

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JOÃO ANTONIO ZANARDI JÚNIOR

**ATIVIDADE DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL NO MANEJO DA
LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) NA CULTURA DO MILHO.**

Ilha Solteira
2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOÃO ANTONIO ZANARDI JÚNIOR

**ATIVIDADE DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL NO MANEJO DA
LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) NA CULTURA DO MILHO.**

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutor. Especialidade: Sistemas de
Produção.

Paulo Cezar Ceresini
Orientador

Geraldo Papa
Coorientador

Ilha Solteira
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Zanardi Júnior, João Antonio.
Z27a Atividade do feromônio de disrupção sexual no manejo da lagarta-do-
cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho
/ João Antonio Zanardi Júnior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
88 f. : il.

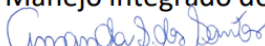
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2024

Orientador: Paulo Cezar Ceresini

Co-orientador: Geraldo Papa

Inclui bibliografia

1. Semioquímicos. 2. Manejo integrado de pragas. 3. *Zea mays*.


Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

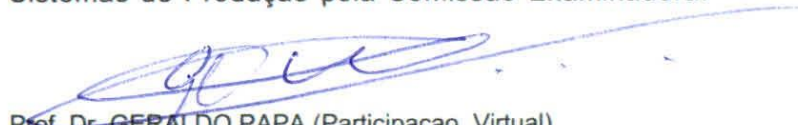
TÍTULO DA TESE: ATIVIDADE DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO DE ACASALAMENTO NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) NA CULTURA DO MILHO

AUTOR: JOÃO ANTONIO ZANARDI JUNIOR

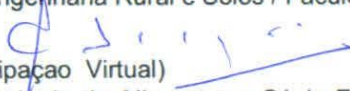
ORIENTADOR: PAULO CEZAR CERESINI

COORIENTADOR: GERALDO PAPA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GERALDO PAPA (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. EDSON LAZARINI (Participação Virtual)

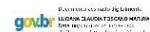
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. ALEXANDRE JOSÉ FERREIRA DINIZ (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profa. Dra. LUCIANA CLÁUDIA TOSCANO (Participação Virtual)

Campus de Cassilândia / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS



Prof. Dr. FERNANDO JUARI CELOTO (Participação Virtual)

Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Uberlândia - UFU



Ilha Solteira, 29 de fevereiro de 2024

A DEUS,
Fonte de energia

AGRADEÇO

À minha filha, Luísa Ávila Zanardi, minha fonte de alegria e inspiração
À minha esposa, Priscila Ávila de Souza Zanardi,
minha companheira de jornada, por todo apoio e pelos momentos que já passamos
juntos

DEDICO

Aos meus pais, João Antonio Zanardi e Tânia Suzeli Garcia Zanardi
pelos cuidados que tiveram comigo durante toda minha formação,

À minha irmã, Natalia Garcia Zanardi
pela amizade e companheirismo,

Aos meus avós maternos, Jandira Aparecida Garcia e José Garcia (*in memoriam*),
e paternos Maria Venturini Zanardi (*in memoriam*) e Herminio Zanardi (*in memoriam*)
por todo carinho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Dr. Geraldo Papa, meu orientador, pelos ensinamentos, sabedoria, apoio, confiança, compreensão e amizade durante toda minha formação acadêmica, minha eterna gratidão.
- À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, pela oportunidade de cursar o Doutorado.
- À Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão pela concessão de bolsa de Doutorado.
- Aos colegas do Laboratório de Entomologia II que tive oportunidade de trabalhar, em especial Felipe Capobianco (Oreia), João Pedro Scrociato (Fronha), Mateus Cardoso de Castro (Lafon), Marcos Menguini (Cochilo), Mateus Kitagawa (Sudoku), Leonardo Mendes (Garça), Maximiliano Bello Todaro (Papachuva), Wesley Novaes (Mumia), Rafael Nascimento (Rafa), Victor Sanches (Esquisito), Lais Araujo Galetti (Tramela), Ana Beatriz (Bia), Paulo Antonio Tibiriça (Paulinho) e Luis Lima (Musy) pela amizade estabelecida entre nós.
- Aos colegas da graduação e pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, pela agradável convivência durante o curso.
- Aos Professores Dr. Edson Lazarini, Dra. Luciana Claudia Toscano Maruyama, Dr. Fernando Juari Celoto, Dr. Alexandre José Ferreira Diniz, Dr. Carlos Alberto Hector Flechmann, Dr. Carlos Frederico Wilcken e Dr. Pedro Takao Yamamoto pela participação na Comissão Examinadora e pelos ensinamentos transmitidos.
- Aos funcionários da Seção de Pós Graduação pela atenção dispensada.
- Aos produtores parceiros: Mário Marcio Arantes e equipe, Vagner Onibeni e equipe, e Luiz Roberto Trovati e equipe, por todo o suporte na condução dos trabalhos em campo.
- A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

“O êxito da vida não se mede pelo caminho
que você conquistou, mas sim pelas
dificuldades que superou no caminho”.

(Abraham Lincoln)

RESUMO

A ocorrência de insetos-praga na cultura do milho é considerada um dos principais fatores de redução de produtividade. A *Spodoptera frugiperda* é considerada uma das principais pragas do milho. O objetivo do trabalho foi verificar a atividade do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila, em diferentes formulações e concentrações na disrupção sexual da *Spodoptera frugiperda* e seus efeitos no manejo da praga na cultura do milho. Os trabalhos foram divididos em duas etapas. Durante a primeira etapa foram realizados dois experimentos em condições de campo durante a segunda safra de grãos de 2020, nos municípios de Ilha Solteira/SP e Selvíria/MS, avaliando-se três diferentes formulações líquidas do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila, 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 37,4 g.L⁻¹. O delineamento adotado para ambos os experimentos foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento constou de 1,5 ha (124m x 124m), com quatro pontos amostrais (repetições), indicados por uma armadilha a base de feromônio sexual para captura de adultos. Os tratamentos constaram da aplicação de: 1 – PR-001-2019-v8.1 a 87 mL.ha⁻¹, 2 – PR-001-2019-v8.1 a 174 mL.ha⁻¹, 3 – PR-001-2019-v9.1 a 87 mL.ha⁻¹, 4 – PR-001-2019-v9.1 a 174 mL.ha⁻¹, 5 – JC001-042 a 87 mL.ha⁻¹, 6 – JC001-042 a 174 mL.ha⁻¹ e 7 – Controle (sem aplicação de feromônio). Foram realizadas três pulverizações do feromônio, com intervalo de 14 dias, utilizando-se um drone, com volume de calda de 10 L.ha⁻¹. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados com uso de armadilha contendo frasco com água, sabão e atrativo sexual BioSpodoptera®. As avaliações foram realizadas aos 0 (prévia), 3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação, mensurando a atividade do feromônio pela contagem do número de mariposas macho de *S. frugiperda* atraídas e capturadas nas armadilhas. Aos 14 dias após terceira aplicação foi realizada a avaliação de danos da praga na cultura do milho, atribuindo-se notas (0 – 9) em 50 plantas por repetição. Durante a segunda etapa foi realizado um único experimento, em condições de campo, durante a safra 2022/2023, verificando-se atividade de uma formulação granulada do feromônio FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9-tetradecenila, 26,5% m/m + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 4,0% m/m) em diferentes doses. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento constou de 4 hectares (200m x 200m), com quatro pontos amostrais (repetições), indicados por uma armadilha a base de feromônio

sexual para captura de adultos. Os tratamentos constaram da aplicação de: 1 – FAW Eco Granules 305 a 84 g.ha⁻¹, 2 – FAW Eco Granules 305 a 167 g.ha⁻¹, 3 – FAW Eco Granules 305 a 250 g.ha⁻¹, 4 – FAW Eco Granules 305 a 333 g.ha⁻¹, 5 – FAW Eco Granules 305 a 500 g.ha⁻¹, 6 – Pherogen Spray FAW® a 90 mL.ha⁻¹ (5 pulverizações com intervalo de 7 dias) e 7 – Controle (sem aplicação de feromônio). Os tratamentos a base do feromônio granulado foram distribuídos manualmente em faixas de 4m de largura, proporcionalmente a dose de cada tratamento. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados com uso de armadilha tipo delta, conteúdo piso adesivo e atrativo sexual BioSpodoptera®. As avaliações foram realizadas aos 0 (prévia), 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 28, 31, 35, 40 e 46 dias após a aplicação, mensurando a atividade do feromônio pela contagem do número de mariposas macho de *S. frugiperda* atraídas e capturadas nas armadilhas. Aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos grânulos foi realizada a avaliação de danos da praga na cultura do milho, atribuindo-se notas (0 – 9) em 50 plantas por repetição. Ao término do ciclo da cultura foi realizada a avaliação de produtividade de grãos em cada tratamento (Kg/ha). O feromônio acetato de acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L⁻¹, nas três formulações líquidas e nas duas doses avaliadas, reduziram significativamente a captura de mariposas nas armadilhas e os danos provocados pelas lagartas, indicando a disrupção do acasalamento da *S. frugiperda*. Entre as formulações líquidas do feromônio, o melhor desempenho na confusão sexual de adultos da *S. frugiperda* e na proteção das plantas de milho contra o ataque da praga foi promovido pela formulação PR-001-2019-v8.1 a 174 mL.ha⁻¹. A aplicação do feromônio granulado FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9- tetradecenila, 26,5% m/m + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 4% m/m) a 250g, 333g e 500g do p.c.ha⁻¹ foi eficiente na confusão sexual da *S. frugiperda*, até 35 dias após a aplicação, proporcionando redução dos danos provocados pelas lagartas nas plantas de milho. O emprego de feromônio de confusão sexual nos programas de manejo da *S. frugiperda* em milho apresenta-se como uma alternativa promissora, pois atua na supressão de acasalamento, resultando em declínio populacional.

Palavras-chave: semioquímicos; manejo integrado de pragas; *Zea mays*.

ABSTRACT

The occurrence of insect pests in corn crops is considered one of the main factors in reducing productivity. The *Spodoptera frugiperda* is considered one of the main pests of corn. The objective of the work was to verify the activity of the pheromone (Z)-9-tetradecenyl acetate + (Z)-11-hexadecenyl acetate, in different formulations and concentrations, on the sexual disruption of adults of *Spodoptera frugiperda* and its effects on pest management in corn crop. The work was divided into two stages. During the first stage, two experiments were carried out under field conditions during the second grain crop of 2020, in the city of Ilha Solteira/SP and Selvíria/MS, evaluating three different liquid formulations of the pheromone acetate (Z)-9-tetradecenyl 250 g.L⁻¹ + (Z)-11-hexadecenyl acetate 37.4 g.L⁻¹. The design adopted for both experiments was completely randomized, with seven treatments and four replications. Each treatment consisted of 1.5 ha (124m x 124m), with four evaluations points (replications), indicated by a sex pheromone trap to capture adults. The treatments consisted of the application of: 1 – PR-001-2019-v8.1 at 87 mL.ha⁻¹, 2 – PR-001-2019-v8.1 at 174 mL.ha⁻¹, 3 – PR-001-2019-v9.1 at 87 mL.ha⁻¹, 4 – PR-001-2019-v9.1 at 174 mL.ha⁻¹, 5 – JC001-042 at 87 mL.ha⁻¹, 6 – JC001-042 to 174 mL.ha⁻¹ and 7 – Control (without pheromone application). Three pheromone sprays were carried out, with 14 days of interval, using a drone as spraying equipment, with a spray volume of 10 L.ha⁻¹. The effects of the treatments were evaluated using a trap containing a bottle with water, soap and BioSpodoptera® sexual attractant. Evaluations were carried out at 0 (previous), 3, 6, 9, 12 and 14 days after each application, measuring the activity of pheromone by counting the number of male moths of *S. frugiperda* attracted and captured in the traps. At 14 days after the third application, damage assessment was carried out on the corn crop, assigning scores (0 – 9) to 50 plants per replication. During the second stage, a single experiment was carried out, under field conditions, during the 2022/2023 grain season, verifying the activity of a granulated formulation of the pheromone FAW Eco Granules 305 ((Z)-9-tetradecenyl acetate, 26.5 % m/m + (Z)-11-hexadecenyl acetate, 4.0% m/m) in different rates. The design adopted was completely randomized, with seven treatments and four replications. Each treatment consisted of 4 hectares (200m x 200m), with four evaluations points (replications), indicated by a sex pheromone trap to capture adults. The treatments consisted of the application of: 1 – FAW Eco Granules 305 at 84 g.ha⁻¹, 2 – FAW Eco Granules 305 at

167 g.ha⁻¹, 3 – FAW Eco Granules 305 at 250 g.ha⁻¹, 4 – FAW Eco Granules 305 to 333 g.ha⁻¹, 5 – FAW Eco Granules 305 to 500 g.ha⁻¹, 6 – Pherogen Spray FAW® at 90 mL.ha⁻¹ (5 sprays at an interval of 7 days) and 7 – Control (without application of pheromone). The granulated pheromone treatments were manually distributed in 4m wide strips, proportionally to the dose of each treatment. The effects of the treatments were evaluated using a delta trap, adhesive flooring content and BioSpodoptera® sexual attractant. Evaluations were carried out at 0 (previous), 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 28, 31, 35, 40 and 46 days after application, measuring activity of pheromone by counting the number of male moths of *S. frugiperda* attracted and captured in the traps. At 7, 14, 21, 28 and 35 days after application of the granules, damage evaluations of pest in corn crop was carried out, assigning scores (0 – 9) to 50 plants per replications. At the end of the crop cycle, grain productivity per treatment (Kg/ha) was assessed. The pheromone (Z)-9-tetradecenyl acetate 250 g.L⁻¹ + (Z)-11-hexadecenyl acetate 37.4 g.L⁻¹, in the three liquid formulations and in the two doses evaluated, significantly reduced the capture of moths in the traps and the damage caused by the caterpillars, indicating the disruption of *S. frugiperda* mating. Among the liquid pheromone formulations, the best performance in the sexual confusion of *S. frugiperda* adults and in the protection of corn plants against pest attack was promoted by the formulation PR-001-2019-v8.1 at 174 mL.ha⁻¹. Application of FAW Eco Granules 305 granulated pheromone ((Z)-9-tetradecenyl acetate, 26.5% m/m + (Z)-11-hexadecenyl acetate, 4% m/m) at 250g, 333g and 500g of p.c.ha⁻¹ was efficient in the sexual confusion of *S. frugiperda*, up to 35 days after application, providing a reduction in damage caused by caterpillars on corn plants. The use of sexual confusion pheromone in *S. frugiperda* management programs in corn presents its a promising alternative, as it acts to suppress mating, resulting in population decline.

Key-words: semiochemicals; integrated pest management; *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Tecnologias <i>Bt</i> em soja milho, algodão e soja comercialmente disponíveis para o controle de insetos-praga no Brasil.....	23
Figura 2	- Aspecto das formulações do feromônio líquido PR-001-2019-v8.1, PR-001-2019-v9.1 e JC001-042.....	32
Figura 3	- Croqui da área experimental com os tratamentos indicados por linhas vermelhas e armadilhas indicadas pelos marcadores amarelos no município de Ilha Solteira/SP.....	34
Figura 4	- Aplicação de diferentes formulações de feromônio líquido na cultura do milho com a utilização de um Drone (pulverizador octacóptero DJI Agras MG - 1). Ilha Solteira/SP. 2020.....	36
Figura 5	- (A) Armadilha água-sabão; (B) Tampa da armadilha contendo o atrativo Sexual Bio Spodoptera; (C) Armadilhas abertas contendo mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas em 3 noites.....	37
Figura 6	- Croqui da área experimental com os tratamentos indicados por linhas vermelhas e armadilhas indicadas pelos marcadores amarelos. Selvíria/MS.....	40
Figura 7	- Aplicação de diferentes formulações de feromônio líquido na cultura do milho com a utilização de um Drone (pulverizador octacóptero DJI Agras MG - 1). Selvíria, MS. 2020.....	42
Figura 8	- Feromônio FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9-tetradecenila, 26,5% + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 4%)	45
Figura 9	- Croqui da área experimental com os tratamentos indicados por linhas brancas e armadilhas indicadas pelos marcadores vermelhos no centro de cada tratamento. Itapura/SP.	46
Figura 10	- Metodologia de aplicação do feromônio granulado. Itapura/SP. 2022.....	49
Figura 11	- Metodologia de aplicação com pulverizador terrestre. Itapura/SP. 2022.....	50
Figura 12	- (A) Armadilha tipo delta, (B) Piso adesivo com machos de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturados e (C) disposição espacial das armadilhas nos tratamentos avaliados. Itapura/SP. 2023.....	51

Figura 13	- Metodologia de colheita para estimativa de produtividade por tratamento. Itapura/SP. 2023.....	52
Figura 14	- Precipitação pluviométrica em mm por dia e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliações do experimento. Ilha Solteira/SP. 2020.....	57
Figura 15	- Precipitação pluviométrica em mm por dia e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliações do experimento. Selvíria/MS. 2020.....	62
Figura 16	- Porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas <i>S. frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio por intervalo de aplicação (3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação) e média geral da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas. Selvíria/MS. 2020.....	64
Figura 17	- Desenvolvimento da cultura do milho próximo à primeira, segunda e terceira pulverização das formulações de suspensão de encapsulados de feromônio. Selvíria/MS. 2023.....	65
Figura 18	- Atividade do feromônio FAW Eco Granules 305 na disrupção sexual de adultos da <i>Spodoptera frugiperda</i> , em milho. Média de mariposas capturadas nas armadilhas (mariposa/armadilha/noite) por tratamento aos 0 (prévia), 3, 7, 10, 14 e 17 dias após aplicação (DAA). Itapura/SP. 2022/23.....	67
Figura 19	- Precipitação pluviométrica em mm por dia e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliações do experimento. Itapura/SP.....	68
Figura 20	- Porcentagem de redução de captura de mariposas <i>Spodoptera frugiperda</i> por tratamento aos 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 28, 31, 35, 40 e 46 dias após a aplicação dos grânulos (DAA). Itapura/SP. 2022/23.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Escala de notas (0 a 9) para avaliação de danos de <i>Spodoptera frugiperda</i> no cartucho do milho e tomada de decisão para controle.....	24
Tabela 2	- Nível de ação para lagarta-do-cartucho, <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho.....	24
Tabela 3	- Tratamentos e doses das formulações de suspensão de encapsulados (CS) aplicados para o controle comportamental da lagarta-do-cartucho, <i>Spodoptera frugiperda</i> , em milho.....	32
Tabela 4	- Coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento. Ilha Solteira/SP.....	35
Tabela 5	- Informações de data, clima e cultura no momento de cada aplicação. Ilha Solteira/SP.....	36
Tabela 6	- Escala de notas de fitotoxicidade em plantas tratadas.....	38
Tabela 7	- Coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento. Selvíria/MS.....	41
Tabela 8	- Informações de data, clima e cultura no momento de cada aplicação. Selvíria/MS. 2020.....	41
Tabela 9	- Coordenadas geográficas dos vértices de cada tratamento. Itapura/SP. 2023.....	47
Tabela 10	- Tratamentos e doses do feromônio de formulação em grânulos. Itapura/SP. 2022/23.....	48
Tabela 11	- Dados climatológicos momento da aplicação dos tratamentos T1 a T5. Itapura/SP. 2022.....	49
Tabela 12	- Tabela 12 - Dados climatológicos no momento de cada aplicação do tratamento 6. Itapura/SP. 2022/23.....	50
Tabela 13	- Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 0 (prévia), 3, 6, 9, 12 e 14 dias após primeira aplicação (DA1ªA). Ilha Solteira/SP. 2020.....	55

Tabela 14 - Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após segunda aplicação (DA2ªA). Ilha Solteira/SP. 2020.....	55
Tabela 15 - Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9 12 e 14 dias após terceira aplicação (DA3ªA). Ilha Solteira/SP. 2020.....	56
Tabela 16 - Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio por noite em cada intervalo de aplicação (3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação) e média geral da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas. Ilha Solteira/SP. 2020.....	59
Tabela 17 - Média das notas danos de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Davis <i>et al.</i> , 1992), porcentagem de eficiência na redução de danos em 80 plantas por tratamento e porcentagem de plantas com notas iguais ou superior a 3 aos 14 dias após a terceira aplicação. Ilha Solteira/SP. 2020.....	59
Tabela 18 - Análise de fitotoxicidade do feromônio acetato de acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L ⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L ⁻¹ aplicado na cultura do milho. Média de notas de fitotoxicidade de 80 plantas por tratamento aos 7 dias após aplicação dias após primeira, segunda e terceira aplicação. Ilha Solteira/SP. 2020.....	59
Tabela 19 - Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 0 (prévia), 3, 6, 9, 12 e 14 dias após primeira aplicação (DA1ªA). Selvíria/MS. 2020.....	60
Tabela 20 - Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual	61

	(mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após segunda aplicação (DA2ªA). Selvíria/MS. 2020.....	
Tabela 21	- Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9 12 e 14 dias após terceira aplicação (DA3ªA). Selvíria/MS. 2020.....	61
Tabela 22	- Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio em cada intervalo de aplicação (3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação) e média geral da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas. Selvíria/MS. 2020.....	63
Tabela 23	- Média das notas danos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , porcentagem de eficiência na redução de danos em 80 plantas por tratamento e porcentagem de plantas com notas iguais ou superior a 3 aos 14 dias após a terceira aplicação. Selvíria/MS. 2020.....	65
Tabela 24	- Análise de fitotoxicidade do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L ⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L ⁻¹ aplicado na cultura do milho. Média de notas de fitotoxicidade de 80 plantas por tratamento aos 7 dias após a primeira, segunda e terceira aplicação. Selvíria/MS. 2020.....	66
Tabela 25	- Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 0 (prévia), 3, 7, 10, 14 e 17 dias após aplicação (DAA). Itapura/SP. 2022/23.....	69
Tabela 26	- Média do número de mariposas de <i>Spodoptera frugiperda</i> capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 21, 24, 28, 31, 35, 40, 46 dias após aplicação (DAA). Itapura, SP. 2022/23.....	69

Tabela 27 - Porcentagem de plantas de milho com notas de danos de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Davis <i>et al.</i> , 1992) iguais ou superiores a 3 por tratamento aos 7, 14, 21, 28, 35 e 40 dias após aplicação (DAA). Itapura, SP. 2022/23.....	71
Tabela 28 - Média das notas de danos (Davis <i>et al.</i> , 1992) em folhas por tratamento (média obtida em 80 plantas por tratamento) aos 7, 14, 21, 28, 35 e 40 dias após aplicação (DAA). Itapura, SP. 2022/23.....	72
Tabela 29 - Análise do rendimento de grãos de milho em função da aplicação do feromônio acetato de (Z)-9- tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 26,5% m/m + 4,0% m/m. Média do peso de grãos (Kg) colhidos em quatro linhas de cinco metros cada (10m ²) por repetição, média estimada em Kg/ha e porcentagem de incremento. Selvíria, MS. 2023.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO, <i>Zea mays</i> L.....	17
2.2	OCORRÊNCIA DE INSETOS-PRAGA NA CULTURA DO MILHO.....	17
2.3	ASPECTOS COMPORTAMENTAIS E BIOLÓGICOS DA <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
2.4	DANOS DA <i>S. frugiperda</i> NA CULTURA DO MILHO.....	20
2.4.1	Danos nas plântulas.....	20
2.4.2	Danos no cartucho e estruturas reprodutivas das plantas de milho.	21
2.5	MÉTODOS DE CONTROLE DA LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO.....	21
2.5.1	Uso de tecnologias de milho que expressam proteína inseticida de <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner (<i>Bt</i>).....	21
2.5.2	Utilização de inseticidas sintéticos.....	23
2.6	FEROMÔNIOS.....	25
2.6.1	Características dos feromônios e seus efeitos naturais sobre insetos.....	26
2.6.2	Emprego de feromônios sexuais para o manejo de pragas.....	27
2.6.3	Disrupção do acasalamento pela confusão sexual.....	28
2.7	FORMULAÇÕES DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS PARA A UTILIZAÇÃO EM LARGA ESCALA DO FEROMÔNIO.....	29
2.7.1	Suspensão de encapsulados (CS).....	30
2.7.2	Granulado (G).....	30
3	EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES LIQUIDAS DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL PARA O MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, <i>Spodoptera frugiperda</i>, NA CULTURA DO MILHO, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	31
3.1	OBJETIVO.....	31

3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.2.1	Características do feromônio testado.....	31
3.2.2	Experimento I.....	33
3.2.2.1	<i>Local de condução do experimento.....</i>	33
3.2.2.2	<i>Instalação e condução da cultura do milho na área experimental...</i>	33
3.2.2.3	<i>Metodologia de aplicação.....</i>	35
3.2.2.4	<i>Metodologia de avaliação.....</i>	36
3.2.2.5	<i>Manejo da Spodoptera frugiperda na área do experimental.....</i>	38
3.2.3	Experimento II.....	39
3.2.3.1	<i>Local de condução do experimento.....</i>	39
3.2.3.2	<i>Instalação e condução da cultura do milho na área experimental....</i>	39
3.2.3.3	<i>Metodologia de aplicação.....</i>	41
3.2.3.4	<i>Metodologia de avaliação.....</i>	42
3.2.3.5	<i>Manejo da Spodoptera frugiperda na área do experimental.....</i>	43
3.3	Estádio de desenvolvimento da cultura.....	44
3.4	Análises estatísticas.....	44
4	EFEITO DA APLICAÇÃO DE FORMULAÇÃO GRANULADA DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL (FAW Eco Granules 305) NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, <i>Spodoptera frugiperda</i>, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	44
4.1	OBJETVO.....	44
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.2.1	Características do feromônio avaliado.....	45
4.2.2	Local de condução do experimento.....	45
4.2.3	Delineamento experimental.....	46
4.2.4	Instalação e condução da cultura do milho na área experimental....	47
4.2.5	Tratamentos e doses.....	48
4.2.6	Metodologia de aplicação.....	49
4.2.7	Manejo da <i>Spodoptera frugiperda</i> na área do experimental.....	49
4.2.8	Metodologia de avaliação.....	50
4.3	ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO.....	52
4.4	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	52

4.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1	EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES LIQUIDAS DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, <i>Spodoptera frugiperda</i> , NA CULTURA DO MILHO, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	54
5.1.1	Experimento I.....	54
5.1.2	Experimento II.....	59
5.1.3	Conclusões.....	66
5.2	EFEITO DA APLICAÇÃO DE FORMULAÇÃO GRANULADA DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL (FAW Eco Granules 305) NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, <i>Spodoptera frugiperda</i> , EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	67
5.2.1	Conclusões.....	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

Entre os fatores que mais afetam a produção do milho destacam-se as pragas, como a lagarta-do-cartucho, *Sodoptera frugiperda* (Smith, 1797), considerada por muitos anos a principal praga da cultura pelos prejuízos proporcionados. Em função da polifagia da espécie e da disponibilidade de alimento o ano todo, associado as condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, a praga pode ser encontrada em todas as regiões brasileiras (Cruz, 1995).

Considerada como uma praga cosmopolita, recentemente a lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, ganhou notoriedade no cenário agrícola mundial por sua ocorrência ter sido relatada também na África, Ásia e Austrália (Gergen *et al.*, 2016; Jing *et al.*, 2020; Queensland Government Departament of Agricultura and Fisheries, 2020).

O inseto se alimenta de todas as estruturas da parte aérea do milho, dando preferência às folhas jovens no período vegetativo. Quando o ataque acontece logo após e emergência das plantas, a lagarta-do-cartucho pode levar a planta à morte. As estruturas reprodutivas da planta (pendão e espiga) também podem ser afetadas, com perdas quantitativas, reduzindo a produtividade, e qualitativas, pelo favorecimento do desenvolvimento de fungos e presença de micotoxinas nos grãos (Busato *et al.*, 2004).

A espécie *S. frugiperda* possui metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva (lagarta), pupa e adulto. O inseto em sua fase adulta é uma mariposa de cor cinza e mede cerca de 15 mm de comprimento, possui hábito noturno, não sendo ativo durante o dia, com longevidade média de 12 dias. O acasalamento começa com o pôr do sol e atinge o pico duas a quatro horas após o início, quando as temperaturas estão mais amenas e favoráveis para a atividade do inseto (Cruz, 1995; Pogue, 2002; Valicente, 2015).

Para a ocorrência da cópula, assim como para a maioria dos lepidópteros, o encontro entre parceiros é mediado por estímulos químicos, onde feromônios sexuais liberados pelas fêmeas promovem a atração dos machos (Cadré; Baker, 1984).

No atual cenário agrícola brasileiro, o controle da *S. frugiperda* em lavouras do milho é realizado basicamente pela adoção de variedades transgênicas (*Bt*) e por pulverizações com inseticidas químicos. A pressão de seleção de indivíduos resistentes às duas formas de controle tem sido o maior desafio nos últimos anos, preocupando os agricultores e a sociedade quanto a sustentabilidade de controle da praga em um futuro próximo. Para tanto, o desenvolvimento de outras táticas de

controle para a lagarta-do-cartucho se torna alternativa importante para a viabilidade do cultivo de milho com menor uso de inseticidas químicos.

Uma das novas opções de controle é pela liberação de feromônios sintéticos na lavoura, técnica conhecida como “Mating Disruption” (Disrupção do Acasalamento), que trabalha com o princípio de que o ar em um campo agrícola seja saturado com feromônio sexual, evitando ou dificultando o encontro de machos e fêmeas, impedindo o processo de reprodução (Ganie *et al.*, 2012).

Pelo fato de apresentarem alta especificidade e por não haver depósito significativo de elementos químicos no ambiente ou no alimento produzido, a utilização de feromônios no controle de pragas contribui para a produção mais segura de alimentos, destacando-se a utilização para o manejo de lepidópteros (Zarbin *et al.*, 2009; Araujo *et al.*, 2021).

Feromônios são substâncias químicas pertencentes ao grupo dos semioquímicos que mediam interações intraespecíficas. De fórmula química simples, biodegradável e empregado em diminutas quantidades, os feromônios são considerados o principal elemento da linguagem de comunicação dos insetos (Vilela, 1992).

A amplitude de componentes químicos presentes nos feromônios de lepidópteros inclui mistura de álcoois alifáticos, aldeídos, ésteres e epóxides. Uma das principais dificuldades da técnica refere-se à instabilidade do feromônio natural, pois os aldeídos são instáveis em condições de campo, em razão da rápida oxidação e polimerização do composto (Campion, 1984; Ujváry *et al.*, 1993).

Diante do contexto, o presente trabalho teve por objetivo verificar a atividade do feromônio sexual acetato de (Z)-9-tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila aplicado no manejo da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, em cultivos comerciais de milho. Os trabalhos foram divididos em duas etapas:

Primeira etapa: Foram realizados dois experimentos em condições de campo durante a segunda safra de 2020, avaliando-se três diferentes formulações de suspensão de encapsulados do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L⁻¹ na disrupção sexual da *S. frugiperda* e seus efeitos na redução de danos da praga na cultura do milho em condições de campo.

Segunda etapa: Foi realizado um único experimento, em condições de campo, durante a safra 2022/2023, avaliando-se o desempenho de uma formulação granulada do feromônio (acetato de (Z)-9- tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 26,5%

m/m + 4% m/m) na disrupção sexual da *S. frugiperda* e seus efeitos na redução de danos da praga na cultura do milho em condições de campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO, *Zea mays* L

O milho é uma gramínea pertencente à família Poaceae. Tem origem no Continente Americano e é cultivada em diferentes locais do mundo. É um cereal de fácil adaptação que permite ser cultivado em altitudes referentes ao nível do mar até superiores a 3.600 metros. É encontrado em climas temperados, tropicais e subtropicais (Barros, 2014).

A cultura do milho tem grande importância no cenário mundial, pois o seu alto valor nutricional o coloca como alimento importante, muitas vezes básico, na dieta humana e animal, além de ser utilizado como matéria-prima na produção de energia limpa, como na produção biocombustíveis (Sologuren, 2015; Maximiano, 2017).

O milho é um produto muito versátil, podendo ser utilizado como insumo na fabricação de produtos como lisina, itens biodegradáveis, isoglucose, etanol etc. Na alimentação humana, o milho é utilizado para a produção de alimentos básicos como fubás, farinhas, canjicas e óleos. Pode ser empregado também em produtos mais elaborados como xarope de glucose (utilizado na produção de balas, gomas de mascar, doces em pasta etc.), maltodextrinas (destinadas à produção de essências e aromas, sopas desidratadas, produtos achocolatados e outros) e corantes caramelo (para produção de refrigerantes, cervejas, molho etc.) (Barros; Alves, 2015; Sologuren, 2015).

Nas condições brasileiras o milho é considerado uma das principais culturas. Somando os três períodos de cultivo da cultura, conhecidos como verão; segunda safra (safrinha), geralmente em sucessão ao cultivo da soja e cultivo de inverno, realizado geralmente em áreas irrigadas, a área estimada com o cultivo da cultura na safra 2022/23 foi de aproximadamente 22,3 milhões de hectares, com produtividade média estimada em 5,9 toneladas por hectare (CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, 2024).

2.2 OCORRÊNCIA DE INSETOS-PRAGA NA CULTURA DO MILHO

Um dos principais fatores de redução de produtividade de milho são os frequentes ataques de insetos praga. No atual cenário de ocorrência de pragas nas

condições brasileiras, as atenções dos produtores de milho são voltadas para os ataques da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis*, percevejo barriga-verde, *Diceraeus* spp., lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea*, pulgão-do-milho, *Rhopalosiphum maidis* e lagarta-de-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Wordell Filho *et al.*, 2016).

Dentre as pragas que ocorrem na cultura do milho nas condições brasileiras, a lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* merece destaque, pois foi considerada por muitos anos a principal praga pelos danos provocados e pelas dificuldades de controle. Caso não seja manejada adequadamente, a redução de produtividade pode chegar à 60%, dependendo da cultivar e da época de ataque (Rosa, 2010; Nais, 2012).

2.3 ASPECTOS COMPORTAMENTAIS E BIOLÓGICOS DA *Spodoptera frugiperda*

A espécie *S. frugiperda* é uma praga migratória e cosmopolita nas regiões tropicais e subtropicais do Hemisfério Ocidental e recentemente foi constatada na África, Ásia e Austrália (Goergen *et al.*, 2016; Jing *et al.*, 2020; QUEENSLAND GOVERNMENT DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FISHERIES, 2020, Luginbill, 1928; Adamczyk *et al.*, 1999).

Conhecida também como lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar, a espécie *S. frugiperda* é considerada uma das principais pragas da cultura do milho, além de causar danos nas culturas do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merrill), solanáceas, crucíferas (Moscardi; Kastelic, 1985; Ali *et al.*, 1990; Cruz, 1995; Casmuz *et al.*, 2010; ; Capinera, 2001; CABI, 2020), dentre outras culturas.

Trata-se de um inseto holometábolo, ou seja, apresenta desenvolvimento completo, passando pelas fases de ovo, lagarta (larva), pupa e adulta (Luginbill, 1928; Valicente, 2015).

Os adultos possuem hábito noturno são pouco ativos durante o dia. A atividade das mariposas inicia próxima no período crepuscular, próximo ao pôr-do-sol, atingindo o pico de atividade duas a quatro horas depois, ocasião em que ocorre o acasalamento, dispersão e migração (Cruz, 1995).

A mariposa fêmea inicia o período de oviposição entre o terceiro e quarto dia após a emergência. Cada mariposa pode colocar em torno de 2.000 ovos durante o

seu ciclo, que agrupados em massas com 50 a 300 ovos, colocadas em camadas, que pode variar de uma a quatro (Cruz, 1995).

As lagartas passam por até seis instares larvais durante o seu desenvolvimento e a duração de cada instar depende da temperatura e do substrato alimentar. Logo após a eclosão, as neonatas, ou seja, lagartas com idade até 12 horas após a eclosão, se alimentam do córion (Busato *et al.*, 2004).

Antes de atingir o segundo instar, as lagartas caminham para a região do cartucho da planta de milho e iniciam o processo de alimentação do tecido vegetal, passando para uma coloração esverdeada. Durante este período, também ocorre a dispersão do inseto, processo onde as lagartas se suspendem por fios de seda, sendo levadas pelo vento até outras plantas (Cruz, 1995).

Durante o segundo instar, as lagartas possuem coloração esbranquiçada, com um sombreamento marrom no dorso. Quando as lagartas atingem o terceiro instar é possível visualizar três linhas dorsais de cor branco-amarelada longitudinalmente na região dorsal, e de cada lado das lagartas, uma na região dorso lateral (supraespiracular) de cor marrom escuro e uma subespiracular de cor amarela irregular (Pogue, 2002, Busato *et al.*, 2004).

A partir do quarto instar as lagartas apresentam cabeça marrom-avermelhada e o dorso do corpo marrom-escuro. Quando atingem o quinto instar, as lagartas apresentam coloração um pouco mais escura. Ao atingir o último instar as lagartas têm o corpo cilíndrico, com textura granular quando observada de perto (Cruz, 1995; Capinera, 2001).

As lagartas de *S. frugiperda* possuem duas características básicas que as distinguem das demais lagartas do gênero, a primeira é a presença de tubérculos que estão localizados em cada segmento abdominal no formato de trapézio, composto por quatro pináculos, de coloração preta, as quais apresentam uma área esclerotizada com um pelo curto engrossado na base. A segunda característica é possuir “Y” invertido na frente (Cruz, 1995; Pogue, 2002).

A duração do período larval pode variar de 12 a 30 dias e as lagartas podem atingir 50 mm de comprimento (Cruz, 1995; Murúa e Virla, 2004).

Após seis instares, as lagartas penetram no solo, transformando-se em pupas, período que pode durar entre seis e 55 dias dependendo da temperatura. No início a pupa apresenta cor verde-clara, mas após alguns minutos a cor muda para alaranjada

e depois para marrom, tornando-se mais escura quando próximo à emergência dos adultos (Cruz, 1995; Valicente, 2015; Capinera, 2017).

O número de gerações que podem ocorrer durante o ano depende da latitude e do habitat, sendo que em regiões tropicais como o Brasil, podem ocorrer até treze gerações ao ano (Afonso *et al.*, 2009).

2.4 DANOS DA *S. frugiperda* NA CULTURA DO MILHO

A lagarta-do-cartucho é a praga que causam grandes preocupação ao produtor de milho. O comportamento larval da espécie em se alojar no interior do cartucho das plantas de milho dificulta a adoção de estratégias de controle (Cruz, 1995).

Os sinais de presença da lagarta no interior do cartucho podem ser indicados pela presença de excrementos, ou pela abertura das folhas da região do cartucho das plantas. As injúrias ocasionadas as plantas de milho podem ser observadas desde o início do desenvolvimento das lagartas (Cruz, 1995).

Os danos provocados pela lagarta-do-cartucho na cultura do milho podem variar no decorrer do ciclo da cultura. Seu ataque ocorre desde fases de emergência e estabelecimento da cultura, se estendendo até a maturação fisiológica das plantas, quando atacam os grãos em desenvolvimento (Afonso-Rosa; Barcelos, 2012; Figueiredo *et al.*, 2006).

2.4.1 Danos nas plântulas

Em ambientes de milho cultivado em sistema de plantio direto, podem ocorrer a migração de lagartas para as plântulas de milho, oriundas de cultivos remanescentes ou presentes em plantas hospedeiras alternativas, como plantas daninhas ou mesmo plantas de cobertura. Após a emergência, as plântulas de milho que recebem o ataque de lagartas desenvolvem danos mais comuns é a secção da plântula na base, provocando a redução de estande. Quando as plantas são atacadas nos estágios iniciais de desenvolvimento fenológico, a produção pode ser reduzida em até 60% (Cruz, 1999).

Em plantas novas a lagarta pode também penetrar no colmo, através do cartucho, fazendo galerias descendentes, até danificar o ponto de crescimento, ocasionando o sintoma denominado coração morto, que também por ser provocado

pela perfuração transversal na base da planta, sem que ocorra a secção (Cruz *et al.*, 1995; Casmuz *et al.*, 2010).

2.4.2 Danos no cartucho e estruturas reprodutivas das planas de milho

A lagarta-do-cartucho se alimenta de todas as estruturas da parte aérea do milho, dando preferência às folhas jovens no período vegetativo. Seu ataque ocorre em todas as fases de crescimento da cultura, sendo que no período reprodutivo da cultura, podem atacar os grãos em desenvolvimento, se estendendo até a fase de maturação fisiológica (Afonso-Rosa; Barcelos, 2012)

Após a eclosão de posturas realizadas em folhas de milho, as lagartas de primeiros instares raspam o tecido de uma das faces da folha, deixando intacta a epiderme membranosa da face foliar oposta, provocando o sintoma de folhas raspadas (Cruz, 1995).

Quando atingem o segundo instar, as lagartas perfuram as folhas, indo em direção ao cartucho da planta, local onde permanece até próximo ao estágio de pupa. Nos instares finais a lagarta consome grande quantidade de área foliar, destruindo completamente a parte basal das folhas em desenvolvimento. O ataque da lagarta em plantas de milho na fase de intenso desenvolvimento vegetativo pode ocasionar a destruição do cartucho da planta (Cruz, 1995).

2.5 MÉTODOS DE CONTROLE DA LAGARTA-DO-CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO

2.5.1 Uso de tecnologias de milho que expressam proteína inseticida de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt).

O controle dos insetos-praga na cultura do milho, especialmente dos lepidópteros, como a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a broca-do-colmo, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae) e a lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido realizado em larga escala com uso de tecnologias de milho que expressam proteína inseticida de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) (Omoto; Bernardi, 2015).

A tecnologia *Bt* se fundamenta na mudança e expressão de genes de resistência a insetos-praga para o milho, isolados da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berlinger (*Bt*). A adoção da tecnologia *Bt* proporciona o melhor manejo em agroecossistemas pois foi desenvolvida para que a planta possua uma maior resistência ao ataque dos insetos, reduzindo o número de pulverizações com inseticidas (Carneiro *et al.*, 2009).

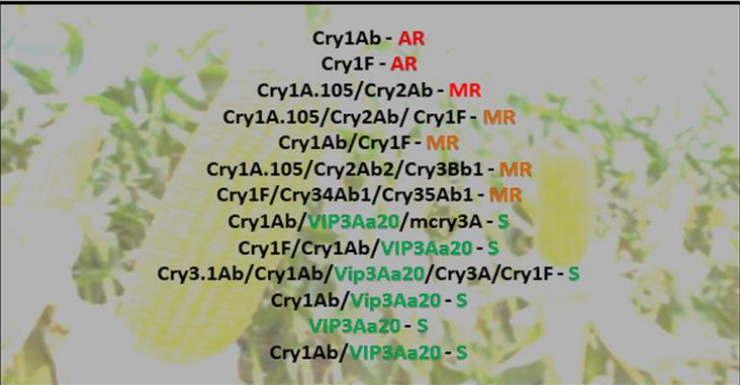
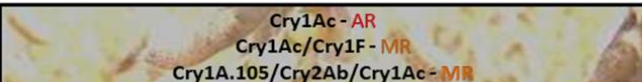
A utilização de milho geneticamente modificado (tecnologia *Bt*) consiste como a principal ferramenta para o manejo da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* na cultura do milho desde a sua introdução. No entanto, com o aumento do uso das tecnologias de milho *Bt*, também cresceu a preocupação com a evolução da resistência.

Bernardi *et al.* (2015) constataram que a *S. frugiperda* apresentou alta sobrevivência em híbridos de milho que expressam proteínas Cry1 e Cry 2 de forma isolada ou em pirâmide. Além das proteínas Cry1 e Cry2, outra grande preocupação é que trabalhos realizados em laboratório já detectaram a resistência de linhagens de *S. frugiperda* ao milho que possui tecnologia Agrisure Viptera, que expressa a proteína Vip3Aa20 (Bernardi, 2016).

O modelo de agricultura brasileiro estrutura-se em plantios sucessivos e concomitantes. Tratando-se do cultivo das principais culturas que adotam o uso da tecnologia *Bt* como base do manejo de lagartas, como é o caso do milho, soja e algodão, a extensa exposição da tecnologia, principalmente pelos desafios que os agricultores enfrentam ano a ano gera um cenário preocupante quanto a viabilidade do uso da tecnologia *Bt* em um futuro próximo. Falhas de controle da tecnologia *Bt* já têm sido relatados com frequência em muitas regiões brasileiras (Gómez *et al.*, 2020).

Atualmente estão disponíveis diversos eventos (proteínas *Bt*'s) em plantas geneticamente modificadas para o manejo da *Spodoptera frugiperda* nos sistemas agrícolas brasileiros (CTN Bio, 2023). A Figura 1 representa a exposição das proteínas *Bt*'s disponíveis para cada cultura e a sua adoção no decorrer do ano agrícola.

Figura 1 – Tecnologias *Bt* em milho, algodão e soja comercialmente disponíveis para o controle de insetos-praga no Brasil

OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
MILHO - VERÃO E SEGUNDA SAFRA											
 Cry1Ab - AR Cry1F - AR Cry1A.105/Cry2Ab - MR Cry1A.105/Cry2Ab/ Cry1F - MR Cry1Ab/Cry1F - MR Cry1A.105/Cry2Ab2/Cry3Bb1 - MR Cry1F/Cry34Ab1/Cry35Ab1 - MR Cry1Ab/VIP3Aa20/mcry3A - S Cry1F/Cry1Ab/VIP3Aa20 - S Cry3.1Ab/Cry1Ab/Vip3Aa20/Cry3A/Cry1F - S Cry1Ab/Vip3Aa20 - S VIP3Aa20 - S Cry1Ab/VIP3Aa20 - S						 MILHO IRRIGADO Cry1Ab - AR Cry1F - AR Cry1A.105/Cry2Ab - MR Cry1A.105/Cry2Ab/ Cry1F - MR Cry1Ab/Cry1F - MR Cry1A.105/Cry2Ab2/Cry3Bb1 - MR Cry1F/Cry34Ab1/Cry35Ab1 - MR Cry1Ab/VIP3Aa20/mcry3A - S Cry1F/Cry1Ab/VIP3Aa20 - S Cry3.1Ab/Cry1Ab/Vip3Aa20/Cry3A/Cry1F - S Cry1Ab/Vip3Aa20 - S VIP3Aa20 - S Cry1Ab/VIP3Aa20 - S					
ALGODÃO											
 Cry1Ac - AR Cry2Ab2/Cry1Ac - MR Cry1Ac/Cry1F - MR Cry1Ab/Cry2A - MR Cry1Ac/Cry2Ab2/Vip3A - S Cry1Ac/Cry1F/VIP3A - S						 ALGODÃO IRRIGADO Cry1Ac - AR Cry2Ab2/Cry1Ac - MR Cry1Ac/Cry1F - MR Cry1Ab/Cry2A - MR Cry1Ac/Cry2Ab2/Vip3A - S Cry1Ac/Cry1F/VIP3A - S					
SOYBEAN											
 Cry1Ac - AR Cry1Ac/Cry1F - MR Cry1A.105/Cry2Ab/Cry1Ac - MR						Susceptibilidade da <i>S. frugiperda</i> às proteínas <i>Bt</i>'s AR – Altamente resistente MR – Moderadamente resistente S – Suscetível					

Fonte: Elaboração própria. Adaptado do CTNBio, 2023.

Com o aumento da adoção do algodão *Bt* expressando a toxina Vip3, o manejo da resistência fica a cada safra mais desafiador uma vez que proteínas do mesmo grupo já estão presentes em plantas de algodão e milho, aumentando o risco de rápido desenvolvimento de resistência no Brasil (Bernardi *et al.*, 2016; Amaral *et al.*, 2020).

2.5.2 Utilização de inseticidas sintéticos

Outro método de controle consolidado é a utilização de inseticidas químicos sintéticos. Para o manejo da lagarta-do-cartucho com inseticidas sintéticos, seja em milho *Bt* ou não-*Bt*, o nível de controle adotado é com base nos sintomas de alimentação da praga nas folhas mais jovens da planta, conforme descrito na Tabela 1 (Davis *et al.*, 1992).

Tabela 1 - Escala de notas (0 a 9) para avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* no cartucho do milho e tomada de decisão para com controle

Nota	Descrição
0	Planta sem dano
1	Planta com pontuações (mais que uma pontuação por planta)
2	Planta com pontuações; 1 a 3 lesões circulares pequenas (até 1,5cm)
3	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5cm); mais que 1 a 3 lesões alongadas (até 1,5cm)
4	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (maiores que 1,5cm e menores que 3,0cm)
5	Plantas com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maior que 3,0 cm) em 1 a 2 folhas; mais 1 a 5 furos ou lesões alongadas até 1,5 cm
6	Planta com 1 a 3 lesões alongadas (maiores que 3,0 cm) em 2 ou mais folhas; mais 1 a 3 furos grandes (maiores que 1,5cm) em 2 ou mais folhas.
7	Planta com 3 a 5 lesões alongadas grandes (maiores que 3,5cm) em 2 ou mais folhas; mais 3 a 5 furos grandes (maiores que 1,5cm) em 2 ou mais folhas.
8	Planta com muitas lesões alongadas (mais que 5) de todos os tamanhos na maioria das folhas. Muitos furos médios a grandes (mais que 5) maiores que 3,0 cm em muitas folhas.
9	Planta com muitas folhas, na quase totalidade, destruídas

Fonte: DAVIS *et al.* (1992).

Em ambientes de cultivo de milho sem tecnologia *Bt*, seja em refúgio estruturado ou não, o nível de ação recomendado é de 20% de plantas com notas de danos iguais ou superiores a 3 (Tabela1). Em áreas de cultivo de milho com tecnologia *Bt* (sem Vip3), desencadeia-se a aplicação quando for detectado 4% plantas com nodas Davis iguais ou superiores a 3. Já as áreas de cultivo de milho com tecnologia *Bt* (com Vip3), desencadeia-se a aplicação quando for detectado 4% plantas com nodas Davis iguais ou superiores a 3, conforme descrito na Tabela 2. (BERNARDI e OMOTO, 2018)

Tabela 2 – Nível de ação para lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* em milho

Milho	Nível de ação de controle
Milho não-Bt	Nível de ação recomendado pela Embrapa – 20% de plantas com notas Davis iguais ou superiores a 3
Refúgio estruturado	Nível de ação recomendado pelo IRAC – 20% plantas com nodas Davis iguais ou superiores a 3, com máximo de 2 aplicações até V6
<i>Bt</i> com Vip3	4% plantas com nodas Davis iguais ou superiores a 3
<i>Bt</i> sem Vip3	10% plantas com nodas Davis iguais ou superiores a 3

Fonte: Bernardi; Omoto (2018).

Embora venham ao longo dos anos desempenhando um papel importante no manejo da *S. frugiperda*, devido à aplicação inadequada de inseticida sintéticos, aliado à sua utilização contínua, plasticidade genética da praga, alta fecundidade do inseto e particularmente a pressão de seleção intensiva, tem-se observado o desenvolvimento de populações resistentes deste inseto às principais classes de inseticidas disponíveis no mercado (Figueiredo *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2020).

Isto também tem provocado problemas relativos aos custos de produção, os quais vêm se tornando cada vez mais elevados, além dos riscos residuais e biocumulativos em diferentes níveis tróficos, impactando a nossa biodiversidade e a saúde humana (Akutse *et al.*, 2020).

Cabe ressaltar que a evolução da resistência às medidas de controle em populações de insetos é um processo natural ao longo do tempo - essa resistência dificulta o controle desta praga na agricultura. Entretanto, para gerenciar e mitigar o desenvolvimento dessas resistências, são necessárias medidas alternativas que alcancem resultados satisfatórios. Para isso, pesquisas acerca de métodos de controle alternativos são vistas como primordiais (Harrison *et al.*, 2019).

Diante do contexto, o desenvolvimento de outras táticas para o manejo da *S. frugiperda* se torna alternativa importante para a contribuição da viabilidade do cultivo de milho com a menor carga de inseticidas químicos possível ou até mesmo sem o uso. Uma das ferramentas do Manejo Integrado de Pragas se trata da utilização de feromônios sintéticos (Arioli *et al.*, 2013).

Uma das formas de utilização de feromônios para o manejo de pragas é conhecida, entre outros, como interrupção de acasalamento, que trabalha com o princípio de que o ar em um campo agrícola seja saturado com feromônio sexual, evitando ou dificultando o encontro de machos e fêmeas, impedindo o processo de reprodução (Arioli *et al.*, 2013).

2.6 FEROMÔNIOS

Feromônios são substâncias químicas pertencentes ao grupo dos semioquímicos que mediam interações intraespecíficas. De fórmula química simples, biodegradável e empregado em diminutas quantidades, os feromônios são considerados o principal elemento da linguagem de comunicação dos insetos (Vilela, 1992).

No caso da comunicação dos insetos, algumas espécies utilizam odores ou sinais químicos, denominados também como infoquímicos, para a comunicação entre os indivíduos ou para reagir à presença de outros organismos. A troca de informações pelo dos infoquímicos, desencadeia uma série de comportamentos nos insetos, incluindo a aproximação, o alarme e o recrutamento, entre outros (Vilela; Della Lucia, 2001).

Os odores que mediam a comunicação entre os indivíduos de uma mesma espécie são conhecidos por “feromônios”. Este termo é originário do grego clássico, onde o prefixo “pherein” significa carregar e “horman” significa estimular (Vilela; Della Lucia, 2001).

Em uma das primeiras definições registradas na literatura Karlson e Luscher (1959) definem feromônios como “substâncias secretadas no ambiente externo por um indivíduo e recebidas por outros indivíduos da mesma espécie, provocando uma reação característica”.

Na natureza encontram-se de forma natural uma infinidade de insetos que se comunicam por feromônios. De forma sintética, o primeiro feromônio isolado de uma mariposa foi do bicho-da-seda *Bombyx mori* Linnaeu (Lepidoptera: Bombycidae), denominado de Bombicol, e trata-se de um álcool de cadeia longa liberado pelas fêmeas para atrair os machos para o acasalamento (Butenandt *et al.*, 1959).

2.6.1 Características dos feromônios e seus efeitos naturais sobre insetos

Os feromônios provocam diferentes respostas nos indivíduos receptores e com base na resposta comportamental, os feromônios são classificadas em: sexuais, de agregação, de dispersão, de alarme, de territorialidade, de marcação de trilha e de postura (Ferreira; Zarbin, 1998; Vilela; Della Lucia, 2001).

A amplitude de componentes químicos presentes nos feromônios de lepidópteros inclui mistura de álcoois alifáticos, aldeídos, ésteres e epóxides. A utilização de feromônios visando o manejo de pragas tem se desenvolvido seguindo-se geralmente três caminhos principais: monitoramento de populações de insetos com armadilhas de feromônio; manejo pela captura massal utilizando grande número de armadilhas para reduzir o nível populacional; e o manejo pela interrupção do acasalamento, cujo feromônio sintético evapora de formulações especiais e permanece na atmosfera, impedindo que o inseto seja bem sucedido em encontrar sua parceira para a cópula (Campion, 1984).

As duas classes de feromônios mais comuns em insetos são os feromônios sexuais, geralmente produzidos pelas fêmeas para atrair os machos, para o propósito do acasalamento; e o feromônio de agregação, produzido por um ou ambos os sexos, induzindo-os a se alimentar e reproduzir (Campion, 1984).

De acordo com Mafrá-Neto (1993), o feromônio sexual, quando liberado pela fêmea a partir de glândulas exócrinas que geralmente estão localizadas na parte posterior do abdome, é dissipado pelo vento, originando uma trilha de odor que segue a turbulência e a direção da corrente de ar.

A percepção do feromônio sexual acontece em áreas específicas das antenas dos insetos, as quais possuem estruturas denominadas quimiorreceptores, que captam o feromônio e enviam impulsos nervosos para o cérebro, desencadeando uma série de comportamentos (Bestmann; Vostrowsky, 1981; Audemard, 1989).

As moléculas de feromônio que reagem com os quimiorreceptores são degradadas por enzimas, permitindo restabelecer a capacidade sensorial do indivíduo (Arioli *et al.*, 2013).

Tratando-se da ordem Lepidoptera, de acordo com a sequência de respostas desencadeadas pela presença do feromônio sexual se inicia geralmente pelo movimento das antenas, seguido pelo movimento das pernas, movimento das asas e início de voo errático, geralmente em zigue-zague, até localizar a trilha. Depois voam contra o vento, seguindo a trilha de feromônio, até localizarem a fonte emissora ou áreas adjacentes, para então caminharem movimentando as asas até encontrarem a fêmea. A partir do momento em que o macho encontra a fêmea, uma série de estímulos químicos, táteis e visuais ocorrem, resultando na cópula (Vilela; Della Lucia, 2001; Arioli *et al.*, 2013; Mafrá-Neto, 1993; Audemard, 1989).

2.6.2 Emprego de feromônios sexuais para o manejo de pragas

A utilização de feromônios sexuais para o manejo de pragas em toda a área tem sido aplicada para diversas espécies em vários sistemas de cultivo ao redor o mundo incluindo África do Sul, Itália, Estados Unidos, Austrália, Argentina e Brasil (Staten *et al.*, 1987; Barnes; Blomefield, 1997; Calkins *et al.*, 2000; Jones e Casagrande, 2000; Il'ichev *et al.*, 2002; Arioli *et al.*, 2013).

O controle de pragas usando feromônios sexuais para a interrupção do acasalamento pode ser uma estratégia viável para a supressão populacional de pragas, e já demonstrou ser eficaz em muitos sistemas de cultivo ao redor do mundo (Witzgall *et al.*, 2010).

De acordo com Arioli *et al.*, (2013), os estudos com feromônios sexuais produzidos por insetos seguem duas direções, onde uma tem por objetivo atrair os

insetos para a fonte emissora de feromônio, sendo utilizados para o monitoramento populacional ou para a coleta massal de insetos. Tratando-se do monitoramento de insetos, de acordo com Wall (1990), as três finalidades são: a) detectar a presença de insetos; b) conhecer as suas flutuações populacionais; e c) conferir se existe a necessidade de aplicar medidas de controle. No caso da captura massal de insetos, utiliza-se um grande número de armadilhas de feromônio sexual sintético, com o objetivo de atrair e capturar os indivíduos para manter a sua população abaixo do nível de dano econômico (Howse *et al.*, 1998; Bento, 2001).

Ainda sobre o manejo de pragas com uso de feromônios sexuais, o segundo direcionamento dos estudos tem por objetivo utilizar feromônios sexuais para interferir nos processos ou nos mecanismos que atuam sobre a capacidade dos machos localizarem as fêmeas, impedindo ou dificultando o encontro entre os mesmos. A técnica é conhecida como interrupção de acasalamento (Arioli *et al.*, 2013).

2.6.3 Disrupção do acasalamento pela confusão sexual

Uma das formas da disrupção do acasalamento, ou interrupção do acasalamento é utilizando-se a confusão sexual de adultos. Para que ocorra o acasalamento, os insetos necessitam de pequenas quantidades de feromônio sexual para localizar o seu parceiro. Portando a liberação de maior quantidade dessas substâncias no habitat do inseto pode dificultar e até impedir a localização do parceiro, provocando a supressão dos acasalamentos (Agosta, 1990).

A técnica tem por objetivo interromper a comunicação entre machos e fêmeas via aplicação de um feromônio sexual sintético no ambiente, geralmente aplicado em uma quantidade de superior àquela emitida naturalmente por uma população normal de fêmeas, o que gera uma camada de ar saturado por essa substância, evitando com que os machos encontrem a trilha do feromônio natural emitido pelas fêmeas. (Arioli *et al.*, 2013; Cardé, 1990).

De acordo com Ariole (2013), para a liberação do feromônio sexual, já existem acessórios emissores registrados, como sachês, ampolas, aerossol, entre outros. Também pode ser implementada pela pulverização de caldas elaboradas com formulações microencapsuladas de feromônio sexual sintético ou então, pela liberação de feromônio em frações de tempo programado, método também denominado confusão sexual temporizada. Nesse caso, o feromônio líquido é aplicado

por meio de nebulizadores (puffers) ou por uma rede de fio de nylon impregnada com feromônio sexual, instalada sobre a copa das plantas, com liberação controlada do feromônio para o ambiente.

2.7 FORMULAÇÕES DE FEROMÔNIO PARA A UTILIZAÇÃO EM GRANDES CULTURAS.

Por definição, a formulação de qualquer defensivo agrícola é uma mistura de compostos em certa proporção utilizada para aplicar o ingrediente ativo (inseticida, fungicida, herbicida, feromônios, entre outros) de maneira uniforme, segura e adequada, sendo que todos os ingredientes ativos registrados são formulados antes da sua comercialização (Gazziero *et al.*, 2021).

O ingrediente ativo é o componente principal, que em conjunto com outros, constituem a formulação do produto. Entre as substâncias encontradas junto ao ingrediente ativo de um produto formulado é possível encontrar solventes, dispersantes, emulsificantes e outros (Gazziero *et al.*, 2021).

No Brasil, o desenvolvimento dessas formulações é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que, além de definir os diferentes tipos de formulação, define os padrões mínimos de qualidade para cada tipo de formulação. Cada tipo de formulação confere ao seu ingrediente ativo uma propriedade ou aplicabilidade distinta. A escolha por determinada tecnologia, além de estar relacionada às propriedades físico-químicas, também está relacionada à aplicabilidade do produto, buscando sempre maximizar sua eficiência agrônoma e minimizar as desvantagens associadas à determinada propriedade do ingrediente ativo, como alta volatilidade, fitotoxicidade, rápida degradação e baixa eficiência. (Volgas *et al.*, 2003).

Um dos grandes desafios para formular um feromônio trata-se da sua instabilidade, pois os aldeídos são instáveis em condições de campo, em razão da rápida oxidação e polimerização do composto (Campion, 1984; Ujváry *et al.*, 1993).

Para o manejo de alguns Lepidópteros em ambientes de produção de frutas em clima temperado, Mafra-Neto *et al.* (2008) sugere que a liberação de grande quantidade de feromônio sexual logo após a instalação dos acessórios dispensadores de feromônio nos pomares não é desejável, pois gera desperdício, portanto as fontes

emissoras devem liberar o feromônio sexual em taxas constantes e adequadas durante todo o seu período de atividade.

2.7.1 Suspensão de encapsulados (CS)

Trata-se de uma formulação líquida para diluição em água, sendo um dos tipos mais avançados de produtos em pré-mistura de proteção de cultivos utilizados em todo o mundo (Gazziero *et al.*, 2021).

Na formulação micro encapsulada ou suspensão de encapsulado, o ingrediente ativo é envolvido por uma parede fina e porosa de um material do grupo dos polímeros (microcápsula) que permite a liberação mais lenta do produto com maior segurança para o aplicador. Quando diluídas em água no tanque de pulverização, forma-se uma suspensão espontânea. A formulação micro encapsulada reduz a volatilização, a fitotoxicidade e a degradação ambiental. Após aplicação, o ingrediente ativo é liberado lentamente por permeação da parede da cápsula (Souza, 2001).

2.7.2 Granulado (G)

A maioria dos inseticidas registrados produzidos na formulação de grânulo (GR), são sistêmicos, utilizados para aplicação no solo ou em cova de plantas no momento do transplante de mudas, com o objetivo de controlar pragas que se alimentam da seiva (insetos e ácaros), larvas de brocas e de lepidópteros, nematoides entre outros (Contiero *et al.*, 2018).

Uma das principais características dos granulados é que, dependendo da matriz empregada como veículo, pode-se controlar a velocidade de liberação do ingrediente ativo, de tal forma a prolongar a sua ação residual, sendo que as partículas são suficientemente pesadas para resistirem à ação do vento durante a aplicação e, estando bem elaborada a formulação, não há formação de pó, tornando a aplicação um dos processos mais seguros entre as diversas alternativas (Contiero *et al.*, 2018).

3 EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES LIQUIDAS DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL PARA O MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda*, NA CULTURA DO MILHO, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

Foram conduzidos dois experimentos em áreas comerciais de produção de milho durante a segunda safra de grãos do ano de 2020.

3.1 OBJETIVO

Verificar a atividade do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g i.a./L + acetato de (Z)-11-Hexadecenila 37,4 g i.a./L, em três formulações diferentes de suspensão de encapsulados, denominadas PR-001-2019-v8.1, PR-001-2019-v9.1 e JC001-042, aplicados via pulverização foliar para a confusão sexual de adultos da *Spodoptera frugiperda* e seus efeitos na redução de danos provocados pela praga na cultura do milho.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Características do feromônio testado

O feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila, 250 g do i.a./L + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 37,4 g do i.a./L pertence ao grupo químico dos acetatos insaturados. A formulação do feromônio utilizada no estudo é denominada suspensão de encapsulado (CS) (Figura 2).

Figura 2 – Aspecto das formulações do feromônio líquido PR-001-2019-v8.1, PR-001-2019-v9.1 e JC001-042.



Fonte: Elaboração própria.

Por questões de confidencialidade e sigilo empresarial de patente, não foram informadas as diferenças entre as formulações de suspensão de encapsulados testadas PR-001-2019-v8.1, PR-001-2019-v9.1 e JC001-042. As doses de cada um dos tratamentos estão listadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Tratamentos e doses das formulações de suspensão de encapsulados (CS) aplicados para o manejo da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, em milho

Tratamentos	Dose	
	ingrediente ativo (g/ha)	produto comercial (mL/ha)
1. PR-001-2019-v8.1	25	87
2. PR-001-2019-v8.1	50	174
3. PR-001-2019-v9.1	25	87
4. PR-001-2019-v9.1	50	174
5. JC001-042	25	87
6. JC001-042	50	174
7. Controle	--	--

Fonte: Elaboração própria.

3.2.2 Experimento I

3.2.2.1 Local de condução do experimento

Foi realizado na Fazenda Além dos Sonhos, localizada no Km 76 da Rodovia Ettore Bottura, SP 595 (Santa Fé do Sul/SP - Ilha Solteira/SP), no município de Ilha Solteira/SP, com as seguintes coordenadas geográficas do ponto central do experimento: S 20° 24,482' W: 51° 07,381' H: 352 m Precisão: 8m.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento constou de 1,5 hectares (124m x 124m), com quatro pontos amostrais (repetições), indicados por uma armadilha a base de feromônio para captura de adultos.

3.2.2.2 Instalação e condução do milho na área experimental

O experimento foi conduzido em área irrigada por pivô central, com 60ha, durante o período de 27/03/2020 a 18/07/2020 (Figura 3). A distância entre cada tratamento foi de 200 metros, evitando assim o deslocamento significativo das plumas de feromônio de uma parcela para outras. O milho das parcelas experimentais possuía a tecnologia *Bt* VTPRO3 (Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Cry3Bb1), suscetível ao ataque da lagarta-do-cartucho. A área de isolamento, entre os tratamentos, foi cultivada com a tecnologia PowerCoreUltra (Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Cry1F + Vip3Aa20), que proporcionou eficientemente o controle da praga. As coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento estão descritas na Tabela 4.

Figura 3 – Croqui da área experimental com os tratamentos indicados por linhas vermelhas e armadilhas indicadas pelos marcadores amarelos no município de Ilha Solteira/SP.



Fonte: Google Earth (2020).

O híbrido de milho utilizado nos tratamentos foi o AS 1633 VTPRO3, semeado em 13 e 14/03/2020. A emergência da cultura foi registrada em 19 e 20/03/2020. O milho foi cultivado em sistema de plantio direto, semeado com espaçamento 0,5m entre linhas e densidade de 3,3 sementes por metro, perfazendo 66.000 sementes por hectare (ha). No sulco de plantio foi realizada adubação na proporção de 200 Kg/ha da formulação NPK 08-28-26. Após a emergência, quando a cultura atingiu os estádios de desenvolvimento V3 e V7, foram realizadas duas aplicações de Uréia junto a irrigação (fertirrigação pelo pivô central), na proporção de 100kg/ha em cada aplicação. Durante a condução do trabalho não houve nenhuma aplicação de inseticidas para o controle de lagartas.

Tabela 4 – Coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento no município de Ilha Solteira/SP.

Tratamentos	Tratamentos			Armadilha	Armadilhas	
	Vértice	Sul	Oeste		Sul	Oeste
1	1	20° 24,701'	51° 7,470'	A	20°24,671'	51°07,460'
	2	20° 24,651'	51° 7,416'	B	20°24,658'	51°07,447'
	3	20° 24,605'	51° 7,460'	C	20°24,645'	51°07,462'
	4	20° 24,657'	51° 7,514'	D	20°24,657'	51°07,476'
2	1	20° 24,392'	51° 7,124'	A	20°24,392'	51°07,162'
	2	20° 24,343'	51° 7,171'	B	20°24,404'	51°07,175'
	3	20° 24,388'	51° 7,223'	C	20°24,391'	51°07,190'
	4	20° 24,437'	51° 7,176'	D	20°24,380'	51°07,176'
3	1	20° 24,523'	51° 7,643'	A	20°24,534'	51°07,594'
	2	20° 24,569'	51° 7,595'	B	20°24,521'	51°07,577'
	3	20° 24,525'	51° 7,544'	C	20°24,509'	51°07,588'
	4	20° 24,477'	51° 7,592'	D	20°24,519'	51°07,602'
4	1	20° 24,496'	51° 7,344'	A	20°24,461'	51°07,342'
	2	20° 24,456'	51° 7,292'	B	20°24,448'	51°07,327'
	3	20° 24,406'	51° 7,341'	C	20°24,433'	51°07,339'
	4	20° 24,445'	51° 7,394'	D	20°24,448'	51°07,356'
5	1	20° 24,350'	51° 7,602'	A	20°24,358'	51°07,564'
	2	20° 24,397'	51° 7,554'	B	20°24,369'	51°07,552'
	3	20° 24,351'	51° 7,502'	C	20°24,355'	51°07,538'
	4	20° 24,304'	51° 7,551'	D	20°24,343'	51°07,553'
6	1	20° 24,668'	51° 7,228'	A	20°24,671'	51°07,267'
	2	20° 24,619'	51° 7,277'	B	20°24,657'	51°07,281'
	3	20° 24,666'	51° 7,326'	C	20°24,671'	51°07,295'
	4	20° 24,714'	51° 7,278'	D	20°24,685'	51°07,281'
7	1	20° 24,222'	51° 7,366'	A	20°24,274'	51°07,381'
	2	20° 24,272'	51° 7,320'	B	20°24,289'	51°07,370'
	3	20° 24,312'	51° 7,373'	C	20°24,277'	51°07,352'
	4	20° 24,264'	51° 7,423'	D	20°24,262'	51°07,364'

Fonte: Elaboração própria.

3.2.2.3 Metodologia de aplicação

Foram realizadas três aplicações via pulverização foliar, com intervalo de 14 dias entre cada aplicação, utilizando-se pulverizador octacóptero DJI Agras MG-1 (drone), equipado com 4 pontas tipo leque (XR 110 01), com pressão de trabalho de 40 psi, volume de calda de 10L/ha. O equipamento sobrevoou a cultura a 3 metros de altura do dossel, pulverizando uma faixa de 3,5m de largura (Figura 4).

A primeira aplicação foi realizada quando a cultura atingiu o estágio de desenvolvimento V2, no dia 27/03/2024.

Figura 4 – Aplicação de diferentes formulações de feromônio líquido na cultura do milho com a utilização de um Drone (pulverizador octacóptero DJI Agras MG - 1). Ilha Solteira/SP.



Fonte: Elaboração própria.

As informações de data, clima e o estágio de desenvolvimento da cultura no momento de cada aplicação estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Informações de data, clima e cultura no momento de cada aplicação. Ilha Solteira/SP

Data	Temp. ar °C	U.R (%)	Velocidade do vento (Km/h)	Direção vento	Nebulosidade	Início da aplicação (h)	Término da aplicação (h)
27/03/20	28,9	53,0	1,3	NO	Ensolarado	16:15	22:10
10/04/20	28,5	50,1	3,2	NE	Ensolarado	14:40	18:50
24/04/20	29,5	49,7	2,9	NO	Ensolarado	15:10	19:20

Fonte: Elaboração própria.

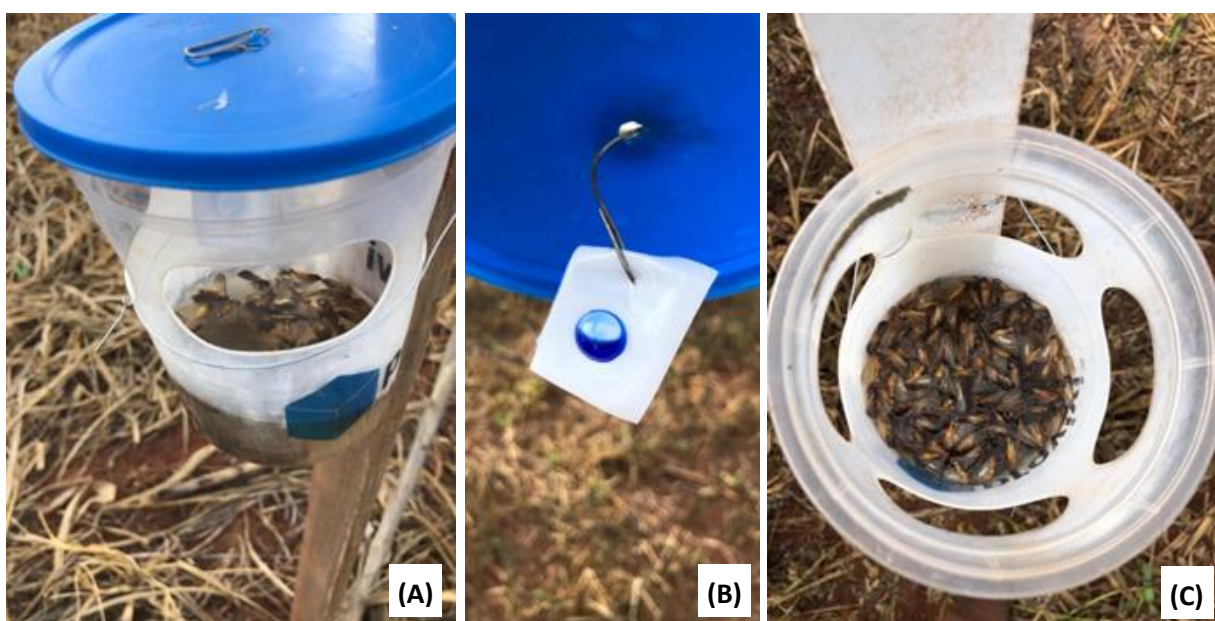
3.2.2.4 Metodologia de avaliação

Para mensurar a eficiência do feromônio quanto a confusão sexual de machos adultos da *S. frugiperda*, foram instaladas quatro armadilhas de água + sabão e o atrativo sexual para *S. frugiperda* BioSpodoptera® no interior de cada tratamento, distanciadas em 50m entre si e 37,5m da bordadura de cada tratamento (Figura 5). Após a instalação das armadilhas, que ocorreu em 24/03/2020, as cápsulas de

feromônio de atração sexual para *S. frugiperda* BioSpodoptera® foram trocadas em intervalo máximo de 21 dias até o término das avaliações.

Afim de que não houvesse acúmulo de mariposas na superfície da água, foi feita a mistura de detergente neutro na água utilizada nas armadilhas na proporção de 2%. Após cada avaliação, a água dos frascos foi trocada independente de ter mariposas capturadas ou não.

Figura 5 – (A) Armadilha água-sabão; (B) Tampa da armadilha contendo o atrativo Sexual Bio Spodoptera; (C) Armadilhas abertas contendo mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas em 3 noites



Fonte: Elaboração própria.

As armadilhas foram suspensas a uma estaca de madeira. Em cada avaliação a altura das armadilhas foram ajustadas para que ficassem 50cm acima do dossel da cultura.

As contagens do número de machos adultos da espécie *S. frugiperda* nas armadilhas ocorreram aos 0 (avaliação prévia), 3, 6, 9 e 14 dias após cada aplicação.

Para mensurar os danos provocados pelas lagartas da espécie *S. frugiperda*, foi realizada aos 14 dias após terceira aplicação a análise de dano foliar, utilizando-se a escala de danos proposta por Davis *et al.* (1992), que sugere notas de danos de 0 a 9, conforme descrito na Tabela 1.

Por se tratar de feromônio ainda em fase de registro na modalidade de aplicação foliar quando realizou-se o trabalho, foram realizadas avaliações da

ocorrência ou não de fitotoxicidade aparente nas plantas tratadas aos 7 dias após cada aplicação, atribuindo-se para 20 plantas por repetição (80 plantas por tratamentos) notas de fitotoxicidade de acordo com a escala de Frans *et al.* (1986), que sugere notas de 0 a 100, conforme caracterizações descritas na Tabela 6.

Tabela 6 – Escala de notas de fitotoxicidade em plantas tratadas

Nota	Descrição
0	Nenhuma
10	Leve descoloração
20	Descoloração
30	Descoloração pronunciada com rápida recuperação
40	Descoloração pronunciada com recuperação
50	Descoloração pronunciada com recuperação lenta
60	Não recuperável
70	Grandes perdas na densidade
80	Plantas quase destruídas
90	Sobrevivem poucas plantas
100	Morte total da cultura

Fonte: (FRANS *et al.*, 1986).

3.2.2.5 Manejo da *S. frugiperda* na área do experimental

No tratamento 7 (Controle – sem aplicação do feromônio) realizou-se três pulverizações com inseticidas sintéticos para o manejo das lagartas, quando constatou-se 20% de plantas com notas de danos iguais ou superiores a 3 (Davis *et al.*, 1992), conforme recomendação. Os inseticidas utilizados foram: Exalt (espinetoran 120 g do i.a.L⁻¹) na dose de 0,1 L.ha⁻¹, Proclaim 50 (benzoato de emamectina, 50 g do i.a.kg⁻¹) na dose de 0,3 kg.ha⁻¹ e novamente o inseticida Proclaim 50 (benzoato de emamectina, 50 g do i.a.kg⁻¹) na dose de 0,3 kg.ha⁻¹. As aplicações foram realizadas, respectivamente, em 30/03/2020 (3 dias após a primeira aplicação do feromônio), 08/04/2020 (12 dias após a primeira aplicação do feromônio) e 30/04/2020 (6 dias após a terceira aplicação do feromônio).

Para os demais tratamentos, realizaram-se duas aplicações com o inseticida Proclaim 50 (benzoato de emamectina, 50 g do i.a.kg⁻¹) na dose de 0,3 kg.ha⁻¹, quando constatou-se 20% de plantas com notas de danos iguais ou superiores a 3 (Davis *et al.*, 1992) em pelo menos um dos tratamentos. As aplicações foram realizadas, respectivamente, em 08/04/2020 (12 dias após a primeira aplicação do feromônio) e 30/04/2020 (6 dias após a terceira aplicação do feromônio).

3.2.3 Experimento II

3.2.3.1 Local de condução do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda São Mateus, de acesso pela rodovia BR 158 (Selvíria/MS – Três Lagoas/MS), localizada no município de Selvíria/MS, com as seguintes coordenadas geográficas: S 20° 32,400' W: 51° 34,493' H: 373 m Precisão: 8m.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento constou de 1,5 hectares (124m x 124m), com quatro pontos amostrais (repetições), indicados por uma armadilha a base de feromônio para captura de adultos.

3.2.3.2 Instalação e condução da cultura do milho na área experimental

O experimento foi conduzido em talhão de aproximadamente 100ha, durante o período de 14/04/2020 a 17/07/2020 (Figura 6). A distância mínima de cada tratamento foi de 200 metros, evitando assim o deslocamento significativo das plumas de feromônio de uma parcela para outra. O milho das parcelas experimentais possuía a tecnologia VTPRO2 (Cry1A.105 + Cry2Ab2), suscetível ao ataque da lagarta-do-cartucho durante a segunda safra de 2020. A área de isolamento, entre os tratamentos, foi cultivada com a tecnologia VTPRO2 (Cry1A.105 + Cry2Ab2) e recebeu o controle da lagarta-do-cartucho com inseticidas sintéticos.

O híbrido de milho utilizado nos tratamentos foi o K2999 VTPRO3, semeado em 03/04/2020. A emergência da cultura foi registrada em 09/04/2020. O milho foi cultivado em sistema de plantio direto, semeado com espaçamento 0,5m entre linhas e densidade de 3,3 sementes por metro, perfazendo 66.000 sementes por hectare (ha). No sulco de plantio foi realizada uma adubação na proporção de 200 kg/ha da formulação NPK 08-28-26. Após a emergência, quando a cultura atingiu os estádios de desenvolvimento V3 e V7, foram realizadas duas aplicações a lanço de Uréia, na proporção de 100kg/ha em cada aplicação.

Figura 6 – Croqui da área experimental com os tratamentos indicados por linhas vermelhas e armadilhas indicadas pelos marcadores amarelos. Selvíria/MS



Fonte: Google Earth (2020).

As coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 – Coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento no município de Selvíria/MS.

Tratamentos	Tratamentos			Armadilhas		
	Vértice	Sul	Oeste	Armadilha	Sul	Oeste
1	1	20° 32,353'	51° 34,293'	A	20° 32,325'	51° 34,170'
	2	20° 32,314'	51° 34,224'	B	20° 32,318'	51° 34,188'
	3	20° 32,261'	51° 34,193'	C	20° 32,298'	51° 34,177'
	4	20° 32,293'	51° 34,130'	D	20° 32,310'	51° 34,162'
2	1	20° 32,352'	51° 34,805'	A	20° 32,400'	51° 34,812'
	2	20° 32,387'	51° 34,750'	B	20° 32,408'	51° 34,798'
	3	20° 32,443'	51° 34,792'	C	20° 32,390'	51° 34,788'
	4	20° 32,405'	51° 34,850'	D	20° 32,383'	51° 34,800'
3	1	20° 32,490'	51° 34,271'	A	20° 32,453'	51° 34,282'
	2	20° 32,457'	51° 34,334'	B	20° 32,448'	51° 34,295'
	3	20° 32,401'	51° 34,298'	C	20° 32,433'	51° 34,285'
	4	20° 32,436'	51° 34,236'	D	20° 32,442'	51° 34,270'
4	1	20° 32,174'	51° 34,654'	A	20° 32,217'	51° 34,657'
	2	20° 32,211'	51° 34,594'	B	20° 32,228'	51° 34,645'
	3	20° 32,264'	51° 34,639'	C	20° 32,212'	51° 34,635'
	4	20° 32,227'	51° 34,695'	D	20° 32,205'	51° 34,648'
5	1	20° 32,675'	51° 34,413'	A	20° 32,643'	51° 34,422'
	2	20° 32,640'	51° 34,471'	B	20° 32,633'	51° 34,440'
	3	20° 32,583'	51° 34,431'	C	20° 32,615'	51° 34,428'
	4	20° 32,619'	51° 34,373'	D	20° 32,623'	51° 34,408'
6	1	20° 32,015'	51° 34,521'	A	20° 32,065'	51° 34,527'
	2	20° 32,057'	51° 34,463'	B	20° 32,077'	51° 34,510'
	3	20° 32,105'	51° 34,507'	C	20° 32,062'	51° 34,500'
	4	20° 32,069'	51° 34,566'	D	20° 32,048'	51° 34,515'
7	1	20° 32,600'	51° 34,662'	A	20° 32,607'	51° 34,607'
	2	20° 32,547'	51° 34,621'	B	20° 32,593'	51° 34,625'
	3	20° 32,584'	51° 34,562'	C	20° 32,578'	51° 34,617'
	4	20° 32,638'	51° 34,601'	D	20° 32,590'	51° 34,600'

FONTE: Elaboração própria.

3.2.3.3 Metodologia de aplicação

Foram realizadas três aplicações via foliar, com intervalo de 14 dias entre cada pulverização, utilizando-se pulverizador octacóptero DJI Agras MG-1 (drone), equipado com 4 pontas tipo leque (XR 110 01), com pressão de trabalho de 40 psi, volume de calda de 10L/ha. O equipamento sobrevoou a cultura a 3 metros de altura do dossel das plantas, aplicando uma faixa de 3,5m de largura (Figura 7).

A primeira aplicação foi realizada quando a cultura atingiu o estágio V2 de desenvolvimento, no dia 14/04/2020 (Tabela 8).

Tabela 8 - Informações de data, clima e cultura no momento de cada aplicação. Selvíria/MS. 2020.

Data	Temp. ar °C	U.R (%)	Velocidade do vento (Km/h)	Direção vento	Nebulosidade	Início da aplicação (h)	Término da aplicação (h)
14/04/2020	26,5	56,1	3,6	SE	Ensolarado	08:30	10:45
28/04/2020	29,1	45,1	2,9	NO	Ensolarado	15:10	18:30
12/05/2020	27,9	55,2	3,7	NO	Parcialmente nublado	16:00	19:20

Fonte: Elaboração própria.

Figura 7 – Aplicação de diferentes formulações de feromônio líquido na cultura do milho com a utilização de um Drone (pulverizador octacóptero DJI Agras MG - 1).
Selvíria/MS. 2020



Fonte: Elaboração própria.

3.2.3.4 Metodologia de avaliação

Para mensurar a eficiência do feromônio quanto a confusão sexual de machos adultos da *S. frugiperda*, foram instaladas quatro armadilhas de água, sabão e o atrativo sexual para *S. frugiperda* BioSpodoptera® no interior de cada tratamento, distanciadas em 50m entre si e 37,5m da bordadura de cada tratamento. Após a instalação das armadilhas, que ocorreu em 13/04/2020, as cápsulas de feromônio de atração sexual para *S. frugiperda* BioSpodoptera® foram trocadas em intervalo máximo de 21 dias até o término das avaliações.

Afim de que não houvesse acúmulo de mariposas na superfície da água, foi feita a mistura de detergente neutro na água utilizada nas armadilhas na proporção de 2%. Após cada avaliação, a água dos frascos foi trocada independente de ter mariposas capturadas ou não.

As armadilhas foram suspensas a uma estaca de madeira. Em cada avaliação a altura das armadilhas foram ajustadas para que ficassem 50cm acima do dossel da cultura.

As contagens do número de machos adultos da espécie *Spodoptera frugiperda* nas armadilhas ocorreram aos 0 (avaliação prévia), 3, 6, 9 e 14 dias após cada aplicação.

Para mensurar os danos provocados pelas lagartas da espécie *S. frugiperda*, foi realizada aos 14 dias após terceira aplicação a análise de dano foliar, utilizando-se a escala de danos proposta por Davis *et al.* (1992), que sugere notas de danos de 0 a 9 (Tabela 1).

Por se tratar de um feromônio ainda em fase de registro quando realizou-se o trabalho, foram realizadas avaliações da ocorrência ou não de fitotoxicidade aparente nas plantas tratadas aos 7 dias após cada aplicação, atribuindo-se para 20 plantas por repetição (80 plantas por tratamentos) notas de fitotoxicidade de acordo com a escala de Frans *et al.* (1986), que sugere notas de 0 a 100, conforme caracterizações descritas na Tabela 6.

3.2.3.5 Manejo da *Spodoptera frugiperda* na área experimental

No tratamento 7 (Controle – sem aplicação do feromônio) realizaram-se três aplicações com inseticidas sintéticos para o manejo das lagartas, quando constatou-se 20% de plantas com notas de danos iguais ou superiores a 3 (Davis *et al.*, 1992) conforme recomendação (Tabela 1). Os inseticidas utilizados foram: Lannate (metomil, 215 g do i.a.L⁻¹) na dose de 1 L.ha⁻¹, Voraz (metomil, 440 g + nocalurom, 35 g do i.a.L⁻¹) na dose de 0,8 L.ha⁻¹ e novamente o inseticida Voraz (metomil, 440 g + novalurom, 35 g do i.a.L⁻¹) na dose de 0,8 L.ha⁻¹. As aplicações foram realizadas, respectivamente, em 21/04/2020 (7 dias após a primeira aplicação do feromônio), 28/04/2020 (14 dias após a primeira aplicação do feromônio) e 11/05/2020 (13 dias após a segunda aplicação do feromônio).

Para os demais tratamentos, realizaram-se duas aplicações com o inseticida Voraz (metomil, 440 g + novalurom, 35 g do i.a.L⁻¹) na dose de 0,8 L.ha⁻¹, quando constatarem-se 20% de plantas com notas de danos iguais ou superiores a 3 (Davis *et al.*, 1992) em pelo menos um dos tratamentos. As aplicações foram realizadas, respectivamente, em 28/04/2020 (14 dias após a primeira aplicação do feromônio) e 11/05/2020 (13 dias após a segunda aplicação do feromônio).

3.3 Estádio de desenvolvimento da cultura

Durante todas avaliações foi reportado o estágio de desenvolvimento das plantas de milho, de acordo com a escala proposta por Ritchie e Hanway (1989).

3.4 Análises estatísticas

Os resultados obtidos de cada avaliação foram submetidos à análise de variância através do teste F, comparando-se as médias pelo teste T – LSD ou Fischer (5%) utilizando o sistema computacional de análise estatística R. Para remoção da heterocedasticidade dos dados, no processamento das análises, os dados originais foram transformados em raiz de $(X + 0,5)$.

Para a interpretação dos resultados, em cada avaliação de captura de mariposas realizou-se a porcentagem de redução de captura em relação ao tratamento controle (sem feromônio) em função da aplicação das diferentes formulações de feromônio, com base na fórmula de Abbott (1925):

$$\%R = \frac{(\text{Nº de mariposas no tratamento controle} - \text{Nº de mariposas no tratamento observado})}{\text{Nº de mariposas no tratamento controle}} \times 100$$

4 EFEITO DA APLICAÇÃO DE FORMULAÇÃO GRANULADA DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL (FAW Eco Granules 305) NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda*, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

4.1 OBJETIVO

Verificar a atividade da formulação granulada do feromônio FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9-tetradecenila, 26,5% do i.a./L + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 4%), aplicado sobre o solo, na confusão sexual de adultos da *Spodoptera frugiperda*, e seus efeitos na proteção da cultura do milho contra os danos da praga.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Características do feromônio avaliado

O feromônio FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9-tetradecenila, 26,5% do i.a./L + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 4%) pertence ao grupo químico dos acetatos insaturados. Apresenta-se na formulação granulada (G), com formato cilíndrico (Altura: 3mm x Diâmetro: 3mm), pronto para aplicação direta (Figura 9). Desde sua fabricação até o momento da aplicação, o feromônio permaneceu acondicionado em sacos hermeticamente fechados.

Figura 8 – Aspecto do feromônio FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9-tetradecenila, 26,5% + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 4%).



Fonte: Elaboração própria.

4.2.2 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido durante a safra de verão de 2022/2023, na Fazenda Nova Estrela, localizada no distrito de Entre Rios, no município de Itapura/SP, com coordenadas geográficas: S: 20° 40.086' W: 51° 23.701' H: 342 m Precisão: 8m

4.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições (Figura 9). Cada tratamento constou de 4 hectares (200m x 200m), com quatro pontos amostrais (repetições), indicados por uma armadilha a base de feromônio para captura de adultos.

Figura 9 – Croqui da área experimental com os tratamentos indicados por linhas brancas e armadilhas indicadas pelos marcadores vermelhos no centro de cada tratamento. Itapura/SP.



Fonte: Google Earth (2023).

As coordenadas geográficas da área experimental e das armadilhas de captura de mariposas de cada tratamento estão descritas na Tabela 9.

Tabela 9 – Coordenadas geográficas dos vértices de cada tratamento. Itapura/SP.

Tratamento	Tratamentos			Armadilhas		
	Vértice	Sul	Oeste	Armadilha	Sul	Oeste
1	1	20° 40.402'	51° 23.646'	A	20° 40.436'	51° 23.690'
	2	20° 40.506'	51° 23.652'	B	20° 40.464'	51° 23.693'
	3	20° 40.497'	51° 23.769'	C	20° 40.461'	51° 23.723'
	4	20° 40.390'	51° 23.761'	D	20° 40.434'	51° 23.720'
2	1	20° 40.575'	51° 23.708'	A	20° 40.609'	51° 23.753'
	2	20° 40.682'	51° 23.724'	B	20° 40.638'	51° 23.757'
	3	20° 40.675'	51° 23.836'	C	20° 40.635'	51° 23.786'
	4	20° 40.563'	51° 23.815'	D	20° 40.607'	51° 23.781'
3	1	20° 39.981'	51° 23.896'	A	20° 40.018'	51° 23.938'
	2	20° 40.085'	51° 23.900'	B	20° 40.047'	51° 23.939'
	3	20° 40.086'	51° 24.011'	C	20° 40.046'	51° 23.968'
	4	20° 39.980'	51° 24.006'	D	20° 40.019'	51° 23.967'
4	1	20° 39.991'	51° 23.506'	A	20° 40.029'	51° 23.553'
	2	20° 40.095'	51° 23.518'	B	20° 40.056'	51° 23.554'
	3	20° 40.096'	51° 23.631'	C	20° 40.056'	51° 23.584'
	4	20° 39.984'	51° 23.625'	D	20° 40.027'	51° 23.582'
5	1	20° 39.986'	51° 23.707'	A	20° 40.022'	51° 23.748'
	2	20° 40.091'	51° 23.704'	B	20° 40.050'	51° 23.748'
	3	20° 40.088'	51° 23.822'	C	20° 40.049'	51° 23.778'
	4	20° 39.985'	51° 23.818'	D	20° 40.022'	51° 23.778'
6	1	20° 40.169'	51° 23.716'	A	20° 40.206'	51° 23.755'
	2	20° 40.279'	51° 23.718'	B	20° 40.236'	51° 23.756'
	3	20° 40.276'	51° 23.826'	C	20° 40.235'	51° 23.784'
	4	20° 40.163'	51° 23.821'	D	20° 40.206'	51° 23.783'
7	1	20° 39.977'	51° 24.092'	A	20° 40.017'	51° 24.135'
	2	20° 40.085'	51° 24.093'	B	20° 40.044'	51° 24.135'
	3	20° 40.087'	51° 24.209'	C	20° 40.044'	51° 24.164'
	4	20° 39.981'	51° 24.203'	D	20° 40.017'	51° 24.164'

Fonte: Elaboração própria.

4.2.4 Instalação e condução da cultura do milho na área experimental

O experimento foi conduzido em área de sequeiro, com aproximadamente 90ha, durante o período de 17/12/2022 à 29/03/2023 (Figura 9). A distância entre cada tratamento foi de 200 metros, evitando assim o deslocamento significativo das plumas de feromônio de uma parcela para outra. O milho cultivado tanto nas parcelas experimentais e nos intervalos entre as parcelas foi com a tecnologia *Bt* VTPRO3 (Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Cry3Bb1), suscetível ao ataque da lagarta-do-cartucho. A área de isolamento, entre os tratamentos, foi cultivada com milho da mesma tecnologia *Bt* VTPRO3 (Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Cry3Bb1), recebendo o tratamento com inseticidas sintéticos para o manejo da *Spodoptera frugiperda*.

O híbrido de milho utilizado nos tratamentos foi o AG 1850 VTPRO3, semeado em 12/12/2022. A emergência da cultura foi registrada em 16/12/2022. O milho foi cultivado em sistema de plantio direto, semeado com espaçamento 0,5m entre linhas e densidade de 3 sementes por metro, perfazendo 60.000 sementes por hectare (ha).

No sulco de plantio foi realizada adubação na proporção de 200 kg/ha da formulação NPK 08-28-26. Foi realizada uma aplicação de Uréia, aplicada a lanço na proporção de 200 kg/ha quando a cultura atingiu o estágio de desenvolvimento V5.

4.2.5 Tratamentos e doses

A relação dos tratamentos e doses estão descritas na tabela abaixo.

Tabela 10 - Tratamentos e doses do feromônio de formulação em grânulos.
Itapura/SP. 2022/23

Tratamentos	Dose do ingrediente ativo por hectare	Dose do produto formulado por hectare
1. FAW Eco Granules 305	25 g	84 g
2. FAW Eco Granules 305	50 g	167 g
3. FAW Eco Granules 305	75 g	250 g
4. FAW Eco Granules 305	100 g	333 g
5. FAW Eco Granules 305	150 g	500 g
6. Pherogen Spray FAW (*)	130 g (*)	450mL (*)
7. Controle	--	--

* Foram realizadas 5 aplicações de 90 mL.ha⁻¹ cada, totalizando 450 mL.ha⁻¹ com intervalo de sete dias entre cada aplicação.

Fonte: Elaboração própria.

Para efeitos de comparação, o Tratamento 7 foi considerado padrão, pois trata-se do primeiro feromônio de formulação líquida (CS – Suspensão de encapsulado) registrado para o manejo da lagarta-do-cartucho via confusão sexual, com o nome comercial Pherogen® Spray FAW (acetato de (Z)-9-tetradecenila, 250 g do i.a.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 37,4 g do i.a.L⁻¹). Foram realizadas 5 aplicações com intervalo de 7 dias entre cada aplicação.

Para análises de proteção da cultura do milho contra o ataque da *Spodoptera frugiperda*, foi reservada uma área de 100m² distante em 200m dos demais tratamentos, onde não foi realizada nenhuma aplicação de inseticidas para o manejo de lagartas, sendo considerada como testemunha absoluta (sem aplicação do feromônio e sem aplicação de inseticidas) para análises de danos.

4.2.6 Metodologia de aplicação

Para os tratamentos a base do feromônio granulado, foi realizada uma única aplicação, em 17/12/2022, distribuindo-se os grânulos manualmente em faixas de 4m de largura, proporcionalmente a dose de cada tratamento (Figura 10).

Para os tratamentos a base do feromônio líquido (Pherogen® Spray FAW), foram realizadas cinco aplicações, com intervalo de sete dias entre cada aplicação, utilizando-se um pulverizador terrestre, equipado com 36 pontas XRVK 110 03, pressão de trabalho de 45 psi e volume de calda de 150L.ha⁻¹ (Figura 11).

Figura 10 – Metodologia de aplicação do feromônio granulado. Itapura/SP. 2022



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 11 - Dados climatológicos no momento da aplicação dos tratamentos T1 a T5. Itapura/SP. 2022.

Data	Temp. ar °C	U.R (%)	Velocidade do vento (km/h)	Direção vento	Nebulosidade	Aplicação		Estádio da cultura
						Início	Término	
17/12/2022	26,2	59,4	1,1	NE	Ensolarado	07:30	08:20	VE/V1

Fonte: Laboratório de Manejo integrado de Pragas – UNESP/FEIS.

4.2.7 Manejo da *Spodoptera frugiperda* na área do experimental

No tratamento 7 (Controle) realizou-se três aplicações do inseticida Lannate (metomil, 215 g do i.a.L⁻¹) na dose de 0,6 L.ha⁻¹, quando constatou-se 20% de plantas com notas de danos iguais ou superiores a 3 (Davis *et al.*, 1992) conforme recomendação (Tabela 1). As aplicações foram realizadas em 28/12/2022 (11 dias após a aplicação do feromônio granulado), 14/01/2023 (28 dias após a aplicação do

feromônio granulado) e 04/02/2023 (49 dias após a aplicação do feromônio granulado).

Os tratamentos a base de feromônio, todos receberam as mesmas aplicações dos inseticidas utilizadas para o manejo da *Spodoptera frugiperda* no tratamento 7 (Controle), aplicados nas mesmas datas e nas mesmas condições.

Figura 11 – Metodologia de aplicação com pulverizador terrestre. Itapura/SP. 2022.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 12 - Dados climatológicos no momento de cada aplicação do tratamento 6. Itapura/SP. 2022/23

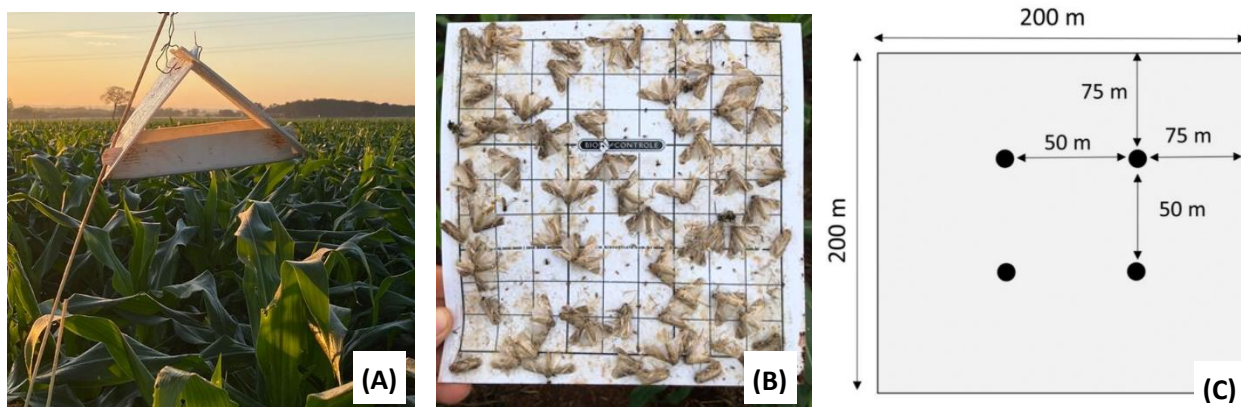
Data	Temp. ar ° C	U.R (%)	Velocidade do vento (km/h)	Direção vento	Nebulosidade	Aplicação		Estádio da cultura
						Início	Término	
17/12/2022	26,1	58,3	1,5	NE	Ensolarado	07:15	08:10	VE/V1
24/12/2022	27,3	58,1	1,3	N	Parcialmente Nublado	08:20	09:10	V3
31/12/2022	28	54,7	1,5	NE	Nublado	16:15	17:00	V4/V5
07/01/2023	26,5	60,1	2,5	SO	Ensolarado	07:00	07:45	V7/V8
14/01/2023	27,2	62,2	2,1	SO	Nublado	07:10	08:00	V10

Fonte: Elaboração própria.

4.2.8 Metodologia de avaliação

Para mensurar a eficiência do feromônio quanto a confusão sexual de machos adultos da *S. frugiperda*, foram instaladas quatro armadilhas tipo delta (contendo o atrativo sexual BioSpodoptera®) por tratamento, distanciadas em 50m entre si e 75m distantes das bordaduras (Figura 12).

Figura 12 – (A) Armadilha tipo delta, (B) Piso adesivo com machos de *Spodoptera frugiperda* capturados e (C) disposição espacial das armadilhas nos tratamentos avaliados. Itapura/SP. 2023



Fonte: Elaboração própria.

Após a instalação das armadilhas, que ocorreu em 16/12/2023, as iscas de feromônio de atração sexual para *S. frugiperda* BioSpodoptera® foram trocadas em intervalo de 21 dias até o término das avaliações. Os pisos adesivos das armadilhas foram trocados em todas as avaliações.

Para mensurar a confusão sexual, foram realizadas avaliações aos 0 (prévia), 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 28, 31, 35, 40 e 46 dias após aplicação dos tratamentos a base do feromônio granulado, contando-se o número de machos adultos de *Spodoptera frugiperda* capturados em armadilhas tipo delta contendo piso com cola, além do atrativo sexual.

Para analisar os efeitos do feromônio quanto a proteção das plantas de milho, foram realizadas avaliações de danos provocados por lagartas *S. frugiperda* aos 0 (prévia), 7, 14, 21, 28 e 35, atribuindo-se notas de danos foliares para 25 plantas por repetição, amostradas em sequência, utilizando-se a metodologia proposta por Davis *et al.* (1992), conforme descrito na Tabela 1.

Para mensurar a redução de produtividade em função dos danos provocados pela *Spodoptera frugiperda*, ao término do ciclo da cultura, em 29/03/2023, foi realizado a avaliação de produtividade de grãos da cultura, registrando-se o peso dos grãos colhidos manualmente e debulhados de quatro linhas de 10 metros cada por repetição (20m²) (Figura13). Para as análises a umidade dos grãos foi corrigida para 13%. A média da produtividade de cada tratamento foi estimada em kg.ha⁻¹.

Figura 13 – Metodologia de colheita para estimativa de produtividade por tratamento. Itapura/SP. 2023



Fonte: Elaboração própria.

Por se tratar de feromônio ainda em fase de registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aos 7, 14, 21, 28 e 35 após a aplicação dos tratamentos foi realizada a avaliação de fitotoxicidade aparente, atribuindo-se notas de acordo com a escala de Frans *et al.*, (1986) para 20 plantas por ponto amostral, que propõe notas de 0 a 100, conforme as seguintes caracterizações:

4.3 ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO

Durante todas avaliações foi reportado o estágio de desenvolvimento das plantas de milho, de acordo com a escala proposta por Ritchie e Hanway (1989).

4.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados de captura de mariposas da espécie *Spodoptera frugiperda* nas armadilhas de cada tratamento foram reportados em número médio de adultos por armadilha por noite. De acordo com Cruz (1995), os adultos da *S. frugiperda* possuem hábito noturno e são pouco ativos durante o dia, sua atividade se inicia no período

crepuscular, próximo ao pôr-do-sol, atingindo o pico de atividade duas a quatro horas depois, ocasião em que ocorre o acasalamento, dispersão e migração.

Para mensurar a eficácia da atividade do feromônio sobre a *S. frugiperda*, em cada avaliação de captura de mariposas, realizou-se a porcentagem de eficiência na redução de captura em relação ao tratamento Controle (sem aplicação de feromônio), utilizando-se a fórmula de Abbott (1925):

$$\%E = \frac{(\text{Nº de mariposas no tratamento controle} - \text{Nº de mariposas no tratamento observado}) \times 100}{\text{Nº de mariposas no tratamento controle}}$$

O sucesso da disrupção sexual depende da permanência da atividade do feromônio na área, medido pela porcentagem de redução de mariposas nas armadilhas. De acordo com Arioli (2013), para áreas de frutíferas, a partir da liberação de um feromônio de confusão sexual, a ausência de machos em armadilhas de captura é um indicativo da eficácia da técnica.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, comparando-se as médias pelo teste LSD - Fischer (5%) utilizando o sistema computacional de análise Sisvar (FERREIRA, 2011). Para remoção da heterocedasticidade dos dados, no processamento das análises, os dados originais foram transformados em raiz de $(X + 0,5)$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES LÍQUIDAS DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda*, NA CULTURA DO MILHO, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

5.1.1 Experimento I

Pelas análises da captura de mariposas nas armadilhas do tratamento Controle – sem aplicação de feromônio (Tabelas 13, 14 e 15), constatou-se no Tratamento 7 (Controle – Sem aplicação de feromônio) médias de captura variando de 0,2 mariposas por armadilha por noite (estádio de desenvolvimento do milho V12) a 19,3 mariposas por armadilha por noite (estádio de desenvolvimento do milho VT).

Avaliando-se a dinâmica de machos adultos da *Spodoptera frugiperda* capturados em armadilhas na cultura do milho em sete diferentes municípios, distribuídos em cinco estados brasileiros, Cruz *et al* (2010) relataram que os adultos da praga estavam presente em todas as áreas, praticamente durante todo o ciclo da cultura.

Correlacionado o estágio de desenvolvimento da cultura do milho com a média de captura de mariposas no tratamento 7 – sem aplicação de feromônio (Tabelas 13, 14 e 15), constatou-se a presença dos adultos durante todas as avaliações, corroborando com os resultados obtidos por Cruz *et al* (2010).

Ainda nas mesmas análises, verificou-se um aumento da captura de mariposas nas armadilhas do tratamento 7 (Controle – sem aplicação de feromônio) a partir o estágio VT de desenvolvimento da cultura (emissão do pendão – estrutura reprodutiva masculina na planta) até o estágio R1 de desenvolvimento.

Tabela 13 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 0 (prévia), 3, 6, 9, 12 e 14 dias após primeira aplicação (DA1ªA). Ilha Solteira/SP. 2020

Tratamentos	Dose, p.c./ha	Prévia V2/V3	3 DA1ªA		6 DA1ªA		9 DA1ªA		12 DA1ªA		14 DA1ªA	
			Milho: V3		Milho: V4		Milho: V5		Milho: V6		Milho: V6/V7	
			Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87mL	5,3 b	0,1 d	99	0,2 b	92	3,4 cd	81	5,1 c	59	3 ab	45
2. PR-001-2019-v8.1	174mL	8,5 b	0,2 d	97	0,4 b	79	1,8 d	90	8 abc	36	4 ab	27
3. PR-001-2019-v9.1	87mL	9,8 b	1,8 b	72	0,3 b	88	2,6 d	85	5,3 c	57	3,3 ab	41
4. PR-001-2019-v9.1	174mL	32,5 a	1,1 bc	83	0,4 b	79	7,8 b	56	8,8 abc	30	3,8 ab	32
5. JC001-042	87mL	8 b	1,5 b	76	0 b	100	5,8 bc	68	9,6 ab	23	1,8 b	68
6. JC001-042	174mL	7,8 b	0,3 cd	96	0 b	100	2,7 d	85	6,4 bc	49	3,3 ab	41
7. Controle	--	9,3 b	6,3 a	--	2 a	--	17,8 a	--	12,5 a	--	5,5 a	--
CV (%)	--	35,66	26,76		36,01		16,66		18,84		34,19	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Cruz *et al* (2010), considera-se que o ciclo biológico completo da *S. frugiperda* é de 30-40 dias. Nessa condição, índices de captura nas armadilhas podem ter aumentado a partir do pendoamento da cultura (Tabela 15), pois ocorrem simultaneamente a captura de insetos oriundos de áreas adjacentes (que estão chegando na área, mesmo que não seja atrativo para a prole), como da própria área, oriundos de indivíduos que já estão na área de estudo.

Tabela 14 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após segunda aplicação (DA2ªA). Ilha Solteira/SP. 2020

Tratamentos	Dose, p.c./ha	3 DA2ªA		6 DA2ªA		9 DA2ªA		12 DA2ªA		14 DA2ªA	
		Milho: V7/V8		Milho: V8		Milho: V9		Milho: V10		Milho: V10/V11	
		Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87mL	0,2 b	95	0,2 b	83	0,4 c	74	0,4 b	64	5 a	20
2. PR-001-2019-v8.1	174mL	0,1 b	98	0,3 b	75	0,5 c	68	0,3 b	79	3,6 abc	42
3. PR-001-2019-v9.1	87mL	0,2 b	95	0,2 b	83	0,6 bc	63	0,4 b	64	2,3 bc	64
4. PR-001-2019-v9.1	174mL	0,1 b	98	0,2 b	83	1,2 ab	26	0,7 ab	43	4,9 ab	22
5. JC001-042	87mL	0,1 b	98	0 b	100	0,5 bc	68	0,3 b	79	1,8 c	72
6. JC001-042	174mL	0,1 b	98	0 b	100	0,5 bc	68	1 a	14	5,1 ab	18
7. Controle	--	3,3 a	--	1 a	--	1,6 a	--	1,2 a	--	6,3 a	--
CV (%)	--	24,92		35,11		30,80		27,60		24,75	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Analisando a flutuação populacional de adulto de *S. frugiperda*, Fernandes *et al* (2017) constataram que o pico populacional de adultos capturados ocorreu aos 45 dias após a emergência da cultura. Nas análises da Tabela 13, 14 e 15, constatou-se que as duas maiores médias de captura de mariposas foram registradas aos 14 e 9 dias após a terceira aplicação, com média de 19,3 e 18,4 mariposas por armadilhas por noite, respectivamente, ocorrendo aos 49 e 44 dias após a emergência da cultura, respectivamente.

Pelas análises da Tabela 15, constatou-se que todos os tratamentos a base da aplicação de feromônio proporcionaram baixa eficiência na redução de captura de mariposas aos três dias após a terceira aplicação. Considerando que as análises da eficiência do feromônio são baseadas nos índices de captura de mariposas no tratamento sem a aplicação do feromônio, quando é registrado um número baixo de captura de mariposas no tratamento Controle (sem aplicação do feromônio), as análises de eficiência ficam comprometidas.

Tabela 15 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9 12 e 14 dias após terceira aplicação (DA3ªA). Ilha Solteira/SP. 2020

Tratamentos	Dose, p.c./ha	3 DA3ªA		6 DA3ªA		9 DA3ªA		12 DA3ªA		14 DA3ªA	
		Milho: V12		Milho: V13		Milho: VT		Milho: VT		Milho: R1	
		Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87mL	0,4 ab	0	4 bc	42	9,6 bc	48	8,9 a	0	10,3 bc	47
2. PR-001-2019-v8.1	174mL	0,7 a	0	4,1 bc	41	12,3 ab	33	5,7 ab	33	14,1 ab	27
3. PR-001-2019-v9.1	87mL	0,5 ab	0	0,3 d	96	9,8 bc	47	2,7 b	69	3,5 d	82
4. PR-001-2019-v9.1	174mL	0,2 ab	0	5,6 ab	19	6,3 c	66	8,1 a	5	19,5 a	0
5. JC001-042	87mL	0,2 ab	0	2,5 c	64	8,6 bc	53	2,6 b	70	6,3 cd	68
6. JC001-042	174mL	0,1 b	50	7,2 a	0	12,1 ab	34	7,9 a	7	15,9 ab	18
7. Controle	--	0,2 ab	--	6,9 a	--	18,4 a	--	8,5 a	--	19,3 a	--
CV (%)	--	38,03		17,52		19,41		22,82		21,09	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

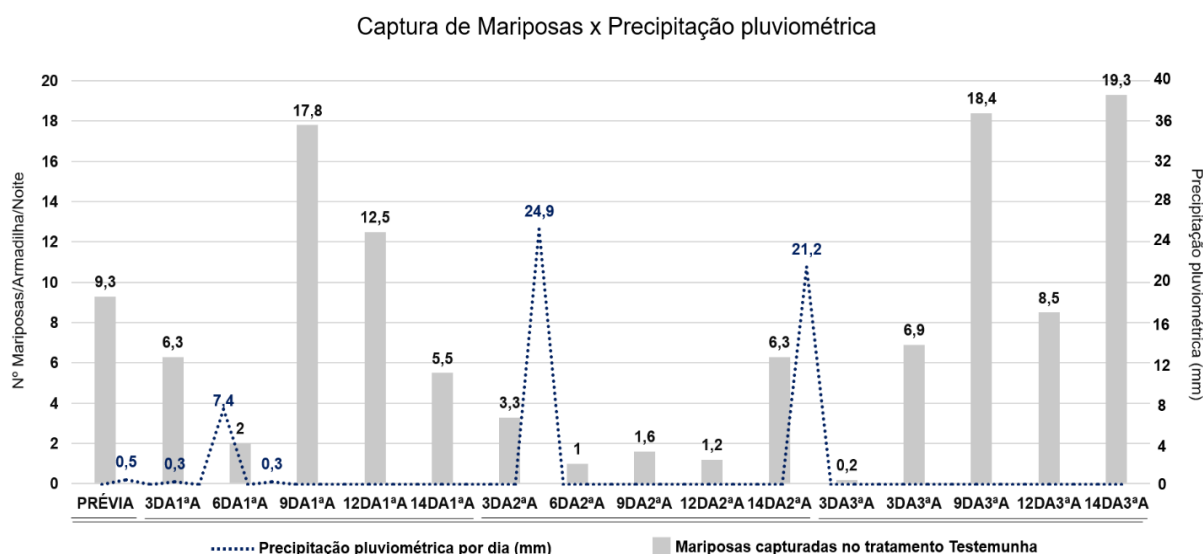
Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Sanders (1989), diversos fatores podem contribuir para o insucesso da técnica de confusão sexual, tais como a alta densidade populacional, ocorrência de ventos intensos, alta temperatura, imigração de fêmeas acasaladas de áreas não tratadas além também da ocorrência de fortes chuvas durante o período de avaliação.

Nas análises do número de mariposas capturadas no tratamento correlacionada com a precipitação pluviométrica por dia (Figura 14), constatou-se a redução de captura de mariposas após um período de chuvas. Entre as avaliações realizadas aos 14 dias após a segunda aplicação e 3 dias após a terceira aplicação registrou-se precipitação pluviométrica de 21,2mm na região do estudo, reduzindo por consequência o número de mariposas capturadas nas armadilhas de todos os tratamentos, inclusive no tratamento Controle (sem aplicação de feromônio).

Analizando a flutuação populacional de adultos de *S. frugiperda* na cultura do milho, Fernandes *et al* (2017) concluíram que um dos fatores que mais afeta dinâmica de adultos da praga é a precipitação pluviométrica.

Figura 14 – Precipitação pluviométrica em mm por dia e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliações do experimento. Ilha Solteira/SP. 2020



Fonte: Elaboração própria.

Nas análises da eficiência dos tratamentos na disrupção sexual mensurados pelas capturas de mariposas em armadilhas (Tabelas 13 e 14), constatou-se que todos os tratamentos a base da aplicação de feromônio, independente da dose, promoveram redução de captura de mariposas em comparação ao tratamento controle (sem aplicação de feromônio) durante as avaliações realizadas após a primeira e segunda aplicação.

Analisando a persistência da disrupção sexual de cada tratamento mensurada pelas armadilhas de captura de mariposas (Tabela 13), constatou-se aos 9 dias após a primeira aplicação que os melhores desempenhos foram proporcionados pelos tratamentos 1 (2019-v8.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 2 (2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), 3 (2019-v9.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹) e 6 (JC001-042 na dose de 174 mL.ha⁻¹), com porcentagem de redução de captura de 81%, 90%, 85% e 85%, respectivamente, diferindo-se do tratamento Controle pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Ainda nas análises da persistência da atividade cada tratamento mensurada pelas armadilhas de captura de mariposas (Tabela 14), constatou-se aos 9 dias após a segunda aplicação que os melhores desempenhos foram proporcionados pelos tratamentos 1 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), 3 (PR-001-2019-v9.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 5 (JC001-042 na dose de 87 mL.ha⁻¹) e 6 (JC001-042 na dose de 174 mL.ha⁻¹), com porcentagem de

redução de captura de 74%, 68%, 63%, 68% e 68%, respectivamente, diferindo-se do tratamento Controle pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Analisando os efeitos do mesmo feromônio para a disrupção sexual de *Spodoptera frugiperda* na cultura do algodão, Schirmer *et al.* (2023) concluíram que a eficácia do feromônio aplicado em condições de campo aberto foi alcançada e mantida próximo de 90% quando o produto foi utilizado com intervalo de 7 dias entre cada pulverização.

Nas análises da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas por período de aplicação (Tabela 16), constatou-se que não houve aumento da eficiência na redução de captura de mariposas em função do aumento da dose. Constatou-se ainda que as maiores médias gerais de redução de captura do experimento foram proporcionadas pelos tratamentos 3 (PR-001-2019-v9.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹) e 5 (JC001-042 na dose de 87 mL.ha⁻¹), com média da porcentagem de redução de captura de 71% e 67%, respectivamente.

Tabela 16 - Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio em cada intervalo de aplicação (3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação) e média geral da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas. Ilha Solteira/SP. 2020

Média das avaliações após cada aplicação (mariposas/noite)								
Tratamentos	mL.ha ⁻¹	1ª Aplicação		2ª Aplicação		3ª Aplicação		Média Geral
		Media	%E	Media	%E	Media	%E	
1. 2019-v8.1	87	2,4 b	73	1,2 b	54	6,6 b	38	55
2. 2019-v8.1	174	2,9 b	67	0,9 bc	65	7,4 b	31	54
3. 2019-v9.1	87	2,6 b	70	0,7 bc	73	3,3 c	69	71
4. 2019-v9.1	174	4,4 b	50	1,4 b	48	7,9 b	26	41
5. JC001-042	87	3,7 b	58	0,5 c	81	4 c	62	67
6. JC001-042	174	2,5 b	71	1,3 b	50	8,6 ab	19	47
7. Controle	--	8,8 a	--	2,7 a	--	10,7 a	--	--
CV (%)	--	22.03		16.37		12.54		

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Nas análises de danos foliares provocados pela lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* realizada aos 14 dias após terceira aplicação (Tabela 17), constatou-se que todos os tratamentos que constaram da aplicação de feromônio obtiveram médias de notas de danos (Davis *et al.*, 1992) inferiores a média registrada no tratamento Controle, com destaque para o tratamento 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹) que obteve a menor média (1,7), com 22% de plantas com notas iguais ou superior a três, enquanto que no tratamento Controle (sem aplicação de feromônio) registrou-se 73% de plantas com notas iguais ou superior a 3.

Tabela 17 – Média das notas danos de *Spodoptera frugiperda* (Davis *et al.*, 1992), porcentagem de eficiência na redução de danos em 80 plantas por tratamento e porcentagem de plantas com notas iguais ou superior a 3 aos 14 dias após a terceira aplicação. Ilha Solteira/SP. 2020

Análise de danos em plantas de milho – 14 dias após a terceira aplicação				
Tratamentos	mL.ha ⁻¹	Média	%E	% de plantas com notas iguais ou superiores a 3
1. PR-001-2019-v8.1	87	2,2 bc	42	37
2. PR-001-2019-v8.1	174	1,7 c	54	22
3. PR-001-2019-v9.1	87	2,1 bc	45	39
4. PR-001-2019-v9.1	174	2,3 b	37	43
5. JC001-042	87	2,2 bc	41	36
6. JC001-042	174	2,2 bc	42	37
7. Controle	--	3,7 a	--	73
CV (%)	--	6,61		

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Pelas análises da Tabela 18, não foram constatados quaisquer sintomas de fitotoxicidade nas plantas tratadas durante as avaliações realizadas aos sete dias após a primeira, segunda e terceira aplicação.

Tabela 18 - Análise de fitotoxicidade do feromônio acetato de acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L⁻¹ aplicado na cultura do milho. Média de notas de fitotoxicidade de 80 plantas por tratamento aos 7 dias após primeira, segunda e terceira aplicação. Ilha Solteira/SP. 2020

Análise da fitotoxicidade (%) – Frans <i>et al.</i> (1986)				
Tratamentos	mL.ha ⁻¹	7 DA1ªA	7 DA2ªA	7 DA3ªA
		Média (*)	Média	Média
1. PR-001-2019-v8.1	87	0	0	0
2. PR-001-2019-v8.1	174	0	0	0
3. PR-001-2019-v9.1	87	0	0	0
4. PR-001-2019-v9.1	174	0	0	0
5. JC001-042	87	0	0	0
6. JC001-042	174	0	0	0
7. Controle	--	--	--	--
CV (%)	--	0	0	0

(*) 0 - Nenhuma; 10 - Leve descoloração; 20 - Descoloração; 30 - Descoloração pronunciada com rápida recuperação; 40 - Descoloração pronunciada com recuperação; 50 - Descoloração pronunciada com recuperação lenta; 60 - Não recuperável; 70 - Grandes perdas na densidade; 80 - Plantas quase destruídas; 90 - Sobrevivem poucas plantas; 100 - Morte total da cultura.

Fonte: Elaboração própria.

5.1.2 Experimento II

Pelas análises da captura de mariposas nas armadilhas do tratamento Controle – sem aplicação de feromônio (Tabelas 19, 20 e 21), constatou-se médias de captura variando de 2,8 a 27,8 mariposas por armadilha por noite durante o período de avaliações do experimento.

Analisado a dinâmica de mariposas de *Spodoptera frugiperda*, Cruz *et al* (2010) concluíram que do total de mariposas capturadas durante o ciclo da cultura do milho, 49,5% dos insetos foram capturados entre a emergência da plântula e 30 dias após.

Os resultados obtidos neste trabalho (Tabelas 19, 20 e 21) divergiram dos resultados obtidos por Cruz *et al.* (2010), pois verificou-se que a dinâmica de captura de mariposas foi irregular durante todo o período vegetativo da cultura, com os dois principais picos populacionais de mariposas registrados aos 14 dias após a terceira aplicação e (27,8 mariposas por armadilha por noite) e aos 3 dias após a primeira aplicação (22,7 mariposas por armadilhas por noite).

O aumento do número de mariposas capturadas aos 14 dias após a terceira aplicação (Tabela 21) pode ocorrer pela captura, simultaneamente, de insetos oriundos de áreas adjacentes (que estão chegando na área, mesmo que não seja atrativo para a prole), como da própria área, oriundos de indivíduos que já estão na área de estudo.

Analisando a eficiência das três formulações de suspensão de encapsulados após a primeira aplicação (Tabela 19), constatou-se que os melhores desempenhos foram proporcionados pelos tratamentos 1 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), 4 (PR-001-2019-v9.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹) e 6 (JC001-042 na dose de 174 mL.ha⁻¹) que obtiveram eficiência na redução de captura de mariposas superior a 84% aos 6 dias após a primeira aplicação, com destaque para o tratamento 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), que alcançou 82% de eficiência na redução de captura de mariposas aos 12 dias após a primeira aplicação.

Tabela 19 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 0 (prévia), 3, 6, 9, 12 e 14 dias após primeira aplicação (DA1ªA). Selvíria/MS. 2020

Tratamentos	Dose, p.c./ha	Prévia	3 DA1ªA		6 DA1ªA		9 DA1ªA		12 DA1ªA		14 DA1ªA	
		V2/V3	Milho: V3/V4	%E	Milho: V4/V5	%E	Milho: V5	%E	Milho: V5/V6	%E	Milho: V6	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87mL	30,5 a	0,4 b	98	1,3 c	85	3,4 bc	0	4,2 abc	32	4,9 ab	15
2. PR-001-2019-v8.1	174mL	7,3 c	0,2 b	99	0,5 d	95	0,8 e	70	1,1 e	82	3,3 b	43
3. PR-001-2019-v9.1	87mL	20,8 ab	0,3 b	99	3,1 b	66	5,6 ab	0	6,9 a	0	4,5 ab	22
4. PR-001-2019-v9.1	174mL	6,5 c	0 b	100	0,3 d	96	1,2 de	58	2,8 cde	55	3,5 b	39
5. JC001-042	87mL	4,8 c	0,3 b	99	3,1 b	66	6,5 a	0	3,8 bd	37	3,9 ab	33
6. JC001-042	174mL	10,3 bc	0 b	100	0,6 cd	94	2,4 cd	12	1,8 de	70	3,8 ab	35
7. Controle	--	7,5 bc	22,7 a	--	9,2 a	--	2,8 cd	--	6,1 ab	--	5,8 a	--
CV (%)	--	23,7	22,45		20,33		23,7		22,9		16,24	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Pelas análises da eficiência das três formulações de suspensão de encapsulados após a segunda aplicação (Tabela 20), constatou-se que todos os tratamentos a base da aplicação e feromônio proporcionaram eficiência na redução

de mariposas superior a 90% aos 6 dias após a segunda aplicação, com destaque para os tratamentos 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹) e 4 (PR-001-2019-v9.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), que alcançaram eficiência na redução de captura de mariposas superior a 80% até 14 dias após a segunda aplicação.

Tabela 20 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após segunda aplicação (DA2^aA). Selvíria/MS. 2020

Tratamentos	Dose, p.c./ha	3 DA2 ^a A		6 DA2 ^a A		9 DA2 ^a A		12 DA2 ^a A		14 DA2 ^a A	
		Milho: V7		Milho: V8		Milho: V8/V9		Milho: V9		Milho: V9/V10	
		Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87mL	0 c	100	0,3 bc	93	2,4 bc	77	3,8 bcd	54	1,1 b	85
2. PR-001-2019-v8.1	174mL	0 c	100	0 c	100	0,1 e	99	1,4 cd	83	0,9 b	88
3. PR-001-2019-v9.1	87mL	0,1 c	97	0,4 b	92	3,2 b	70	4,7 ab	44	2,6 b	64
4. PR-001-2019-v9.1	174mL	0 c	100	0,2 bc	97	1,3 cd	87	1 d	88	0,9 b	88
5. JC001-042	87mL	0,5 b	83	0,1 bc	98	2,8 bc	74	4 abc	52	1,1 b	85
6. JC001-042	174mL	0 c	100	0,2 bc	97	0,5 de	95	1,9 bcd	77	2,1 b	71
7. Controle	--	3 a	--	4,9 a	--	10,6 a	--	8,3 a	--	7,4 a	--
CV (%)	--	22,04		25,29		26,64		34,69		35,76	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Nas análises da eficiência das três formulações de suspensão de encapsulados após a terceira aplicação (Tabela 21), constatou-se que todos os tratamentos a base da aplicação de feromônio proporcionaram redução de captura de mariposas superior a 90% aos 9 dias após a segunda aplicação, com destaque para os tratamentos 1 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), 4 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹) e 6 (JC001-042 na dose de 174 mL.ha⁻¹), que alcançaram eficiência na redução de captura de mariposas superior a 80% até 12 dias após a terceira aplicação.

Tabela 21 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 3, 6, 9 12 e 14 dias após terceira aplicação (DA3^aA). Selvíria/MS. 2020

Tratamentos	Dose, p.c./ha	3 DA3 ^a A		6 DA3 ^a A		9 DA3 ^a A		12 DA3 ^a A		14 DA3 ^a A	
		Milho: V9/V10		Milho: V9/V10		Milho: V9/V10		Milho: V10		Milho: V10	
		Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87mL	0,7 b	79	0 b	100	0,3 b	97	0,9 cd	86	7,1 bc	74
2. PR-001-2019-v8.1	174mL	0 c	100	0 b	100	0,3 bc	98	1,3 cd	81	3,1 c	89
3. PR-001-2019-v9.1	87mL	1,3 b	61	0,2 b	94	0,4 b	96	2,2 bc	67	16,4 ab	41
4. PR-001-2019-v9.1	174mL	0,2 c	95	0 b	100	0 c	100	0,3 d	96	2,5 c	91
5. JC001-042	87mL	0,2 c	95	0,2 b	94	0,4 b	96	3,5 b	46	8,5 bc	69
6. JC001-042	174mL	0,2 c	95	0 b	100	0,2 bc	99	1,1 cd	83	3,3 c	88
7. Controle	--	3,2 a	--	2,8 a	--	11,4 a	--	6,5 a	--	27,8 a	--
CV (%)	--	26,96		18,91		16,20		31,05		35,75	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

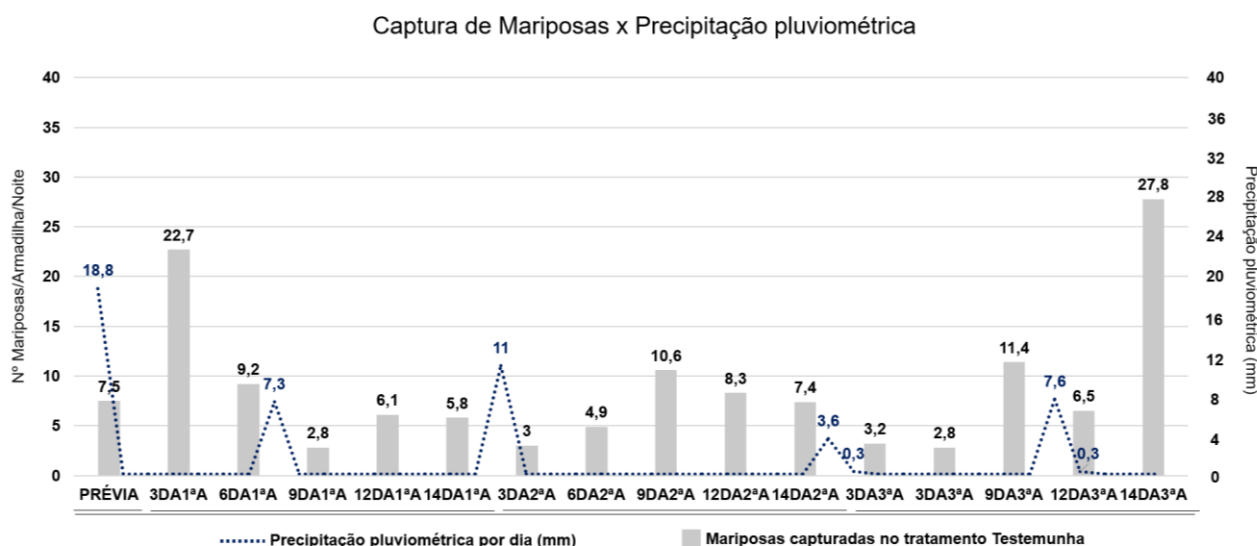
Fonte: Elaboração própria.

No primeiro trabalho sobre o uso do controle comportamental por interrupção de acasalamento da *S. frugiperda* em algodão convencional e *Bt*, utilizando-se 13 pulverizações do mesmo feromônio utilizado neste estudo, com intervalo de 7 dias entre cada aplicação, Schirmer *et al.* (2023) relataram o potencial do feromônio sintético em grandes cultivos, onde a captura de machos foi efetivamente reduzida com a supressão mediana estimada em 85%, representando um marco importante para o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis de controle de pragas.

De acordo com Sanders (1989), a ocorrência de chuvas é um dos fatores que podem interferir na eficiência da disrupção, podendo por consequência interferir nos resultados da pesquisa. Fernandes *et al.* (2017) relataram também que períodos de chuvas intensas podem interferir na dinâmica da *Spodoptera frugiperda*.

Nas análises da precipitação pluviométrica e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliação do estudo (Figura 15), constatou-se um volume baixo de chuvas, resultam em uma baixa interferência nos resultados obtidos neste estudo.

Figura 15 – Precipitação pluviométrica em mm por dia e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliações do experimento. Selvíria/MS. 2020



Fonte: Elaboração própria.

Nas análises da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas por período de aplicação (Tabela 22), constatou-se que as três formulações avaliadas, nas duas doses testadas, proporcionaram médias gerais de redução de

captura de 76% (Tratamento 1 - PR-001-2019-v8.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 91% (Tratamento 2 - PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), 61% (Tratamento 3 - 2019-v9.1 a 87 mL.ha⁻¹), 89% (Tratamento 4 - PR-001-2019-v9.1 a 174 mL.ha⁻¹), 71% (Tratamento 5 - JC001-042 a 87 mL.ha⁻¹) e 86% (Tratamento 6 - JC001-042 a 174 mL.ha⁻¹).

Nas análises da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas (Tabela 22), constatou-se que a melhor formulação de suspensão de encapsulados para a disrupção sexual foi a PR-001-2019-v8.1, proporcionando nas doses de 87 mL.ha⁻¹ e 174 mL.ha⁻¹, em três aplicações com intervalo de 14 dias entre cada aplicação, médias gerais de redução de captura de 76% e 91%, respectivamente, seguido das formulações JC001-042, que proporcionaram médias gerais de redução de captura de 71% e 86%, nas doses de 87 mL.ha⁻¹ e 174 mL.ha⁻¹, respectivamente, e da formulação PR-001-2019-v9.1, que proporcionaram médias gerais de redução de captura de 61% e 89%, nas doses de 87 mL.ha⁻¹ e 174 mL.ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 22 - Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio em cada intervalo de aplicação (3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação) e média geral da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas. Selvíria/MS. 2020

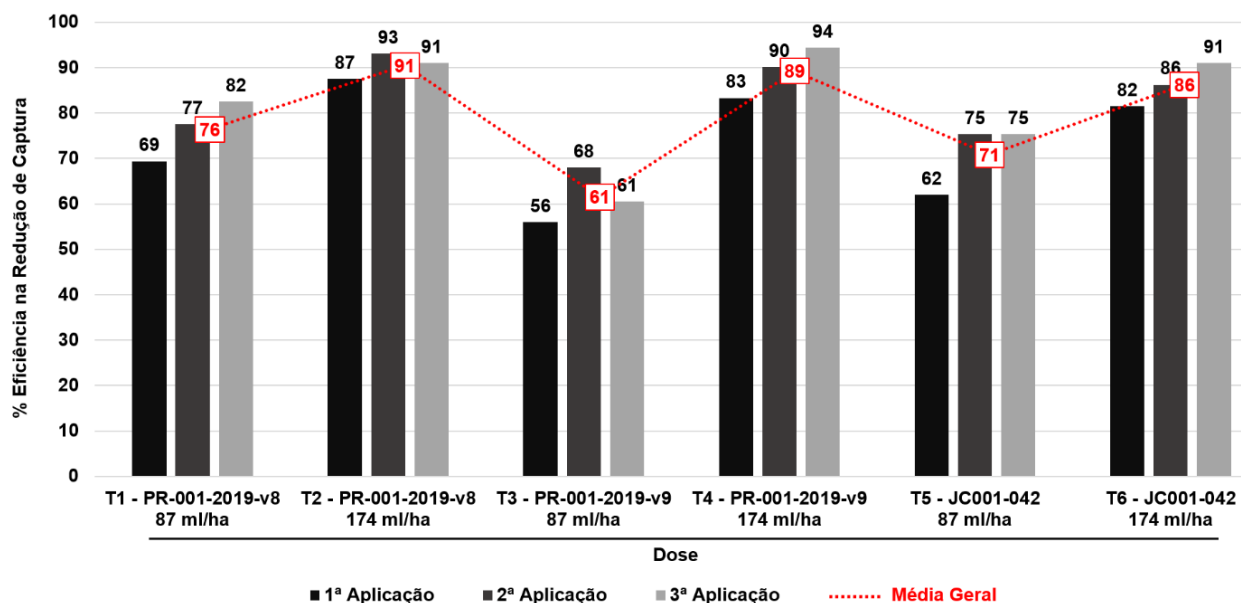
Média das avaliações após cada aplicação (mariposas/noite)								
Tratamentos	mL.ha ⁻¹	1ª Aplicação		2ª Aplicação		3ª Aplicação		Média Geral
		Medida	%E	Medida	%E	Medida	%E	%E
1. PR-001-2019-v8.1	87	2,8 c	69	1,5 bc	77	1,8 cd	82	76
2. PR-001-2019-v8.1	174	1,2 d	87	0,5 d	93	0,9 de	91	91
3. PR-001-2019-v9.1	87	4,1 b	56	2,2 b	68	4,1 b	61	61
4. PR-001-2019-v9.1	174	1,6 d	83	0,7 d	90	0,6 e	94	89
5. JC001-042	87	3,5 bc	62	1,7 b	75	2,6 bc	75	71
6. JC001-042	174	1,7 d	82	0,9 cd	86	0,9 de	91	86
7. Controle	--	9,3 a	--	6,8 a	--	10,3 a	--	--
CV (%)	--	10,08		20,08		21,97		

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise da porcentagem de redução de captura de mariposas por período de avaliação (Figura 16), constatou-se o aumento numérico da eficiência do feromônio em função do aumento de doses nas três formulações de suspensão de encapsulados avaliadas.

Figura 16 – Porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas de *S. frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio por intervalo de aplicação (3, 6, 9, 12 e 14 dias após cada aplicação) e média geral da porcentagem de eficiência na redução de captura de mariposas. Selvíria/MS. 2020.



Fonte: Elaboração própria.

Ainda nas análises da Figura 16, verificou-se que em todos os tratamentos a base da aplicação de feromônio ocorreu um aumento da eficiência da redução de capturas nas avaliações realizadas após a segunda aplicação em relação as avaliações realizadas após a primeira aplicação. Constatou-se ainda que para os tratamentos 1 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 87 mL.ha⁻¹), 4 (PR-001-2019-v9.1 a 174 mL.ha⁻¹) e 6 (JC001-042 a 174 mL.ha⁻¹), ocorreu o aumento da eficiência durante as avaliações realizadas após a terceira aplicação em relação as avaliações realizadas após a segunda aplicação.

O aumento da eficiência pode ser justificado pela superfície foliar da cultura do milho no momento de cada aplicação. Nas análises da Figura 17 é possível verificar que durante a primeira aplicação uma quantidade significativa do feromônio pulverizado é depositada sobre o solo em relação as folhas e material vegetal.

Figura 17 – Desenvolvimento da cultura do milho próximo à primeira, segunda e terceira pulverização das formulações de suspensão de encapsulados de feromônio. Selvíria/MS. 2023



Fonte: Elaboração própria.

Pelas análises de danos foliares provocados pela lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, realizada aos 14 dias após terceira aplicação (Tabela 23), constatou-se que o todos os tratamentos que constaram da aplicação de feromônio obtiveram médias de notas inferiores a média registrada no tratamento Controle (Sem aplicação de feromônio), com destaque para os tratamentos 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174 mL.ha⁻¹), 4 (PR-001-2019-v9.1 a 174 mL.ha⁻¹) e 6 (JC001-042 a 174 mL.ha⁻¹) que obtiveram média de danos de 0,3, 0,8 e 0,8, respectivamente.

Tabela 23 – Média das notas danos de *Spodoptera frugiperda*, porcentagem de eficiência na redução de danos em 80 plantas por tratamento e porcentagem de plantas com notas iguais ou superior a 3 aos 14 dias após a terceira aplicação.

Selvília/MS. 2020

Análise de danos em plantas de milho – 14 dias após a terceira aplicação				
Tratamentos	mL.ha ⁻¹	Média	%E	% de plantas com notas iguais ou superiores a 3
1. 2019-v8.1	87	0,9 c	68	18
2. 2019-v8.1	174	0,3 d	88	7
3. 2019-v9.1	87	1,4 b	48	32
4. 2019-v9.1	174	0,8 c	69	22
5. JC001-042	87	1 bc	62	22
6. JC001-042	174	0,8 c	70	10
7. Controle	--	2,7 a		71
CV (%)	--	10,65		

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Ainda nas análises de danos foliares provocados pela lagarta-do-cartucho (Tabela 23), constatou-se que o tratamento 2 (PR-001-2019-v8.1 na dose de 174

mL.ha⁻¹) foi o único que obteve porcentagem de plantas com notas iguais ou superior a três (Davis *et al.*, 1992) abaixo de 20%, com apenas 7%, enquanto que no tratamento Controle (sem aplicação de feromônio) registrou-se 71% de plantas com notas iguais ou superior a 3.

Pelas análises da Tabela 24, não foram constatados quaisquer sintomas de fitotoxicidade nas plantas que receberam a aplicação do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L⁻¹ durante as avaliações realizadas aos sete dias após a primeira, segunda e terceira aplicação.

Tabela 24 - Análise de fitotoxicidade do feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L⁻¹ aplicado na cultura do milho. Média de notas de fitotoxicidade de 80 plantas por tratamento aos 7 dias após a primeira, segunda e terceira aplicação. Selvíria/MS. 2020

Tratamentos	Análise da fitotoxicidade (%) – Frans <i>et al.</i> (1986)			
	mL.ha ⁻¹	7 DA1 ^a A Média (*)	7 DA2 ^a A Média	7 DA3 ^a A Média
1. 2019-v8.1	87	0	0	0
2. 2019-v8.1	174	0	0	0
3. 2019-v9.1	87	0	0	0
4. 2019-v9.1	174	0	0	0
5. JC001-042	87	0	0	0
6. JC001-042	174	0	0	0
7. Controle	--	--	--	--
CV (%)	--	0	0	0

(*) 0 - Nenhuma; 10 - Leve descoloração; 20 - Descoloração; 30 - Descoloração pronunciada com rápida recuperação; 40 - Descoloração pronunciada com recuperação; 50 - Descoloração pronunciada com recuperação lenta; 60 - Não recuperável; 70 - Grandes perdas na densidade; 80 - Plantas quase destruídas; 90 - Sobrevivem poucas plantas; 100 - Morte total da cultura.

Fonte: Elaboração própria.

5.1.3 Conclusões

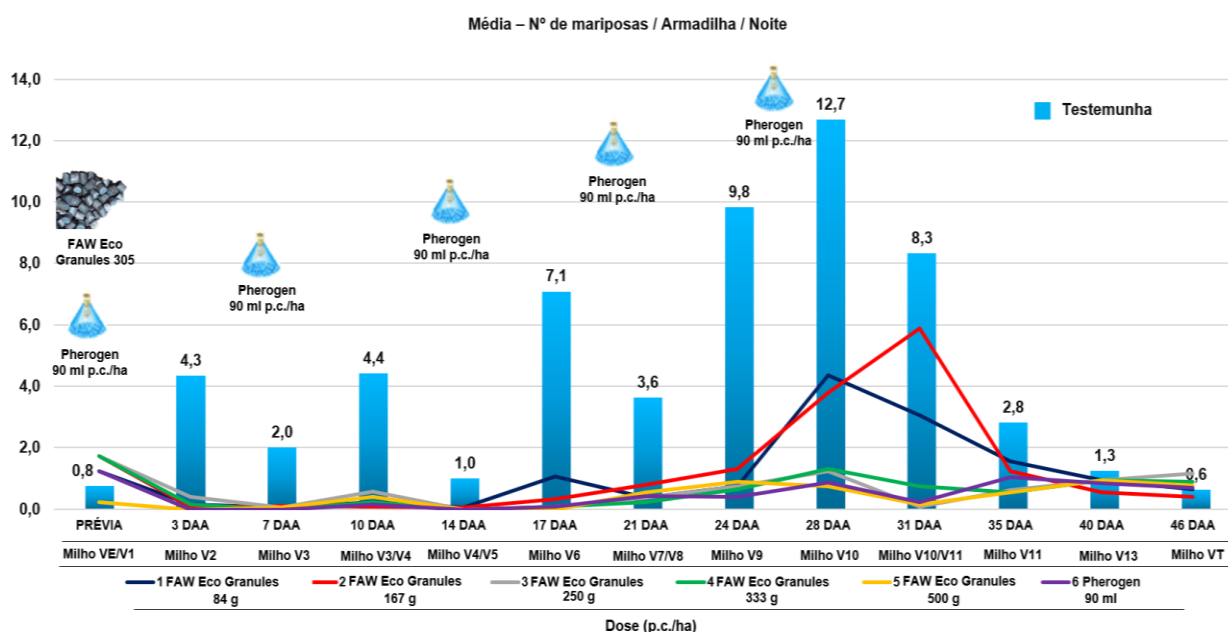
O feromônio acetato de (Z)-9-tetradecenila 250 g.L⁻¹ + acetato de (Z)-11-hexadecenila 37,4 g.L⁻¹, aplicado via pulverização foliar, nas três formulações de suspensão de encapsulados e nas duas doses avaliadas foram eficazes para a confusão sexual da *Spodoptera frugiperda* em cultivos comerciais de milho, reduzindo os danos causados pelas lagartas em plantas de milho até 14 dias após terceira aplicação.

O melhor desempenho na interrupção sexual da *Spodoptera frugiperda* e na proteção das plantas de milho contra o ataque da praga foi proporcionado pela formulação PR-001-2019-v8.1, onde a persistência na confusão sexual foi de até 9 dias após a aplicação.

5.2 EFEITO DA APLICAÇÃO DE FORMULAÇÃO GRANULADA DO FEROMÔNIO DE DISRUPÇÃO SEXUAL (FAW Eco Granules 305) NO MANEJO DA LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda*, EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

Nas análises da captura de mariposas nas armadilhas do tratamento Controle – sem aplicação de feromônio (Figura 18), constatou-se médias variando de 0,6 mariposas por armadilha por noite (estádio de desenvolvimento do milho VT) a 12,7 mariposas por armadilha por noite (estádio de desenvolvimento do milho V10) durante o período de avaliações do experimento.

Figura 18 – Atividade do feromônio FAW Eco Granules 305 na disrupção sexual de adultos da *Spodoptera frugiperda*, em milho. Média de mariposas capturadas nas armadilhas (mariposa/armadilha/noite) por tratamento aos 0 (prévia), 3, 7, 10, 14 e 17, 21, 24, 28, 31, 35, 40 e 46 dias após aplicação (DAA). Itapura/SP. 2022/23

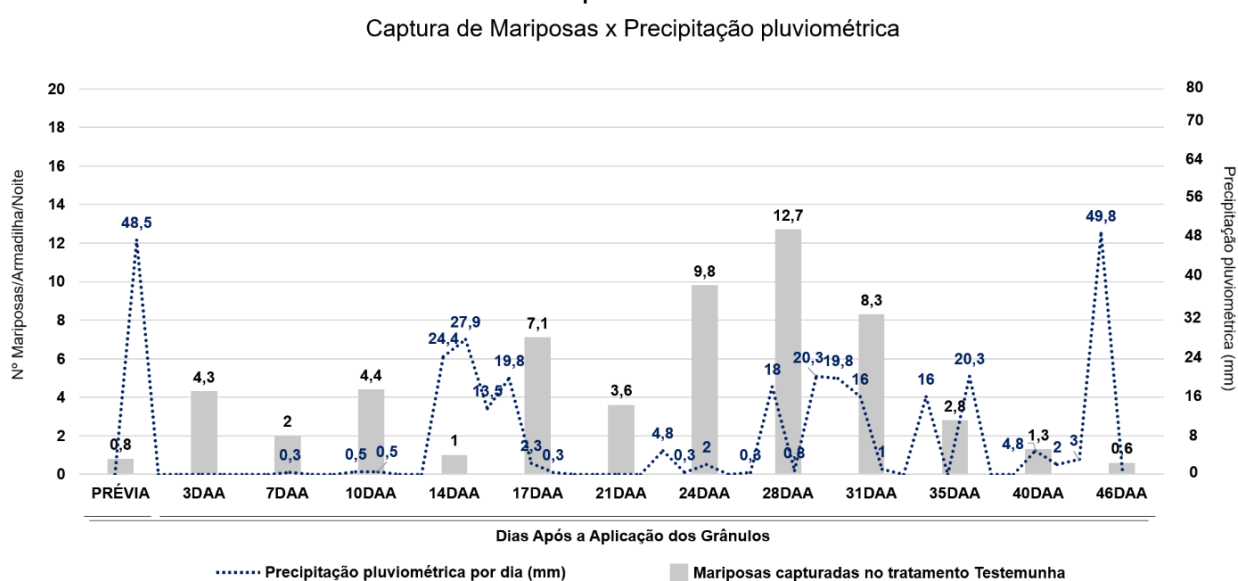


Fonte: Elaboração própria.

Avaliando o desempenho de armadilhas de feromônios sintético para monitoramento da *S. frugiperda*, Mello (2004) constatou que a curva populacional da praga, baseada no número médio de adultos capturados, apresentou um pico populacional entre 30 e 60 dias após a emergência da cultura. Neste estudo, constatou-se que o pico populacional de adultos da *S. frugiperda* ocorreu aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (29 dias após a emergência da cultura)

Nas análises da precipitação pluviométrica e captura de mariposas *S. frugiperda* (Figura 19), constatou-se que a ocorrência de adultos capturados nas armadilhas de feromônio do tratamento Controle (Sem aplicação do feromônio) durante todo o período de avaliações, desde a emergência da cultura (estádio de desenvolvimento VE) até a emissão do pendão (estádio de desenvolvimento VT), com reduções do número médio de captura após um período de chuvas. De acordo com Fernandes *et al.* (2017), mariposas da espécie *S. frugiperda*, em condições naturais, ocorrem durante todo o desenvolvimento cultura do milho, sendo que a flutuação populacional é mais afetada pela temperatura e precipitação pluviométrica.

Figura 19 – Precipitação pluviométrica em mm por dia e número de mariposas capturadas no tratamento Controle durante o período de avaliações do experimento. Itapura/SP



Fonte: Elaboração própria.

Pelas análises do número de mariposas machos de *S. frugiperda* capturadas em armadilhas (Tabelas 25 e 26), constatou-se que os tratamentos 1 (FAW Eco Granules na dose de 84g do p.c./ha), 2 (FAW Eco Granules na dose de 167g do p.c.ha⁻¹), 3 (FAW Eco Granules na dose de 250g do p.c.ha⁻¹), 4 (FAW Eco Granules na dose de 333g do p.c.ha⁻¹) e 5 (FAW Eco Granules na dose de 500g do p.c.ha⁻¹), proporcionaram redução de captura de mariposas em armadilhas superior a 80% até 24 dias após a aplicação dos grânulos, com destaque para os tratamentos 3, 4 e 5 (FAW Eco Granules nas doses de 250g, 333g e 500g do p.c.ha⁻¹, respectivamente)

que alcançaram redução de captura de mariposas igual ou superior a 80% até 35 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 25 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 0 (prévia), 3, 7, 10, 14 e 17 dias após aplicação (DAA). Itapura/SP. 2022/23

Tratamentos	Dose, g p.c.ha ⁻¹	Prévia	3 DAA		7 DAA		10 DAA		14 DAA		17 DAA	
		VE/V1	V2		V3		V3/V4		V6		V7/V8	
		Média	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. FAW Eco Granules	84 g	1,3 a	0,2 b	96	0,1 b	97	0,3 b	94	0,1 b	94	1,1 b	85
2. FAW Eco Granules	167 g	1,8 a	0,1 b	98	0,1 b	94	0,1 b	98	0,1 b	94	0,3 bc	95
3. FAW Eco Granules	250 g	1,8 a	0,4 b	90	0,1 b	97	0,6 b	87	0 b	100	0,1 c	99
4. FAW Eco Granules	333 g	1,8 a	0,2 b	96	0 b	100	0,3 b	94	0 b	100	0,1 c	99
5. FAW Eco Granules	500 g	0,3 a	0 b	100	0,1 b	97	0,4 b	91	0 b	100	0 c	100
6. Pherogen Sray FAW (*)	90 mL	1,3 a	0 b	100	0 b	100	0,2 b	96	0 b	100	0,1 c	99
7. Controle	--	0,8 a	4,3 a	--	2 a	--	4,4 a	--	1 a	--	7,1 a	--
C.V. (%)	--	41,47	33,74		23,92		40,60		61,40		36,72	

* Cinco aplicações via pulverização foliar (0, 7, 14, 21 e 28 DAA).

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 26 – Média do número de mariposas de *Spodoptera frugiperda* capturadas nas armadilhas de feromônio sexual (mariposa/armadilha/noite) e porcentagem de eficiência na redução de captura (%E) aos 21, 24, 28, 31, 35, 40, 46 dias após aplicação (DAA). Itapura, SP. 2022/23

Tratamentos	Dose, g p.c.ha ⁻¹	21 DAA		24 DAA		28 DAA		31 DAA		35 DAA		40 DAA		46 DAA	
		V7/V8		V9		V10		V10/V11		V11		V13		VT	
		Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E	Média	%E
1. FAW Eco Granules 305	84 g	0,4 b	90	0,8 b	92	4,4 b	66	3,1 b	63	1,6 b	45	1 a	25	0,7 ab	0
2. FAW Eco Granules 305	167 g	0,8 b	78	1,3 b	86	3,8 b	70	5,9 a	29	1,3 b	56	0,6 a	56	0,4 b	34
3. FAW Eco Granules 305	250 g	0,4 b	90	0,8 b	92	1,3 c	90	0,1 c	99	0,5 b	82	1 a	25	1,2 a	0
4. FAW Eco Granules 305	333 g	0,3 b	93	0,7 b	93	1,3 c	90	0,8 c	91	0,6 b	80	1 a	25	0,9 ab	0
5. FAW Eco Granules 305	500 g	0,6 b	84	0,9 b	91	0,8 c	94	0,2 c	98	0,6 b	80	1 a	25	0,8 ab	0
6. Pherogen Sray FAW (*)	90 mL	0,4 b	88	0,4 b	96	0,9 c	93	0,3 c	97	1,1 b	62	0,9 a	33	0,7 ab	0
7. Controle	--	3,6 a	--	9,8 a	--	12,7 a	--	8,3 a	--	2,8 a	--	1,3 a	--	0,6 ab	--
C.V. (%)	--	38,80		30,46		21,97		34,04		31,89		28,01		31,72	

* Cinco aplicações via pulverização foliar (0, 7, 14, 21 e 28 DAA).

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

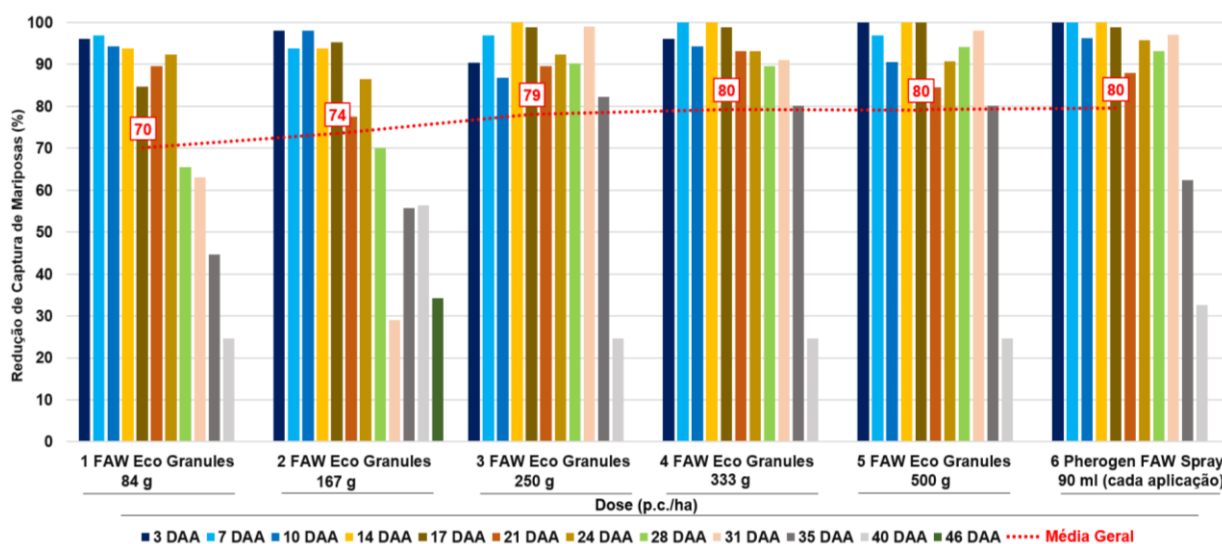
Fonte: Elaboração própria.

No primeiro trabalho sobre o uso do controle comportamental por interrupção de acasalamento da *S. frugiperda* na cultura do algodão Schirmer *et al.* (2023) concluíram que a eficácia do feromônio Pherogen Spray FAW® na dose de 90mL.ha⁻¹, em 13 pulverizações, com intervalo de 7 dias, aplicado em condições de campo aberto, promoveu redução de mariposas capturadas em armadilhas próximo de 90%, proporcionando resultados semelhantes quando comparado com as 5 aplicações do mesmo feromônio (Pherogen Spray FAW® na dose de 90mL.ha⁻¹) que obteve porcentagens de redução de captura oscilando entre 88% e 100% até 3 dias após a quinta aplicação.

Nas análises da porcentagem de redução de captura de mariposas (Figura 20), constatou-se que os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5 proporcionam médias gerais na porcentagem de redução de captura de mariposas de 70%, 74%, 79%, 80% e 80%, respectivamente.

Ainda nas análises da porcentagem de redução de captura de mariposas (Figura 20), constatou-se que para os tratamentos 3, 4 e 5 (FAW Eco Granules nas doses de 250g, 333g e 500g do p.c.ha⁻¹, respectivamente) não foi registrado redução de capturas inferiores a 80% até 35 dias após a aplicação do feromônio, demonstrando a liberação controlada do feromônio no decorrer do período de avaliações.

Figura 20 – Porcentagem de redução de captura de mariposas de *Spodoptera frugiperda* por tratamento aos 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 28, 31, 35, 40 e 46 dias após a aplicação dos grânulos (DAA). Itapura/SP. 2022/23



Fonte: Elaboração própria.

Nas análises da porcentagem de plantas com notas (Davis *et al.*, 1992) iguais ou superiores a 3 (Tabela 27), constatou-se que os tratamentos 3 (FAW Eco Granules 305 na dose de 250g do p.c.ha⁻¹), 4 (FAW Eco Granules 305 na dose de 333g do p.c.ha⁻¹) e 5 (FAW Eco Granules 305 na dose de 500g do p.c.ha⁻¹) obtiveram médias inferiores ao tratamento Controle (sem aplicação de feromônio) durante as avaliações realizadas aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos, proporcionando desempenho semelhantes aos tratamento 6 (Pherogen Spray FAW® na dose de 90 mL.ha⁻¹, totalizando 450 mL. ha⁻¹ ou 130 g i.a. ha⁻¹).

Tabela 27 – Porcentagem de plantas de milho com notas de danos de *Spodoptera frugiperda* (Davis *et al.*, 1992) iguais ou superiores a 3 por tratamento aos 7, 14, 21, 28, 35 e 40 dias após aplicação (DAA). Itapura, SP. 2022/23

Tratamentos	Dose, g p.c.ha ⁻¹	% de notas de danos iguais ou superiores a 3					
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	40 DAA
		V3	V6	V7/V8	V10	V11	V13
		Média	Média	Média	Média	Média	Média
1. FAW Eco Granules 305	84 g	6 bc	28 bc	57 b	63 bc	87 a	86 bcd
2. FAW Eco Granules 305	167 g	3 c	26 bc	63 ab	74 b	92 a	94 ab
3. FAW Eco Granules 305	250 g	6 bc	21 bc	58 a	75 b	89 a	89 abcd
4. FAW Eco Granules 305	333 g	5 bc	18 c	66 ab	56 cd	84 a	85 cd
5. FAW Eco Granules 305	500 g	11 b	15 c	70 ab	47 d	80 a	81 d
6. Pherogen Sray FAW (*)	90 mL	10 b	21 bc	58 b	46 d	99 a	93 abc
7. Contorle	--	25 a	39 b	71 ab	71 bc	96 a	92 abc
8. Testemunha absoluta	--	27 a	72 a	85 a	100 a	99 a	96 a
C.V. (%)	--	28,94	21,86	11,69	8,59	5,02	3,15

* Cinco aplicações via pulverização foliar (0, 7, 14, 21 e 28 DAA).

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Nas análises das médias de notas de danos em folha (Tabela 28), constatou-se que os tratamentos 1 (FAW Eco Granules 305 na dose de 84g do p.c.ha⁻¹), 2 (FAW Eco Granules 305 na dose de 167g do p.c.ha⁻¹), 3 (FAW Eco Granules 305 na dose de 250g do p.c.ha⁻¹), 4 (FAW Eco Granules 305 na dose de 333g do p.c.ha⁻¹) e 5 (FAW Eco Granules 305 na dose de 500g do p.c.ha⁻¹) obtiveram médias de notas inferiores ao tratamento testemunha absoluta (sem aplicação de feromônio e inseticidas) durante as avaliações realizadas aos 7, 14, 28, 35 e 40 dias após a aplicação dos tratamentos, com destaque para os tratamentos 4 (FAW Eco Granules 305 na dose de 333g do p.c.ha⁻¹) e 5 (FAW Eco Granules 305 na dose de 500g do p.c.ha⁻¹), que proporcionaram médias inferiores à média obtida no tratamento 7 (Controle) aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 28 – Média das notas de danos (Davis *et al.*, 1992) em folhas por tratamento (média obtida em 80 plantas por tratamento) aos 7, 14, 21, 28, 35 e 40 dias após aplicação (DAA). Itapura, SP. 2022/23

Tratamentos	Dose, g p.c.ha ⁻¹	% de notas de danos iguais ou superiores a 3					
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA	40 DAA
		V3	V6	V7/V8	V10	V11	V13
		Média	Média	Média	Média	Média	Média
1. FAW Eco Granules 305	84 g	0,7 b	1,9 b	2,5 c	2,9 bcde	4,1 c	4,3 bcd
2. FAW Eco Granules 305	167 g	0,3 c	1,8 b	2,8 bc	3,1 b	4,2 bc	4,4 cd
3. FAW Eco Granules 305	250 g	0,7 b	1,7 b	3 bc	3 bcd	3,9 cd	4 cd
4. FAW Eco Granules 305	333 g	0,5 bc	1,6 b	3 bc	2,7 cde	3,8 cd	4,1 bcd
5. FAW Eco Granules 305	500 g	0,8 b	1,6 b	2,8 bc	2,5 e	3,5 d	3,8 d
6. Pherogen Sray FAW (*)	90 mL	0,8 b	1,9 b	2,9 bc	2,6 de	4 c	4,3 cd
7. Contorle	--	1,3 a	1,8 b	3,2 b	3,1 bc	4,8 b	4,8 ab
8. Testemunha absoluta	--	1,5 a	2,9 a	3,8 a	4,4 a	5,7 a	5,4 a
C.V. (%)	--	8,67	6,88	5,35	4,17	4,22	4,36

* Cinco aplicações via pulverização foliar (0, 7, 14, 21 e 28 DAA).

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

Na análise de produtividade de grãos (Tabela 29), constatou-se que não ocorreram diferenças significativas entre as médias de cada tratamento. Numericamente, as médias de produtividade estimada variaram de 7.907 Kg.ha⁻¹ a 8.402,5 Kg.ha⁻¹ por tratamento. Embora sem diferença significativa, os tratamentos 1 (FAW Eco Granules 305 na dose de 84g do p.c.ha⁻¹), 2 (FAW Eco Granules 305 na dose de 167g do p.c.ha⁻¹), 3 (FAW Eco Granules 305 na dose de 250g do p.c.ha⁻¹), 4 (FAW Eco Granules 305 na dose de 333g do p.c.ha⁻¹), 5 (FAW Eco Granules 305 na dose de 500g do p.c.ha⁻¹), 6 (Pherogen Spray FAW® na dose de 90 mL.ha⁻¹) e 7 (Controle), proporcionaram incremento numérico de produtividade na ordem de 1,3%, 2,2%, 6,3%, 4,4%, 2,8%, 2,1% e 3,9%, respectivamente.

Estudando o desempenho do mesmo feromônio Pherogen FAW Spray® na cultura do algodão Schirmer *et al.* (2023) relataram que área tratada com feromônio teve maior produtividade de plumas, mas as diferenças não foram estatisticamente significativas.

Tabela 29 – Análise do rendimento de grãos de milho em função da aplicação do feromônio acetato de (Z)-9- tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 26,5% m/m + 4,0% m/m. Média do peso de grãos (kg) colhidos em quatro linhas de cinco metros cada (10m²) por repetição, média estimada em Kg/ha e porcentagem de incremento. Selvíria, MS. 2023

Tratamentos	Dose, p.c./ha	Média		Incremento (%)
		kg/20 m ²	Kg/ha	
1. FAW Eco Granules 305	84 g	16 a	8013,7	1,3
2. FAW Eco Granules 305	167 g	16,2 a	8080,6	2,2
3. FAW Eco Granules 305	250 g	16,8 a	8402,5	6,3
4. FAW Eco Granules 305	333 g	16,5 a	8255,7	4,4
5. FAW Eco Granules 305	500 g	16,3 a	8128,1	2,8
6. Pherogen Sray FAW (*)	90 mL	16,1 a	8073,6	2,1
7. Controle (**)	--	16,4 a	8218,5	3,9
8. Testemunha absoluta	--	15,8 a	7907	--
C.V. (%)		5,86		

* Cinco aplicações via pulverização foliar (0, 7, 14, 21 e 28 DAA).

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD - Fisher (5%).

Fonte: Elaboração própria.

A utilização do feromônio granulado acetato de (Z)-9- tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 26,5% m/m + 4,0% m/m proporcionou resultados promissores para o manejo complementar da *Spodoptera frugiperda* em milho. Embora seja um trabalho inédito, feromônios para a disrupção sexual de lepidópteros utilizados em outras modalidades de aplicação também tem demonstrado resultados satisfatórios em cultivos anuais e perenes, como para o manejo de *Pectinophora gossypiella* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) em algodão (UNLU; MEZRELI, 2011), *Cryptoblabes*

gnidiella (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) em videira (OLIVEIRA *et al.*, 2014) e *Grapholita molesta* (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) em ameixeira (ARIOLI; BOTTON, 2012).

5.2.1 Conclusões

Concluiu-se que a aplicação do feromônio granulado FAW Eco Granules 305 (acetato de (Z)-9- tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila, 26,5% m/m + 4,0% m/m) nas doses de 250 g.ha⁻¹, 333 g.ha⁻¹ e 500 g.ha⁻¹ foi eficiente para a disrupção sexual da *Spodoptera frugiperda*, mensurada pelas armadilhas de captura, proporcionando redução dos danos provocados pela lagarta-do-cartucho, podendo constituir-se como uma ferramenta para manejo da referida praga na cultura do milho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por se tratar de um trabalho inédito, não se encontra disponível na literatura, até o momento, resultados do desempenho de formulações líquidas e granuladas do feromônio de disrupção sexual para o manejo da *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.

No entanto, feromônios para a disrupção sexual de lepidópteros utilizados em outras modalidades de aplicação tem demonstrado resultados promissores em culturas anuais, como no caso do algodoeiro e perenes, especialmente em espécies frutíferas.

O emprego do feromônio acetato de (Z)-9- tetradecenila + acetato de (Z)-11-hexadecenila demonstrou ser eficiente na disrupção do acasalamento da *Spodoptera frugiperda*, mensurada pelas armadilhas de captura, proporcionando redução dos danos provocados pelas lagartas nas plantas de milho, sendo uma alternativa promissora para o manejo da referida praga na cultura do milho, com possibilidades de redução no uso de inseticidas químicos.

A utilização de feromônios para a disrupção do acasalamento como tática complementar, como relatado neste trabalho, fornece uma nova perspectiva para o manejo da *S. frugiperda* em áreas de cultivo de milho no Brasil

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. **Journal Of Economic Entomology**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 265-267, 1 abr. 1925. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.
- ADAMCZYK JUNIOR, J. J.; HOLLOWAY, J. W.; LEONARD, B. R.; GRAVES, J. B. Defining the period of boll susceptibility to fall armyworm injury in cotton. *In*: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 1997, Memphis. **Proceedings** [...]. Memphis: National Cotton Council. p. 941-947, 1997.
- AFONSO, A.P.S.; WREGGE, M.; MARTINS, J.F. da S.; NAVA, D.E. Simulação do zoneamento ecológico da lagarta-do-cartucho no Rio Grande do Sul com o aumento de temperatura. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.76, p.607-612, 2009.
- AFONSO-ROSA, A. P. S.; BARCELOS, H. T. **Bioecologia e controle de Spodoptera frugiperda em milho**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 30 p. (Documentos, 344).
- AGOSTA, W. C. **Chemical communication: the language of pheromones**. New York: Scientific American Library, 1990. 179 p.
- AKUTSE, K. S.; KHAMIS, F. M.; AMBELE, F. C.; KIMEMIA, J. W.; EKESI, S.; SUBRAMANIAN, S. Combining insect pathogenic fungi and a pheromone trap for sustainable management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae). **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S. l.], v. 177, p. 107477, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2020.107477>.
- ALI, A.; LUTTRELL, R. G.; PITRE, H. N. Feeding Sites and Distribution of Fall Armyworm (Lepidoptera: noctuidae) larvae on cotton. **Environmental Entomology**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 1060-1067, 1 ago. 1990. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ee/19.4.1060>.
- A AMARAL, F. S.; GUIDOLIN, A. S.; SALMERON, E.; KANNO, R. H.; PADOVEZ, F. E. O.; FATORETTO, J. C.; OMOTO, C. Geographical distribution of Vip3Aa20 resistance allele frequencies in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) populations in brazil. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 76, n. 1, p. 169-178, 12 jun. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.5490>.
- ANDREWS, K. L. Latin American Research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae). **The Florida Entomologist**, [S. l.], v. 71, n. 4, p. 630, dez. 1988. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2307/3495022>.
- ARAÚJO, H. M.; BATISTA, J. L. B.; LACERDA, L. B.; ARAÚJO, J. R. E. S.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, J. H. B.; BURITI, E. S.; GONZAGA, K. S.; OLIVEIRA, G. M.; SANTOS, J. P. O. Uso de semioquímicos no controle de lepidópteros. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 14, n. 12, p. 1-7, 29 nov. 2021. Scientific Electronic Archives. <http://dx.doi.org/10.36560/141220211481>.

ARIOLI, C. J.; BOTTON, M. Avaliação da Técnica de interrupção de acasalamento no controle de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura da ameixeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24., 2012, Curitiba. **Anais**. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/945037/2/ARIOLI24CBEntomologia2012.pdf> Acesso em 12 jan. 2024.

ARIOLI, C. J.; BOTTON, M.; MAFRA-NETO, A.; MOLINARI, F.; BORGES, R.; PASTORI, P. L. **Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2013. p.13-46. (Boletim Técnico, 159).

AUDEMARD, H. C. La confusion sexuelle des males: une nouvelle technique de lutte contre les lépidoptères nuisibles. **Phytoma**: la Défense des Végétaux, Paris, v.41, n.413, p.26-32, 1989.

BARNES, B. N.; BLOMEFIELD, T. L. **Goadling growers towards mating disruption: the South African experience with *Grapholita molesta* and *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)**. IOBC WPRS Bull. v.20 p.45–56, 1997.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. 2014.

BARROS, G. S. A. C.; ALVES, L. R. A. Maior eficiência econômica e técnica depende de políticas públicas. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 13, p. 4-7, 2015.

BENTO, J. M. S. Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (Eds.). **Feromônios de insetos; biologia química e emprego no manejo de pragas**. 2.ed. Ribeirão Preto: Holos. p.135-144, 2001.

BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OKUMA, D. M.; MIRALDO, L. L.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F. Cl.; BURD, T.; OMOTO, C. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 72, n. 9, p. 1794-1802, 9 fev. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4223>.

BESTMANN, H. J.; VOSTROWSKY, O. Chemistry of Insect Pheromones. In: WEGLER, H. R. **Chemie der Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfungsmittel**. 6. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1981. p. 30-148.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. **Hortaliças-Fruto**, [S. l.], p. 401-449, 2018. EDUEM. <http://dx.doi.org/10.7476/9786586383010.0015>.

BUSATO, G.R. *et al.* Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: noctuidae) em duas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 28, n. 6, p. 1278-1283, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542004000600008>.

BUTENANDT, A.; BECKMANN, R.; STAMM, D.; HECKER, E. Über den sexuallockstoff des seidenspinners Bombyx mori. **Reindarstellung Und Konstitution. Z. Naturforschg, B**, [S. l.], v. 14, p. 283-284, 1959.

CADRÉ, R.T.; BAKER, T.C. Sexual communication with pheromones. In: BELL, W.J.; CADRÉ, R.T. **Chemical ecology of insects**. Boston: Springer US, 1984. p. 356-383.

CALKINS, C. O., KNIGHT, A. L.; RICHARDSON, G.; BLOEM K. A. Areawide population suppression of codling moth. In: TAN, K-H. **Area-wide control of fruit flies and other insect pests**. Pulau Pinang: Peneritg Universiti Sains Malaysia, 2000. p. 215-219.

CAMPION, D. G. Survey of pheromone uses in pest control. In: HUMMEL, H.E.; MILLER, T. A. **Techniques in pheromone research**. New York: Springer-Verlag, 1984. p. 405-449.

CASMUZ, A. *et al.* Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Mendoza, v. 69, n. 3-4, p. 209-231, 2010.

CAPINERA, J. L. **Handbook of vegetable pests**. San Diego: Academic Press, 2002.

CAPINERA, J.L. **Fall armyworm. Florida: University of Florida**. Disponível em: <http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm.htm>. 2017. Acesso em: 22 dez. 2023.

CARNEIRO, A. A.; GUIMARÃES, C. T.; VALICENTE, F. H.; WAQUIL, J. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, N. P.; MENDES, S. M. **Milho Bt: Teoria e Prática da Produção de Plantas Transgênicas Resistentes a Insetos-Praga**. Circular Técnica 135, Embrapa Sete Lagoas, Minas Gerais. p.25, 2009.

CRUZ, I; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS; C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal Of Pest Management**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 293-296, jan. 1999. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/096708799227707>.

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

CABI. Fall armyworm portal. 2020. Disponível em: <https://www.cabi.org/ISC/fallarmyworm>. Acesso em: 02 jan. 2023.

CONTIERO, R.L.; BIFFE, D.F.; CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. **Hortaliças-Fruto**, [S. l.], p. 401-449, 2018. EDUEM. <http://dx.doi.org/10.7476/9786586383010.0015>.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNBio. **Tabela de Plantas: uso comercial**. Disponível em: <http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial>. Acesso em: 17 dez. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira** - Grãos. Quarto Levantamento. 2023/24. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Brasília, DF, 2024. Acesso em: 25 de jan. de 2024.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; SILVA, R. B. **Monitoramento de adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) em algumas regiões produtoras de milho no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 49 p. (Documentos, 93).

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W.P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Technical Bulletin 186, Mississippi Agricultural and Forestry Research Experiment Station: Mississippi State University, 1992. p. 1-9.

FERNANDES, F. O.; ABREU, J.; FARIA, I. C.; GOBBI, P.; AFONSO-ROSA, A. P. S. **Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) nas safras 2014/2015 e 2015/2016 no município de Capão do Leão, RS**. 62ª Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho e a 45ª Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Sorgo. Sertão-RS. 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542011000600001>. Acesso em: 22 jan. 2024.

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P. H. G. Amor ao Primeiro Odor – Comunicação química entre os insetos. **Química Nova na Escola**, [S. l.], n.7, p. 3-6, 1998.

FIGUEIREDO, C. S. *et al.* Synergism of the *Bacillus thuringiensis* Cry1, Cry2, and Vip3 proteins in *Spodoptera frugiperda* control. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, [S. l.], v. 188, n. 3, p. 798-809, 2019.

FIGUEIREDO, M. L. C. *et al.* Efeito do inseticida Chlorpyrifos e sua interação com inimigos naturais na supressão de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 325-339, 2006.

FRANS, R.E.; TALBERT, R.; MARK, D.; CROWLEY, H. Experimental Design and the Techniques for measuring and Analysis Plant Responses to Weed Control Practices. *In: Research Methods In Weed Science*. 3 ed. Southern Weed American Society, 1986. p. 29-46.

GANIE S. A.; KHAN, Z. H.; KHAN, A. A. Potential of Pheromone Technology in the Management of Insect Pests of Apple: A Case Study. *In: ABROL, D. P.; SHANKAR, U. Ecologically Based Integrated Pest Management*. Dahli: New India Publishing Agency, 2012. p. 321- 343.

GAZZIERO, D. L. P.; OLIVEIRA, R. B.; OVEJERO, R. F. L.; BARBOSA, H. N.; PRECIPITO, L. M. B. **Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos e afins**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. (Documentos, 437). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228162/1/DOCUMENTOS-437-1.pdf>. Acesso em: 15 de jan. de 2024.

GOERGEN, G.; KUMAR, P. L.; SANKUNG, S. B.; TOGOLA, A.; TAMÒ, M. First Report of Outbreaks of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a New Alien Invasive Pest in West and Central Africa. **Plos One**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. 1-9, 27 out. 2016. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>.

GÓMEZ, I. *et al.* *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab domain III β -22 mutants with enhanced toxicity to *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 86, n. 22, 2020.

HARRISON, R. D. *et al.* Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. **Journal of Environmental Management**, v. 243, p. 318-330, 2019.

HOWSE, P. E.; STEVENS, I. D. R.; JONES, O. T. **Insect pheromones and their use in pest management**. University of Michigan: Springer Netherlands, 1998.

IL'ICHEV, A. L.; GUT, L. J.; WILLIAMS, D. G.; HOSSAIN, M. S.; JERIE, P. H. Area-wide approach for improved control of oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) by mating disruption. **Gen. Appl. Entomol**, v. 31, p. 7-16, 2002.

JING, D.; GUO, J.; JIANG, Y.; ZHAO, J.; SETHI, A.; HE, K.; WANG, Z. Initial detections and spread of invasive *Spodoptera frugiperda* in China and comparisons with other noctuid larvae in cornfields using molecular techniques. **Insect Science**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 780-790, 21 jul. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1744-7917.12700>.

JONES, O. T.; CASAGRANDE, E. D. The use of semichemical-based devices and formulations in area-wide programmes: A comercial perspective. In: TAN, K.-H. **Area-wide control of fruit flies and other insect pests**. Pulau Pinang: Peneritg Universiti Sains Malaysia, 2000. p. 285–293.

KARLSON, P.; LÜSCHER, M. 'Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. **Nature**, [S. l.], v. 183, n. 4653, p. 55-56, jan. 1959. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/183055a0>.

LIMA, E. R.; DELLA LUCIA, T. M. C. Biodinâmica dos feromônios. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos: biologia, química e aplicação**. Ribeirão Preto-SP: Holos, 2001. p. 13-26.

LUGINBILL, P. H. **The fall armyworm**. Technical Bulletin, 34. Washington, USDA, p.73, 1928.

MAFRA-NETO, A.; HABIB, M. Evidence that mass trapping suppresses pink bollworm populations in cotton fields. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, [S. l.], v. 81, n. 3, p. 315-323, dez. 1996. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1570-7458.1996.00102.x>.

MAFRA-NETO, A. **Effects of the structure and composition of pheromone plumes on the response of the male almond moth, *Cadra cautella***. 1993. 246 f. Tese (PhD), University of Massachusetts, Amherst, 1993. Disponível em: https://scholarworks.umass.edu/dissertations_1/5651/. Acesso em: 09 de ago. de 2023.

MAFRA-NETO, A.; ARIOLI, C. J.; BORGES, R. Feromônios. **Cultivar Hortaliças e Frutas**. Caderno técnico. Pelotas. v. 7, n.47, p. 2-7, 2008.

MAFRA-NETO, A.; CARDÉ, R. T. Dissection of the pheromone-modulated flight of moths using single-pulse response as a template. **Cellular And Molecular Life Sciences**, [S. l.], v. 52, n. 4, p. 373-379, abr. 1996. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf01919543>.

MAXIMIANO, C. V. **Pré-condicionamento de sementes de milho em água com diferentes concentrações de ozônio no desenvolvimento inicial de plântulas e no controle de *Fusarium* spp.** 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2017.

MELLO, E. P. **Desempenho de armadilhas à base de feromônio sexual para o monitoramento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho**. 2004. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2004

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, Porto Alegre, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MOSCARDI, F.; KASTELIC, J.G. **Ocorrência de vírus de poliedrose nuclear e vírus de granulose em populações de *Spodoptera frugiperda* atacando soja na região de Sertaneja, PR**. In: CENTRO Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR) Resultados de pesquisa de soja 1984/85. Londrina: EMBRAPA, 1985. p.128. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos,15).

MURÚA, G.; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). **Acta Zoológica Mexicana**, v. 20, n.1, p.199-210, 2004.

NAIS, J. **Infestação de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* em híbridos comerciais de milho (*Zea mays* L.)**. 2012. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

OLIVEIRA, J. E. M.; FERNANDES, M. H. A.; GAMA, F. C.; BOTTON, M. CARVALHO, A. N. M. Uso da técnica de confusão sexual no manejo populacional de

Cryptoblabes gnidiella (Lepidoptera: Pyralidae) em videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol 49, p.853-859. 2014. Disponível em: <http://doi:10.1590/S0100-204X2014001100004>. Acesso: 11 nov. 2021.

OMOTO, C.; BERNARDI, O. Estratégias de manejo podem prolongar vida útil das tecnologias de milho Bt. **Visão agrícola**, v. 13, n. 1, p. 107-109, 2015.

OMOTO, C.; BERNARDI, O. **Manejo da Resistência a Inseticidas e Plantas Bt – *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armígera* e *Chrysodeixis includens***. IRAC: Comitê de Ação à Resistência a Inseticidas. Mogi Mirim/SP. 2018. Disponível em: <https://www.irac-br.org>. Acesso em: 20 de ago. 2024.

PHEROLIST. Mistra; IOBC Working Group. Pheromones and Other Semiochemicals in Integrated Production. Fornece informações sobre feromônios e outros atrativos químicos para insetos. Disponível em: <http://www.pherolist.slu.se/pherolist.php> . Acesso em: 20 abr. 2011.

POGUE, G.M.A. World revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, v 43, p. 1–202. 2002.

QUEENSLAND GOVERNMENT DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FISHERIES. **First mainland detection of fall armyworm**. 2020. Online. Disponível em: <https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/agriculture/plants/fruit-vegetable/insect-pests/fall-armyworm>. Acesso: 11 fev. 2022.

RAMA, F.; REGGIORI, F.; PRATIZZOLI, W. Timed mating disruption: a new pheromone-dispensing device for the protection of orchards from *Cydia pomonella*, *C. molesta* and leafrollers. *In: Pheromones and other semiochemicals in Integrated Production*. Erice: IOBC/WPRS Working Group; Trapani, 2002. p.22-27.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

ROSA, Ana Paula Schneid Afonso. **Monitoramento da lagarta-do-cartucho do milho**. Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2010.

SANDERS, C.J. The further understanding of pheromones: biological and chemical research for the future. *In: JUTSUM, A.R.; GORDON, R.F.S. (Ed.). Insect pheromones in plant protection*. New York: John Wiley. p.325-351, 1989.

SCHIRMER, F. G.; FAVETTI, B. M.; CLARK, T.; GALVAN, T.; CORDEIRO, E. M. G.; VIVAN, L.; TRAN, K.; BROMS, K.; MIRANDA, R. Supressão de acasalamentos e redução de danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) no algodoeiro. **Entomological Communications**, v. 5, 2023. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec05026>.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 13, n. 1, p. 9, 2015.

SOUZA, R.P. **Educação, treinamento e extensão em tecnologia de aplicação de agrotóxicos**: treinamento de aplicadores no Brasil. 2001. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/centros>. Acesso em: 23 jan. 2024.

UJVÁRY, I.; DICKENS, J.C.; KAMM, J.A.; MCDONOUGH, L.M. Natural product analogs: stable mimics of aldehyde pheromones. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v.22 p. 393-411, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/arch.940220308>. Acesso: 12 dez. 2021.

UNLU, L.; MEZRELI, E. Control of the pink bollworm *Pectinophora gossypiella* by the mating disruption technique on cotton in a semi-arid region of Turkey., **Phytoparasitica** v.39, p.19-25. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12600-010-0131-7>. Acesso: 15 dez. 2021.

VALICENTE, F.H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. p. 13. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 208).

VILELA, E. F. Adoção de feromônios no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27 p. 315-318, 1992.

VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, T.M.C. Introdução aos semioquímicos e terminologia. In: VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, T.M.C. (Eds.). **Feromônios de insetos**: biologia, química e emprego no manejo de pragas. Ribeirão Preto: Holos, p.9-12, 2001

VOLGAS, G. C.; DOWNER, R.; LOPEZ, H. **Pesticide formulations and application systems**: 23rd volume. West Conshohocken, PA: ASTM, 2003.

WALL, C. Principles of monitoring. In: RINDGAWAY, R.L.; SILVERSTEIN, R.M.; INSCOE, M.N. **Behavior-modifying chemicals for insect management**. New York: Marcel Dekker, 1990. p.417-436, 1990

WORDELL FILHO, J.A.; RIBEIRO, L. do P.; CHIARADIA, L.A.; MADALÓZ, J. C.; NESI, C.N.; **Pragas e doenças do milho**: diagnose, danos e estratégias de manejo. Florianópolis: Epagri. Epagri. (Boletim Técnico, 170). p.16-45, 2016.

WITZGALL, P; KIRSCH, P.; CORK, A. Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. **J Chem Ecol**, v. 36, p. 80–100, 2010. Disponível em: https://slunik.slu.se/kursfiler/BI0914/30265.1516/Witzgall_et_al._2010_-_Sex_pheromones_and_their_impact_on_pest_management.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023. <https://doi.10.1007/s10886-009-9737-y>

ZHAO, Yun-Xia *et al.* Susceptibility of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith), to eight insecticides in China, with special reference to lambda-cyhalothrin. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, 2020.

ZARBIN, P.H.G.; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v.32, p.722-731, 2009. Disponível em:

<https://doi.10.1590/S0100-40422009000300016>. Acesso: 15 dez. 2021