

Manejo da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*): panorama geral das atualizações no controle alternativo



Programa de Pós-Graduação em Agroecologia
Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre

BOLETIM TÉCNICO Nº 6

Manejo da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*): panorama geral das atualizações no controle alternativo

Ma. Aline Marchiori Crespo
Ma. Dalila da Costa Gonçalves
Prof. Dr. Maurício Novaes Souza
Prof. Dr. José Salazar Zanúncio Junior
Prof. Dr. Hélcio Costa
Dr. Luiz Fernando Favarato
Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel
Dr. João Batista Silva Araújo

Exemplares digitais deste boletim técnico podem ser obtidos em:
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA)
Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre
Rodovia ES 482, km 47, Cx. Postal-47, Distrito de Rive, Alegre-ES
Telefone: (28) 3564-1808
www.ppga.alegre.ifes.edu.br

Capa

Fonte: *Embrapa*, 2015.

Comissão de Editoração do PPGA

Otacílio José Passos Rangel, Ana Paula Candido Gabriel Berilli, Aparecida de Fátima Madella de Oliveira, Danielle Inácio Alves, Jeane de Almeida Alves, Jéferson Luiz Ferrari, Maurício Novaes Souza, Monique Moreira Moulin, Pedro Pierro Mendonça

Editoração Eletrônica

Os autores

Revisão de texto

Prof. Dr. Maurício Novaes Souza

Normalização bibliográfica

Prof. Dr. Jéferson Luiz Ferrari

Contato

e-mail: ppga.alegre@ifes.edu.br Tel.: (28) 3564-1808

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Monsenhor José Bellotti – Ifes campus de Alegre

M274 Manejo da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*):
panorama geral das atualizações no controle alternativo [recurso
eletrônico] / Aline Marchiori Crespo ... [et. al.]. – Alegre: Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2021.
20 f. il.

ISBN: 978-65-89716-29-7
inclui referências
formato: livro digital (e-book PDF)
veiculação: digital

1. Ecologia agrícola. 2. Controle de pragas. 3. Agricultura sustentável .
I. Crespo, Aline Marchiori. II. Título.

CDD: 630.2745

elaborada por Aline Kuplich – CRB-6/ES 540

@2021 Instituto Federal do Espírito Santo

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada a fonte.

O conteúdo dos textos é de inteira responsabilidade do autor.

Sumário

Resumo.....	05
Abstract.....	06
Introdução.....	07
Ciclo de vida da lagarta-do-cartucho do milho e danos causados.....	09
Métodos de controle alternativos disponíveis no Brasil.....	12
Pesquisas promissoras em métodos de controle alternativos.....	16
Importância da utilização de métodos de controle alternativos aliados às técnicas de manejo agroecológicas.....	18
Agradecimentos.....	18
Referências.....	19

Manejo da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*): panorama geral das atualizações no controle alternativo

Aline Marchiori Crespo¹
Dalila da Costa Gonçalves²
Maurício Novaes Souza³
José Salazar Zanúncio Junior⁴
Hélcio Costa⁴
Luiz Fernando Favarato⁴
Otacílio José Passos Rangel³
João Batista Silva Araújo⁴

Resumo - *Spodoptera frugiperda* ou “lagarta-do-cartucho do milho” é considerada a principal praga do cultivo do milho nas Américas, causando perdas significativas na cultura. Seu controle é realizado principalmente com o plantio de lavouras geneticamente modificadas que expressam toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), ou através da utilização de inseticidas químicos. No entanto, falhas no manejo destas técnicas comprometem a eficácia de controle, o que já têm sido relatado com frequência em muitas regiões. Ademais, estes métodos 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. A fim de 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. Neste contexto, o objetivo desta publicação é apresentar métodos de controle alternativos atualmente disponíveis para *S. frugiperda*; elencar pesquisas recentes acerca de métodos de controle alternativos promissores e; sugerir técnicas de manejo agroecológicas que devem ser utilizadas quando se busca um agroecossistema mais equilibrado.

Termos para indexação: controle natural de pragas, óleos essenciais, entomopatógenos.

¹ Ma. Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural – Incaper/ ELDR Cachoeiro de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim/ES, E-mail: aline.crespo@incaper.es.gov.br

² Ma. Técnica em Desenvolvimento Agropecuário – IDAF / Gerência Local de Alegre, Alegre/ES, E-mail: dalilant@hotmail.com

³ Dr. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: mauriciosnovaes@yahoo.com.br;

⁴ Dr. Agente e Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural– Incaper/ CPDI Serrano, Domingos Martins – ES, E-mail: jose.zanuncio@incaper.es.gov.br; helciocosta@incaper.es.gov.br; lffavarato@gmail.com; joaoaraujovni@gmail.com

Management of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): overview of alternative control updates

Abstract – *Spodoptera frugiperda* or “fall armyworm” is considered the main pest of corn cultivation in the Americas causing significant losses in the crop. Its control is carried out mainly with the planting of genetically modified crops that express toxins from the bacterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) or through the use of chemical insecticides. However failures in the management of these techniques compromise the effectiveness of control which has been reported frequently in many regions. In addition these methods have also caused problems related to production costs which source becomes increasingly high in addition to the residual and biocumulative risks at different trophic levels impacting our biodiversity and the human health. In order to manage and mitigate the development of these resistances alternatives are needed to achieve satisfactory results. For this research on alternative methods of control are seen as paramount. In this context the purpose of this publication is to present alternative control methods currently available for *S. frugiperda*; list recent research on promising alternative control methods and; suggest agroecological management techniques that should be used when looking for a more balanced agroecosystem.

Index terms: natural pest control, essential oils, entomopathogens.

Introdução

Cultivado por pequenos, médios e grandes produtores, o milho (*Zea mays* L.) pertencente à família *Poaceae*, é um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo mundo, destacando-se como um dos principais produtos do agronegócio. Além de sua importância como matéria-prima na produção de biocombustíveis, seu alto valor nutricional o coloca como alimento importante, muitas vezes básico, na dieta humana e animal (SOLOGUREN, 2015; MAXIMIANO, 2017). Acredita-se que a produção deste cereal deva aumentar consideravelmente até 2050, a fim de subsidiar a população estimada de 9,7 bilhões de pessoas (FAO, 2020).

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais deste grão: é cultivado em todas as regiões do país em monocultivo, rotação, sucessão e consórcio (GAZOLA; ZUCARELI; CAMARGO, 2014). A expectativa de produção é de 100,6 milhões de toneladas para a safra 2019/20, segundo estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020); e entre 121,4 e 182,7 milhões de toneladas para a próxima década (GASQUES; SOUZA; BASTOS, 2018). Além de sua importância socioeconômica no cenário agrícola mundial, é um importante insumo de renda para os agricultores familiares.

No entanto, a expansão dos cultivos agrícolas tem deixado as plantações mais susceptíveis ao ataque de pragas. Dentre as pragas, os insetos se destacam, devido a sua fácil e rápida adaptabilidade, e sua notável capacidade de dispersão, o que acaba por demandar um alto investimento no seu controle. Assim como todos os cultivos agrícolas, o milho sofre com o ataque de pragas e seu manejo é um dos pontos-chaves no sucesso produtivo, principalmente quando se referem a *commodities*, os impactos são ainda mais relevantes.

A utilização de milho geneticamente modificado, junto ao controle químico à base de defensivos sintéticos, são as tecnologias mais empregadas para controle de pragas nas lavouras. Entretanto, estas técnicas de controle não são acessíveis a todos os produtores. Pequenos agricultores que possuem insumos limitados acabam tendo seu rendimento produtivo comprometido. Outro ponto que não pode ser negligenciado quando se referem à utilização de defensivos é a preocupação com a saúde dos consumidores, assim como os desequilíbrios biológicos, contaminação ambiental e humana.

Neste sentido, a agroecologia defende uma produção sustentável baseada no equilíbrio entre plantas, solo, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes. O agroecossistema é considerado produtivo e saudável quando essas condições de crescimento, ricas e equilibradas, prevalecem, e quando as plantas conseguem tolerar estresses e adversidades (ALTIERI, 2004). Ademais, outras dificuldades técnicas para

manejo e controle de pragas que atacam as lavouras, vêm incentivando a busca por métodos de controle alternativos e, ou, complementares, que buscam mitigar o impacto das pragas nos cultivos de milho.

Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae) conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho do milho, é considerada a principal praga do cultivo do milho nas Américas, causando perdas significativas (VALICENTE, 2015).

De hábito políforo e generalista, alimenta-se da planta do milho em todos os estádios do seu desenvolvimento, com preferência por cartucho de plantas jovens, podendo causar até sua morte quando o ataque acontece nos primeiros trinta (30) dias (MONNERAT et al., 2015). Em geral, os ataques provocam perdas na ordem de 17% a 38,7% na produção, dependendo do ambiente, da cultivar e do estágio de desenvolvimento das plantas atacadas, comprometendo tanto o rendimento, quanto a comercialização do milho.

Seu controle é realizado principalmente com o plantio de lavouras geneticamente modificadas que expressam toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) (CARRIÉRE; FABRICK; TABASHNIK, 2016). No entanto, falhas no manejo comprometem a eficácia dessa tecnologia, o que já têm sido relatados com frequência em muitas regiões, inclusive endêmicas, fazendo com que seja considerada como uma ameaça à segurança alimentar (MONNERAT et al., 2015; GOERGEN et al., 2016; GÓMEZ et al., 2020).

Outro método de controle consolidado é a utilização de inseticidas químicos sintéticos. Contudo, há de se considerar: embora venham ao longo dos anos desempenhando um papel importante no manejo desta praga, devido à aplicação inadequada da técnica como a sua utilização contínua e inadequada, aliado a plasticidade genética da praga, sua alta fecundidade 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).

Em relação ao manejo alternativo conservacionista de *S. frugiperda*, o uso de refúgios maiores para inimigos naturais e a integração de culturas Bt com outras táticas dentro do manejo integrado de pragas (MIP) estão sendo estudadas (CARRIÉRE; FABRICK; TABASHNIK, 2016). Biodefensivos menos poluentes, metabólitos secundários de plantas, entomopatógenos, parasitoides, predadores, entre outros, também estão sendo pesquisados - dentre estes já existem eficiência comprovada como o método de controle alternativo para a lagarta (JARA et al., 2019).

Neste contexto, o objetivo desta publicação é apresentar métodos de controle alternativos atualmente disponíveis para *S. frugiperda*; elencar pesquisas recentes acerca de métodos de controle alternativos promissores; e sugerir técnicas de manejo agroecológicas que devem ser utilizadas quando se busca um agroecossistema mais equilibrado.

Ciclo de vida da lagarta-do-cartucho do milho e danos causados

S. frugiperda pertence à ordem Lepidoptera e à família Noctuidae. Seu ciclo se caracteriza por cinco (5) fases como descrito na Figura 1. As posturas dos ovos são realizadas nas folhas de milho, comumente à noite: após 3 a 5 dias as lagartas eclodem. Durante sua alimentação fazem raspagem nas folhas e, quando aumentam de tamanho, iniciam a perfuração das folhas e se direcionam para a região do cartucho das plantas, como pode ser visualizado nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

Esta fase larval dura em média de 14 a 22 dias e ao término do seu desenvolvimento, as lagartas se transformam em pupas, originando novos adultos em cerca de 7 a 13 dias, reiniciando a partir daí todo o seu ciclo (SMITH, 1797).



Figura 1 - Ciclo de vida da lagarta-do-cartucho do milho

Fonte: Site Promip (2019).



Figura 2 - Detalhe de *S. frugiperda* atacando planta do milho

Fonte: Revista Cultivar (2019).



Figura 3 - Primeira fase dos danos: raspagem das folhas do milho.
Fonte: Embrapa (2020).



Figura 4 - Segunda fase dos danos: furos nas folhas do milho.
Fonte: Blog da Aegro (2018).



Figura 5 - Terceira fase dos danos

Fonte: Portal Syngenta (2017).

Métodos de controle alternativos disponíveis no Brasil

Fazem parte das estratégias utilizadas no MIP determinar o nível de dano econômico e monitorar a praga alvo para tomada de decisão quanto à necessidade de seu controle. Tradicionalmente, para o monitoramento, o agricultor realiza a contagem do número de plantas atacadas em cem plantas amostradas: no mínimo, em quatro (4) pontos por hectare.

Porém, este método tem pontos negativos, por exemplo, a detecção do inseto já em fase de lagarta, causando injúria à planta. Uma alternativa que apresenta vantagens sobre este método é a utilização de armadilhas delta iscadas com feromônio sexual sintético, disponível comercialmente no Brasil (Bio Spodoptera® - Biocontrole) (Figura 6).

A armadilha deve ser colocada no campo por ocasião do plantio e a captura de três (3) mariposas por armadilha é indicativo de que a praga atingirá o nível de dano econômico (CRUZ, 2015). Este método apresenta vantagens também em relação às armadilhas luminosas, as quais não são muito eficientes para *S. frugiperda* (CAPINERA, 2014), incluindo captura direcionada de adultos, mesmo que estejam em baixas densidades populacionais (BRATOVICH et al., 2019).



Figura 6 - Armadilha delta iscada com feromônio sexual sintético “Bio Spodoptera®” da empresa Biocontrole

Fonte: Embrapa, 2016.

Uma vez definida a necessidade de controle da praga-alvo, no Brasil existem diversos produtos biológicos registrados (Tabela 1). Recomenda-se sempre ler a bula dos produtos anteriormente à utilização, ou buscar informações com um técnico capacitado no assunto.

Tabela 1 - Produtos biológicos comerciais registrados no Brasil para manejo de *S. frugiperda* em milho

Produto	Agente de controle	Culturas	Titular de registro
Agree	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Todas as culturas	Biocontrole
Azamax	Azadiractina (extrato de Nim ou neem - <i>Azadirachta indica</i>)	Milho	UPL do Brasil
Bac-Control Max WP	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Todas as culturas	Vectorcontrol

BOLETIM TÉCNICO – Nº 6

CartuchoVIT	Baculovirus	Milho	Grupo Vitae
Cartugen	Baculovirus	Todas as culturas	Agbitech
Cartugen CCAB	Baculovirus	Todas as culturas	Agbitech
Crystal	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Todas as culturas	Laboratorio de Bio Controle Farroupilha
Helymax WP	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Todas as culturas	Ballagro
Hunter	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Todas as culturas	Koppert do Brasil
JB TRI-P	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Todas as culturas	JB Biotecnologia
Ponto Final	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Todas as culturas	Bthek Biotecnologia
Pretiobug	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Milho	Bug
Surtivo Plus	Baculovirus	Todas as culturas	Agbitech

BOLETIM TÉCNICO – Nº 6

Tarik WP	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Todas as culturas	Vectorcontrol
Thuricide	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Alfafa, Arroz, Batata, Cana-de-açúcar, Milho, Pastagem, Trigo	Bio Controle
TrichoAgri	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Todas as culturas	IBI Agentes Biológicos
Trichobiogramma	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Todas as culturas	Assist
<i>Trichogramma pretiosum</i> AMIPA	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Todas as culturas	AMIPA
Trilag	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Todas as culturas	TOPBIO
Vircontrol S.F	Baculovirus <i>Spodoptera frugiperda</i>	Todas as culturas	Simbiose
Xentari	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Algodão, Amendoim, Arroz (irrigado e sequeiro), Batata, Cana-de-açúcar, Cevada, Feijão, Pimentão, Milho, Pastagem, Sorgo, Trigo, Soja.	Sumitomo Chemical

Fonte: Adaptado de Araújo et al. (2019).

Pesquisas promissoras em métodos de controle alternativos

Estão sendo pesquisados biodefensivos à base de óleos essenciais e extratos vegetais, entomopatógenos, predadores, entre outros. Dentre estes já existe grande número de métodos com eficiência comprovada para o controle alternativo da lagarta-do-cartucho (JARA et al., 2019). Porém, ainda necessita de continuidade das pesquisas, testes em regiões diferentes, trabalhos de adaptação à produção comercial, entre outros.

Na Tabela 2 pode-se observar a especificação de como estão as pesquisas em cada área atualmente e o que ainda é necessário ser estudado ou ampliado para a utilização prática destes métodos.

Tabela 2 - Resumo de pesquisas recentes em controle alternativo de *S. frugiperda*

Tipo de controle alternativo	O que está sendo pesquisado?	Necessidade de continuidade de pesquisa para recomendação e utilização
Óleos essenciais (OE's) e extratos vegetais	Eficiência e aplicabilidade dos OE's oriundos do metabolismo secundário de plantas e tecnologias de aplicação como nanopartículas e encapsulamento.	O maior desafio está na forma de aplicar estes produtos, por serem muito voláteis e lipossolúveis. Porém, são promissores por se tratarem de alternativas mais limpas e sustentáveis.
Nematoides entomopatogênicos (Nep's)	Cepas diferentes de nematoides, ajuste de suas concentrações em laboratório e avaliação da ação desses organismos em condições de estufa e a campo, em diferentes instares da lagarta-do-cartucho do milho.	Ampliação destes testes, aplicabilidade das cepas em regiões diferentes, estudos para produção de formulações comerciais, testar práticas agroecológicas adequadas para preservação das cepas que ocorrem naturalmente nas áreas e também das aplicadas.

Vírus (Baculovírus)	Cepas diferentes de baculovírus e engenharia genética, a fim de aumentar a infecciosidade às suas larvas hospedeiras para um nível satisfatório.	Ampliação destes testes, aplicabilidade das cepas em regiões diferentes, estudos para produção de formulações comerciais, testar práticas agroecológicas adequadas para manutenção das cepas que ocorrem naturalmente nas áreas também das aplicadas. Ampliação dos testes de inserção de genes no genoma do baculovírus que, quando se expressam, produzam algum fator como toxinas específicas, enzimas hidrolíticas ou reguladores de crescimento que matam o inseto.
Bactéria (<i>Bacillus thuringiensis</i> - Bt)	A resistência de algumas populações de <i>S. frugiperda</i> a esse método e a busca por linhagens bacterianas que tenham a capacidade de controlar esta praga, evitando o aumento de populações resistentes. Cepas diferentes também são pesquisadas, pois <i>S. frugiperda</i> naturalmente apresenta diferentes graus de susceptibilidade a <i>B. thuringiensis</i> , dependendo da localização geográfica do inseto e do instar no qual o inseticida biológico foi aplicado.	Ampliação destes testes, estudos para produção de formulações comerciais, e testar práticas agroecológicas para manutenção das cepas que ocorrem naturalmente nas áreas e também das aplicadas.
Fungos	Métodos de controle combinados aos fungos, utilizando entomopatógenos e outros. Apresentam as mesmas dificuldades que baculovírus e Bt.	Ampliação dos testes com diferentes cepas, em diferentes instares da lagarta, em regiões diversas; estudos para produção de formulações comerciais; e testar práticas agroecológicas adequadas para manutenção das cepas que ocorrem naturalmente nas áreas e também das aplicadas.

Parasitoides	Identificação e estudo das espécies de parasitoides de ocorrência natural em diferentes regiões e países do mundo, buscando selecionar espécies que apresentem potencial para serem utilizadas em programas de controle biológico, de modo que se amplie o número e a eficiência das cepas atualmente utilizadas.	Ampliação dos testes, estudos para produção de formulações comerciais; e testar práticas agroecológicas adequadas para manutenção das cepas que ocorrem naturalmente nas áreas e também das aplicadas.
--------------	---	--

Fonte: Elaborada pelos autores

Importância da utilização de métodos de controle alternativos aliados às técnicas de manejo agroecológicas

É fundamental que em associação à utilização de métodos de controle alternativos o agroecossistema seja manejado de maneira correta. Também, mais pesquisas sejam direcionadas ao estudo específico da relação de *S. frugiperda* com técnicas de manejo agroecológicas já consagradas.

Neste sentido, o agroecossistema é considerado produtivo e saudável quando há equilíbrio entre plantas, solo, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes, e as plantas conseguem tolerar estresses e adversidades (ALTIERI, 2004), por exemplo, ao ataque de pragas. Técnicas como a fertilização adequada por meio da adubação orgânica, do uso do plantio direto, da rotação de culturas com plantas leguminosas, os consórcios e cultivo em alamedas; o cultivo mínimo; a utilização de *mulching*; o manejo adequado de plantas espontâneas; o aumento de refúgios para inimigos naturais, entre outros, necessita de mais pesquisas para *S. frugiperda*.

Contudo, em geral, já são comprovadamente eficazes na manutenção do equilíbrio do agroecossistema, conferindo resistência às plantas ao ataque de pragas e doenças que, quando acontecem, há grandes chances de não atingirem níveis de danos econômicos: o sistema estando equilibrado, com os inimigos naturais já presentes na área, bem como aqueles introduzidos, também são preservados.

Agradecimentos

Aos professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Alegre e aos pesquisadores do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e

Extensão Rural – Centro de Pesquisa e Inovação Sudoeste Serrano pelo apoio e conhecimentos compartilhados para a construção deste Boletim Técnico.

Referências

AKUTSE, K. S. *et al.* Combining insect pathogenic fungi and a pheromone trap for sustainable management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 177, 2020.

ARAÚJO, I. S. *et al.* Perspectivas atuais da utilização de bioinseticidas em *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 20-27, 2019.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: A dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 120 p.

BRATOVICH, C. *et al.* Evaluation of sex pheromone formulations to attract *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) adult males in Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.78, n.3, p. 7-14, 2019.

CAPINERA, J. L. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **EENY098**. Disponível em: <http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures>. Acesso em: 06 jan. 2021.

CARRIÈRE, Y.; FABRICK, J. A.; TABASHNIK, B. E. Can pyramids and seed mixtures delay resistance to Bt crops? **Trends in biotechnology**, v. 34, n. 4, p. 291-302, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos**: décimo levantamento, julho 2020 – safra 2019/2020. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 17 dez. 2020.

CRUZ, I. Avanços e desafios no controle biológico com predadores e parasitoides na cultura do milho. In: Milho Safrinha: XIII Seminário Nacional, 2015, Maringá, PR. **Anais...** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134910/1/Avancos-desafios.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Integrated management of the fall armyworm on maize**: a guide for farmer field schools in Africa. FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1112643/>. Acesso em: 07 jan. 2021.

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

GASQUES, J. G.; SOUZA, G. S.; BASTOS, E. T. Tendências do agronegócio brasileiro para 2017-2030. *In*: RODRIGUES, R. (Org.). **Agro é paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo**. Piracicaba: ESALQ, 2018. p. 31-68.

GAZOLA, D., ZUCARELI, C., CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipóxia. **Científica**, n. 42, v.3, p. 224–232, 2014.

GOERGEN, G. *et al.* First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. **Plos One**, v. 11, n. 10, 2016.

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.

JARA, J. S. *et al.* Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: uso de nematodos entomopatógenos. **Scientia Agropecuaria**, v. 4, n. 10, p. 551-557, 2019.

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. 55f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MONNERAT, R. *et al.* Evidence of field-evolved resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt corn expressing Cry1F in Brazil that is still sensitive to modified Bt toxins. **Plos One**, v. 10, p. 1–12, 2015.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, p. 8-11, 2015.

VALICENTE, F. H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 13 p. Circular Técnica. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125260/1/circ-208.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

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