

EFEITO DO SILÍCIO EM ASPECTOS COMPORTAMENTAIS E NA HISTÓRIA DE VIDA DE *Tuta Absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)¹

Marília Cristina dos Santos^{2*}, Ana Maria Resende Junqueira², Veríssimo Gibran Mendes de Sá³, José Cola Zanúncio⁴, Marcos Alexandre Bauch⁵, José Eduardo Serrão⁶

RESUMO – A tecnologia baseada no uso do silício diminui o uso de agrotóxicos, mantendo a qualidade de frutos e protegendo o ambiente. Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de diferentes fontes e doses de silício em plantas de tomate sobre aspectos biológicos e preferência de oviposição da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). O delineamento experimental foi em blocos casualizados contendo vinte e um tratamentos incluindo a testemunha, em cinco repetições [(Agrosilício[®] solo (t ha⁻¹ de SiO₂) - 0,45; 0,90; 1,35 e 1,80); (Agrosilício[®] foliar (t ha⁻¹ de SiO₂) - 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0); (Sili-K[®] (1 ha⁻¹ de SiO₂) - 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO₂) - 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00); (Ácido silícico solo (% de SiO₂) - 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00) e controle]. Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração das fases larval e pupal, sobrevivência de larvas e pupas e peso de pupas machos e fêmeas. A não preferência para oviposição de *T. absoluta* em plantas de tomateiro tratadas com silício foi avaliada através de testes com e sem chance de escolha. Não foram observadas diferenças na duração das fases larval e pupal, sobrevivência de lagartas e pupas, peso de pupas machos e fêmeas de *T. absoluta* e preferência de oviposição em indivíduos provenientes dos tratamentos com silício aplicado no solo e daquelas do grupo controle. Insetos obtidos dos tratamentos à base de silício aplicado via foliar apresentaram aumento na duração das fases larval e pupal, diminuição na sobrevivência de lagartas e pupas, diminuição do peso de pupas machos e fêmeas e diminuição na preferência de oviposição.

Palavras-chave: Biologia, comportamento, manejo integrado de pragas, silício, *Solanum lycopersicum*, traça-do-tomateiro

EFFECT OF SILICON ON BEHAVIORAL ASPECTS AND LIFE HISTORY OF TUTA ABSOLUTA (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

ABSTRACT – The technology based on the use of silicon reduces pesticide use, keeping fruit quality and protecting the environment. This study evaluated the effects of different sources and levels of silicon applied on tomato plants, on biological and behavior characteristics of the tomato pinworm *Tuta absoluta*. The experimental outline was a randomized block with twenty one treatments, including control, in five replicates [(Agrosilício[®] soil (t ha⁻¹ of SiO₂) – 0.45, 0.90, 1.35 and 1.80); (Agrosilício[®] leaves (t ha⁻¹ of SiO₂) – 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0); (Sili-K[®] (1 ha⁻¹ of product) – 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0); (Silicic Acid Leaves (% of SiO₂) – 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00); (Silicic acid soil (% of SiO₂) – 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00) and control]. The biological

¹ Parte da tese do primeiro autor; Projeto financiado pela CAPES.

² Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 70910-970, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

³ Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de Minas Gerais, 35930-314, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.

⁴ Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A.

⁵ IBAMA-Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Floresta Núcleo de Geoprocessamento, 70818-900, Brasília, DF, Brasil.

⁶ Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1B.

*Autor correspondente. E-mail: mariliacristina21@yahoo.com.br



characteristics evaluated, were: duration of larval and pupal stages, survival of larvae and pupae and pupal weight of males and females individuals. The non-preference for oviposition of T. absoluta in tomato plants treated with silicon was evaluated through tests with choice and without choice trials. There were no differences observed in the length of larval and pupal stages, survival of larvae and pupae, pupal weight of males and females of T. absoluta and oviposition in individuals from the treatments with silicon applied to the soil and those in the control group. However, insects collected from treatments based on leaf application silicon showed an increase in the duration the larval and pupal stages, decreased survival of larvae and pupae, decreased pupae weight of males and females and a decrease in oviposition preference.

Key Words: Biology, feeding behavior, integrated pest management, pinworm, silicon, Solanum lycopersicum.

1. INTRODUÇÃO

A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), nativa da América do Sul (Gomide et al., 2001), é uma das principais pragas do tomateiro no Brasil (Medeiros et al., 2009).

Tuta absoluta é um inseto holometábolo cujo ciclo completo dura de 26 a 30 dias (Medeiros et al., 2009). O estágio de ovo dura de três a seis dias (Coelho & França, 1987), o de lagarta, que é o causador dos danos, dura 14 dias. As lagartas de *T. absoluta* se alimentam do mesófilo das folhas causando minas, broqueiam o caule, perfuram o broto terminal e atacam os frutos (Michereff Filho & Vilela, 2001; Medeiros et al., 2009). A fase de pupa, que pode durar cerca de oito dias, desenvolve-se dentro da própria lesão foliar ou no solo. Cada fêmea pode depositar de 55 a 130 ovos durante três a sete dias (Coelho & França 1987; Haji et al., 1988) e a maioria dos ovos é depositada nas folhas (Torres et al. 2001; Pratisoli et al., 2003).

A traça-do-tomateiro representa sérios danos para a tomaticultura, ocorrendo durante todo o ciclo do tomateiro, independente do período em que seja cultivado (Giustolin et al., 2002), porém com maior intensidade no período mais seco do ano (Medeiros et al., 2011). Esta praga tem sido controlada normalmente através de aplicações múltiplas de inseticidas (Benvenga et al., 2007; Collavino & Gimenez, 2008; Medeiros et al., 2009), o que é indesejável tanto por motivos econômicos quanto ambientais. As aplicações sucessivas desses produtos químicos afetam os inimigos naturais e aumentam a possibilidade de desenvolvimento de populações da praga resistentes aos inseticidas, além da produção de alimentos com altos níveis de resíduos tóxicos (Almeida et al., 2009; Vianna et al., 2009; Silva et al., 2011).

Os métodos de controle utilizados em programas de Manejo Integrado de Pragas visam reduzir o uso de inseticidas ou utilizar aqueles compatíveis com os inimigos naturais (Zanuncio et al., 2003). A fisiologia, a ecologia e a etiologia dos insetos herbívoros, dentro de outros aspectos de sua biologia, estão inseridas em um contexto nutricional. A qualidade e a quantidade do alimento ingerido e a ingestão de compostos do metabolismo secundário das plantas podem causar efeitos deletérios, interferindo inclusive no desenvolvimento desses indivíduos (Hagen et al., 1984).

O silício é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre. Produtos originados de agregados siderúrgicos são resíduos da metalurgia do ferro-gusa e aço que, devido à sua basicidade, podem ser utilizados como corretivos de solo, sendo excelentes fontes de silício, cálcio e magnésio (Nolla et al., 2004). Embora o silício não seja essencial para a maioria das plantas (Epstein, 2009), a aplicação de silicatos tem aumentado a resistência das plantas às pragas, principalmente pela sua capacidade de acumulação na parte externa da parede celular (Costa & Moraes, 2006; Dalastra et al., 2011), aumentando assim a síntese de compostos fenólicos e lignina (Ghanmi et al., 2004; Currie & Perry, 2007), além de ativar as defesas químicas endógenas das plantas atacadas (Epstein, 2009). Entretanto, não foram feitos trabalhos evidenciando estes benefícios no tomateiro. Neste contexto, o uso do silício representa uma tecnologia com grande potencial para diminuir a frequência e o uso de inseticidas (Silva et al., 2010).

Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho avaliar diferentes fontes e doses de silício sobre os aspectos biológicos e a não preferência para oviposição de *T. absoluta*.



2. MATERIAL E MÉTODOS

Plantio, delineamento experimental e tratamentos

O plantio das mudas de tomateiro, variedade Tospodoro, oriundas da EMBRAPA Hortaliças, Brasília, DF, foi feito em casa de vegetação ($25 \pm 1,0^\circ \text{C}$) com área de aproximadamente 119 m^2 , em agosto de 2011, na Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral (DBG), Viçosa, MG, Brasil.

As parcelas experimentais foram plantas de tomateiro cultivadas em vasos de polietileno com volume de 3L, utilizando-se solo como substrato,

contendo uma planta em cada vaso, com adubação de plantio contendo nitrogênio (600 kg ha^{-1} de sulfato de amônio), fósforo (3300 kg ha^{-1} de superfosfato simples) e potássio (330 kg ha^{-1} de cloreto de potássio), cujas quantidades foram calculadas em função da análise do solo e recomendação de Ribeiro & Guimarães (1999). Os vasos foram dispostos em bancadas de $3,66 \times 1,00 \text{ m}$, equidistantes $0,10 \text{ m}$.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições, sendo vinte tratamentos e o controle (sem adição de qualquer composto contendo silício) (Tabela 1).

Tabela 1 - Fontes e doses de silício utilizadas na avaliação sobre a biologia e não preferência para oviposição de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)

Tratamentos	Produto	Quantidade	
	Agrosilício® Solo	t ha^{-1} de SiO_2	g de Agrosilício®/vaso de 3L
T 1		0,45	13,5
T 2		0,9	27,0
T 3		1,35	40,5
T 4		1,8	54,0
		t ha^{-1} de SiO_2 /aplicação	g de Agrosilício® / planta/ aplicação em 250mL de água destilada
T 5	Agrosilício® foliar	0,5	71,25
T 6		1,0	142,5
T 7		1,5	213,75
T 8	2,0	285,0	
		L ha^{-1} produto/aplicação	mL de Sili - K®/ planta/aplicação em 250mL de água destilada
T 9	Sili-K® foliar	0,5	0,015
T 10		1,0	0,030
T 11		2,0	0,060
T 12		3,0	0,090
		% de ácido silícico/aplicação	g de ácido silícico/ vaso/aplicação em 250mL de água destilada
T 13	Acido silícico foliar	0,5	1,25
T 14		1,0	2,5
T 15		2,0	5,0
T 16		3,0	7,5
		% de ácido silícico /aplicação	g de ácido silícico/ vaso/aplicação em 250mL de água destilada
T 17	Ácido silícico solo (%)	0,25	1,25
T 18		0,50	2,5
T 19		0,75	5,0
T 20		1,0	7,5
T 21	CONTROLE	0	0

Foram testados três compostos como fontes de silício [Agrosilício® (22,4% de SiO₂), Sili-k® (12,2% Si) e ácido silícico (100% SiO₂)] em quatro doses cada um.

O Agrosilício® foi adicionado ao solo juntamente com a adubação de plantio, visando à elevação da saturação por bases para 70%, na dosagem de 100% de SiO₂ (Ribeiro & Guimarães, 1999), visto que este produto possui efeito corretivo (Sommer et al., 2006). A partir deste valor foram calculadas as demais dosagens de 50%, 150% e 200% de SiO₂.

O Agrosilício® foi aplicado semanalmente via pulverização foliar nos tratamentos T5 ao T8 (250 ml de solução) nas dosagens de 50%, 100%, 150% e 200% de SiO₂, tendo como base a dosagem de 100%, correspondente a 1 tonelada de SiO₂ por hectare (Costa et al., 2009).

O produto Sili-K® foi aplicado (250 ml da solução), por pulverização, apenas via foliar, de acordo com a recomendação do fabricante, nas dosagens de 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 l ha⁻¹ do produto, semanalmente, nos tratamentos T9 ao T12, uma vez que não se encontra disponível para aplicação no solo.

A aplicação de 250 mL de solução de ácido silícico a 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0% de SiO₂ (Camargo et al., 2008; Costa et al., 2009) foi realizada, semanalmente, tanto via foliar (T13 ao T16) como no solo em torno das hastes das plantas (T17 ao T20) na dosagem correspondente a 1 tonelada de SiO₂ por hectare (Costa et al., 2009).

A primeira aplicação foliar destes produtos foi feita trinta dias após o plantio dos tomateiros, totalizando três aplicações em intervalos semanais. A testemunha (T21) recebeu apenas água destilada.

As plantas tratadas com Agrosilício® (foliar), Sili-k® e ácido silícico (solo e foliar) tiveram o solo corrigido com calcário dolomítico (0,8 t ha⁻¹) com o objetivo de elevar a saturação por bases para 70%.

Efeito de silício na Biologia de *T. absoluta*

Folhas de tomateiro com posturas de *T. absoluta* de mesma idade, provenientes da criação do Laboratório de Entomologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, foram seccionadas para que contivessem 10 ovos. Cada uma dessas áreas seccionadas foi fixada com auxílio de alfinete em um dos ramos da planta de tomateiro e acondicionada em sacos de organza de 15 x 20 cm envolvendo uma folha de tomate, sete dias

após a última aplicação foliar dos produtos contendo silício.

Para avaliar o efeito do silício na biologia de *T. absoluta*, os ramos contendo os ovos foram observados diariamente anotando-se a eclosão e a ocorrência de pupas, as quais, 24 h após a formação, foram sexadas, pesadas, individualizadas em placas de Petri®, colocadas em câmara climatizada tipo BOD a 25 ± 0,5 °C e fotofase de 12 horas, onde permaneceram até a emergência dos adultos.

As características biológicas avaliadas foram: duração e sobrevivência das fases larval e pupal e peso de pupas (machos e fêmeas).

Não preferência para oviposição de *T. absoluta* em plantas de tomateiro tratadas com silício

Os testes foram realizados com folhas de tomateiro obtidas dos 20 tratamentos citados anteriormente e o controle, sem qualquer composto contendo silício (Tabela 1).

Teste com chance de escolha

Os testes com chance de escolha foram realizados em gaiolas de 30 x 36 cm, recobertas com tecido tipo organza para facilitar a ventilação. Na base de cada gaiola foram dispostas, ao acaso, folhas de cada tratamento mantidas em vidros contendo água. Em cada gaiola, foram liberados 40 adultos (20 fêmeas e 20 machos) alimentados com solução de mel a 10%. Após 48 horas, foi contado, sob microscópio estereoscópico, o número de ovos em cada tratamento (Thomazini et al., 2001). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 10 repetições (gaiolas) contendo os 21 tratamentos.

Teste sem chance de escolha

Os testes sem chance de escolha foram realizados em gaiolas de 13 x 15, recobertas com tecido tipo organza para facilitar a ventilação. Cada tratamento foi testado separadamente dos demais. Na base de cada gaiola foi colocada uma folha, mantida em recipiente contendo água. Em cada gaiola, foram liberados 20 adultos (10 fêmeas e 10 machos) alimentados com solução de mel a 10%. Após 48 horas, foi contado, sob microscópio estereoscópico, o número de ovos em cada tratamento (Thomazini et al., 2001). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 10 repetições (gaiolas) por tratamento, 20 tratamentos e a testemunha.



Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade com o Sistema de Análises Estatísticas SAEG® 9.0 (2005).

3. RESULTADOS

Efeito do silício na biologia de *Tuta Absoluta*

Lagartas de *Tuta absoluta* pertencentes ao grupo controle (T21) e aos tratamentos em que o silício foi aplicado no solo (T1 ao T4 e T17 ao T20) não apresentaram diferenças quanto à duração das fases larval (Figura 1) e pupal (Figura 2) e sobrevivência de lagartas (Figura 3) e pupas (Figura 4). Entretanto, lagartas de *T. absoluta* obtidas dos tratamentos à base de silício aplicados via foliar (T5 ao T16) apresentaram aumento da duração da fase larval ($P < 0,01$) (Figura 1) e diminuição da sobrevivência de larvas ($P < 0,01$) (Figura 3) e pupas ($P < 0,01$) (Figura 4) quando comparados aos demais

tratamentos. Nos tratamentos em que o Agrosilício® foi aplicado nas folhas (T5 ao T8) também ocorreu aumento na duração da fase pupal, seguidos pelos tratamentos com Sili-K® (T9 ao T12) e ácido silícico aplicado via foliar (T13 ao T16) quando comparados aos demais tratamentos ($P < 0,01$) (Figura 2).

O peso de pupas fêmeas (mg) não diferiu do grupo controle (T21) e dos tratamentos em que o silício foi aplicado no solo (T1 ao T4 e T17 ao T20) (Tabela 2) (Figura 3). Houve diminuição no peso de pupas fêmeas provenientes dos tratamentos em que o silício foi aplicado nas folhas (T5 ao T16) quando comparados aos demais tratamentos ($P < 0,01$) (Figura 5).

O peso de pupas machos (mg) não diferiu do grupo controle (T21) e dos tratamentos em que o silício foi aplicado no solo (T1 ao T4 e T17 ao T20) (Figura 5). Houve diminuição nos pesos de pupas machos provenientes dos tratamentos em que o silício foi aplicado nas folhas (T5 ao T16) quando comparados aos demais tratamentos ($P < 0,01$) (Figura 5).

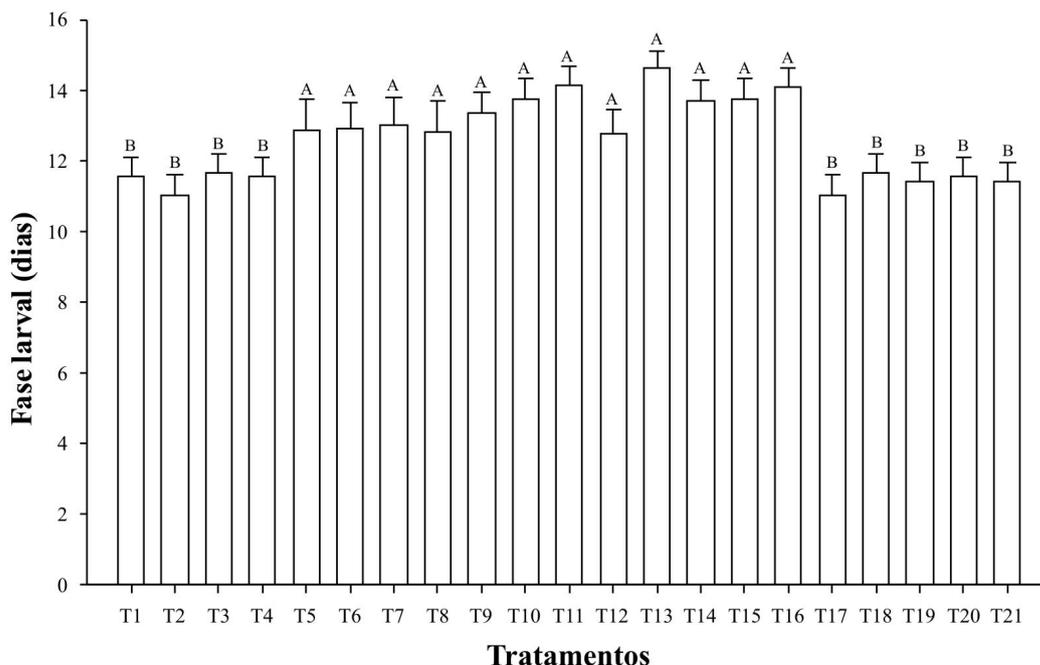


Figura 1 - Duração da fase larval (dias) (média \pm erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® ($1\ ha^{-1}$ do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO_2) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO_2) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

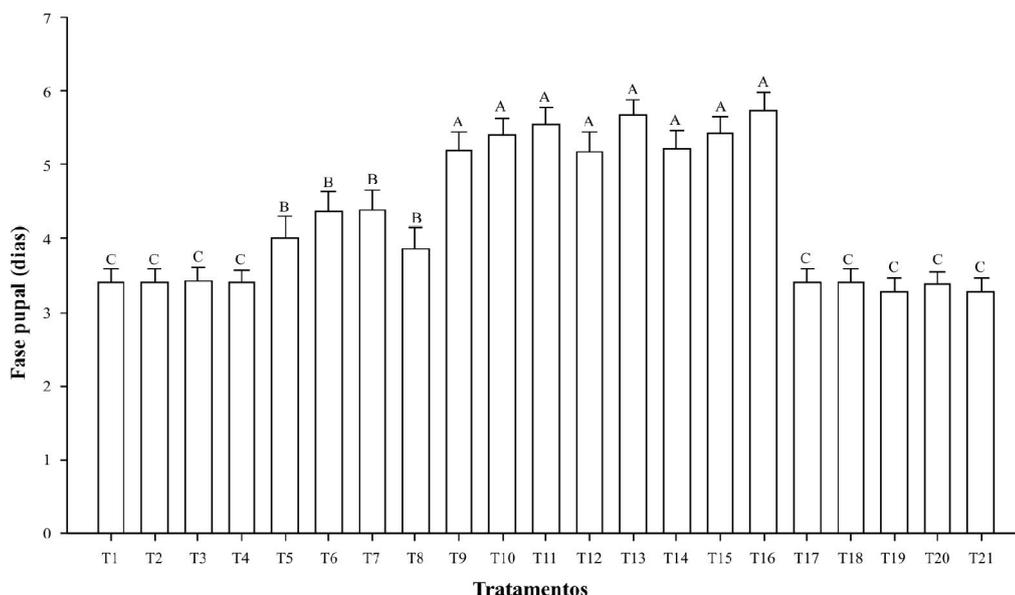


Figura 2 - Duração da fase pupal (dias) (média ± erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo (t ha⁻¹ de SiO₂) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar (t ha⁻¹ de SiO₂) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® (l ha⁻¹ do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO₂) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO₂) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

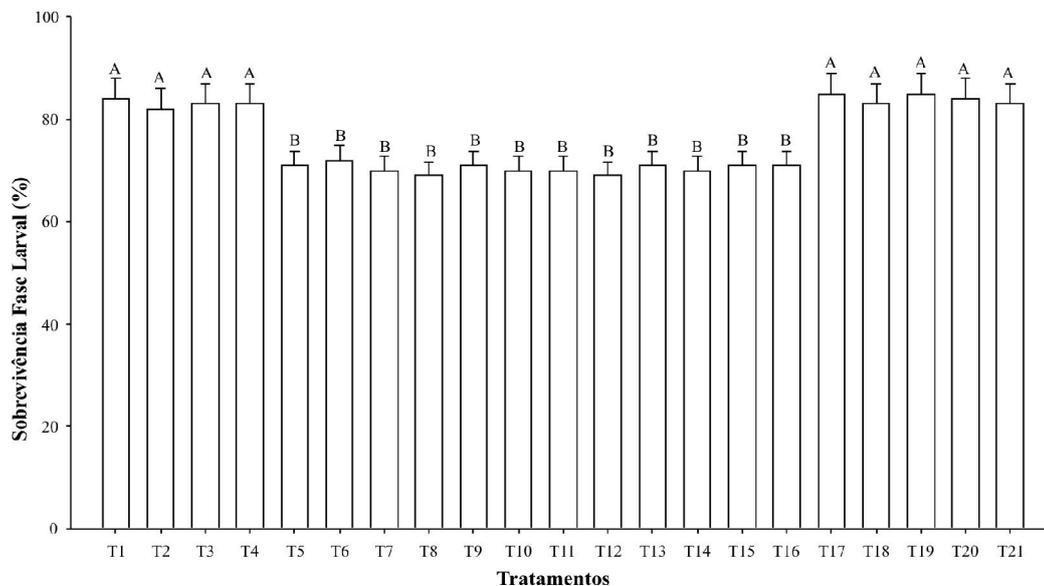


Figura 3 - Sobrevivência da fase larval (%) (média ± erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo (t ha⁻¹ de SiO₂) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar (t ha⁻¹ de SiO₂) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® (l ha⁻¹ do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO₂) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO₂) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

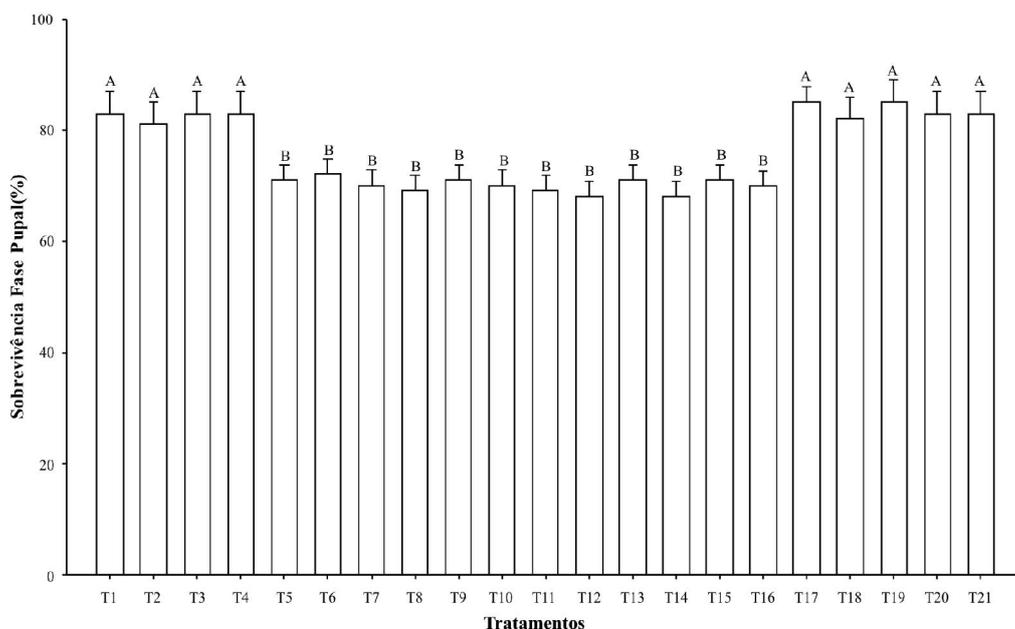


Figura 4 - Sobrevivência da fase pupal (%) (média \pm erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® (1 ha^{-1} do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO_2) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO_2) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

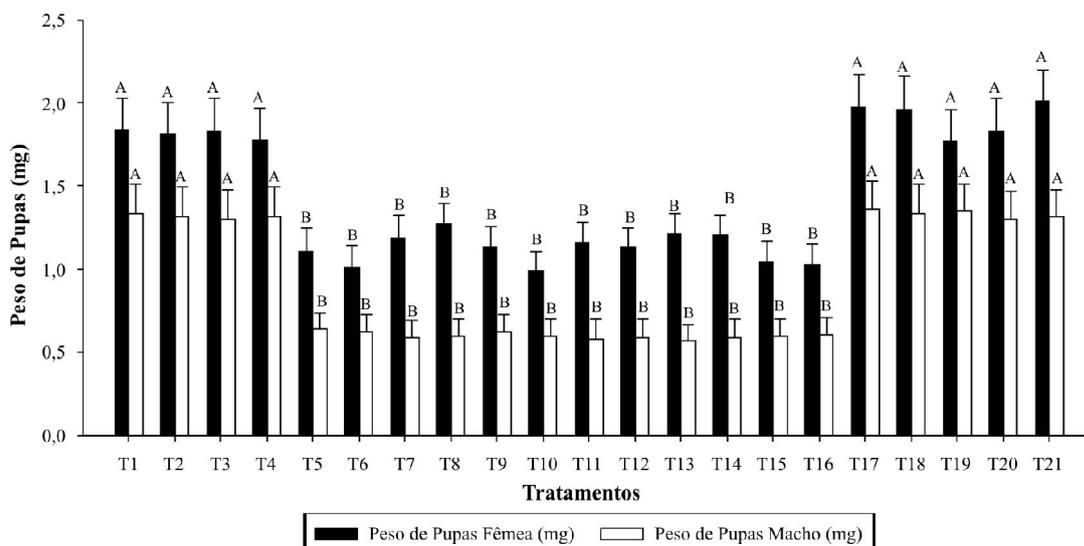


Figura 5 - Peso de pupas fêmea e macho (mg) (média \pm erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® (1 ha^{-1} do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO_2) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO_2) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Não preferência para oviposição de *Tuta Absoluta* em plantas de tomateiro tratadas com silício

Com chance de escolha

O número de ovos de *T. absoluta* obtido em folhas de tomateiro pertencentes ao grupo controle (T21) e aqueles em que o silício foi aplicado no solo (T1 ao T4 e T17 ao T20) foram semelhantes (Figura 6).

Nos tratamentos em que o Agrosilício® foi aplicado nas folhas (T5 ao T8), naqueles que receberam Sili-K® (T9 ao T12) ou ácido silícico nas folhas (T13 ao T16) foram os menos preferidos para oviposição ($P < 0,01$) (Figura 6).

Sem chance de escolha

Nos testes em confinamento, o número de ovos observados no grupo controle (T21) e nos tratamentos em que o silício foi aplicado no solo (T1 ao T4 e T17 ao T20) não diferiram entre si (Figura 7).

Os tratamentos em que o Agrosilício® foi aplicado nas folhas (T5 ao T8) apresentaram maior número de ovos em relação àqueles que receberam Sili-K® (T9 ao T11) e o ácido silícico nas folhas (T13, T15 e T16). Entretanto, T12 e T14 apresentaram menor número de ovos em relação aos demais tratamentos ($P < 0,01$) (Figura 7).

4. DISCUSSÃO

No presente estudo observou-se que em plantas de tomate que receberam o silício aplicado no solo (T1 ao T4 e T17 ao T20), bem como na testemunha (T21), não houve alterações nos aspectos biológicos (duração das fases larval e pupal, sobrevivência de larvas e pupas e peso de pupas fêmeas e machos) e preferência de oviposição de *T. absoluta*. Entretanto, em trabalhos com diversas culturas como batata (Gomes et al., 2009), trigo (Costa et al., 2009), arroz (Santos et al., 2009), sorgo (Costa et al., 2011) e cana-de-açúcar (Korndorfer et al., 2011), em que os silicatos foram aplicados no solo, foram observadas alterações no comportamento dos respectivos insetos-praga.

As plantas absorvem silício diretamente da solução do solo, de forma rápida ou lenta, na forma de ácido monossilícico (Korndörfer, 2006), sendo transportado até as raízes via fluxo de massa (Postek, 1981; Dayanadam et al., 1983), translocado pelo xilema e depositado na

parede celular na forma de sílica amorfa ou opala biogênica (Balastra et al., 1989). O transporte do ácido monossilícico no interior da planta acontece no mesmo sentido do fluxo de água (transpiração) (Korndörfer, 2006), assim os maiores depósitos de silício ocorrem com maior frequência nas regiões onde a água é perdida em grande quantidade, ou seja, na epiderme foliar (Dayanadam et al., 1983). Uma vez depositado, o silício torna-se imóvel e não mais se redistribui na planta (Korndörfer, 2006).

O efeito da proteção mecânica do silício nas plantas contra os insetos é atribuído ao seu depósito na forma de sílica amorfa na parte externa da parede celular (Costa & Moraes, 2006; Dalastra et al., 2011). O silício atua como agente indutor de resistência contra insetos-praga (Gomes et al., 2008; Costa et al., 2009; Massey & Hartley, 2009; Moraes et al., 2009; Reynolds et al., 2009; Pereira et al., 2010; Dalastra et al., 2011) e a silificação da epiderme pode impedir a penetração e a mastigação pelos insetos devido ao endurecimento da parede das células vegetais (Ghanmi et al., 2004; Currie & Perry, 2007; Gomes et al., 2008). Porém, a capacidade de absorção e acumulação de silício é variável entre as espécies. O tomateiro é uma planta não acumuladora de silício (Ma et al., 2001), pois absorve pouco silício pelas raízes (Lana et al., 2003; Ma & Yamaji, 2006) e o aumento do nível deste elemento em folhas de tomate não é proporcional à sua disponibilidade no substrato (Pereira et al., 2003). Myake & Takahashi (1983) observaram que o modo de translocação do silício foi diferente entre espécies. Em tomateiro o silício foi retido nas raízes e não se translocou facilmente para a parte aérea, sendo a concentração nessa parte da planta de 0,5 a 2,4 g kg⁻¹ de Si, enquanto nas raízes foi de 16,7 a 28,6 g kg⁻¹. Ainda, plantas de arroz possuem mecanismos específicos de absorção de silício, em que proteínas de membranas são produzidas por expressão de gene específico (Ma & Takahashi, 2002), que facilitam a absorção e o transporte deste elemento através do xilema desta gramínea. Possivelmente, após absorvido via fluxo de massa, o silício fique retido no apoplasto das raízes do tomateiro, não sendo transportado pelo xilema até as partes aéreas da planta. Provavelmente, em função de o tomateiro ser uma planta não acumuladora de silício, não houve alteração na biologia e oviposição de *T. absoluta* nestes tratamentos.

Nos tratamentos em que o silício foi aplicado nas folhas do tomateiro (T5 ao T16), houve aumento do



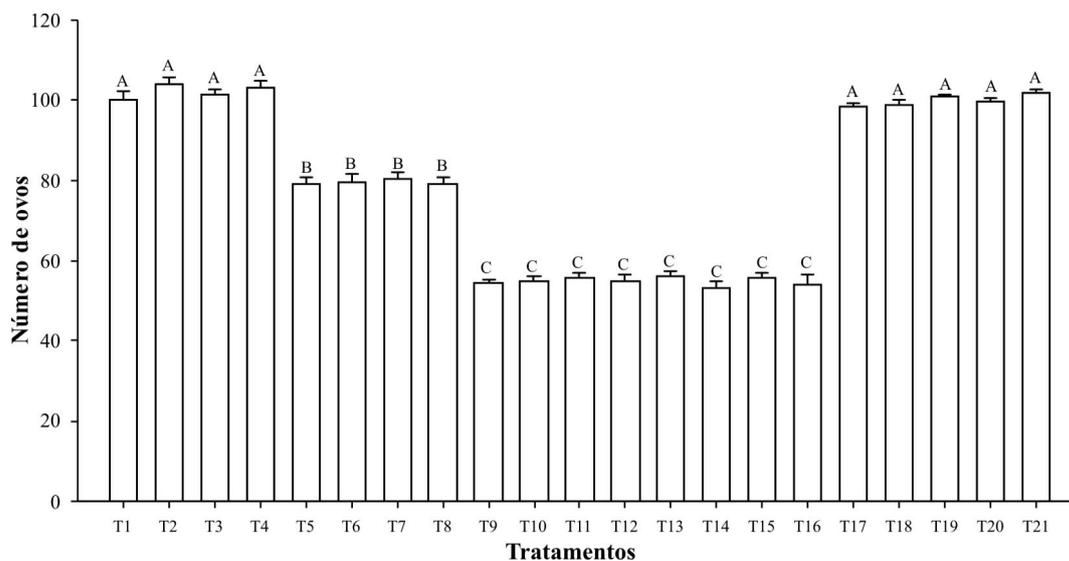


Figura 6 - Número de ovos (média \pm erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em testes com chance de escolha para oviposição, em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® ($l\ ha^{-1}$ do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO_2) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO_2) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

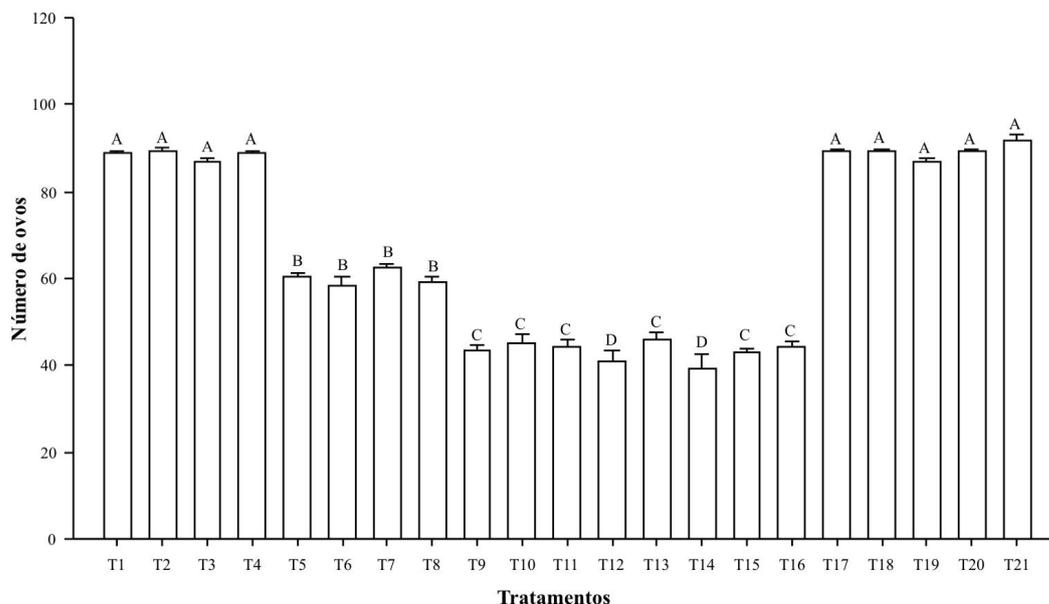


Figura 7 - Número de ovos (média \pm erro padrão) de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em testes sem chance de escolha para oviposição, em função dos tratamentos [(Agrosilício® solo ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T1 0,45; T2 0,90; T3 1,35; T4 1,80); (Agrosilício® foliar ($t\ ha^{-1}$ de SiO_2) - T5 0,5; T6 1,0; T7 1,5; T8 2,0); (Sili-K® ($l\ ha^{-1}$ do produto) - T9 0,5; T10 1,0; T11 2,0; T12 3,0); (Ácido silícico foliar (% de SiO_2) - T13 0,5; T14 1,0; T15 2,0; T16 3,00); (Ácido silícico solo (% de SiO_2) - T17 0,5; T18 1,0; T19 2,0; T20 3,00) e controle (T21)]. Colunas com mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

período larval e pupal, diminuição da sobrevivência de lagartas e pupas, diminuição do peso de pupas fêmeas e machos e menor preferência de oviposição de *T. absoluta*. Tais alterações podem ter ocorrido em razão do acúmulo e polimerização dos compostos silicatados na parede celular, aumentando a rigidez dos tecidos foliares e dificultando a alimentação (Goussain et al., 2002) e/ou indução de liberação de moléculas de defesa (Goussain et al., 2005; Gomes et al., 2009; Kvedaras et al., 2009; Moraes et al., 2009). Diversos trabalhos, nos quais o silício foi aplicado diretamente nas folhas das plantas, demonstraram diminuição na incidência de insetos devido às alterações na sua biologia (Camargo et al., 2008; Almeida et al., 2009; Kvedaras et al., 2009; Dalastra et al., 2011; Freitas et al., 2012) e preferência de oviposição (Camargo et al., 2008; Ferreira et al., 2011; Freitas et al., 2012), corroborando os resultados deste estudo.

A eficiência de produtos contendo silício aplicado via foliar no controle de *T. absoluta*, provavelmente, ocorre devido aos seus efeitos antialimentares para a fase larval dessa praga, agindo como ativador de resistência das plantas de tomate (Rodrigues et al., 2004; Côté-Beaulieu et al., 2009). Ainda, características físicas, morfológicas e químicas das plantas tratadas com silício podem alterar o comportamento dos insetos e interferir na sua biologia, levando a uma redução no *fitness* e oferecendo proteção para as plantas (Goussain et al., 2005).

O Agrosilício® (insolúvel em água) e o ácido silícico, aplicados via foliar, formam uma camada de sílica sobre a epiderme das folhas (Fernandes et al., 2009), o que pode ter dificultado a penetração das lagartas nas folhas e, conseqüentemente, a sua alimentação, afetando diretamente nos aspectos biológicos (aumento do período larval e pupal, diminuição da sobrevivência de larvas e pupas e diminuição do peso de pupas machos e fêmeas) e menor preferência de oviposição de *T. absoluta*.

Soluções são facilmente absorvidas pela cutícula das folhas, que apresenta microcanais e rupturas, inclusive a camada subestomática, altamente permeável à difusão de cátions e ânions, que permitem a passagem dessas soluções (Faquin, 2005). Possivelmente, o Sili-K® aplicado em solução na superfície foliar atravessa a cutícula e ocupa os espaços intercelulares e a superfície externa do plasmalema, ocupando inicialmente o apoplasto e, posteriormente, os simplastos foliares,

para então acumular-se na forma de sílica amorfa nas paredes celulares pelo processo de transpiração. O Sili-K® (silício líquido solúvel) forma esta camada de sílica evidenciada pela polimerização do produto com compostos da cutícula (Fernandes et al., 2009).

5. CONCLUSÕES

Doses menores de produtos contendo silício são eficazes no controle de *T. absoluta*.

6. AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília (UnB), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Laboratório de Controle Biológico (UFV), Professor Dr. Marcelo Coutinho Picanço (UFV), Laboratório de Entomologia Agrícola (UFV), Professor Dr. Tuneo Sedyama (UFV), Embrapa Hortaliças e Empresas Unaprosil e Agronelli Insumos Agrícolas.

7. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, G.D.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C. et al. Calcium silicate and organic mineral fertilizer increase the resistance of tomato plants to *Frankliniella schultzei*. **Phytoparasitica**, v.37, p.225-230, 2009.
- BALASTRA, M.L.F.C.; PEREZ, C.M.; JULIANO, B.O. et al. Effects of sílica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. **Canadian Journal of Botany**, v.67, 2356-236, 1989.
- BENVENGA, S.R.; FERNANDES, A.O.; GRAVENA, S. Tomada de decisão de controle da traça-do-tomateiro através de armadilhas com feromônio sexual. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.164-169, 2007.
- CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; OLIVEIRA, E.B. et al. Efeito da aplicação do silício em plantas de *Pinus taeda* L., sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlantica* (Wilson) (Homoptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1767-1774, 2008.
- COELHO, M.C.F.; FRANÇA, F.H. Biologia, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.129-135, 1987.



- COLLAVINO, M.D.; GIMENEZ, R.A. Efficacy of imidacloprid to control the tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick). **Idesia**, v.26, p.65-72, 2008.
- COSTA, R.R.; MORAES, J.C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl na resistência de plantas de trigo ao *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v.35, p.834-839, 2006.
- COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; COSTA, R.R. Interação silício-imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.455-460, 2009.
- COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; DACOSTA, R.R.. Feeding behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* on wheat plants treated with imidacloprid and/or silicon. **Journal of Applied Entomology**, v.135, p.115-120, 2011.
- CÔTÉ-BEAULIEU, C.; CHAIN, F.; MENZIES, J.G. et al. Absorption of aqueous inorganic and organic silicon compounds by wheat and their effect on growth and powdery mildew control. **Environmental and Experimental Botany**, v.65, p.155-161, 2009.
- CURRIE, H.A., PERRY, C.C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. **Annals of Botany**, v.100, p.1383-1389, 2007.
- DALASTRA, C.; CAMPOS, A.R.; FERNANDES, F.M. et al. Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoimzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.531-538, 2011.
- DAYNADAM, P.; KAUFMAN, P.B., FRANKLIN, C.L. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, v.70, p.1079-1084, 1983.
- EPSTEIN, E. Silicon: its manifold roles in plants. **Annals of Applied Biology**, v.155, p.115-160, 2009.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, UFLA, FAEP, 2005. 186p.
- FERNANDES, A.L.T.; MERRIGHI, A.L.N.; SILVA, G.A. et al. Utilização do silício no controle de pragas e doenças do cafeeiro irrigado. **FAZU em Revista**, v.6, p.11-52, 2009.
- 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 soybean cultivars. **Neotropical Entomology**, v.40, p.495-500, 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**, v.25, p.8-13, 2012.
- GHANMI, D.; MCNALLY, D.J.; BENHAMOU, N.; et al. Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: A pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.64, p.189-199, 2004.
- GIUSTOLIN, T.A.; VENDRAMIM, J.D.; PARRA, J.R.P. Número de instares larvais de *Tuta absoluta* (Meyrick) em genótipos de tomateiro. **Scientia Agricola**, v.59, p.393-396, 2002.
- 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**, v.38, p.1209-1213, 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**, v.33, p.18-23, 2009.
- GOMIDE, E.V.A.; VILELA, E.F.; PICANÇO, M. Comparação de procedimentos de amostragem de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro estaqueado. **Neotropical Entomology**, 30, 697-705, 2001.
- GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J. 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**, v.3, p.306-310, 2002.

- GOUSSAIN, M.M.; PRADO, M.E.; MORAES, J.C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behavior of the *Greenbug Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v.34, p.807-813, 2005.
- HAGEN, K.S.; DADD, R.H.; REESE, J. The food of insects. In: HUFFAKER, C.B.; RABB, R.L. (Eds.) **Ecological methodology**. J. Wiley & Sons, 1984. p.79-112.
- HAJI, F.N.P.; PARRA, J.R.P.; SILVA, J.P. et al. Biologia da traça-do-tomateiro sob condições de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.107-110, 1988.
- KORNDÖRFER, G.H. Elementos benéficos. In: FERNANDES MS (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p.355-374, 2006.
- KORNDÖRFER, A.P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J.D. Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. **Neotropical entomology**, v.40, p.387-392, 2011.
- KVEDARAS, O.L.; BYRNE, M.J.; COOMBES, N.E. et al. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. **Agricultural and Forest Entomology**, v.11, p.301-306, 2009.
- LANA, R.M.Q.; KORNDORFER, G.H.; ZANÃO, L.A. et al. Effects of calcium silicate on the productivity and silicon accumulation in the tomato plant. **Bioscience Journal**, v.19, p.15-20, 2003.
- MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. (Eds.) **Silicon in Agriculture**. Elsevier Science, 2001. p.17-39.
- MA, J.F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan**. Amsterdam, Elsevier Science, 2002. 281p.
- MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Plant Science**, v.11, p.392-397, 2006.
- MASSEY, F.P.; ENNOS, A.R.; HARTLEY, S.E. Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. **Journal of Animal Ecology**, v.75, p.595-603, 2006.
- MASSEY, F.P.; HARTLEY, S.E. Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores. **Journal of Animal Ecology**, v.78, p.281-291, 2009.
- MEDEIROS, M.A.; SUJII, E.R.; RASI, G.C. et al. Padrão de oviposição e tabela de vida da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 53, 452-456, 2009.
- MEDEIROS, M.A.; SUJII, E.R.; MORAIS, H.C. Fatores de mortalidade na fase de ovo de *Tuta absoluta* em sistemas de produção orgânica e convencional de tomate. **Bragantia**, v.70, p.72-80, 2011.
- MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E.F. Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. (Eds.) **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p.81-84.
- 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**, v.33, p.1260-1264, 2009.
- MYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.29, p.71-83, 1983.
- NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; ARRUDA, D.G. Eficiência de silicato de cálcio e calcário no controle de *Cercospora sojina* na cultura da soja. In: **III Simpósio sobre silício na agricultura**, Uberlândia. Resumos expandidos Uberlândia: Grupo de Pesquisa Silício na Agricultura (CD ROM). 2004.
- PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C.; KORNDORFER, G.H. Behavior of different silicon sources in the soil and in tomato crop. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.101-108, 2003.



- PEREIRA, R.R.C.; MORAES, J.C.; PRADO, E. et al. Resistance inducing agents on the biology and probing behavior of the greenbug in wheat. **Scientia Agricola**, v.67, p.430-434, 2010.
- POSTEK, M.T. The occurrence of sílica in leaves of *Magnolia grandiflora*. **Botanical Magazine**, v.142, p.124-134, 1981.
- PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; FERNANDES, A.O.R. et al. Oviposition pattern of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato under different population densities in greenhouse. **Agro-ciência**, v.19, p.11-15, 2003.
- REYNOLDS, O.L.; KEEPING, M.G.; MEYER, J.H. Silicon augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annual Applied Biology**, v.155, p.171-186, 2009.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359p.
- RODRIGUES, F.A.; MCNALLY, D.J.; DATNOFF, L.E. et al. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexin in Rice: a potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, v.94, p.177-183, 2004.
- SAEG 9.0. 2005. **Sistema para análises estatísticas-SAEG**. Versão 9.0. Fundação Arthur Bernardes. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SANTOS, A.B.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, E. et al. Fertilização silicatada na severidade de brusone e na incidência de insetos-praga em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.537-543, 2009.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.
- SILVA, V.F.; MORAES, J.C.; MELO, B.A. Influence of silicon on the development, productivity and infestation by insect pests in potato crops. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.1465-1469, 2010.
- SILVA, G.A.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L. et al. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest Management Science**, v.67, p.913-920, 2011.
- SOMMER, M.; KACZOREK, D.; KUZYAKOV, Y. et al. Silicon pools and fluxes in soils and landscapes: a review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.169, p.310-329, 2006.
- THOMAZINI, A.P.B.W.; VENDRAMIM, J.D.; BRUNHEROTTO, R. et al. Efeito de Genótipos de Tomateiro sobre a Biologia e Oviposição de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, v.30, p.283-288, 2001.
- TORRES, J.B.; FARIA, C.A.; EVANGELISTA, W.S. et al. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. **Integrated Journal Pest Management**, v.47, p.173-178, 2001.
- VIANNA, U.R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C. et al. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effects on descendent generation. **Ecotoxicology**, v.18, p.180-186, 2009.
- ZANUNCIO, T.V.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. et al. Permethrin-induced hormesis on the predator *Supputius cincticeps* (Stal, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). **Crop Protection**, v.22, p.941-947, 2003.

