



FRANSCINELY APARECIDA DE ASSIS

RESISTÊNCIA DE GIRASSOL A *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) E A *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) INDUZIDA POR SILÍCIO E ACIBENZOLAR-S-METIL

LAVRAS - MG

2014

FRANSCINELY APARECIDA DE ASSIS

**RESISTÊNCIA DE GIRASSOL A *Chlosyne lacinia saundersii*
(Lepidoptera: Nymphalidae) E A *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)
INDUZIDA POR SILÍCIO E ACIBENZOLAR-S-METIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Jair Campos Moraes

Coorientador

Dr. Alexander Machado Auad (EMBRAPA GADO DE LEITE)

LAVRAS-MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Assis, Franscinely Aparecida de.

Resistência de girassol a *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) e a *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) induzida por silício e acibenzolar-S-metil / Franscinely Aparecida de Assis. – Lavras : UFLA, 2014.

81 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Jair Campos Moraes.

Coorientador: Alexander Machado Auad (EMBRAPA)

Bibliografia.

1. Lagarta preta do girassol. 2. Pulgão verde. 3. Ácido silícico. 4. Benzotiadiazole. 5. Injúrias artificiais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 632.7

FRANSCINELY APARECIDA DE ASSIS

**RESISTÊNCIA DE GIRASSOL A *Chlosyne lacinia saundersii*
(Lepidoptera: Nymphalidae) E A *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)
INDUZIDA POR SILÍCIO E ACIBENZOLAR-S-METIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2014.

Dr. Alexander Machado Auad	EMBRAPA Gado de Leite - Juiz de Fora
Dra. Eliana Alcantra	UNINCOR – Campus Três Corações
Dra. Lenira Viana Costa Santa-Cecília	EPAMIG-URESMEcoCentro - Lavras
Dr. Rogério Antônio Silva	EPAMIG-URESMEcoCentro - Lavras

Dr. Jair Campos Moraes
Orientador

LAVRAS-MG

2014

Aos meus pais, Washington e Cristina, exemplos de dedicação, que nunca mediram esforços para que eu pudesse completar os meus estudos e por sempre acreditarem em meu potencial. Tudo o que consegui devo a vocês!!!

À minha irmã e psicóloga, Cintia, pelas palavras sensatas e, também, pelos conselhos.

À minha irmã e ao mesmo tempo “filha”, Gleice, exemplo de pessoa ética, pela parceria, cumplicidade e ensinamentos.

À minha avó, Aparecida Odília (in memoriam) pela doçura e carinho e à minha tia Antônia pelas orações.

Ao Antônio César pelo companheirismo e amor.

À minha amiga, Rita Dionísio, que mesmo distante torceu e vibrou comigo a cada conquista e que diante dos desafios nunca me deixou desistir.

Ao meu amigo que “não pertence a este mundo” Luís Fidélis por toda a energia positiva e pela confiança.

À Isabela, Joãozinho, Nina, Chiquinho, Diguinho, Cristal, Pixote, Marron e Lacy por terem trazido mais alegria, brincadeiras, bagunças e descontração aos meus dias.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a conclusão de mais esta etapa de minha vida.

Aos meus pais, que são os pilares de sustentação da minha vida, por todo o incentivo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e aos professores do Departamento de Entomologia (DEN) pelos ensinamentos transmitidos e por terem auxiliado em minha formação durante toda a graduação e pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao Prof. Dr. Jair Campos Moraes pela orientação e ensinamentos ao longo de toda formação.

Aos Pesquisadores Alexander Auad, Lenira Santa-Cecília, Rogério Silva e à Profa. Eliana Alcantra pelas excelentes contribuições para melhoria do meu trabalho.

À Profa. Dra. Rosângela Alves Tristão Borém pela oportunidade concedida de atuar como docente voluntária na Disciplina de Ecologia Agrícola e, também, pela amizade.

Às laboratoristas do DEN, Irene e Léia, exemplos de profissionalismo, pelo apoio durante a condução dos experimentos, pela amizade e pelas brincadeiras.

Aos colegas da Pós-Graduação, Amanda Nascimento, Daniela Maria, DeJane Alves, Elisângela Aparecida, Giselle Pimentel, Melissa Toledo, Juracy Caldeira, Priscilla Dantas, Ricardo Tanque e Sandra Elisa, por toda a ajuda e convivência.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

“Bendito é o homem cuja confiança está no senhor”

(Jeremias 17-7)

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos da aplicação de silício (Si), acibenzolar-S-metil (ASM) e das injúrias artificiais na indução de resistência de plantas de girassol a lagarta preta *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) e ao pulgão *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) e no desenvolvimento vegetativo da planta. A preferência alimentar de lagartas de 1^o e de 4^o ínstar foi avaliada utilizando-se o DBC com quatro tratamentos e 20 blocos, sendo: T1- Si; T2- ASM; T3- Si + ASM e T4- testemunha. As avaliações foram realizadas após 24h, 48h, 72h e 96h da infestação pela contagem de lagartas em cada tratamento e pelo índice de repelência (IR). Também foi determinada a área foliar consumida (AFC), porém o índice de preferência foi calculado apenas para lagartas de 4^o ínstar. Para as características vegetativas foram avaliados: altura (ALT), diâmetro da haste (DH), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea. Para investigar os efeitos da antibiose foram avaliadas na fase larval: o peso aos 10 e 15 dias de idade, AFC, porcentagem de mortalidade das lagartas (PML) e a duração da fase; fase de pupa: o peso 24h após a formação, viabilidade e a duração da fase e, na fase adulta: a longevidade e razão sexual. Também foram determinados os teores de Si (TSi) e de lignina (TL) das plantas. Os efeitos da aplicação do Si e das injúrias artificiais sobre alguns aspectos biológicos da lagarta preta e no desenvolvimento vegetativo do girassol foram avaliados utilizando-se o DIC, com seis tratamentos e 10 repetições, sendo: T1- testemunha, T2- injúrias, T3- Si (*drench*), T4- Si (*drench*) + injúrias, T5- Si (*drench* + foliar) e T6- Si (*drench* + foliar) + injúrias. Foram avaliadas a porcentagem de folhas com injúrias (PFI) provocadas pelas lagartas, AFC, peso e PML e os parâmetros vegetativos, como ALT, DH, IRC, MFPA, MSPA e TSi. A não-preferência de *M. persicae* em girassol foi avaliada em teste com e sem chance de escolha com quatro tratamentos, sendo: T1- testemunha; T2- Si (*drench*); T3- Si (*drench*) + foliar e T4- Si (foliar). As avaliações foram feitas após 24h, 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas às 24h, 48h e 72h e de adultos em cada seção foliar. Após 72h foi calculado o IR no teste de livre escolha. Os indutores de resistência afetam negativamente a preferência alimentar, o consumo e alguns aspectos biológicos da lagarta preta do girassol. Além disso, a utilização de Si promove redução de injúrias provocadas pela praga, contribuindo para elevar o teor deste elemento nas plantas. No caso do pulgão, o Si pode afetar o número de ninfas e a preferência alimentar.

Palavras-chave: Lagarta preta do girassol. Pulgão Verde. Ácido silícico. Benzotiadiazole. Injúrias artificiais.

ABSTRACT

This work aimed at evaluating the effects of applying silicon (Si) and acibenzolar-s-methyl (ASM) and of artificial injuries in the induction of resistance of sunflower plants to the sunflower caterpillar *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) and the aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), and in the plant's vegetative development. The food preference of 1st and 4th instar caterpillar was evaluated using a randomized block design with four treatments and 20 blocks, with: T1 – Si; T2 – ASM; T3 – Si + ASM and T4 – control. The evaluations were performed after 24h, 48h, 72h and 96h of infestation by counting the caterpillars in each treatment and by the repellency index (RI). We also determined the consumed foliar area (CFA), however, the preference index was calculated only for 4th instar caterpillar. For the vegetative characteristics we evaluated: height (HEI), stem diameter (SD), chlorophyll relative index (CRI), shoot fresh (SFM) and dry mass (SDM). In order to investigate the effects of the antibiosis, were evaluated, in the larval phase: weight at 10 and 15 days of age, CFA, mortality percentage (MP) and phase duration and, in the adult phase: longevity and sexual ratio. Were also determined the silicon content (SiC) and lignin (LC) of the plants. The effects of applying Si and of artificial injuries over some of the sunflower caterpillar's biological aspects and in the sunflower's vegetative development were evaluated using a completely randomized design, with six treatments and 10 replicates, with: T1 – control; T2 – injuries; T3 – Si (drench); T4 – Si (drench) + injuries; T5 – Si (drench + foliar) and T6 – Si (drench + foliar) + injuries. Were evaluated the percentage of leaves with injuries (PLI) caused by the caterpillars, CFA, weight and MP, and the vegetative parameters, such as HEI, SD, CRI, SFM, SDM and SiC. The non-preference of *M. persicae* for sunflower was evaluated in a test with and without the chance of choosing in four treatments, with: T1 – control; T2 – Si (drench); T3 – Si (drench + foliar) and T4 – Si (foliar). The evaluations were performed after 24h, 48h and 72h of infestation by counting the nymphs at 24h, 48h and 72h and the adults in each foliar section. After 72h were calculated the RI in the free choice test. The resistance inducers negatively affect the food preference, consumption and a few biological aspects of the sunflower caterpillar. In addition, the use of Si promotes reduction of the injuries caused by the pest, contributing in elevating the content of this element in the plants. In the case of the aphid, the Si may affect the number of nymphs and food preference.

Keywords: Sunflower caterpillar. Green aphid. Silicic acid. Benzothiadiazole. Artificial Injuries.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Teor de silício (SiO₂) (%) (± erro padrão) nos restos foliares de girassol (*H. annuus* L.), submetidos a diferentes tratamentos, não consumidos por *C. lacinia saundersii*50
- Figura 2 Teor de lignina (%) (± erro padrão) em folhas de girassol (*H. annuus* L.) nos vasos, submetidas a diferentes tratamentos51
- Figura 3 Teor de silício (SiO₂) (%) (± erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e haste) de girassol (*H. annuus* L.) submetido a diferentes tratamentos.....57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Número de lagartas (média±erro padrão) e índice de repelência (IR) às 96h, de <i>C. lacinia saundersii</i> de 1º ínstar em seções foliares de girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetidas a diferentes tratamentos.	41
Tabela 2	Área foliar consumida (cm ²) (média±erro padrão) de girassol (<i>H. annuus</i> L.) por lagartas de <i>C. lacinia saundersii</i> de 1º ínstar submetidas a diferentes tratamentos	42
Tabela 3	Área foliar consumida (cm ²) (média±erro padrão) de girassol (<i>H. annuus</i> L.) e índice de preferência em relação ao consumo (IP) por lagartas de <i>C. lacinia saundersii</i> de 4º ínstar submetidas a diferentes tratamentos	43
Tabela 4	Altura (cm), diâmetro da haste (mm), índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca e seca (g) (média±erro padrão) da parte aérea de plantas de girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetidas a diferentes tratamentos.....	45
Tabela 5	Duração da fase larval (dias), duração da fase de pupa (dias), viabilidade de pupa (%), longevidade da fase adulta (dias) e razão sexual de <i>C. lacinia saundersii</i> , submetidas a diferentes tratamentos	47
Tabela 6	Peso das lagartas aos 10 e 15 dias (mg), área foliar consumida (cm ²), porcentagem de mortalidade das lagartas (%) e peso de pupa (mg) de <i>C. lacinia saundersii</i> , submetidas a diferentes tratamentos	49
Tabela 7	Correlação linear paramétrica de Pearson entre o teor de silício, peso das lagartas aos 10 e 15 dias e teor de lignina	52

Tabela 8	Porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas (%), área foliar consumida (cm ²), peso médio (mg) e porcentagem de mortalidade (%) (média±erro padrão) de lagartas <i>C. lacinia saundersii</i> em plantas de girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetidas a diferentes tratamentos.....	54
Tabela 9	Correlação linear paramétrica de Pearson entre as características teor de silício (TSi), porcentagem de folhas com injúrias (PFI), área foliar consumida (AFC) e peso de lagartas (PL) de <i>C. lacinia saundersii</i> em plantas de girassol (<i>H. annuus</i> L.).....	59
Tabela 10	Altura (cm), diâmetro da haste (mm), índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca e seca (g) (média ±erro padrão) da parte aérea de plantas de girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetidas a diferentes tratamentos.....	61
Tabela 11	Número de ninfas (NN) às 24h e número de ninfas acumulado (NNA) às 48h e 72h de <i>M. persicae</i> , em teste com e sem chance de escolha, em girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetido a diferentes tratamentos	63
Tabela 12	Número de adultos (NA) de <i>M. persicae</i> às 24h, 48h e 72h, em teste com e sem chance de escolha, em girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetido a diferentes tratamentos.....	65
Tabela 13	Índice de repelência (IR) para adultos de <i>M. persicae</i> às 72h em girassol (<i>H. annuus</i> L.) submetido a diferentes tratamentos, em teste com chance de escolha	67
Tabela 14	Correlação linear paramétrica de Pearson entre o índice de repelência e os parâmetros número de ninfas acumulado (NNA) e de adultos (NA) de <i>M. persicae</i> às 48h e 72h em girassol (<i>H. annuus</i> L.), em teste com chance de escolha	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Relevância do girassol no cenário agrícola nacional e internacional	17
2.2	Aspectos biológicos e comportamentais de <i>C. lacinia saundersii</i>	19
2.3	Aspectos biológicos e comportamentais de <i>M. persicae</i>	23
2.4	Indutores de resistência: silício, acibenzolar-S-metil e injúrias artificiais	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Obtenção de <i>C. lacinia saundersii</i>	29
3.1.1	Preferência alimentar da lagarta preta e desenvolvimento vegetativo do girassol tratado com silício e acibenzolar-S-metil	29
3.1.2	Antibiose à lagarta preta do girassol induzida por silício e acibenzolar-S-metil	32
3.1.3	Efeito da aplicação do silício e das injúrias artificiais sobre alguns aspectos biológicos da lagarta preta e no desenvolvimento vegetativo do girassol	35
3.2	Não-preferência ao pulgão <i>M. persicae</i> em girassol tratado com silício	37
3.2.1	Criação de <i>M. persicae</i>	37
3.2.2	Metodologia Geral	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Preferência alimentar da lagarta preta e desenvolvimento vegetativo do girassol tratado com silício e acibenzolar-S-metil	40
4.2	Antibiose à lagarta preta do girassol induzida por silício e acibenzolar-S-metil	46
4.3	Efeito da aplicação do silício e das injúrias artificiais sobre alguns aspectos biológicos da lagarta preta e no desenvolvimento vegetativo do girassol	53
4.4	Não-preferência ao pulgão <i>M. persicae</i> em girassol tratado com silício	62
5	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A busca constante por uma fonte de combustível renovável pode ter um impacto positivo na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) para uso como biocombustível (SILVA; FREITAS, 2008), em virtude do teor de óleo (28 a 60%) nos grãos (CASTRO; FARIAS, 2005). As perspectivas do crescimento da área cultivada com essa oleaginosa no Brasil são bastante favoráveis visando atender os diversos mercados.

O girassol pode ser cultivado antecipando-se a uma cultura principal ou ser semeado na safrinha, substituindo, parcialmente, o milho ou o sorgo. O emprego dessa oleaginosa se torna uma alternativa viável, uma vez que seu custo de produção pode ser de 20 a 25% mais barato que o do milho, sem levar em consideração suas inúmeras utilidades agronômicas (LEITE; CASTRO, 2006).

Com a expansão dessa oleaginosa, insetos que tinham pouca expressão, em termos de incidência e danos, passaram a ocorrer em maior intensidade populacional tornando-se, economicamente, importantes. Assim, a lagarta preta do girassol *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewitson, 1849 (Lepidoptera: Nymphalidae), considerada praga chave da cultura, ataca as folhas e o caule da planta e, em caso de ocorrência severa, pode inviabilizar completamente a produção (CAMARGO; AMABILE, 2001). Já o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), que é considerado uma praga secundária, também, causa preocupação, em função dos danos diretos, provocados pela sucção de seiva, e indiretos, em decorrência da transmissão de vírus em girassol (DUJOVNY; USUGI; SHOHARA, 1998).

O controle químico com as misturas comerciais de piretroides + neonicotinoides ou benzoilureias + fosforados vem sendo o método mais difundido para o controle da lagarta preta em girassol (BRASIL, 2013a;

MARTIN et al., 2012). No entanto, o uso exclusivo de inseticidas pode favorecer a ressurgência e/ou resistência das pragas, além de afetar os insetos benéficos, comprometendo, por exemplo, a visita das abelhas nas inflorescências do girassol, refletindo em uma menor polinização e produção de grãos (CHAMBÓ et al., 2010). Por outro lado, para o pulgão *M. persicae*, ainda não existem produtos específicos registrados para o manejo desse afídeo nesta Asteraceae.

Neste contexto, a indução de resistência com a utilização de agentes abióticos, surge como alternativa promissora para o manejo de pragas em sistemas agrícolas de produção de girassol, em função de ativar os próprios mecanismos de defesa das plantas, além dessa tática ser menos impactante ao meio ambiente em relação aos inseticidas. Atualmente, os efeitos benéficos do silício vêm sendo comprovados, em razão de seus diferentes modos de ação sobre os insetos-praga mastigadores e sugadores, podendo interferir na biologia (PEREIRA et al., 2010; SANTOS et al., 2012), no comportamento alimentar (ASSIS et al., 2012; GOUSSAIN; PRADO; MORAES, 2005) e em seus aspectos morfológicos (FREITAS; JUNQUEIRA; MICHEREFF FILHO, 2012; GOUSSAIN et al., 2002).

O acibenzolar-S-metil, embora seja mais comumente utilizado para o controle de patógenos em plantas (FERNANDES et al., 2013), é outro agente abiótico que, também, tem apresentado eficiência no manejo de insetos-praga, comprometendo a alimentação (PEREIRA et al., 2010) e a biologia (COSTA; MORAES, 2006; TOMQUELSKI; MARTINS; PAPA, 2007) destes insetos.

Embora já sejam conhecidos os efeitos benéficos do acibenzolar-S-metil para a resistência das plantas, ainda são escassas as pesquisas com essa substância em girassol visando conferir proteção contra insetos-praga, principalmente, no que se refere a lagartas desfolhadoras, fato que denota a relevância do presente trabalho visando ao manejo integrado de pragas.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos da aplicação de silício, acibenzolar-S-metil e das injúrias artificiais na indução de resistência de plantas de girassol à lagarta preta *C. lacinia saundersii* e ao pulgão *M. persicae* e no desenvolvimento vegetativo da planta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Relevância do girassol no cenário agrícola nacional e internacional

O girassol *H. annuus* é uma planta proveniente da América do Norte, tendo como centro de origem o México (LENTZ et al., 2001). Essa oleaginosa é uma dicotiledônea anual, com ciclo vegetativo variando entre 65 a 155 dias, pertencente à família das Asteraceae, cuja principal característica são as flores reunidas em inflorescências chamadas de capítulo (CASTRO; FARIAS, 2005).

Essa planta destaca-se, juntamente com a soja, a colza e o algodoeiro, como uma das quatro maiores culturas oleaginosas produzidas no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor de oleaginosas ficando atrás apenas dos Estados Unidos (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2013).

O girassol apresenta inúmeras utilidades agronômicas, fato esse que contribui para otimizar o uso da terra e valorizar a cultura em questão. Dentre as principais aplicabilidades dessa oleaginosa destacam-se: a utilização na alimentação humana como óleo, em função de ser rico em ácidos graxos poliinsaturados; emprego da torta de girassol para nutrição de bovinos (OLIVEIRA et al., 2007) e suínos (COSTA et al., 2005); farelo para alimentação das aves (LIMA et al., 2013) e a extração do óleo vegetal para emprego como biocombustível (MAZIERO et al., 2006).

O maior incentivo à utilização de biocombustíveis no Brasil veio após o lançamento, pelo governo federal, do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), em dezembro de 2004, com a lei nº 11.097/2005. O objetivo desse programa foi introduzir o biodiesel na matriz energética do país, com enfoque na inclusão social, considerando o amplo potencial da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel, estabelecendo em caráter autorizativo

a adição de biodiesel ao diesel fóssil. Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura obrigatória de 2% de biodiesel (B2) em todo o território nacional. Em 2010, esse percentual foi elevado para 5% (B5) pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), antecipando em três anos a meta estabelecida pela lei (BRASIL, 2013b).

Segundo Maziero et al. (2006), a utilização de biodiesel de girassol como combustível apresenta como vantagem a redução da emissão de gases poluentes nocivos ao homem, como monóxido e dióxido de carbono, em comparação ao diesel de petróleo, embora haja uma perda do desempenho mecânico do motor.

Em função das múltiplas utilizações, o plantio de girassol no Brasil vem aumentando, sendo prevista para a safra 2013/14 uma área plantada de 68,7 mil ha⁻¹, com estimativa de produção de 108,8 mil toneladas. Atualmente, a região Centro-Oeste tem ocupado posição de destaque no cenário agrícola nacional, em função da maior área cultivada, com 50,7 mil ha⁻¹ no Mato Grosso, correspondendo a 73,8% da área nacional semeada com essa oleaginosa. Essa região é responsável por 82,7% da produção nacional, cujo principal representante é o Mato Grosso com 85,1 mil toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013).

Já a produção mundial para a safra 2012/13 foi de 35,7 milhões de toneladas, sendo a Ucrânia, Rússia, União Europeia e Argentina os quatro maiores produtores de girassol em grãos (USDA, 2012). O preço pago aos produtores rurais pela saca de 60 Kg no Brasil, em dezembro de 2012, foi de R\$ 54,03. Por outro lado, no mercado Argentino, o valor da tonelada deste grão chegou a US\$ 615 (CONAB, 2013).

Dentre os fatores considerados determinantes para o melhor desempenho econômico da cultura destacam-se o menor custo com fertilizantes e a adoção de um manejo que garanta uma boa produtividade, sendo, economicamente, mais

viável a utilização de sementes com alto potencial produtivo, mesmo que o valor de aquisição das mesmas seja elevado. Neste contexto, o custo para a produção de 1 ha de girassol no Brasil, em sistema de agricultura familiar, pode variar de R\$ 451,00 a R\$ 943,00, em função do nível de tecnologia a ser empregado (RIBEIRO; RAIHER, 2013).

O custo de produção do girassol, também, pode ser influenciado pelo uso de inseticidas, uma vez que as perdas na produção, provocadas pelo ataque de insetos-praga, são variáveis em função do estágio fenológico da cultura (LIMA JÚNIOR et al., 2010). Assim, em levantamentos populacionais, realizados nesta Asteraceae, tanto a lagarta preta *C. lacinia saundersii* quanto o pulgão *M. persicae*, podem ser encontrados desde a emergência das plantas até um período próximo à colheita, causando preocupação por causarem, respectivamente, intensa desfolha e transmissão de vírus (BOIÇA JÚNIOR; VENDRAMIM, 1993; LIMA JÚNIOR et al., 2006).

2.2 Aspectos biológicos e comportamentais de *C. lacinia saundersii*

O primeiro registro de *C. lacinia saundersii* em girassol no Brasil foi atribuído a Maranhão (1945), em Piracicaba. Além do estado de São Paulo, esse inseto-praga, também, pode ser encontrado na Bahia, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rondônia (CUNHA et al., 2010). Além do Brasil, esta subespécie, também, já foi relatada na Argentina (LAZZERI; BAR; DAMBORSKY, 2011) e no Paraguai (ARANDA; GRANOVSKY, 1971).

A lagarta preta do girassol é considerada praga chave da cultura, atacando as folhas e o caule e, em caso de ocorrência severa, pode inviabilizar completamente a produção. O início do ciclo de vida desse desfolhador se dá com a postura de massas de ovos, de coloração amarelada, na face abaxial das

folhas, sendo esta realizada pelas borboletas que são pretas e alaranjadas com manchas brancas nos bordos das asas, medindo 40 mm de envergadura. Após sete dias da oviposição, eclodem as lagartas que são escuras com espinhos pelo corpo (CAMARGO; AMABILE, 2001) e passam por seis ínstaes (PARO JÚNIOR; NAKANO, 1976). A duração da fase de lagarta é de 18 dias e, posteriormente, ocorre a formação das pupas que apresentam tonalidade clara com manchas pretas. Essas são formadas, geralmente na haste, nos pecíolos ou nas folhas do girassol (MOSCARDI; SOSA-GÓMEZ; CORSO, 2005), tendo uma duração de, aproximadamente, uma semana (CAMARGO; AMABILE, 2001). Em seguida, ocorre a emergência dos adultos que apresentam longevidade de seis a sete dias (PAULA et al., 2009).

As lagartas de *C. lacinia saundersii* se mantêm agregadas até o terceiro ínstar. A partir do quarto estágio, elas tendem a se desagregar e se distribuir pela planta, apresentando polimorfismo de cor com três fenótipos diferentes, sendo eles: as *nigras*, consideradas as mais abundantes, que são totalmente pretas ou, às vezes, com pontuações amareladas no dorso; seguidas das *bicolores* de coloração preta com listras dorsais alaranjadas, e as *rufas* que são alaranjadas, sendo essas variações atribuídas à frequência de alelos (SILVA; CASAGRANDE, 2003).

Os dois últimos ínstaes são responsáveis por consumirem a maior quantidade de alimento em área foliar, que pode chegar a ser de 55,16 cm² por lagarta (PARO JÚNIOR; NAKANO, 1976). Observações realizadas a campo por Farinha, Pinto e Govone (1997) comprovaram que até atingir o 5º ínstar uma única lagarta consumiu 32,31 cm² de área foliar. Além disso, a alimentação dessa lagarta aumenta exponencialmente com a idade das mesmas, fazendo com que as medidas de controle devam ser iniciadas quando as lagartas estiverem com um tamanho máximo de 1,5 cm (4º ínstar), em função do seu rápido

crescimento e avanço das lagartas das plantas atacadas para as plantas vizinhas (FARINHA; PINTO; GOVONE, 1997; PARO JÚNIOR; NAKANO, 1976).

Quando o ataque se inicia até os 40 dias de idade das plantas (fase de crescimento), a produção é comprometida. Já quando a injúria se dá após 48 a 68 dias, poderá haver uma redução na produção da ordem de 72 a 85% (PARO JÚNIOR; NAKANO, 1976). Sabe-se que no estágio fenológico da planta R5.5 (florescimento), quando 50% das flores do disco estão fertilizadas, as plantas são sensíveis às desfolhas, havendo redução em componentes de produção importantes como diâmetro do capítulo e biomassa de 100 aquênios (LIMA JÚNIOR et al., 2010).

Em relação às atividades de acasalamento e de oviposição, as mesmas ocorrem, preferencialmente, entre 11 e 14 horas/11 e 15 horas, com temperaturas variando de 28 a 31^oC/ 21 a 33^oC e umidade relativa de 25% a 45% / 20% a 75%, respectivamente. Neste contexto, ambos os sexos acasalam nos quatro primeiros dias de vida, com duração de 70 minutos para o período de acasalamento e 47 minutos para o de oviposição, havendo a colocação de 158 ovos/fêmea, em média. Sendo assim, as condições de temperatura, umidade relativa e idade dos indivíduos, constituem fatores positivos para a reprodução de *C. lacinia saundersii* (GOBBI; PIRAS, 1986).

A lagarta preta pode ser encontrada, associada ao cultivo de diversas espécies vegetais, fato que torna o manejo desse inseto-praga dificultado, tendo como principal hospedeiro o girassol. No entanto, plantas como losna branca *Parthenium hysterophorus* L. (JUSTUS; PASINI; OLIVEIRA, 2003), picão preto *Bidens pilosa* L., picão branco *Galinsoga parviflora* Cav. e quiabo *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, já foram registradas como hospedeiras alternativas de *C. lacinia saundersii* (FARINHA; PINTO; GOVONE, 1997).

A maior incidência da lagarta preta em cultivos de girassol no Mato Grosso do Sul foi registrada entre os meses de fevereiro a junho e aos 45 dias

após a emergência das plantas. Além disso, as cultivares 'Cargill-33', 'Contissol', 'Issanka-F', 'PIGB', 'Uruguai' e 'Contissol-621' foram menos infestadas por *C. lacinia saundersii* quando comparadas a 'Contissol 711', 'Contissol 112' e 'Rumano-P4'. Neste contexto, a porcentagem de plantas atacadas e o número de lagartas encontradas por metro linear da cultura são considerados os métodos mais confiáveis para avaliação da infestação da lagarta preta em girassol (BOIÇA JÚNIOR; VENDRAMIM, 1993).

Em outra pesquisa, as cultivares 'Cargill-33' e 'Estanzuela-75' foram consideradas mais resistentes aos desfolhamentos provocados pela lagarta preta em comparação a 'Conti GH-8121' (LOURENÇÃO; UNGARO, 1983). Embora já existam trabalhos com híbridos de girassol visando aos atributos produtivos da cultura (RIGON; RIGON; CAPUANI, 2013), ainda, são escassas as pesquisas com estes materiais visando à resistência ao ataque desse desfolhador.

Em levantamento realizado no município de Selvíria (MS), tanto nos cultivos realizados na primeira época de plantio (novembro) quanto na segunda (março), a densidade populacional de *C. lacinia saundersii* foi superior em relação aos demais insetos-praga registrados na área cultivada com girassol, apresentando picos de ocorrência, respectivamente, aos 83 e 64 dias após a emergência das plantas (BOIÇA JÚNIOR; BOLONHEZI; PACCINI NETO, 1984).

Para conter o ataque da lagarta preta do girassol, pesquisas estão sendo realizadas com produtos naturais (GUIRADO et al., 2007, 2009), embora grande parte do controle desse desfolhador ainda seja efetuado com a utilização de inseticidas sintéticos (MARTIN et al., 2012). Desse modo, faz-se necessário ampliar as estratégias de manejo de insetos herbívoros em girassol que sejam menos impactantes ao homem, ao meio ambiente e aos inimigos naturais, como o emprego da indução de resistência com agentes abióticos como o silício e o acibenzolar-S-metil.

2.3 Aspectos biológicos e comportamentais de *M. persicae*

O pulgão verde *M. persicae* apresenta distribuição cosmopolita (BARBAGALLO et al., 1998) e é considerada a espécie mais importante do gênero *Myzus*, em virtude de ser relatada como vetora de várias doenças em plantas (EMDEN; HARRINGTON, 2007). Como esse afídeo é polífago, pode ser, frequentemente encontrado, associado ao cultivo de plantas das famílias Asteraceae (RANGER et al., 2009), como o girassol e Solanaceae (SALAS; LOPES; FERERES, 2010), dentre outras.

Esta espécie apresenta 2 mm de comprimento, com coloração verde-clara para as formas ápteras, já os alados são verdes com cabeça, antena e tórax pretos. A reprodução ocorre por partenogênese telítoca, ou seja, sem a participação do macho, gerando cerca de 80 indivíduos por fêmea. Esse inseto passa por quatro ecdises e todo o desenvolvimento ocorre em, aproximadamente, dez dias (BLACKMAN; EASTOP, 1984).

Na década de 80, foi registrada a ocorrência de afídeos em girassol (UNGARO, 1981). Em levantamentos realizados no Recôncavo Baiano, o pulgão verde foi uma das espécies mais coletadas nesta cultura, nos plantios de julho e novembro, nos híbridos AG 920 e AG 930, sendo sua maior densidade populacional observada dos 30 dias após o plantio até a colheita (LIMA JÚNIOR et al., 2006). O dano causado pela presença dos pulgões em girassol é devido à transmissão de vírus (UNGARO, 1981).

Algumas pesquisas realizadas já identificaram os afídeos do gênero *Aphis* sp. (LEITE, 2005) e a espécie *M. persicae* (DUJOVNY; USUGI; SHOHARA, 1998) como agentes transmissores (de modo não persistente) do vírus causador do mosaico comum do girassol *Sunflower mosaic virus*- SuMV (GULYA et al., 2002) ou *Bidens mosaic virus* - BiMV. Essa virose ocorre em todos os países que cultivam essa oleaginosa, inclusive o Brasil (LEITE, 2005).

O vírus causador deste mosaico pertence ao gênero *Potyvirus* e à família Potyviridae. A virose é caracterizada pela presença de um mosaico típico, com áreas verdes-claras distribuídas no limbo foliar. Podem ocorrer, também, manchas anelares, faixas verde-escuras nas nervuras e presença de anéis concêntricos ou necróticos. Como consequência, há uma redução do tamanho das plantas e das inflorescências (LEITE, 2005).

Os principais hospedeiros do vírus são as plantas daninhas encontradas próximas aos cultivos de girassol, como o picão-preto (*Bidens pilosa*) e o carrapicho (*Acanthospermum hispidum*). Normalmente, recomenda-se a eliminação de tais plantas para evitar a ocorrência da virose (LEITE, 2005).

2.4 Indutores de resistência: silício, acibenzolar-S-metil e injúrias artificiais

As plantas, de uma maneira geral, desenvolveram várias estratégias de proteção contra insetos fitófagos, como as defesas constitutivas e as induzidas. As respostas de defesa constitutivas incluem mecanismos que estão sempre presentes nas plantas, porém as respostas induzidas iniciam-se após a ação dos herbívoros (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A resistência induzida constitui-se no aumento do nível de resistência das plantas, por meio da utilização de agentes externos, sem promover nenhuma alteração de seu genoma. A expressão dessa resistência pode ser local ou sistêmica, sendo expressa em locais não expostos diretamente ao agente indutor (LOON; BAKKER; PIETERSE, 1998).

Atualmente, o silício (Si) vem sendo pesquisado como elicitor no processo de indução de resistência em plantas contra patógenos ou insetos (CARRÉ-MISSIO et al., 2012; MORAES et al., 2013). Este elemento é o segundo mais abundante da superfície terrestre, apesar de não ser considerado

essencial ao crescimento, desenvolvimento e metabolismo das plantas superiores (EPSTEIN, 1999).

O Si é absorvido da solução do solo pelas raízes na forma de ácido monossilícico, ácido ortossilícico ou ácido silícico [H_4SiO_4 ou $\text{Si}(\text{OH})_4$], pela membrana das células epidérmicas (JONES; HANDRECK, 1967; MITANI; MA, 2005). O mecanismo de absorção radicular desse elemento, em girassol, ocorre de forma passiva, sendo realizado por difusão ou fluxo de massa. O transporte para a parte aérea é realizado pelo xilema e, posteriormente, o (H_4SiO_4) deposita-se, na forma de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), inicialmente nos tecidos mais jovens e, posteriormente, acumula-se nas células senescentes como sílica polimerizada (SiO_2) (DAYANANDAM; KAUFMAN; FRAKIN, 1983).

As principais fontes de ácido silícico, presentes na solução do solo, são a decomposição de resíduos vegetais, adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação. Já os drenos são representados pela lixiviação e pela absorção pelas plantas (SAVANT; SNYDER; DATNOFF, 1997), entre outros.

A forma como o Si é absorvido difere entre as espécies vegetais. Em função disso, as plantas podem ser classificadas como acumuladoras de Si, como o arroz, cana-de-açúcar, trigo, sorgo e as poáceas em geral; intermediárias, como as cucurbitáceas e a soja; e ainda em não acumuladoras, como o morangueiro, tomateiro, cafeeiro e as dicotiledôneas em geral (TAKAHASHI; MA; MIYAKE, 1990).

Também já foi relatado que a absorção de Si está condicionada a alguma forma de defesa, assim as plantas, de maneira geral, absorvem mais este elemento em condições adversas, apresentando maior resistência ao agente estressor (DALLAGNOL et al., 2009). Sendo assim, quando ocorre a deposição foliar de sílica na parede exterior da epiderme, os tecidos se tornam rígidos, tornando a planta mais resistente à ação de insetos e fungos (EPSTEIN, 1999).

Particularmente na cultura do girassol, já foram registradas potencialidades desse elemento favorecendo o aumento da resistência estomática, reduzindo o efeito do déficit hídrico (GUNES et al., 2008); o incremento nas características vegetativas da planta (CARVALHO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013) e resistência a insetos-praga (ANTUNES et al., 2010), dentre outros.

Neste contexto, o efeito protetor do Si contra insetos-praga pode ser atribuído tanto ao fato deste elemento levar a uma modificação na anatomia das plantas acarretando em defesa mecânica, como o aumento da espessura das células epidérmicas, reduzindo a digestibilidade dos vegetais; quanto à modificação das propriedades bioquímicas, levando a produção de enzimas de defesa, como peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase (GOMES et al., 2005), ativando a resistência das mesmas (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009).

Dessa forma, pode ser destacado o emprego de produtos à base de Si visando ao manejo de insetos mastigadores (ASSIS et al., 2012; FREITAS; JUNQUEIRA; MICHEREFF FILHO, 2012; SANTOS et al., 2012) e sugadores (MORAES et al., 2013; PEREIRA et al., 2010; PINTO et al., 2012).

Com relação ao acibenzolar-S-metil (ASM), sabe-se que essa substância sintética atua de forma análoga ao ácido salicílico, podendo ser considerado o mais potente indutor de resistência em plantas (KESSMANN et al., 1996), sendo responsável por ativar a expressão de genes que codificam proteínas e enzimas relacionadas com a produção de compostos de defesa, tais como as peroxidases (RESENDE et al., 2000). O ASM age contra uma ampla gama de patógenos (FERNANDES et al., 2013) e insetos, interferindo na alimentação de afídeos (ALCANTRA; MORAES; ANTONIO, 2010; PEREIRA et al., 2010) e de besouros desfolhadores (ASSIS et al., 2012).

Essa substância é comercializada mundialmente pelos nomes de Bion[®], Actigard[™] e Boost[®] (FRIEDRICH et al., 1996), podendo ser translocado sistemicamente nas plantas (OOSTENDORP et al., 2001). No Brasil, o ingrediente ativo ASM é encontrado pelo nome de Bion 500 WG[®], sendo classificado como ativador de plantas do grupo químico benzotiadiazol, formulado como granulado dispersível em água, pertencente à classe toxicológica III (SYNGENTA, 2012).

É importante salientar que o processo de indução de resistência gera um custo fisiológico que pode acarretar na redução da produção e em efeitos fitotóxicos às plantas. Além disso, em poáceas, a longevidade da indução proporcionada por ASM parece ser maior, quando comparado às dicotiledôneas, fazendo-se necessário, neste caso, repetidas aplicações dos agentes elicitores para garantir a proteção das espécies vegetais (VALLAD; GOODMAN, 2004).

Além do Si e do ASM, as injúrias artificiais, também, atuam como elicitores uma vez que podem ativar os mecanismos de defesa das plantas, com a produção de compostos secundários qualitativamente semelhantes aos que são fabricados mediante a ocorrência da herbivoria natural (MITHOFER; WANNER; BOLAND, 2005). As injúrias artificiais, também, podem favorecer o maior acúmulo de Si pelas plantas, seja pela absorção de Si da solução do solo ou pela deposição de fitólitos nas folhas, embora o acréscimo nos teores desse elemento seja menor quando comparado ao que ocorre com a herbivoria natural (MASSEY; ENNOS; HARTLEY, 2007).

Segundo Mithofer, Wanner e Boland (2005), as plantas são capazes de diferenciar entre um evento de injúria contínua a uma única injúria. Contudo, é necessário que as injúrias artificiais sejam realizadas, durante um tempo prolongado e numa área representativa, mimetizando a ação de um herbívoro, para que a planta possa promover a produção e a emissão de compostos de defesas. Nesse contexto, tem crescido o interesse no estudo desse tipo de

elicitor, pois permite conhecer as respostas das plantas frente a esses estímulos, sendo os mesmos já relatados em feijão manteiga (*Phaseolus lunatus* L.) (BRICCHI et al., 2010) e em conífera (LIPPERT et al., 2007), mas, ainda, não há estudos em girassol, o que justifica a realização do presente trabalho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em câmara climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos e em casa de vegetação, no Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

3.1 Obtenção de *C. lacinia saundersii*

As lagartas utilizadas nos bioensaios foram obtidas por meio da coleta de folhas com massas de ovos de *C. lacinia saundersii* em plantios de girassol no Campus da UFLA. Posteriormente, as posturas foram acondicionadas em placas de Petri (15 cm de diâmetro) e mantidas em câmara climatizada regulada à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, até a eclosão das lagartas.

3.1.1 Preferência alimentar da lagarta preta e desenvolvimento vegetativo do girassol tratado com silício e acibenzolar-S-metil

Para o plantio do girassol, foram utilizados vasos de polietileno de 5 kg, contendo como substrato solo do horizonte C (Latosolo Vermelho Escuro - LVe), adubado com 1,25 g do adubo NPK (4-14-8)/vaso, equivalente a 500 Kg ha^{-1} , sendo semeadas oito sementes do híbrido triplo DAS 735/vaso. Vinte dias após o plantio, foi realizado o desbaste mantendo-se as cinco plantas mais vigorosas/vaso. Trinta dias após o plantio, as plantas receberam a adubação de cobertura com 0,5 g de sulfato de amônio/vaso, equivalente a 200 Kg ha^{-1} (LEITE et al., 2007) e foram tutoradas. Os vasos foram dispostos aleatoriamente sobre bancadas e as plantas irrigadas, diariamente, a fim de suprir suas necessidades hídricas.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e 10 repetições, sendo testados os seguintes tratamentos: 1) silício (*drench*); 2) acibenzolar-S-metil (ASM); 3) silício + ASM e 4) testemunha.

O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico a 1% (GOMES; MORAES; ASSIS, 2008) ($\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) (Vetec Química Fina, Duque de Caxias, Brasil), na dosagem equivalente a $2\text{t SiO}_2 \text{ ha}^{-1}$ (ANTUNES et al., 2010). A solução de silício foi aplicada diluindo-se 5 g de ácido silícico em 500 mL de água/vaso ao redor do caule das plantas (*drench*).

O produto Bion 500 WG[®] (Syngenta Crop Protection, São Paulo, Brasil), contendo 50% de acibenzolar-S-metil, foi utilizado como fonte de ASM na concentração de 0,1%, modificado de Alcantra et al. (2011), sendo pulverizado até o escoamento da calda, com um pulverizador manual de 1,5 L, com pressão acumulada e bico jato cônico, diluindo-se 1g do produto comercial/L de água. Os vasos que constituíram o controle (testemunha) receberam água na mesma quantidade.

A aplicação de silício em *drench* e/ou ASM (foliar) foi realizada, inicialmente, 13 dias após a emergência (COSTA; MORAES, 2006), quando as plantas apresentavam 10 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento e reaplicados após 10 dias.

Para avaliar a preferência alimentar das lagartas, foi realizado um teste de livre escolha, 11 dias após a última aplicação dos tratamentos (COSTA; MORAES, 2006), com a utilização de seções foliares de girassol, 3 x 3 cm, provenientes da região mediana da planta, dos quatro tratamentos, dispostas em placas de Petri de 15 cm (para lagartas de 1^o ínstar) e 20 cm de diâmetro (para lagartas de 4^o ínstar), com fundo revestido com ágar a 1,0% (ALCANTRA; MORAES; ANTÔNIO, 2010). As quatro seções foliares foram distribuídas, aleatoriamente e equidistantes entre si, permitindo livre escolha pelas lagartas.

Foram liberadas 20 lagartas de 1^o ínstar no centro de cada placa e, posteriormente, as mesmas foram vedadas com filme plástico de PVC perfurado com alfinete. Após 24h, 48h, 72h e 96h, foram contabilizadas as lagartas encontradas em cada tratamento, sendo desconsideradas aquelas que não se encontravam, no momento das avaliações, em nenhuma seção foliar (NERI; MORAES; GAVINO, 2005).

Além disso, para a comparação dos tratamentos em relação à testemunha, foi utilizado para os parâmetros com diferenças significativas, o índice de repelência (IR) (LIN; KOGAN; FISCHER, 1990) calculado pela fórmula $IR = 2G / (G + P)$, na qual G = n^o de insetos na planta teste e P = n^o de insetos na testemunha, sendo IR < 1 (planta repelente), IR = 1 (planta neutra) e IR > 1 (planta atraente). Ao final das 96 horas, também, foi avaliada a área foliar consumida pelas lagartas utilizando-se o medidor de área foliar AM300 (ADC BioScientific Ltd, England).

Para o 4^o ínstar, foi liberada apenas uma lagarta (JUSTUS; PASINI; OLIVEIRA, 2003) no centro de cada placa. A avaliação do consumo foliar foi realizada 24 horas após a infestação da lagarta nas placas. Posteriormente, foi determinado o índice de preferência, em relação ao consumo, adaptado por Kogan e Goeden (1970), calculado pela fórmula: $IP = 2A / (M + A)$, em que: A= área consumida nas plantas tratadas, e M= área consumida nas plantas não-tratadas, sendo IP < 1 (fagodeterrente), IP=1 (neutra), IP > 1(fagoestimulante). Para os testes de livre escolha foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e 20 blocos.

Em relação ao desenvolvimento vegetativo, trinta dias após a última aplicação dos tratamentos (ANTUNES, 2009), foi determinada a média de 4 plantas/vaso, dos seguintes parâmetros: altura, medida com auxílio de régua; o diâmetro da haste, aos 5 cm do solo, com paquímetro; índice relativo de clorofila, com medidor portátil SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development)

(Konica Minolta Sensing, Inc.) (TECNAL, equipamentos para laboratório, Piracicaba, Brasil); massa fresca e seca da parte aérea com balança de precisão (TEPRON, São Paulo, Brasil). Para a determinação da massa seca, as plantas foram cortadas rente ao solo, levadas ao laboratório, individualizadas em sacos de papel, 18 x 42 cm, identificadas e colocadas para secar em estufa a temperatura de 60^o C, até peso constante. Neste caso, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 10 repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo os de contagem de lagartas transformados em $\sqrt{X+0,5}$, antes da análise. As análises foram realizadas utilizando o sistema para análises estatísticas e genéticas SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3.1.2 Antibiose à lagarta preta do girassol induzida por silício e acibenzolar-S-metil

O plantio do girassol e as adubações foram realizados de modo semelhante ao ensaio anterior, contudo cada vaso foi semeado com quatro sementes do híbrido triplo DAS 735, não sendo realizado o desbaste.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 10 repetições, sendo cada repetição constituída de cinco parcelas (placas). Os tratamentos foram: 1) silício; 2) acibenzolar-S-metil (ASM); 3) silício + ASM e 4) testemunha. O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico a 1% (GOMES; MORAES; ASSIS, 2008), na dosagem equivalente a 2t SiO₂ ha⁻¹ (ANTUNES et al., 2010). Como fonte de ASM, utilizou-se o produto comercial Bion 500 WG[®], contendo 50% de ASM, a 0,1%, modificado de Alcantra et al. (2011). O ácido silícico e o ASM foram aplicados, 15 dias após a emergência (COSTA; MORAES, 2006), quando as plantas

apresentavam 10 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento e reaplicados após cinco dias. A solução de silício foi aplicada, diluindo-se 5 g de ácido silícico em 500 mL de água/vaso, ao redor do caule da planta (*drench*). Já o ASM foi pulverizado, até o escoamento da calda, com o auxílio de um pulverizador manual de 1,5 L, com pressão acumulada e bico jato cônico, na concentração de 1g do produto comercial/L de água. Os vasos que constituíram o controle receberam água na mesma quantidade.

Para a montagem do ensaio de biologia, as lagartas recém-eclodidas foram transferidas para placas de Petri (5 cm de diâmetro), com tampa, forradas com papel de filtro. Em cada placa foram colocadas duas lagartas que receberam como alimento seções foliares de girassol, retiradas da região mediana das plantas, 10 dias após a última aplicação dos tratamentos (COSTA; MORAES, 2006). Antes de serem fornecidas às lagartas, as seções foliares foram lavadas em água destilada, retirando-se o excesso de umidade com papel toalha. O alimento foi trocado, a cada dois dias, sendo medida a área foliar antes e após o fornecimento para as lagartas.

Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: a) Fase larval: peso aos 10 e 15 dias de idade, área foliar consumida, porcentagem de mortalidade e a duração da fase; b) Fase de pupa: peso 24 horas após a formação, viabilidade e a duração da fase e c) Fase adulta: longevidade e razão sexual, calculada pela fórmula: $RS = \frac{n^{\circ} \text{ de fêmeas}}{n^{\circ} \text{ de fêmeas} + n^{\circ} \text{ de machos}}$, proposta por Silveira Neto et al. (1976). Para isto, a determinação do sexo dos adultos foi realizada pela observação da porção distal do abdome dos insetos, pois as fêmeas apresentam abertura da espermateca, além de terem o abdome fino e alongado, enquanto os machos apresentam esta porção mais grossa e curta.

O consumo foliar pelas lagartas foi determinado utilizando-se o medidor de área foliar portátil AM300 (ADC BioScientific Ltd, England). Os restos foliares não consumidos pelas lagartas foram acondicionados em sacos de papel,

18 x 42 cm, identificados e colocados para secar em estufa a 60^o C, até peso constante. Posteriormente, os restos foliares foram moídos em micro moinho tipo Willye (TECNAL – equipamentos para laboratório, Piracicaba, Brasil), colocados em sacos plásticos, 5 x 23 cm, etiquetados e enviados ao Laboratório de Fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, para a determinação do teor de Si, conforme metodologia proposta por Korndorfer, Pereira e Nolla (2004).

As pupas foram pesadas em balança de precisão e transferidas para copos plásticos com tampa (5 cm de altura e 7 cm de largura) até a emergência dos adultos. Na fase adulta, os insetos receberam como alimento um chumaço de algodão embebido com mel e água dentro de um copo plástico (50 mL), trocado a cada dois dias, visando acompanhar a longevidade dos adultos.

O teor de lignina foi determinado nas folhas restantes das plantas nos vasos, cortadas com tesoura e acondicionadas em sacos de papel, 18 x 42 cm, e secas em estufa a 60^o C, até peso constante. Posteriormente, foram moídas, colocadas em sacos plásticos, 5 x 23 cm, identificadas e enviadas ao Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, empregando-se a metodologia proposta por Soest (1967).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), sendo os de porcentagem transformados em arco-seno $\sqrt{X/100}$, antes da análise. Posteriormente, para os parâmetros significativos, foi realizada a correlação linear paramétrica de Pearson. As análises foram realizadas, utilizando o sistema para análises estatísticas e genéticas SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3.1.3 Efeito da aplicação do silício e das injúrias artificiais sobre alguns aspectos biológicos da lagarta preta e no desenvolvimento vegetativo do girassol

O plantio do girassol e as adubações foram realizados de modo semelhante ao ensaio de antibiose, no entanto, o desbaste das plantas nos vasos foi realizado 30 dias após o plantio deixando-se apenas uma planta/vaso do híbrido DAS 735.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram: 1) testemunha, 2) injúrias, 3) silício (*drench*), 4) silício (*drench*) + injúrias, 5) silício (*drench* + foliar) e 6) silício (*drench* + foliar) + injúrias. Cada parcela foi composta por um vaso.

O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico a 1% (GOMES; MORAES; ASSIS, 2008), na dosagem equivalente a $1\text{ t SiO}_2\text{ ha}^{-1}$, modificado de Antunes et al. (2010). A solução de silício foi aplicada, diluindo-se 2,5 g de ácido silícico em 250 mL de água/vaso ao redor do caule das plantas (*drench*). Já para a pulverização foliar da solução foi utilizado um pulverizador manual com capacidade para 1,5 L, com pressão acumulada e bico jato cônico, até o escorrimento da calda. As injúrias artificiais foram realizadas com extrator de grampos, sendo três injúrias por folha, em todas as folhas da planta, adaptado de Massey, Ennos e Hartley (2007). A aplicação de silício em *drench* e/ou foliar e a realização das injúrias artificiais foram realizadas inicialmente, 30 dias após a emergência, quando as plantas apresentavam 20 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento e repetidas após 10 dias.

Dez dias após a última aplicação dos tratamentos, cada planta foi infestada, com o auxílio de um pincel, com 10 lagartas recém-eclodidas de *C. lacinia saundersii*, na face adaxial das folhas na região mediana da planta. Em seguida, os vasos foram revestidos com uma gaiola confeccionada com tecido

tipo organza de 35 cm de largura e 60 cm de altura fechada na extremidade superior com elástico.

Dez dias após a infestação (ASSIS et al., 2011), foram avaliadas as características relacionadas à cultura e à ação do inseto. As características relacionadas à praga foram porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas; área foliar consumida, utilizando-se medidor de área foliar portátil AM300; peso e porcentagem de mortalidade das lagartas.

Em relação aos parâmetros vegetativos foram determinadas a altura, diâmetro da haste, aos 5 cm do solo, índice relativo de clorofila, massa fresca e seca da parte aérea da planta e o teor de silício da parte aérea (folhas e haste). A altura foi medida com o auxílio de uma régua, o diâmetro com paquímetro, o índice relativo de clorofila com medidor portátil SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) (Konica Minolta Sensing, Inc.) (TECNAL, equipamentos para laboratório, Piracicaba, Brasil) e as massas fresca e seca com balança de precisão. Para a obtenção da massa seca da parte aérea, as plantas foram cortadas rente ao solo, individualizadas em sacos de papel, 18 x 42 cm, identificadas e colocadas para secar em estufa à temperatura de 60⁰C, até peso constante. Posteriormente, as plantas foram moídas em micro moinho, colocadas em sacos plásticos, 5 x 23 cm, identificadas e enviadas para a determinação dos teores de silício no Laboratório de Fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, conforme metodologia proposta por Korndorfer, Pereira e Nolla (2004).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo os de porcentagem transformados em arco-seno $\sqrt{X/100}$, antes da análise. Posteriormente, para os parâmetros significativos, foi realizada a correlação linear paramétrica de Pearson. As análises foram realizadas utilizando o sistema para análises estatísticas e genéticas SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3.2 Não-preferência ao pulgão *M. persicae* em girassol tratado com silício

A antixenose ao pulgão *M. persicae* em girassol foi investigada em ensaios com e sem chance de escolha.

3.2.1 Criação de *M. persicae*

Os afídeos foram obtidos da criação estoque do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos da UFLA. Para isto, foram mantidas em casa de vegetação plantas de Joá de Capote, *Nicandra physaloides*, cultivadas em vasos de 3 Kg, contendo como substrato solo do horizonte C (Latosolo Vermelho Escuro - LVe) e esterco na proporção de 3:1, sendo transplantadas duas mudas/vaso. Quarenta e cinco dias após o plantio, as plantas foram levadas para o laboratório e colocadas em gaiolas de acrílico de (30 x 30 x 60 cm), sendo infestadas com pulgões ápteros com auxílio de um pincel, trocadas semanalmente. Estas plantas, por serem hospedeiras alternativas de *M. persicae*, foram utilizadas para a criação dos pulgões.

3.2.2 Metodologia Geral

O plantio do girassol foi realizado em vasos de polietileno com capacidade para 1,7 kg de substrato constituído por solo do horizonte C (Latosolo Vermelho Escuro - LVe) e 0,45 g do adubo formulado (4-14-8)/vaso, equivalente a 500 Kg ha⁻¹ (LEITE et al., 2007). Foram semeadas quatro sementes do híbrido simples NTC 99/vaso, mantendo-se apenas uma planta vigorosa, após o desbaste, que foi realizado sete dias após a emergência das plantas e antes da aplicação dos tratamentos. Diariamente as plantas, dispostas

aleatoriamente sobre bancadas em casa de vegetação, foram irrigadas a fim de suprir as suas necessidades hídricas.

Foram testados quatro tratamentos e 10 repetições, sendo: 1) testemunha; 2) silício (*drench*); 3) silício (*drench*) + foliar e 4) silício (foliar). O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico a 1% (PEREIRA et al., 2010) na dosagem equivalente a 2 t SiO₂ ha⁻¹ (ANTUNES et al., 2010). O ácido silícico foi aplicado ao redor do caule das plantas (*drench*), sete dias após a emergência, diluindo-se 1,7 g do produto em 170 mL de água. Já a aplicação foliar foi realizada com o auxílio de um borrifador de 500 mL, cinco dias após a aplicação em *drench*. Assim, a aplicação de silício em *drench* ou foliar foi realizada quando as plantas apresentavam 5 folhas com pelo menos 4 cm de comprimento. Os vasos que constituíram o controle (testemunha) receberam água na mesma quantidade.

Para o teste de livre escolha, foram utilizadas seções foliares de girassol, 2 x 2 cm, dos quatro tratamentos, dispostas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, com fundo revestido com ágar a 1,0% (ALCANTRA; MORAES; ANTÔNIO, 2010). As quatro seções foliares foram distribuídas aleatoriamente e equidistantes entre si, permitindo livre escolha pelos afídeos. Foram liberados 20 pulgões adultos ápteros no centro de cada placa, 24h após a aplicação de todos os tratamentos. Posteriormente, as placas foram vedadas com filme plástico de PVC perfurado com alfinete. As placas ficaram em câmara climatizada regulada com temperatura de 25±2⁰ C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 12 horas. Após 24h, 48h e 72h da infestação com os pulgões foram contadas as ninfas vivas (retiradas logo após contagem, sendo esses valores acumulados nas contagens subsequentes) e os adultos presentes em cada seção foliar (GOMES et al., 2008), sendo desconsiderados aqueles indivíduos que não se encontravam, no momento das avaliações, em nenhuma seção foliar.

Além disso, ao final das 72h, para a comparação das plantas tratadas com silfício em relação à testemunha, foi utilizado, para os parâmetros com diferenças significativas, o índice de repelência (IR) (LIN; KOGAN; FISCHER, 1990) calculado pela fórmula $IR = 2G / (G + P)$, na qual $G = n^{\circ}$ de insetos na planta teste e $P = n^{\circ}$ de insetos na testemunha, sendo $IR < 1$ planta repelente, $IR = 1$ planta neutra e $IR > 1$ planta atraente.

No teste com chance de escolha, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os de contagem transformados em $\sqrt{X+0,5}$, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Posteriormente, para as variáveis significativas foi realizada a correlação linear paramétrica de Pearson.

Já para o teste sem chance de escolha, foi colocada uma seção foliar, 2 x 2 cm, de cada tratamento, em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, com fundo revestido com ágar a 1,0% (ALCANTRA; MORAES; ANTÔNIO, 2010). Foram liberados cinco pulgões adultos ápteros em cada placa 24h após a aplicação de todos os tratamentos. Posteriormente, as placas foram vedadas com filme plástico de PVC perfurado com alfinete. As placas ficaram em câmara climatizada regulada com temperatura de $25 \pm 2^{\circ} C$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Após 24h, 48h e 72h da infestação com os pulgões foram contadas as ninfas vivas (retiradas logo após contagem, sendo esses valores acumulados nas contagens subsequentes) e os adultos presentes na seção foliar (GOMES et al., 2008).

Para esse teste foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os de contagem transformados em $\sqrt{X+0,5}$, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas utilizando o sistema para análises estatísticas e genéticas SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Preferência alimentar da lagarta preta e desenvolvimento vegetativo do girassol tratado com silício e acibenzolar-S-metil

Verifica-se (Tabela 1) que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos em relação ao número de lagartas presentes nas seções foliares de girassol às 24h, 48h e 72h. Contudo, às 96h, as plantas submetidas ao acibenzolar-S-metil (ASM) ($1,4\pm 1,01$) ou silício (Si) + ASM ($1,5\pm 0,75$) foram quase cinco vezes menos atrativas para as lagartas quando comparadas à testemunha ($7,2\pm 1,61$). Apesar disso, de acordo com o índice de repelência, a aplicação dos indutores de resistência orientou os insetos em direção contrária às plantas tratadas, fazendo com que fossem classificadas como repelentes a *C. lacinia saundersii*, pois mesmo que algumas lagartas pudessem ser encontradas sobre as folhas submetidas a estes elicitores, esse número sempre foi inferior ao que era observado no controle às 96h.

A falta de resposta das plantas à aplicação de Si e/ou ASM nos primeiros três dias de avaliação pode ser em virtude do fato de que, no processo de indução de resistência com agentes abióticos, a planta necessita de certo período de tempo para ativar as suas defesas (UKNES et al., 1996) e/ou do inseto ter experiência com os compostos induzidos. No presente estudo, a resistência somente foi expressa às 96h, o que precisa ser melhor investigado para tecer informações mais plausíveis. Os dados obtidos nesta pesquisa fortalecem os de Neri, Moraes e Gavino (2005), no qual o emprego de diferentes fontes de Si, associadas ou não ao inseticida lufenuron, não interferiram na preferência da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho, nas primeiras 24h e 48h, em teste de livre escolha.

Tabela 1 Número de lagartas (média±erro padrão) e índice de repelência (IR) às 96h, de *C. lacinia saundersii* de 1º ínstar em seções foliares de girassol (*H. annuus* L.) submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Número de Lagartas				IR	Classificação
	24h ^{ns}	48h ^{ns}	72h ^{ns}	96h*		
Si	7,6±1,82	6,9±1,83	7,0±1,84	4,9±1,53 ab	0,8	Repelente
ASM	3,8±1,59	4,1±1,56	4,1±1,63	1,4±1,01 b	0,3	Repelente
Si + ASM	2,8±1,28	2,4±1,22	3,1±1,25	1,5±0,75 b	0,4	Repelente
Testemunha	2,6±1,31	2,5±1,26	2,8±1,27	7,2±1,61 a	–	–
Teste F	F = 1,76	F = 1,44	F = 0,99	F = 4,02	–	–
Valor p	(p = 0,1659)	(p = 0,2394)	(p = 0,9999)	(p = 0,0115)	–	–

Si – silício; ASM – acibenzolar-S-metil;

ns - Não significativo pelo teste F ($p > 0,05$);

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

IR = $2G/(G+P)$; em que G = nº de insetos nas plantas tratadas e P = nº de insetos na testemunha;

Classificação: IR < 1 (repelente), IR=1 (neutra) e IR > 1 (atraente).

Como já mencionado, às 96h os indutores de resistência exerceram um efeito negativo na seleção hospedeira da lagarta preta, fazendo que as plantas não fossem atrativas para esse inseto-praga. Este resultado pode ser atribuído ao fato do Si atuar como barreira mecânica, em função da sua deposição na epiderme foliar, dificultando a alimentação dos insetos (GOUSSAIN et al., 2002), ou elevar a atividade de enzimas relacionadas ao processo de defesa vegetal (GOMES et al., 2005), além de favorecer a produção de metabólitos secundários, assim como acontece com o uso do ASM (MORAES; FERREIRA; COSTA, 2009).

No entanto, foi observado que os tratamentos não diferiram, significativamente, entre si ($p>0,05$) em relação à área foliar consumida pelas lagartas de 1^o ínstar (Tabela 2), ou seja, mesmo que as plantas tratadas com ASM ou Si+ASM tenham sido menos atrativas para as lagartas às 96h (Tabela 1), como mencionado anteriormente, este efeito repelente não influenciou no consumo foliar destes insetos.

Tabela 2 Área foliar consumida (cm²) (média±erro padrão) de girassol (*H. annuus* L.) por lagartas de *C. lacinia saundersii* de 1^o ínstar submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Área foliar consumida (cm ²) ^{ns}
Si	4,5±1,08
ASM	3,7±1,11
Si + ASM	4,6±1,08
Testemunha	4,7±0,84
Teste F	F = 0,23
Valor <i>p</i>	(<i>p</i> = 0,9999)

Si – silício; ASM – acibenzolar-S-metil;

ns - Não significativo pelo teste F ($p>0,05$).

Por outro lado, as lagartas de 4^o ínstar foram mais sensíveis à aplicação dos indutores de resistência quando comparadas às de 1^o ínstar, uma vez que o emprego do ASM em girassol reduziu o consumo foliar dos insetos em 44,68% (5,2±1,83) em relação ao controle (9,4±2,01), atuando como inibidor da alimentação (fagodeterrente) (Tabela 3). Provavelmente, o ASM pode ter elevado a atividade de enzimas que estão envolvidas no processo de produção de polímeros responsáveis pelo enrijecimento dos tecidos vegetais, como a lignina, comprometendo a ingestão das plantas, refletindo em redução da área foliar consumida, sendo que este consumo, no caso de *C. lacinia saundersii*, tende a aumentar exponencialmente em função da idade das lagartas (FARINHA; PINTO; GOVONE, 1997).

Tabela 3 Área foliar consumida (cm²) (média±erro padrão) de girassol (*H. annuus* L.) e índice de preferência em relação ao consumo (IP) por lagartas de *C. lacinia saundersii* de 4^o ínstar submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Área foliar consumida (cm ²)*	IP consumo	Classificação
Si	8,2±2,29 ab	0,8	Fagodeterrente
ASM	5,2±1,83 b	0,7	Fagodeterrente
Si + ASM	8,9±2,17 ab	0,9	Fagodeterrente
Testemunha	9,4±2,01 a	–	–
Teste F	F = 2,98	–	–
Valor p	(p = 0,0401)	–	–

Si – silício; ASM – acibenzolar-S-metil;

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

IP = 2A/(M+A); em que A = área consumida nas plantas tratadas; e, M = área consumida nas plantas não-tratadas;

Classificação: IP < 1 (fagodeterrente), IP=1 (neutra) e IP > 1 (fagoestimulante).

O fato para que as lagartas de 1^o ínstar não tenham sido afetadas em sua alimentação com plantas submetidas aos elicitores pode ser explicado, possivelmente, pela menor quantidade de alimento que, normalmente, é ingerida por esses insetos nos ínstares iniciais, enquanto as lagartas de 4^o ínstar tendem a consumir uma maior área foliar em condições naturais e, portanto, uma quantidade maior de tais substâncias, levando à redução do consumo do alimento, como foi verificado nesta pesquisa com a utilização de ASM. Assim, os resultados encontrados reforçam os de Assis et al. (2012), no qual o uso de ASM foi eficiente para reduzir as injúrias alimentares causadas por larvas de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) em tubérculos de batata inglesa.

Embora a utilização de Si e ASM, de forma isolada ou conjunta, tenham contribuído para garantir certa proteção ao girassol contra *C. lacinia saundersii*, em função da menor atratividade das plantas às 96h e redução do consumo das lagartas de 4^o ínstar, o emprego de tais elicitores não favoreceu o incremento dos parâmetros vegetativos da cultura (Tabela 4).

Tabela 4 Altura (cm), diâmetro da haste (mm), índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca e seca (g) (média±erro padrão) da parte aérea de plantas de girassol (*H. annuus* L.) submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Altura ^{ns}	Diâmetro da haste ^{ns}	Índice relativo de clorofila ^{ns}	Massa fresca ^{ns}	Massa seca ^{ns}
Si	31,8±1,66	3,2±0,09	29,1±0,81	4,4±0,37	0,7±0,06
ASM	28,5±1,22	2,9±0,06	30,0±0,64	3,5±0,36	0,6±0,06
Si + ASM	29,2±2,12	3,0±0,07	29,3±0,54	4,2±0,40	0,7±0,07
Testemunha	29,9±1,79	2,9±0,08	29,4±0,56	4,0±0,32	0,7±0,05
Teste F	F = 0,68	F = 3,35	F = 0,34	F = 0,99	F = 0,76
Valor <i>p</i>	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,9999)

Si – silício; ASM – acibenzolar-S-metil;
ns - Não significativo pelo teste F (*p*>0,05).

Assim, os resultados desta pesquisa em relação às características vegetativas diferem daqueles obtidos por outros pesquisadores que verificaram incremento no diâmetro da haste da cultivar de girassol 'Ring of Fire' (KAMENIDOU; CAVINS; MAREK, 2008) e de flores de gérbera (Asteraceae) com caules mais grossos (SAVVAS et al., 2002), talvez em razão da fonte e concentração de Si empregados.

4.2 Antibiose à lagarta preta do girassol induzida por silício e acibenzolar-S-metil

Na tabela 5 são apresentados os parâmetros biológicos de *C. lacinia saundersii*, sendo que não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para a duração das fases larval e de pupa, viabilidade de pupa, longevidade da fase adulta e razão sexual. Resultados semelhantes aos desta pesquisa foram observados por Korndorfer, Cherry e Nagata (2004), na lagarta *Herpetogramma phaeopteralis* Gueneé, 1854 (Lepidoptera: Pyralidae) para a qual o elevado teor de silício acumulado nas gramíneas não afetou a sua alimentação e o desenvolvimento.

Tabela 5 Duração da fase larval (dias), duração da fase de pupa (dias), viabilidade de pupa (%), longevidade da fase adulta (dias) e razão sexual de *C. lacinia saundersii*, submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Duração da fase larval ^{ns}	Duração da fase de pupa ^{ns}	Viabilidade de pupa ^{ns}	Longevidade da fase adulta ^{ns}	Razão sexual ^{ns}
Si	22,8±0,74	3,6±0,56	40,8±13,97	9,0±1,69	0,7±0,21
ASM	21,4±0,85	3,3±0,52	36,8±12,59	4,3±1,33	0,6±0,24
Si + ASM	21,2±0,98	4,0±0,64	60,2±13,31	7,2±1,86	0,4±0,18
Testemunha	21,7±1,00	4,8±0,41	72,9±9,96	8,7±1,47	0,8±0,15
Teste F	F = 0,15	F = 0,24	F = 0,39	F = 1,30	F = 0,96
Valor <i>p</i>	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,2983)	(<i>p</i> = 0,9999)

Si – silício; ASM – acibenzolar-S-metil;

ns - Não significativo pelo teste F (*p*>0,05).

Os resultados obtidos nesta pesquisa confirmam os encontrados por Goussain et al. (2002) e Santos et al. (2012), nos quais a aplicação de diferentes fontes de Si no solo não interferiram na duração das fases larval e de pupa de, respectivamente, *S. frugiperda* em milho e *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro. Entretanto, muitos pesquisadores têm observado diferenças nos parâmetros biológicos de insetos-praga de importância relevante, como por exemplo, *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro (TOMQUELSKI; MARTINS; PAPA, 2007) e de *S. graminum* em trigo (PEREIRA et al., 2010), mediante emprego de Si e de ASM. Assim, pode-se esperar que o Si afete, distintamente, os insetos pertencentes a diferentes guildas alimentares (KEEPING; KVEDARAS, 2008).

Por outro lado, a aplicação de Si e de ASM, de forma isolada ou conjunta, promoveram redução significativa ($p \leq 0,05$) no peso das lagartas aos 10 dias, sendo este quatro vezes menor no tratamento com o uso de ácido silícico ($3,5 \pm 0,20$), em relação à testemunha ($14,7 \pm 0,99$). Já aos 15 dias, houve uma diminuição de peso da ordem de 52,5% ($21,5 \pm 1,55$) nas lagartas alimentadas com plantas tratadas com Si, quando comparado aos insetos que consumiram as plantas não tratadas ($49,8 \pm 3,89$) ou submetidas aos dois indutores simultaneamente ($40,7 \pm 3,37$). No entanto, não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis área foliar consumida, porcentagem de mortalidade de lagartas e peso de pupa (Tabela 6).

Tabela 6 Peso das lagartas aos 10 e 15 dias (mg), área foliar consumida (cm²), porcentagem de mortalidade das lagartas (%) e peso de pupa (mg) de *C. lacinia saundersii*, submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Peso aos 10 dias*	Peso aos 15 dias*	Área foliar consumida ^{ns}	Porcentagem de mortalidade das lagartas ^{ns}	Peso de pupa ^{ns}
Si	3,5±0,20 d	21,5±1,55 c	62,0±3,80	79,0±0,04	152,7±5,06
ASM	6,7±0,86 c	33,9±1,97 b	59,1±3,38	74,0 ±0,04	147,5±5,21
Si + ASM	10,3±0,62 b	40,7±3,37 a	47,1±4,04	79,0±0,03	124,7±15,96
Testemunha	14,7±0,99 a	49,8±3,89 a	50,0±3,14	67,0±0,04	132,0±8,14
Teste F	F = 31,44	F = 11,19	F = 2,52	F = 1,46	F = 0,78
Valor <i>p</i>	(<i>p</i> = 0,0000)	(<i>p</i> = 0,0001)	(<i>p</i> = 0,0823)	(<i>p</i> = 0,2499)	(<i>p</i> = 0,9999)

Si – silício; ASM – acibenzolar-S-metil;

ns - Não significativo pelo teste F (*p*>0,05);

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (*p*≤0,05).

Em relação aos teores de Si e de lignina, à aplicação de silício de forma isolada ($1,0\pm 0,01$) ou conjunta com ASM ($0,9\pm 0,05$) favoreceu o acúmulo desse mineral (Figura 1). Além disso, o emprego de ASM proporcionou o maior teor de lignina nas plantas de girassol ($20,6\pm 0,46$) em relação aos demais tratamentos (Figura 2). O maior acúmulo de Si e de lignina pode conferir proteção às plantas de girassol contra o ataque de herbívoros, principalmente, os desfolhadores, como *C. lacinia saundersii*.

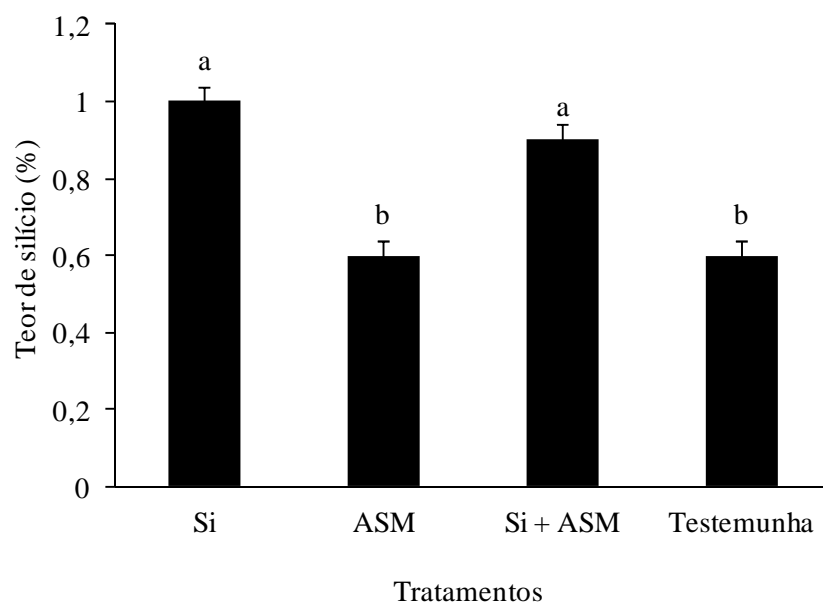


Figura 1 Teor de silício (SiO_2) (%) (\pm erro padrão) nos restos foliares de girassol (*H. annuus* L.), submetidos a diferentes tratamentos, não consumidos por *C. lacinia saundersii*

Nota: Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Barras verticais indicam erro padrão (\pm).

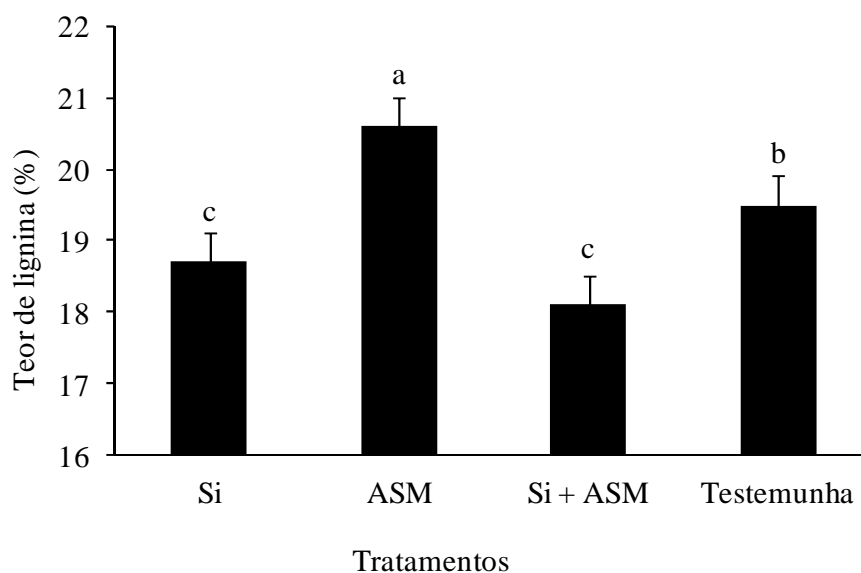


Figura 2 Teor de lignina (%) (\pm erro padrão) em folhas de girassol (*H. annuus* L.) nos vasos, submetidas a diferentes tratamentos

Nota: Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Barras verticais indicam erro padrão (\pm).

Como foi constatado, os indutores de resistência não afetaram a área foliar consumida pelos insetos, mas ocorreu uma redução no peso das lagartas, possivelmente, em virtude da modificação na qualidade nutricional do alimento, em função dos maiores acúmulos de Si e de lignina observados nesta pesquisa, que podem ter alterado a digestibilidade do alimento.

Em geral, as dicotiledôneas não acumulam quantidades elevadas de Si em comparação com as Poaceae. No entanto, pesquisas realizadas com girassol verificaram acúmulo desse elemento tanto em partes vegetativas (folhas, haste e raízes) quanto reprodutivas (flores e inflorescências) com a utilização de diferentes fontes de Si (CARVALHO et al., 2009; KAMENIDOU; CAVINS; MAREK, 2008), confirmando que o girassol pode absorver e acumular Si em

seus tecidos (SANGSTER; HODSON; TUBB, 2001), reforçando os resultados obtidos neste trabalho.

De forma semelhante ao que ocorre com o Si, a lignina, também, atua contra o ataque de insetos-praga, pois a dureza das estruturas lignificadas afeta a qualidade nutricional do alimento, reduzindo a digestibilidade dos tecidos vegetais (VENDRAMIM; GUZZO, 2009), levando a uma redução da biomassa dos insetos observada neste estudo. Em soja, a cultivar IAC-19 apresentou maior porcentagem de lignina em plantas tratadas com ASM ou Si (MORAES; FERREIRA; COSTA, 2009), o que não ocorreu neste trabalho, no qual apenas o ASM contribuiu para o acúmulo dessa substância.

Além disso, correlações lineares foram estabelecidas entre os parâmetros com diferenças significativas, sendo que o peso das lagartas aos 10 dias (-0,41) e aos 15 dias (-0,45) de idade e o teor de lignina (-0,52) se correlacionaram, negativamente, com o teor de Si (Tabela 7), ou seja, à medida que o acúmulo de Si se eleva na planta ocorre uma redução no peso das lagartas e no teor de lignina.

Tabela 7 Correlação linear paramétrica de Pearson entre o teor de silício, peso das lagartas aos 10 e 15 dias e teor de lignina

Parâmetros	Peso de lagartas aos 10 dias	Peso de lagartas aos 15 dias	Teor de lignina
Silício	-0,41	-0,45	-0,52
$p \leq 0,05$	0,0043	0,0016	0,0003

*significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A correlação existente entre o teor de Si e o peso das lagartas, neste trabalho, parece estar mais relacionada a causas químicas, em função de não ter

havido diferença na área foliar consumida, apesar do acúmulo deste elemento nas plantas.

4.3 Efeito da aplicação do silício e das injúrias artificiais sobre alguns aspectos biológicos da lagarta preta e no desenvolvimento vegetativo do girassol

Os tratamentos diferiram, significativamente, entre si ($p \leq 0,05$) para todos os parâmetros relacionados à ação da praga, uma vez que plantas submetidas à aplicação de silício (Si), em *drench* e/ou foliar, associada a injúrias artificiais foram menos preferidas para alimentação, apresentando porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas ($11,2 \pm 2,13$ / $12,6 \pm 2,06$, respectivamente) duas vezes menores quando comparadas à testemunha ($31,9 \pm 3,48$) (Tabela 8). Além disso, o consumo de área foliar foi quatro vezes superior nas plantas controle ($15,3 \pm 2,17$) em relação às tratadas com Si (*drench*) + injúrias ($3,5 \pm 1,11$). Consequentemente, esse mesmo tratamento resultou em menor ganho de peso ($1,4 \pm 0,26$) e aumento da mortalidade ($35,0 \pm 8,85$) das lagartas, em relação às injúrias isoladamente ($6,2 \pm 1,75$) e à combinação Si (*drench* + foliar) + injúrias ($8,0 \pm 4,66$), respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 Porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas (%), área foliar consumida (cm²), peso médio (mg) e porcentagem de mortalidade (%) (média±erro padrão) de lagartas *C. lacinia saundersii* em plantas de girassol (*H. annuus* L.) submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas *	Área foliar consumida*	Peso das lagartas*	Mortalidade*
Testemunha	31,9±3,48 a	15,3±2,17 a	5,6±0,76 ab	16,0±4,27 ab
Injúrias	29,3±4,98 ab	11,6±2,60 ab	6,2±1,75 a	25,0±7,03 ab
Si (<i>drench</i>)	20,7±3,80 abc	7,5±2,30 abc	2,4±0,44 bc	27,0±5,59 ab
Si (<i>drench</i>) + Injúrias	11,2±2,13 c	3,5±1,11 c	1,4±0,26 c	35,0±8,85 a
Si (<i>drench</i> + foliar)	17,7±2,51 bc	9,4±0,80 abc	4,1±0,58 abc	36,0±11,2 a
Si (<i>drench</i> + foliar) + Injúrias	12,6±2,06 c	5,4±1,60 bc	3,2±0,27 abc	8,0±4,66 b
Teste F	F = 5,23	F = 5,21	F = 4,81	F = 2,53
Valor p	(p = 0,0005)	(p = 0,0006)	(p = 0,0010)	(p = 0,0397)

Si – silício;

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Com base nos parâmetros alimentares de *C. lacinia saundersii*, pode-se observar que a combinação entre o Si e as injúrias artificiais afetaram, negativamente, a preferência da lagarta, resultando na redução da porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas e da área foliar consumida. Dessa forma, tal associação contribuiu para conferir maior proteção às plantas, visto que, em condições naturais, uma única lagarta dessa espécie é capaz de consumir uma área foliar de 32,31 cm² até atingir o 5^o ínstar, sendo que esse consumo pode aumentar, exponencialmente, com a idade das mesmas (FARINHA; PINTO; GOVONE, 1997).

Nesta pesquisa, pode-se sugerir que o efeito protetor do Si em girassol esteja associado, dentre outras possíveis causas, à modificação da anatomia das plantas, que leva ao enrijecimento dos tecidos foliares (MASSEY; HARTLEY, 2009). Sendo assim, há uma redução no desempenho dos insetos com concomitante diminuição das injúrias/danos na planta (KVEDARAS; KEEPING, 2007), fato que pode ter resultado, neste estudo, na redução das injúrias foliares e no consumo pela lagarta preta.

Os resultados apresentados nesta pesquisa, em relação à ação do Si sobre a lagarta preta, são condizentes com os de Gomes, Moraes e Neri (2009) que relataram menor número de lesões foliares provocadas por *D. speciosa* em batateira tratada com ácido silícico via solo ou foliar.

Já as injúrias mecânicas artificiais têm sido uma técnica utilizada para induzir a produção de compostos de defesa em plantas, semelhante ao que ocorre com a herbivoria feita pelos insetos (MITHOFER; WANNER; BOLAND, 2005), no entanto, no presente trabalho, a maior resistência das plantas de girassol a *C. lacinia saundersii* esteve relacionada ao efeito do Si, uma vez que as injúrias isoladamente não contribuíram para a proteção das plantas.

Outro parâmetro de *C. lacinia saundersii* afetado pelas aplicações de Si (*drench*) + injúrias foi o peso das lagartas, fato que pode ter sido desencadeado pela dificuldade de alimentação do inseto, em função, provavelmente, da maior rigidez dos tecidos foliares, o que pode ter contribuído para a redução da porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas, área foliar consumida e, conseqüentemente, menor biomassa de lagartas. Estes resultados assemelham-se aos que foram observados em cana de açúcar, na qual o emprego de silicato de cálcio como fonte de Si interferiu na nutrição de *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae), com redução do peso larval em relação às lagartas alimentadas com plantas não tratadas (KVEDARAS; KEEPING, 2007).

Em relação à mortalidade, as lagartas foram mais sensíveis em plantas tratadas com Si (*drench*) + injúrias ou Si (*drench* + foliar). A ação benéfica do Si em *drench* com as injúrias artificiais, também, foi observado para os parâmetros porcentagem de folhas com injúrias, área foliar consumida e peso de lagartas, o que, de certa forma, confirma a ação mais eficiente deste tratamento em relação aos demais. Esse efeito sobre a mortalidade pode ser devido à dificuldade alimentar das lagartas em função da maior dureza dos tecidos vegetais proporcionada pelo Si, o que compromete o desenvolvimento do herbívoro.

Os resultados encontrados neste estudo reforçam os de Goussain et al. (2002) e Horng e Chu (1990), pois a utilização de diferentes fontes de Si foram responsáveis por elevarem a mortalidade larval de *S. frugiperda* em milho e de *Ostrinia furnacalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae) em dieta artificial.

Um dado importante constatado nesta pesquisa é que o teor de Si foi 92% superior em plantas submetidas aos tratamentos Si (*drench* + foliar) ($1,1 \pm 0,04$) e/ou Si (*drench* + foliar) + injúrias ($1,4 \pm 0,06$) em comparação às plantas sem Si e sem injúrias ($0,1 \pm 0,06$) (Figura 3). Este fato pode explicar

grande parte dos resultados obtidos, principalmente, no que diz respeito à alimentação do inseto-praga.

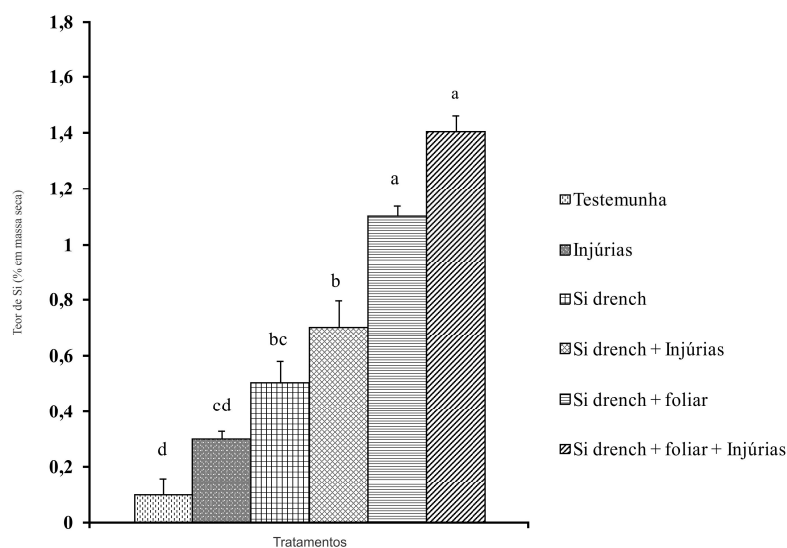


Figura 3 Teor de silício (SiO_2) (%) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e haste) de girassol (*H. annuus* L.) submetido a diferentes tratamentos

Nota: Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Barras verticais indicam erro padrão (\pm).

Como já mencionado, a combinação do emprego de Si com as injúrias artificiais garantiram maior proteção ao girassol contra a ação de *C. lacinia saundersii* por ter contribuído para a redução da porcentagem de folhas com injúrias provocadas pelas lagartas, área foliar consumida, peso e sobrevivência deste desfolhador. Neste contexto, o maior acúmulo de Si em girassol explica a não preferência dessas plantas, para alimentação da lagarta, pois este elemento pode promover o enrijecimento dos tecidos foliares, dificultando a alimentação

dos insetos-praga. Em geral, as Poáceas acumulam quantidades mais elevadas de Si em comparação às dicotiledôneas, como o girassol, embora já tenha sido relatado o potencial desta Asteraceae para acumular e depositar este elemento (SANGSTER; HODSON; TUBB, 2001).

No que diz respeito à capacidade de acumular Si, os resultados deste trabalho corroboram os de Kamenidou, Cavins e Marek (2008) que verificaram que a suplementação do girassol com este elemento foi eficaz para elevar a concentração de Si nas folhas, hastes e flores da planta em relação ao controle. De forma semelhante, Carvalho et al. (2009) observaram que aplicações de silicato de potássio líquido (12% de Si e 15% de K₂O) no híbrido Sunflower F1 Pollenless Sunbright, contribuíram para aumentar os teores deste elemento nas folhas, inflorescências e raízes das plantas.

A relação entre o Si e o comportamento alimentar da lagarta, também, foi estabelecida sendo que o teor desse elemento se correlacionou, negativamente, com a porcentagem de folhas com injúrias (-0,39), área foliar consumida (-0,32) e com o peso das lagartas (-0,21), ou seja, quanto maior o teor de Si nas plantas menor a preferência alimentar do herbívoro. Em contrapartida, a porcentagem de folhas com injúrias correlaciona-se, positivamente, com a área foliar consumida (0,69) e com o peso da lagarta (0,43). Este mesmo tipo de correlação foi observado entre o peso da lagarta e a área foliar consumida (0,43) (Tabela 9).

Tabela 9 Correlação linear paramétrica de Pearson entre as características teor de silício (TSi), porcentagem de folhas com injúrias (PFI), área foliar consumida (AFC) e peso de lagartas (PL) de *C. lacinia saundersii* em plantas de girassol (*H. annuus* L.)

Características	TSi	PFI	AFC	PL
TSi	-	-0,39*	-0,32*	-0,21*
$p \leq 0,05$	-	0,0009	0,0058	0,0493
PFI	-0,39*	-	0,69*	0,43*
$p \leq 0,05$	0,0009	-	0,0000	0,0003
AFC	-0,32*	0,69*	-	0,43*
$p \leq 0,05$	0,0058	0,0000	-	0,0003
PL	-0,21*	0,43*	0,43*	-
$p \leq 0,05$	0,0493	0,0003	0,0003	-

*Significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste t.

O mesmo efeito protetor e de deterrência alimentar, constatado nesta pesquisa pela aplicação de Si, também, foi verificado para *O. furnacalis* em dieta artificial, na qual o peso de pupas correlacionou-se, negativamente, com o teor de Si na dieta (HORNG; CHU, 1990), sendo um indicativo da redução do consumo durante a fase larval. Embora o Si tenha sido efetivo para alterar o comportamento alimentar de *C. lacinia saundersii* e de outros insetos-praga mastigadores (ASSIS et al., 2012; GOUSSAIN et al., 2002), pesquisadores como Keeping e Kvedaras (2008) consideram prematuro generalizar que os desfolhadores sejam a guilda mais suscetível a ser afetada por níveis elevados de Si nas plantas.

Em relação às características vegetativas do girassol, o emprego dos elicitores (Si e injúrias artificiais) não favoreceu de forma significativa ($p > 0,05$) o incremento de parâmetros da cultura como altura, diâmetro da haste, índice relativo de clorofila, massa fresca e seca da parte aérea (Tabela 10), embora o

maior acúmulo deste elemento tenha sido verificado nas plantas submetidas aos tratamentos com Si ou Si + injúrias.

Tabela 10 Altura (cm), diâmetro da haste (mm), índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca e seca (g) (média \pm erro padrão) da parte aérea de plantas de girassol (*H. annuus* L.) submetidas a diferentes tratamentos

Tratamentos	Altura ^{ns}	Diâmetro ^{ns}	Índice relativo de clorofila ^{ns}	Massa fresca ^{ns}	Massa seca ^{ns}
Testemunha	23,1 \pm 1,38	3,4 \pm 0,16	28,8 \pm 1,03	4,7 \pm 0,66	0,8 \pm 0,11
Injúrias	23,5 \pm 1,65	3,4 \pm 0,19	30,0 \pm 1,04	4,3 \pm 0,41	0,8 \pm 0,07
Si (<i>drench</i>)	26,4 \pm 1,25	3,5 \pm 0,25	29,8 \pm 1,30	4,4 \pm 0,42	0,8 \pm 0,09
Si (<i>drench</i>) + Injúrias	26,4 \pm 0,90	3,4 \pm 0,24	32,8 \pm 0,73	5,2 \pm 0,53	0,9 \pm 0,08
Si (<i>drench</i> + foliar)	29,1 \pm 2,25	3,2 \pm 0,19	32,3 \pm 1,07	4,4 \pm 0,49	0,7 \pm 0,06
Si (<i>drench</i> + foliar) + Injúrias	24,0 \pm 0,81	3,3 \pm 0,21	32,5 \pm 1,10	4,5 \pm 0,54	0,8 \pm 0,08
Teste F	F = 2,52	F = 0,22	F = 2,52	F = 0,40	F = 0,52
Valor <i>p</i>	(<i>p</i> =0,9999)	(<i>p</i> =0,9999)	(<i>p</i> =0,9999)	(<i>p</i> =0,9999)	(<i>p</i> =0,9999)

Si – silício;

ns - Não significativo pelo teste F (*p*>0,05).

Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa em relação à eficiência do Si em incrementar os parâmetros vegetativos da cultura reforçam os de Carvalho et al. (2009), nos quais a aplicação de Si em diferentes doses foi insatisfatória para elevar a altura e o diâmetro do caule de plantas de girassol. Essa ausência de resposta, também, já foi observada em outras dicotiledôneas, como batateira (GOMES; MORAES; NERI, 2009) e soja (FERREIRA; MORAES; ANTUNES, 2011).

4.4 Não-preferência ao pulgão *M. persicae* em girassol tratado com silício

Verifica-se que, em teste de livre escolha, os tratamentos não interferiram, significativamente ($p>0,05$), no número de ninfas de *M. persicae* em folhas de girassol às 24h. Contudo, a aplicação de silício (Si) via foliar contribuiu para reduzir o número de ninfas acumulado às 48h ($2,3\pm 0,42$) e 72h ($3,7\pm 0,71$) em relação à testemunha ($7,7\pm 1,71$ / $11,8\pm 2,21$) nestes intervalos de tempo. Já no teste sem chance de escolha, os tratamentos não afetaram ($p>0,05$) o número de ninfas colocadas pelos afídeos nos três períodos de avaliação (Tabela 11).

Tabela 11 Número de ninfas (NN) às 24h e número de ninfas acumulado (NNA) às 48h e 72h de *M. persicae*, em teste com e sem chance de escolha, em girassol (*H. annuus* L.) submetido a diferentes tratamentos

Tratamentos	Com chance de escolha			Sem chance de escolha		
	NN 24h ^{ns}	NNA 48h*	NNA 72h*	NN 24h ^{ns}	NNA 48h ^{ns}	NNA 72h ^{ns}
Testemunha	3,1±1,19	7,7±1,71 a	11,8±2,21 a	4,8±1,02	9,2±2,23	13,9±3,22
Si (<i>drench</i>)	1,8±0,33	4,2±1,01 ab	7,4±1,66 ab	5,5±1,13	8,7±1,54	11,1±2,28
Si (<i>drench</i> + foliar)	1,9±0,87	3,5±1,18 ab	6,0±2,06 ab	5,0±0,99	8,3±1,26	11,6±1,84
Si (foliar)	0,8±0,36	2,3±0,42 b	3,7±0,71 b	3,0±0,71	7,1±1,22	11,4±2,15
Teste F	F = 1,68	F = 3,52	F = 3,52	F = 0,80	F = 0,14	F = 0,10
Valor p	(p = 0,1934)	(p = 0,0284)	(p = 0,0283)	(p = 0,9999)	(p = 0,9999)	(p = 0,9999)

Si – silício / ns – Não significativo pelo teste F ($p > 0,05$);

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com relação aos pulgões adultos, no teste com chance de escolha, as plantas submetidas à aplicação de Si (*drench*) ($1,4 \pm 0,52$) ou foliar ($1,0 \pm 0,33$) às 48h e, somente foliar ($0,9 \pm 0,18$) às 72h, foram menos preferidas para alimentação quando comparadas ao controle. No teste sem chance de escolha, não se verificaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para essa mesma variável (Tabela 12).

Tabela 12 Número de adultos (NA) de *M. persicae* às 24h, 48h e 72h, em teste com e sem chance de escolha, em girassol (*H. annuus* L.) submetido a diferentes tratamentos

Tratamentos	Com chance de escolha			Sem chance de escolha		
	NA 24h ^{ns}	NA 48h*	NA 72h*	NA 24h ^{ns}	NA 48h ^{ns}	NA 72h ^{ns}
Testemunha	3,7±0,87	4,0±0,58 a	3,1±0,69 a	3,2±0,63	2,4±0,47	2,1±0,48
Si (<i>drench</i>)	2,8±0,71	1,4±0,52 b	2,0±0,58 ab	3,0±0,45	1,0±0,26	1,0±0,38
Si (<i>drench</i> + foliar)	2,5±0,65	1,9±0,50 ab	1,1±0,46 ab	3,7±0,39	1,7±0,45	1,7±0,25
Si (foliar)	1,8±0,42	1,0±0,33 b	0,9±0,18 b	3,2±0,44	2,2±0,44	1,9±0,45
Teste F	F = 0,86	F = 6,13	F = 3,52	F = 0,58	F = 1,18	F = 1,44
Valor <i>p</i>	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,0025)	(<i>p</i> = 0,0284)	(<i>p</i> = 0,9999)	(<i>p</i> = 0,3339)	(<i>p</i> = 0,2506)

Si – silício / ns – Não significativo pelo teste F ($p > 0,05$);

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos, a não-preferência de *M. persicae*, tanto para a produção de ninfas quanto para alimentação, foi iniciada após as 48h e 72h da infestação em girassol tratado com Si quando os insetos tiveram opção de escolha do alimento. Entretanto, não houve efeito dos tratamentos para os ensaios sem chance de escolha. Quanto ao método de aplicação do indutor de resistência, a aplicação foliar do Si foi a forma que possibilitou a obtenção dos melhores resultados neste trabalho tanto para redução do número de ninfas quanto da alimentação.

Os resultados encontrados nesta pesquisa relacionados ao efeito do Si na reprodução dos insetos fortalecem os de Ranger et al. (2009), pois em *Zinnia elegans*, planta da família Asteraceae, o uso de silicato de potássio (K_2SiO_2) foi responsável pela diminuição da fecundidade total acumulada de *M. persicae*. Da mesma forma, em trigo, a utilização de silicato de sódio contribuiu para redução de quase metade do número de ninfas de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) quando os afídeos foram mantidos em plantas tratadas com Si em relação às não tratadas com este elemento (BASAGLI et al., 2003), o que, também, foi constatado no presente trabalho.

Além de reduzir o número de ninfas, à aplicação de Si influenciou na preferência alimentar dos pulgões, corroborando com os resultados observados em milho para o pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) (MORAES et al., 2005) e em cacauzeiro para *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) (Hemiptera: Aphididae) (PINTO et al., 2012).

Foi possível inferir que a aplicação de Si (*drench* e/ou foliar) em girassol, de certa forma, exerce efeito repelente sobre os adultos de *M. persicae* (Tabela 13), pois no processo de seleção hospedeira por insetos herbívoros, os repelentes são as substâncias que determinam resposta negativa do inseto, levando-o a se afastar da planta (VENDRAMIM; GUZZO, 2009), sendo

possível observar, na presente pesquisa, um menor número de afídeos nas plantas tratadas com Si em relação à testemunha.

Tabela 13 Índice de repelência (IR) para adultos de *M. persicae* às 72h em girassol (*H. annuus* L.) submetido a diferentes tratamentos, em teste com chance de escolha

Tratamento	IR	Classificação
Testemunha	-	-
Si (<i>drench</i>)	0,7	Repelente
Si (<i>drench</i> + foliar)	0,4	Repelente
Si (foliar)	0,6	Repelente

Si – silfício;

IR = $2G/(G+P)$; em que G = nº de insetos nas plantas tratadas e P = nº de insetos na testemunha. Classificação: IR < 1 (repelente), IR=1 (neutra) e IR > 1 (atraente).

Observa-se, ainda, uma correlação positiva entre os parâmetros índice de repelência (IR) e o número de ninfas acumulado (NNA) às 48h e 72h; e entre o IR e o número de adultos (NA) às 48h e 72h (Tabela 14), pois quanto menor o valor de IR (planta repelente) menor será o NNA e o NA às 48h e 72h.

Tabela 14 Correlação linear paramétrica de Pearson entre o índice de repelência e os parâmetros número de ninfas acumulado (NNA) e de adultos (NA) de *M. persicae* às 48h e 72h em girassol (*H. annuus* L.), em teste com chance de escolha

Parâmetros	NNA 48h *	NA 48h *	NNA 72h *	NA 72h *
Índice de repelência	0,55	0,54	0,66	0,78
$p \leq 0,05$	0,0001*	0,0002*	0,0000*	0,0000*

*Significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$).

De maneira geral, evidencia-se que o emprego dos indutores de resistência Si e/ou ASM pode apresentar potencial para o manejo da lagarta preta *C. lacinia saundersii* e do pulgão *M. persicae* em girassol. Entretanto, faz-se necessária a condução de mais pesquisas, principalmente a campo, para uma

avaliação mais criteriosa dessas substâncias no manejo destes insetos-praga na cultura de girassol.

5 CONCLUSÕES

- a) A utilização de Si e/ou ASM interferem na preferência alimentar de *C. lacinia saundersii*, embora não contribuam para o desenvolvimento vegetativo da cultura de girassol.
- b) A aplicação de Si e/ou ASM reduz a biomassa de *C. lacinia saundersii*, em função do acúmulo de Si e lignina.
- c) O emprego associado de Si com injúrias artificiais afeta a preferência alimentar e o desenvolvimento de *C. lacinia saundersii*, em função do acúmulo de Si, embora não promova incremento nos parâmetros vegetativos da cultura.
- d) O Si, aplicado via foliar, afeta o número de ninfas e a preferência alimentar de *M. persicae* em girassol em teste com chance de escolha.

REFERÊNCIAS

ALCANTRA, E. et al. Effect of silicon and acibenzolar-s-methyl on colored cotton plants infested or not with *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 55, n. 2, p. 279-282, jun. 2011.

ALCANTRA, E.; MORAES, J. C.; ANTONIO, A. Efeito de indutores de resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 619-624, out./dez. 2010.

ANTUNES, C. S. **Efeitos do silício sobre as lagartas-chave e seus inimigos naturais em milho e girassol**. 2009. 52 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ANTUNES, C. S. et al. Influência da aplicação de silício na ocorrência de lagartas (Lepidoptera) e de seus inimigos naturais chaves em milho (*Zea mays* L.) e em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 619-625, jul./ago. 2010.

ARANDA, B.; GRANOVSKY, T. A. Introducción al conocimiento de las plagas agrícolas en el Paraguay. **Revista Peruana de Entomologia**, Lima, v. 14, n. 2, p. 397-398, dic. 1971.

ASSIS, F. A. et al. Efeitos da terra diatomácea sobre *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) em batata inglesa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 482-486, maio/jun. 2011.

ASSIS, F. A. et al. Inducers of resistance in potato and its effects on defoliators and predatory insects. **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 38, n. 1, p. 30-34, jan./jun. 2012.

BARBAGALLO, S. et al. **Pulgones de los principales cultivos frutales**. Madrid: Mundi, 1998. 121 p.

BASAGLI, M. A. B. et al. Effect of sodium silicate application on the resistance of wheat plants to the green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 659-663, out./dez. 2003.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. P. **Aphids on the world's crops: as identification guide**. Chichester: J. Wiley, 1984. 466 p.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; BOLONHEZI, A. C.; PACCINI NETO, J. Levantamento de insetos-pragas e seus inimigos naturais em girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivada em primeira e segunda época, no município de Selvíria-MS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 13, n. 2, p. 189-196, jul. 1984.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; VENDRAMIN, J. D. Infestação de girassol pela lagarta *Chlosyne lacinia saundersii* em duas épocas de cultivo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 244-253, jun./set. 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://www.extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 abr. 2013a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel - PNPB**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel>>. Acesso em: 21 maio 2013b.

BRICCHI, I. et al. Robotic mechanical wounding (MecWorm) versus herbivore-induced responses: early signaling and volatile emission in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). **Planta**, Berlin, v. 232, n. 3, p. 719-729, Aug. 2010.

CAMARGO, A. J. A.; AMABILE, R. F. **Identificação das principais pragas do girassol na região Centro-Oeste**. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico, 50).

CAMPOS FARINHA, A. E.; PINTO, N. P. O.; GOVONE, J. S. Estudo do comportamento e desenvolvimento de lagartas de *Chlosyne lacinia saundersii*, Doubleday & Hewitson (1849) (Lepidoptera: Nymphalidae), no ataque a uma planta de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 143-147, jul./dez. 1997.

CARRÉ-MISSIO, V. et al. Componentes epidemiológicos da ferrugem do cafeeiro afetados pela aplicação foliar de silicato de potássio. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 50-56, jan./fev. 2012.

CARVALHO, M. P. et al. Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2394-2399, nov. 2009.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 163-218.

CHAMBÓ, E. D. et al. Aplicação de inseticida e seus impactos sobre a visitação de abelhas (*Apis mellifera* L.) no girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 37-42, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura mensal da cultura do girassol**: período dezembro de 2012. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 21 maio 2013.

COSTA, M. C. R. et al. Utilização da torta de girassol na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação: efeitos no desempenho e nas características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1581-1588, set./out. 2005.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 834-839, nov./dez. 2006.

CUNHA, F. et al. Genetic diversity of the sunflower caterpillar (*Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday and Hewitson) (Lepidoptera: Nymphalidae) populations determined by molecular RAPD markers. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 82, n. 4, p. 1127-1136, dez. 2010.

DALLAGNOL, L. J. et al. Defective active silicon uptake affects some components of rice resistance to brown spot. **Phytopathology**, Ithaca, v. 99, n. 1, p. 116-121, Jan. 2009.

DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 70, n. 7, p. 1079-1084, Aug. 1983.

DUJOVNY, G.; USUGI, T.; SHOHARA, K. Characterization of a potyvirus infecting sunflower in Argentina. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, n. 5, p. 470-474, May 1998.

EMDEN, H. F. van; HARRINGTON, R. **Aphids as crop pests**. Wallingford: Oxon; Cambridge: CABI, 2007. 717 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, n. 1, p. 641-664, June 1999.

FERNANDES, L. H. M. et al. Acibenzolar-S-metil no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em condições de campo. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 24-32, jan./mar. 2013.

FERREIRA, R. S.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Silicon influence on resistance induction against *Bemisia tabaci* Biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) and on vegetative development in two soybeans cultivars. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 4, p. 495-500, July/Aug. 2011.

FREITAS, L. M.; JUNQUEIRA, A. M. R.; MICHEREFF FILHO, M. Potencial de uso do silício no manejo integrado da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, em plantas de repolho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 8-13, jan./mar. 2012.

FRIEDRICH, L. et al. A benzothiadiazole derivate induces systemic acquired resistance in tobacco. **The Plant Journal**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 61-70, Jan. 1996.

GOBBI, N.; PIRAS, C. Alguns fatores que influenciam a capacidade de acasalamento e oviposição de *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday & Hewitson, 1849) (Lepidoptera: Nymphalidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 15, p. 29-33, jul. 1986. Suplemento.

GOMES, F. B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, nov./dez. 2005.

GOMES, F. B. et al. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 185-190, mar./abr. 2008.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; ASSIS, G. A. Silício e imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1209-1213, ago. 2008.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 18-23, jan./fev. 2009.

GOUSSAIN, M. M. et al. 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, abr./jun. 2002.

GOUSSAIN, M. M.; PRADO, E.; MORAES, J. C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813, Sept./Oct. 2005.

GUIRADO, N. et al. Controle alternativo da lagarta preta (*Chlosyne lacinia saundersii*) do girassol. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 682-685, fev. 2007.

GUIRADO, N. et al. Controle da lagarta preta do girassol (*Helianthus annuus*) com produtos naturais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 27-30, nov. 2009.

GULYA, T. J. et al. Host range and characterization of *Sunflower mosaic virus*. **Phytopathology**, Ithaca, v. 92, n. 7, p. 694-702, July 2002.

GUNES, A. et al. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress: I., growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, n. 13/14, p. 1885-1903, Aug. 2008.

HORNG, S. B.; CHU, Y. I. Development and reproduction of Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis* Guenée) fed on artificial diet containing silica. **Chinese Journal of Entomology**, Taiwan, v. 10, n. 3, p. 325-335, 1990.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants and animals. **Advanced Agronomy**, New York, v. 19, n. 2, p. 107-149, 1967.

JUSTUS, C. M.; PASINI, A.; OLIVEIRA, E. D. Biologia e preferência da lagarta do girassol, *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) na planta daninha losna branca, *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 163-166, jan./mar. 2003.

KAMENIDOU, S.; CAVINS, T. J.; MAREK, S. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. **Hortscience**, Alexandria, v. 43, n. 1, p. 236-239, Feb. 2008.

KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L. Silicon as a plant defence against insect herbivory: response to Massey, Ennos and Hartley. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 77, n. 3, p. 631-633, May 2008.

KESSMANN, H. et al. CGA 245704, mode of action of a new plant activator. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, PESTS AND DISEASES, 1., 1996, Farnham. **Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 1996. p. 961-966.

KOGAN, M.; GOEDEN, R. D. The host-plant range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 63, n. 4, p. 1175-1180, July 1970.

KORNDORFER, A. P.; CHERRY, R.; NAGATA, R. R. Effect of calcium silicate on feeding and development of tropical sod webworms (Lepidoptera: Pyralidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 87, n. 3, p. 393-395, Sept. 2004.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).

KVEDARAS, O. L.; KEEPING, M. G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 125, n. 1, p. 103-110, Oct. 2007.

LAZZERI, M. G.; BAR, M. E.; DAMBORSKY, M. P. Diversidad del orden Lepidoptera (Hesperioidea y Papilionoidea) de la ciudad Corrientes, Argentina. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 59, n. 1, p. 299-308, mar. 2011.

LEITE, R. M. V. B. C. Doenças do girassol (*Helianthus annuus*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 385-399.

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C. Girassol: uma opção para a diversificação no sistema de rotação e produção de biocombustíveis. **Revista Plantio Direto**, n. 93, maio/jun. 2006. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=716>. Acesso em: 10 dez. 2013.

LEITE, R. M. V. B. C. et al. **Indicações para o cultivo de girassol nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 78).

LENTZ, D. et al. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, New York, v. 55, n. 3, p. 370-376, jul./sept. 2001.

LIMA, H. F. F. et al. Farelo de girassol na alimentação de aves Label Rouge em crescimento no ambiente equatorial. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 56-60, 2013.

LIMA JÚNIOR, C. A. et al. Insetos herbívoros associados ao girassol no Recôncavo Baiano. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 72-74, nov. 2006.

LIMA JÚNIOR, I. S. et al. Desfolha artificial simulando danos de pragas na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L., Asteraceae). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 1, p. 23-27, jan./fev. 2010.

LIN, H.; KOGAN, M.; FISCHER, D. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 19, n. 6, p. 1852-1857, Dec. 1990.

LIPPERT, D. et al. Conifer defense against insects: Proteome analysis of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) bark induced by mechanical wounding or feeding by white pine weevils (*Pissodes strobi*). **Proteomics**, Weinheim, v. 7, n. 2, p. 248-270, Jan. 2007.

LOON, L. C. van; BAKKER, P. A. H. M.; PIETERSE, C. M. J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, p. 453-483, Sept. 1998.

LOURENÇÃO, L. A.; UNGARO, M. R. G. Preferência para alimentação de lagartas de *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewitson, 1849 em cultivares de girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 1, p. 281-286, 1983.

MARANHÃO, Z. C. *Chlosyne lacinia saundersii*, praga do girassol. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 20, n. 5/6, p. 199, maio 1945.

MARTIN, T. N. et al. Spatial distribution of sunflower cultivars and the relationship between growth features. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 338-345, abr./jun. 2012.

MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. Herbivore specific induction of silica-based plant defences. **Oecologia**, Berlin, v. 152, n. 2, p. 677-683, Mar. 2007.

MASSEY, F. P.; HARTLEY, S. E. Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 281-291, Jan. 2009.

MAZIERO, J. V. G. et al. Avaliação de emissões poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 4, p. 287-292, out./dez. 2006.

MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 56, n. 414, p. 1255-1261, Mar. 2005.

MITHOFER, A.; WANNER, G.; BOLAND, W. Effects of feeding *Spodoptera littoralis* on lima bean leaves: II., continuous mechanical wounding resembling insect feeding is sufficient to elicit herbivory-related volatile emission. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 137, n. 3, p. 1160-1168, Mar. 2005.

MORAES, J. C. et al. Comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com silício e dimetoato. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 83-90, jan./fev. 2013.

MORAES, J. C. et al. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 761-766, jul./ago. 2005.

MORAES, J. C.; FERREIRA, R. S.; COSTA, R. R. Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* Biótipo B (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1260-1264, set./out. 2009.

MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORSO, I. C. Invertebrados associados ao girassol e seu manejo. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 471-500.

- NERI, D. K. P.; MORAES, J. C.; GAVINO, M. A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1167-1174, nov./dez. 2005.
- OLIVEIRA, J. T. L. et al. Crescimento de cultivares de girassol ornamental influenciado por doses de silício no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 123-128, fev. 2013.
- OLIVEIRA, M. D. S. et al. composição bromatológica e digestibilidade ruminal *in vitro* de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 4, p. 629-638, out./dez. 2007.
- OOSTENDORP, M. et al. Induced disease resistance in plants by chemicals. **European Journal of Plant Pathology**, London, v. 107, n. 1, p. 19-28, Jan. 2001.
- PARO JÚNIOR, L. A.; NAKANO, O. Dano simulado para a lagarta do girassol, *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewitson, 1819 (Lepidoptera: Nymphalidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 5, n. 2, p. 235-240, jul. 1976.
- PAULA, D. P. et al. **Metodologia de criação em laboratório do ciclo completo da lagarta-do-girassol *Chlosyne lacinia* (Lepidoptera: Nymphalidae)**. Brasília: EMBRAPA, 2009. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 267).
- PEREIRA, R. R. C. et al. Resistance inducing agents on the biology and probing behaviour of the greenbug in wheat. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 430-434, jul./ago. 2010.
- PINTO, D. G. et al. Alterações fisiológicas após aplicação de silício em cacau e sua influência na preferência por pulgões. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 360-367, maio/jun. 2012.
- RANGER, C. M. et al. Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 38, n. 1, p. 129-136, Feb. 2009.

RESENDE, M. L. V. et al. Perspectivas na indução de resistência em cacauero contra *Crinipellis pernicioso* através do benzotiadiazole (BTH). **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 25, n. 2, p. 149-156, jun. 2000.

REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, London, v. 155, n. 2, p. 171-186, Oct. 2009.

RIBEIRO, M. F. S.; RAIHER, A. P. Desempenho econômico da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do sudeste paranaense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 786-791, maio 2013.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 251 p.

RIGON, C. A. G.; RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S. Parâmetros genéticos entre caracteres quantitativos no girassol como critério de seleção para produtividade de aquênios. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1120-1125, set./out. 2013.

SALAS, F. J. S.; LOPES, J. R. S.; FERERES, A. Resistência de cultivares de batata a *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 1008-1015, nov./dez. 2010.

SANGSTER, A. G.; HODSON, M. J.; TUBB, H. J. Silicon deposition in higher plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 85-113.

SANTOS, M. C. et al. Efeito do silício em aspectos comportamentais e na história de vida de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v. 2, n. 1, p. 76-88, jul. 2012.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 58, n. 1, p. 151-199, 1997.

SAVVAS, D. et al. Effects of silicon and nutrient induced salinity on yield, flower quality and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroponic system. **Journal of Applied Botany**, Göttingen, v. 76, n. 5/6, p. 153-158, 2002.

SILVA, M. L. da; CASAGRANDE, M. M. Color polymorphism and allele frequency in a Brazilian population of the sunflower caterpillar *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday) (Lepidoptera: Nymphalidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 159-161, Jan./Mar. 2003.

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 843-851, maio/jun. 2008.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SOEST, P. J. van. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, n. 1, p. 119-128, Jan. 1967.

SYNGENTA. **Guia de produtos**: fevereiro de 2012. Disponível em: <http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/protecao_de_cultivos/Pages/Bion_500_WG.aspx>. Acesso em: 1 jun. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: _____. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 343-372.

TAKAHASHI, E.; MA, J. F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments on Agricultural and Food Chemistry**, Lausanne, v. 2, n. 2, p. 99-122, 1990.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. L. M.; PAPA, G. Efeito dos indutores de resistência acibenzolar-S-metil e silício na biologia de *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 2, p. 170-175, set. 2007.

UKNES, S. et al. Reduction of risk for growers: methods for the development of disease-resistant crops. **New Phytologist**, Lancaster, v. 133, n. 1, p. 3-10, May 1996.

UNGARO, M. R. G. Recomendações técnicas para o cultivo do girassol. **Correio Agrícola Bayer**, São Paulo, v. 2, p. 314-319, 1981.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: world markets and trade**. Washington, 2013. 34 p. (Circular Series, FOP 045-13). Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/oilseeds/default.asp>>. Acesso em: 21 maio 2013.

VALLAD, G. E.; GOODMAN, R. M. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 6, p. 1920-1934, Nov./Dec. 2004.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. p. 1055-1105.