

Silício como Estratégia para o Manejo de *Spodoptera frugiperda*



ISSN 1679-0154
Dezembro, 2017

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 160

Silício como Estratégia para o Manejo de *Spodoptera frugiperda*

Fabiola Alves Santos
Michelle Vilela
Jair C. de Moraes
Simone Martins Mendes

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2017

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Roberto dos Santos Trindade, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Foto(s) da capa: Simone Martins Mendes

1ª edição

Formato digital (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo

Silício como estratégia para o manejo de *Spodoptera frugiperda* / Fabiola Alves Santos ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2017.

22 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 160).

1. Praga de planta. 2. Lagarta. 3. Manejo integrado. I. Santos, Fabiola Alves. II. Vilela, Michele. III. Morais, Jair C. de. IV. Mendes, Simone Martins. V. Série.

CDD 632.9 (21. ed.)

Sumário

Resumo	4
Abstract	7
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados	12
Referências	18

Silício como Estratégia para o Manejo de *Spodoptera frugiperda*

Fabiola Alves Santos¹

Michelle Vilela²

Jair C. de Moraes³

Simone Martins Mendes⁴

Resumo

A aplicação de silício na cultura de milho pode elevar o grau de resistência das plantas e, conseqüentemente, reduzir a infestação e os prejuízos causados pela infestação de *Spodoptera frugiperda*. Nesse sentido, o presente estudo verificou o efeito da adição de silício na preferência alimentar e nas injúrias causada pela praga. Houve redução das injúrias causadas pela alimentação de *S. frugiperda* em milho Bt e convencional medido em casa de vegetação. Também foi possível verificar a redução da sobrevivência larval e da biomassa de pupas em função da adição do silício no solo.

¹Eng.-Agrôn., M.Sc. em Entomologia, foi bolsista de Mestrado na Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, faby_minduri@yahoo.com.br

²Eng.-Agrôn., D.Sc. em Entomologia, Pós-Doutora pela Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, michellevilela@live.com;

³Eng.-Agrôn., D.Sc. em Entomologia, Professor Entomologia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia (DEN), Av. Doutor Sylvio Menicucci, 1001, Kennedy, Lavras, MG, CEP 37200-000, Caixa Postal 3037, jaircamposmoraes@gmail.com

⁴Eng.-Agrôn., D.Sc. em Entomologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, simone.mendes@embrapa.br

Esses resultados apontam para o potencial da adição de silício em campo, como estratégia para MIP.

Palavras-chave: Resistência induzida, MIP, pragas do milho, lagarta-do-cartucho

Silicon as Strategy in the *Spodoptera frugiperda* Management

***Fabiola Alves Santos*¹**

***Michelle Vilela*²**

***Jair C. de Morais*³**

***Simone Martins Mendes*⁴**

Abstract

The use of silicon in the maize crop can improve the resistance level of plants and reduce the damage of *S. frugiperda* feeding. In this study, we verified the effect of silicon addition on the food preference and damage made by this pest. There was reduction in the injuries by *S. frugiperda* feeding in Bt and non Bt maize observed in the greenhouse assays. We verified the larval survival and pupa biomass reduction in function of the silicon addition. These results point to the potential of silicon addition in the maize crop as a strategy for IPM.

Keywords: Induced resistance, IPM, maize pests, fall armyworm

Introdução

A utilização de métodos de controle que visam aumentar o grau de resistência das plantas ao ataque de insetos-praga está sendo cada vez mais pesquisada na agricultura, em busca da redução do uso de agroquímicos, do aumento da vida útil

de ingredientes ativos, e da diminuição do impacto ambiental dessa prática no agroecossistema (GOUSSAIN, 2006).

Nesse contexto, o manejo integrado de pragas vem adotando cada vez mais práticas que conciliam a adoção conjunta de várias táticas de controle, como uso de plantas Bt e controle químico ou biológico. O uso de indutores de resistência, como o silício, tem ganhado cada vez mais adeptos na agricultura do País (CAMARGO et al., 2011). O silício é um indutor natural de resistência de plantas a pragas e doenças, além de ser o segundo elemento mais abundante no solo e facilmente absorvido pelas plantas na forma de ácido silícico. Após absorvido, é translocado e depositado logo abaixo da cutícula, formando uma dupla camada silício-cutícula que confere proteção contra fatores abióticos, toxidez por elementos, salinidade, geada e fatores bióticos, como o ataque de insetos (EPSTEIN, 1994, 1999; RANGANATHAN et al., 2006). Pesquisas realizadas têm demonstrado que plantas tratadas com silício apresentam resistência ao ataque de insetos-praga sugadores (COSTA et al., 2009, 2011) e mastigadores (GOUSSAIN et al., 2002; NERI et al., 2009; KVEDARAS et al., 2009).

Portanto, a aplicação de silício na cultura de milho poderá elevar o grau de resistência das plantas e, conseqüentemente, reduzir a infestação e os prejuízos. Dentre as pragas mais importantes da cultura do milho destaca-se a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (Figura1), que em condições climáticas favoráveis apresenta um elevado potencial reprodutivo. Dessa forma, aumenta rapidamente sua população, ocasionando danos nas folhas e no cartucho, comprometendo o vigor das plantas e, conseqüentemente, a produção de grãos. No Brasil, as perdas

oscilam entre 34 e 40%, com prejuízos estimados da ordem de 400 milhões de dólares por ano (CRUZ et al., 1999). Goussain et al. (2002) observaram maior mortalidade e aumento de canibalismo em *S. frugiperda* quando estas foram alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com silício. Constatou-se neste mesmo trabalho um acentuado desgaste das mandíbulas das lagartas nos seis ínstares, quando estas se alimentaram de folhas apresentando maior concentração de silício. Foi sugerido que a aplicação de silício pode dificultar a alimentação de lagartas, causando aumento de mortalidade e de canibalismo, tornando, portanto, as plantas de milho mais resistentes a essa praga. O milho expressando toxinas do Bt tem sido a estratégia de manejo de *S. frugiperda*, mais utilizada no Brasil, haja vista que 88,4% do milho primeira safra e 62,4% do milho segunda safra no Brasil foram geneticamente modificados para resistência a insetos (CÉLERES, 2017). As tecnologias disponíveis para o cultivo e a comercialização de milho no Brasil, até a safra 2017/18, possuem sete proteínas Bt disponíveis comercialmente, sendo 12 eventos com ação para lepidópteros-praga e um evento para o controle de coleóptero-praga, larvas de diabrótica. Dessas, uma proteína (Cry1F), oficialmente, já perdeu sua eficácia em razão da quebra da resistência de *S. frugiperda* (FARIAS et al., 2014), e outros eventos, como os que expressam a proteína Cry1Ab, têm mostrado falhas de controle (FATORETTO et al., 2017).

Dessa forma a eficácia da tecnologia tem sido diversificada no País, evidenciando a necessidade de estratégias de manejo com mecanismos de ação diferenciados. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do silício associado ao uso da tecnologia Bt em milho, sobre a preferência alimentar e as injúrias causadas pela alimentação de *S. frugiperda*. Para

tanto foi utilizado o milho que expressa a proteína em baixa dose, Cry1Ab, simulando a associação do uso da tecnologia Bt à aplicação de silício. O estudo foi conduzido em casa de vegetação e aponta perspectivas para validação dos resultados em condições de campo.



Figura 1. Lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos em laboratório e casa de vegetação da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG. Foram utilizados híbridos de milho 30F35YG, expressando Cry1Ab (evento MON 810), e o isogênico não Bt 30F35.

Ensaio de Injúrias e Variáveis Biológicas

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com híbrido de milho expressando a toxina Cry1Ab e o respectivo isogênico não Bt. Foram semeadas seis sementes por vaso e,

após o desbaste aos 10 dias, deixadas quatro plantas por vaso de 18 Kg, contendo substrato composto de terra, adubado com 50g de NPK 08-28-16 e 0.3% de zinco por 100 kg de solo. Dez dias após a emergência das plantas, realizou-se a aplicação de ácido silícico. O silício foi aplicado na forma de solução aquosa de ácido silícico a 1%, sobre o solo ao redor das plantas, na dosagem de litro da solução por vaso (dosagem equivalente a 1.100 Kg de SiO_2 ha^{-1}). Após cinco dias, infestou-se cada planta com cinco lagartas recém-eclodidas. Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e 12 repetições. Utilizaram-se os seguintes tratamentos: T1) milho não Bt; T2) milho não Bt + silício; T3) milho Bt Cry 1Ab; T4) milho Bt Cry1Ab + silício.

Quatorze dias após a infestação, foram selecionados seis vasos por tratamento para avaliação do número de lagartas vivas e sua biomassa (mg). Para tanto, as plantas foram cortadas, levadas para laboratório e as lagartas foram individualizadas em copos plásticos de 50 ml devidamente identificados. Após 21 dias da infestação, em outros seis vasos, as plantas foram cortadas e as pupas coletadas e colocadas em copos plásticos de 50 ml para determinação do número e da biomassa.

As avaliações das injúrias foram realizadas aos 7, 14 e 21 dias após a infestação utilizando-se uma escala de notas de 0 a 5 (CARVALHO, 1970), observando o cartucho da planta e considerando apenas as seis folhas centrais. A nota zero corresponde a plantas sem dano; nota um, a plantas com folhas raspadas; nota dois, às plantas com folhas furadas; nota três, às plantas com lesão nas folhas e no cartucho; nota quatro, às plantas com o cartucho destruído; e nota cinco corresponde às plantas com muitas folhas e cartucho totalmente destruído.

Aos 21 dias após a infestação, pode-se assumir que as lagartas tenham entrado na fase de pupa, contudo, a planta continua a se desenvolver. Nesse caso, a injúria provocada pela alimentação das lagartas dentro do cartucho pode se tornar ainda mais evidente, por causa do desenvolvimento da planta.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: a) sobrevivência da fase jovem (21s) - as lagartas foram individualizadas; b) biomassa larval - após 14 dias, avaliou-se a biomassa (mg) das lagartas sobreviventes em balança de precisão (0,1 mg); c) sobrevivência da fase jovem (21 dias após a eclosão das lagartas); e d) biomassa de pupas medidas aos 21 dias ou até 24 após a passagem para o estágio de pupa.

Preferência de Lagartas em Teste de Livre Escolha

Em casa de vegetação, foram semeadas seis sementes de milho híbrido não Bt e seu isogênico Bt com a toxina Cry1Ab, em vasos com 2 kg. O solo foi adubado com 50g do formulado NPK 08-28-16 e 0.3% de zinco por 100 kg de solo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 16 repetições. Decorridos 10 dias da emergência das plantas, foram utilizados os tratamentos: T1) milho não Bt + 200 ml de água; T2) milho não Bt + 200 ml de solução de ácido silícico a 1%; T3) milho Bt Cry1Ab + 200 ml de água; T4) milho Cry 1Ab + 200 ml de solução de ácido silícico a 1%. A solução de ácido silícico foi aplicada no solo, ao redor das plantas de cada vaso.

Para o teste de preferência, as folhas foram destacadas e, no laboratório, lavadas em água corrente e imersas em solução de hipoclorito a 1% por cinco minutos. Depois de secas, foram dispostas equidistantemente em placa de Petri de 20 cm de

diâmetro. Para diferenciar os tratamentos, as seções foliares foram cortadas em diferentes formatos, isto é, retangulares (3x6.8 cm e 4x5.2 cm), quadradas e circulares. As folhas foram infestadas com 10 lagartas recém-eclodidas, no centro da placa, que foi vedada com filme de PVC. As placas foram escurecidas com papel jornal, para evitar o efeito do fototropismo, e mantidas em salas climatizadas reguladas a 25 ± 2 °C, UR de $70 \pm 10\%$. O número de lagartas sobre as folhas de cada tratamento foi registrado após 24h da liberação, de acordo com a metodologia adotada por Mendes et al. (2011). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 40 repetições.

Os dados de danos foram transformados para $(x + 0.5)^{1/2}$ e submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados

Verificou-se diferença significativa na sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda*, avaliadas aos 14 dias, para os tratamentos com e sem aplicação de ácido silícico avaliados em casa de vegetação, mostrando redução das lagartas sobreviventes para milho não Bt e Bt com a aplicação do silício (Tabela 1). Quando avaliada a sobrevivência da fase jovem aos 21 dias após eclosão, em milho Bt Cry1Ab e convencional, o efeito da aplicação de ácido silícico é ainda mais evidente (Tabela 1).

Essa alta sobrevivência para *S. frugiperda* em milho Cry1Ab também foi observada por Omoto et al. (2016), que encontraram em torno de 50% de sobrevivência para lagartas de até cinco dias alimentando-se em discos foliares. Mendes et al. (2011)

encontraram sobrevivência pré-imaginal variando entre 14 e 56%, dependendo do híbrido em que o evento foi introgridido. Sousa et al. (2016) encontraram entre 10 e 70% de sobrevivência da fase jovem desse inseto, dependendo da origem da população e da exposição previa à proteína em campo. Todos esses trabalhos ressaltam o efeito de baixa dose da proteína Cry1Ab para *S. frugiperda* expressa em milho. Para explicar tal fato, Aranda et al. (1996) mostraram que a ligação da proteína Cry1Ab tem baixa afinidade com a membrana do intestino dessa praga, além disso Miranda et al. (2001) relataram que essa proteína pode se degradar rapidamente no intestino desse inseto. Isso indica necessidade de complementação das estratégias de controle, quando utilizado evento em milho Bt que expressa tal proteína. Nesse sentido, os dados encontrados no presente estudo (Tabela 1) evidenciam o efeito do acréscimo da aplicação de ácido silícico em milho Bt, reduzindo a sobrevivência de *S. frugiperda*.

A biomassa larval, medida aos 14 dias, também corrobora com a constatação supracitada. A maior biomassa de lagartas observada foi daquelas mantidas em milho convencional. Também para esse parâmetro, a conciliação do milho Bt com a aplicação de ácido silícico mostrou-se eficiente, pois a biomassa das lagartas foi duas vezes menor que daquelas que se alimentaram de milho convencional (Tabela 1).

Quando avaliada a biomassa de pupas (21 dias após infestação), também foi possível observar diferença significativa entre os tratamentos, contudo essa diferença em valores é menor do que para os valores médios encontrados na fase larval (Tabela 1). O efeito do milho Cry1Ab na redução da biomassa de larvas e pupas também foi constatado por Sousa

et al. (2016), que mostraram ser a evidência do efeito subletal da proteína, corroborado pelos dados de Santos-Amaya et al. (2016), para a proteína Cry1F. Insetos com menor biomassa têm maior dificuldade para completar o desenvolvimento, sendo esse um parâmetro que indica o efeito tanto da proteína Bt quanto do silício na alteração dos parâmetros biológicos do inseto.

Tabela 1. Média (\pm ep) do percentual de sobrevivência larval (14 dias após eclosão) e da fase jovem (21 dias após eclosão) e biomassa (mg) de lagartas (14 dias) e pupa (21 dias) de *Spodoptera frugiperda* em milho Bt Cry1Ab, com e sem aplicação de ácido silícico, em casa de vegetação à 27 ± 3 °C.

Tratamento	Sobrevivência (%)		Biomassa (mg)	
	Lagarta	Pupa	Lagarta	Pupa
	14 dias	21 dias	14 dias	21 dias
Milho não Bt	42.5 \pm 6.16 a	36.7 \pm 2.78 a	430.5 \pm 4.87 a	266.66 \pm 7.33 a
Milho não Bt + Si	21,5 \pm 3.16 b	18.3 \pm 3.80 c	332.7 \pm 8.38 b	253.16 \pm 6.35 a
Milho Cry1Ab	30.8 \pm 4.16 a	27.5 \pm 1.11 b	316.9 \pm 7.53 b	196.8 \pm 7.78 b
Milho Cry1Ab + Si	14.2 \pm 3.75 b	10.0 \pm 1.29 c	183.1 \pm 1.01 c	194.8 \pm 5.01 b

*Medias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Existe uma correlação entre o valor da biomassa de pupas e a fertilidade dos adultos. Dessa forma, Penco e Martin (1982) mostraram que quanto maior a biomassa de pupas maior a fertilidade dos adultos. Boregas et al. (2013) equacionaram um índice em que a biomassa de pupas dessa espécie é um dos principais componentes da fórmula. Assim, a menor biomassa apresentada pelo uso do milho Bt é considerada um fator importante para o manejo da espécie em condições de campo. Nesse sentido, a interação com o uso do silício é positiva, uma

vez que o uso do milho Bt promove redução nesse parâmetro biológico, indicando a interação positiva e complementar das duas táticas de Manejo Integrado de Pragas.

As notas atribuídas às injúrias oriundas da alimentação de *S. frugiperda* nos diferentes tratamentos também apresentaram diferenças significativas (Figura 2). A adição de ácido silícico reduziu a nota das injúrias em ambos os tratamentos, milho convencional e Bt, mostrando que o efeito do silício pode ser considerado uma ferramenta importante para o manejo de *S. frugiperda*. Moraes et al. (2015), estudando a nota de injúria causada por essa espécie de praga em vários híbridos contendo diferentes eventos Bt, encontraram valores intermediários para os híbridos que expressavam a proteína Cy1Ab. Aqueles autores observaram grandes variações para as diferentes proteínas Bt expressas nos híbridos estudados. Contudo, os dados apontam para a necessidade de estratégias complementares de manejo em híbridos Bt com notas de injúrias mais elevadas.

Nesse sentido, o silício pode induzir as plantas a formar uma barreira mecânica que dificulta a alimentação das lagartas (GOUSSAIN et al., 2002). Para outros insetos mastigadores também já foi constatada a formação desse tipo de defesa mecânica observada nesta pesquisa, como para gafanhoto em gramínea (MASSEY et al., 2007). Dessa forma, é possível inferir que os métodos de controle são compatíveis e complementares, sobretudo quando se trata de manejo da resistência, em que eles têm mecanismos de ação diferentes.

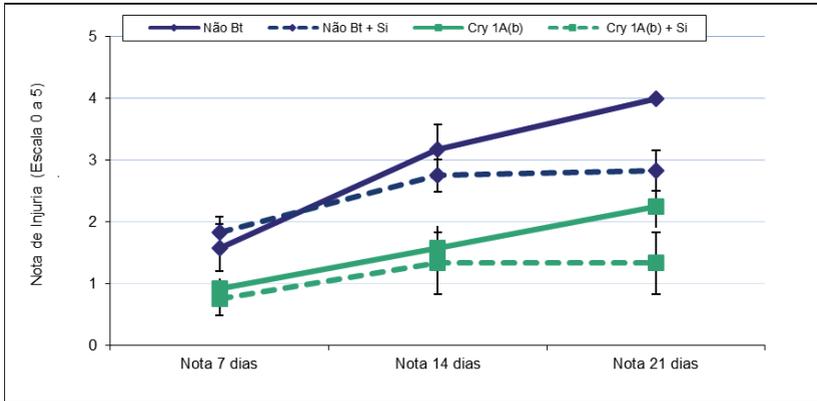


Figura 2. Nota de injúria (\pm IC, $P=0,05$) causada pela alimentação de *Spodoptera frugiperda* em plantas de milho convencional e Bt, com e sem aplicação de ácido silícico.

Preferência de Lagartas em Teste de Livre Escolha

Observou-se diferença significativa na preferência das lagartas após 24 horas da liberação (Tabela 2). O maior número de lagartas foi encontrado nas seções foliares oriundas do milho não Bt sem aplicação de silício, e o menor número, no milho expressando Cry1Ab, com aplicação de silício. Pode-se observar, ainda, que a aplicação de silício reduziu a preferência das lagartas no milho Bt e no não Bt, sendo que neste último o comportamento da lagarta foi similar ao daquele que contém a toxina Cry1Ab.

A não preferência para alimentação devida à presença da toxina Cry1Ab na folha do milho concorda com dados obtidos por Mendes et al. (2011), indicando que, além da atividade tóxica, a proteína Bt exerce ação de deterrência alimentar. Assim, pode-se inferir que as lagartas conseguem distinguir tanto a toxina Cry1Ab quanto a barreira induzida pelo silício nas folhas de

milho, não as preferindo para alimentação. Isso corrobora com o observado por Busato et al. (2004), que encontraram menor preferência e consumo de *S. frugiperda* em plantas de arroz em razão de altos teores de sílica. Nascimento et al. (2014) também observaram menor consumo foliar em teste de preferência para *S. frugiperda* quando foi adicionada uma fonte de silício nas folhas de milho que foram oferecidas para alimentação larval.

Tabela 2. Número médio (\pm ep) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* por secção foliar de milho Bt /convencional com e sem aplicação de ácido silícico, em teste de livre escolha.

Tratamento	Número de lagartas
Milho não Bt	4.2 \pm 0.59 a
Milho não Bt + Si	1.5 \pm 0.34 bc
Milho Bt (Cry1Ab)	1.9 \pm 0.44 b
Milho Bt (Cry1Ab) + Si	0.5 \pm 0.18 c

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

É importante ressaltar que a opção de avaliar as cultivares de milho que expressam um evento Bt em baixa dose evidencia a contribuição que a aplicação de ácido silícico pode acrescentar para o manejo de lagartas no sistema, observada pelas variáveis biológicas aqui estudadas. A combinação das duas barreiras de defesa da planta de milho a *S. frugiperda*, química representada pelo Bt e mecânica em função do silício, também pode contribuir para evitar o desenvolvimento de resistência das lagartas às toxinas Bt em programas de manejo da resistência desse inseto-praga em cultura de milho Bt.

Entretanto, experimentos em campo ainda são necessários para a validação desses resultados em condições de campo.

Referências

ARANDA, E.; SANCHEZ, J.; PEFEROEN, M.; GÜERECAL, L.; BRAVO, A. Interactions of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins with the midgut epithelial cells of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal Invertebrate Pathology**, San Diego, v. 68, p. 203-212, 1996.

BOREGAS, K. G. B.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES, G. W. Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 61-70, 2013.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GILO, F. P.; MARTINS, A. F. Preferência para alimentação de biótipos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) por milho, sorgo, arroz e capim-arroz. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 2, p. 215-218, 2004.

CAMARGO, J. M. M.; MORAES, J. C.; ZANOL, K. R. M.; QUEIROZ, D. L. Interação silício e insetos-praga: defesa mecânica ou química? **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 85, n. 1, p. 10-12, 2011.

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação populacional, controle e comportamento e *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo.** 1970. 170 f. Tese (Doutorado em Entomologia) -

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1970.

CÉLERES. 3º Levantamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2016/17. Uberlândia, 2017. Disponível em: <<http://www.celeres.com.br/3o-levantamento-de-adocao-da-biotecnologia-agricola-no-brasil-safra-201617>>. Acesso em: 11 out. 2017.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. da. Interação silício-imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 2, p. 455-460, mar./abr. 2009.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. da. Feeding behavior of the greenbug *Schizaphis graminum* on wheat plants treated with imidacloprid and/or silicon. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 135, n. 1/2, p. 115-120, Feb. 2011.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELLOS, 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**, London, v. 45, n. 4, p. 293-296, 1999.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, June 1999.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings National of Academy Sciences of the United States of America**, Washington, v. 91, n. 1, p. 11-17, Jan. 1994.

FARIAS, J.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, P. F.; SANTOS, A. C. dos; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, Guildford, v. 64, p. 150-158, 2014.

FATORETTO, J. C.; MICHEL, A. P.; SILVA FILHO, M. C.; SILVA, N. Adaptive potential of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) limits Bt trait durability in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2017.

GOUSSAIN, N. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 305-310, 2002.

GOUSSAIN, M. M. **Interação trigo-silício-inseticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitorado pela técnica Electrical Penetration Graphs (EG)**. 2006. 59 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 11, n. 3, p. 301-306, Apr. 2009.

MASSEY, F. P.; ROLAND ENNOS, A.; HARTLEY, S. E. Herbivore specific induction of silica-based plant defenses. **Oecologia**, Berlin, v. 152, n. 4, p. 677-683, 2007.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho ao milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1Ab.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 46, n. 239-244, mar. 2011.

MIRANDA, R.; ZAMUDIO, F. Z.; BRAVO A. Processing of Cry1Ab delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* by *Manduca sexta* and *Spodoptera frugiperda* midgut proteases: role in protoxin activation and toxin inactivation. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 31, n. 12, p. 1155-1163, 2001.

MORAES, A. R. A. de; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 1, p. 50-57, mar. 2015.

NASCIMENTO, A. M.; ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; SAKOMURA, R. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 215-218, 2014.

NERI, D. K. P.; GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; GÓES, G. B.; MARROCOS, S. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1633-1638, jun./set. 2009.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab

maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, Sussex, v. 72, n. 9, p. 1727-1736, 2016.

PENCOE, N. L.; MARTIN, P. B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval development adult fecundity on five grass hosts. **Environmental Entomology**, College Park, v. 11, n. 3, p. 720-723, 1982.

RANGANATHAN, S.; SUVARCHALA, V.; RAJESH, Y. B. R. D.; SRINIVASA PRASAD, M.; PADMAKUMARI, A. P.; VOLETI, S. R. Effects of silicon sources on its deposition, chlorophyll content, and disease and resistance in rice. **Biology Plantarum**, Copenhagen, v. 50, n. 4, p. 713-716, Apr. 2006.

SANTOS-AMAYA, O. F.; TAVARES, C. S.; MONTEIRO, H. M.; TEIXEIRA, T. P. M.; GUEDES, R. N. C.; ALVES, A. P.; PEREIRA, E. J. G. Genetic basis of Cry1F resistance in two Brazilian populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Crop Protection**, Guildford, v. 81, p. 154-162, 2016.

SOUSA, F. F.; MENDES, S. M.; SANTOS-AMAYA, O. F.; ARAÚJO, O. G.; OLIVEIRA, E. E.; PEREIRA, E. J. G. Life-history traits of *Spodoptera frugiperda* populations exposed to low-dose Bt maize. **Plos One**, San Francisco, v. 11, n. 5, p. 1-18, May 2016.

Embrapa

Milho e Sorgo

CGPE - 14324



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

