Bombyx mori*. **Applied and Environmental Microbiology** 45:576–580.

Vachon V, Laprade R, Schwartz J-L (2012) Current models of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: A critical review. **Journal of Invertebrate Pathology** 111:1–12. doi:10.1016/j.jip.2012.05.001

Wang D, Gong P, Li M, Qiu X, Wang K (2009) Sublethal effects of spinosad on survival, growth and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science** 65:223–227.

Wang Q, Liu Y, He H-J, Zhao X-F, Wang J-X (2010) Immune responses of *Helicoverpa armigera* to different kinds of pathogens. **BMC Immunology** 11:9. doi:10.1186/1471-2172-11-9

Zaki O, Weekers F, Thonart P, Tesch P, Kuenemann P, Jacques P (2020) Limiting factors of mycopesticide development. **Biological Control** 144: 104220 doi: 10.1016/j.biocontrol.2020.104220

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança da Lei Brasileira em 2017 permitiu às universidades, institutos de pesquisa e agrônomos utilizarem o receituário agrônomo para recomendar misturas de agrotóxicos em tanques de pulverização. Devido à grande utilização dessas misturas por parte dos agricultores, visando principalmente reduzir os custos da produção agrícola, isso representa um grande desafio científico para pesquisadores e profissionais envolvidos no agronegócio.

Por outro lado, a avaliação da eficiência dos produtos, pelos parâmetros tradicionais (mortalidade e estimativa da CL₅₀) não permite uma visão mais ampla da relação do agente de controle com a população da praga e os outros níveis tróficos. A avaliação dos efeitos subletais dos agentes de controle na atualidade passou a ser considerado essencial para fins de avaliação da dinâmica e das interações entre nichos e populações.

A compatibilidade avaliada em condições de laboratório, ou *in vitro*, foi sempre considerada um forte indicativo da compatibilidade em condições de campo, ou seja, se os produtos forem compatíveis em laboratório, essa compatibilidade terá efeito aditivo ou sinérgico em condições de campo. O presente estudo demonstrou que essa premissa pode nem sempre ser verdadeira, pois a compatibilidade *in vitro* de algumas misturas não implicou em incremento na mortalidade de *Chrysodeixis includens*. Um exemplo é o inseticida Exalt SC® que apresentou a maior compatibilidade *in vitro* em misturas com ambos os bioinseticidas trabalhados (Dipel® SC e Thuricide PM®). A complexidade das interações entre os ingredientes ativos e seus inertes sempre representou uma importante lacuna na área de controle de pragas e doenças, e essa complexidade aumenta muito em condições de mistura de tanque em pulverizador. O conhecimento qualitativo e quantitativo dos inertes dos produtos possibilitaria um avanço importante em termos do conhecimento sobre compatibilidade de misturas em tanque.

Os efeitos subletais das misturas de inseticidas foram avaliados em uma parte significativa dos tratamentos, sendo possível identificar a redução ou aumento período larval de *C. includens*, onde o primeiro fato, a redução, levou ao maior êxito da espécie em atingir o estágio pupal. Não houve efeito deletério das misturas nas pupas, embora

apenas uma fração das lagartas tenham conseguido empupar. A formulação em grânulo dispersível parece favorecer a sobrevivência das lagartas quanto em mistura com outros produtos. Para a percepção da redução e aumento da fase larval foi importante realizar várias avaliações, sendo que a maioria dos trabalhos realiza somente uma.

Deve-se ressaltar que este estudo tem caráter exploratório, trazendo importantes contribuições sobre os efeitos letais e subletais de inseticidas e Bt bioinseticidas e suas misturas para *C. includens*, ou seja, é um estudo exploratório com a finalidade de constatar os efeitos, mas também direcionar futuros estudos mais detalhados sobre o assunto. Destacam-se nesse sentido, a análise do modo de ação conjunta de inseticidas e bioinseticidas, para a maior compreensão dos efeitos letais e subletais, bem como o efeito dessas misturas no manejo da resistência de artrópodes às táticas de controle e na seletividade dos Bt bioinseticidas. Esse último aspecto é uma das principais vantagens dos Bt bioinseticidas em relação aos produtos de amplo espectro.