INTERAÇÃO TRIGO-SILÍCIO-INSETICIDA NA BIOLOGIA E NO COMPORTAMENTO DE PROVA DO PULGÃO-VERDE *Schizaphis graminum* (Rondani) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) MONITORADO PELA TÉCNICA "ELECTRICAL PENETRATION GRAPHS" (EPG)

MARCIO MARCOS GOUSSAIN

2006

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA

Marcio Marcos, Goussain
Interação trigo–silício–insenticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) monitorado pela técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG) / Marcio Marcos Goussain. -- Lavras : UFLA, 2006.
59 p. : il.

Orientador: Jair Campos Moraes.
Tese (Doutorado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Pulgões. 2. Silício. 3. EPG. 4. Resistência induzida. 5. Manejo integrado de praga. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD- 633.11952

MARCIO MARCOS GOUSSAIN

INTERAÇÃO TRIGO-SILÍCIO-INSETICIDA NA BIOLOGIA E NO COMPORTAMENTO DE PROVA DO PULGÃO-VERDE *Schizaphis graminum* (Rondani) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) MONITORADO PELA TÉCNICA "ELECTRICAL PENETRATION GRAPHS" (EPG)

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

Orientador
Prof. Dr. Jair Campos Moraes

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

MARCIO MARCOS GOUSSAIN

INTERAÇÃO TRIGO-SILÍCIO-INSETICIDA NA BIOLOGIA E NO COMPORTAMENTO DE PROVA DO PULGÃO-VERDE *Schizaphis graminum* (Rondani) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) MONITORADO PELA TÉCNICA "ELECTRICAL PENETRATION GRAPHS" (EPG)

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

APROVADA em 17 de fevereiro de 2006

Dr. Ernesto Prado	**UFLA/CNPq**
Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho	**UFLA**
Dra. Lenira Viana Costa Santa-Cecília	**EPAMIG**
Prof. Dr. Marcus Vinícius Sampaio	**UFU**

Prof. Dr. Jair Campos Moraes
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

À minha amada esposa, Cássia e ao maravilhoso filho, Samuel, que estão sempre comigo em todas as jornadas,
OFEREÇO

À minha mãe, Noêmia, ao meu pai, Márcio e meus irmãos, Fabíola, Jamilly e Gustavo, que sempre me apoiaram e incentivaram neste caminho,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre ilumina meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade durante esses 13 anos.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao "Mestre" professor Jair Campos Moraes, pela excelência em orientar e pelos conselhos durante o mestrado e doutorado.

Ao Dr. Ernesto Prado, pela excelente orientação e ensinamentos da Técnica EPG e pela sua ética profissional.

Aos professores do Departamento de Entomologia, especialmente ao Geraldo, Brígida, Vanda Helena, que proporcionaram ótimos conhecimentos.

Ao Carvalho Carlos Ecole, pela amizade e ensinamentos de estatística.

Aos amigos Luciano Pacelli, Vinícius, Nélio, Lenira, Flávia, Flavinho, Gleiber, Chryz e Sandra.

Aos funcionários Fábio, Nazaré, Lisiane, Elaine e Edvaldo, que sempre me ajudaram.

Ao Julinho, que esteve disposto a ajudar em todas as horas.

Ao Engenheiro Agrônomo Marcio Gavino, meu braço direito em todas as fases experimentais do doutorado.

À minha querida amada esposa e sua família que sempre me apoiaram durante esta trajetória.

A minha família, meus pais e irmãos, que me incentivaram desde o começo nesta longa vida acadêmica.

A Lenira, por ter me proporcionado trabalhar ao lado do Dr. Ernesto Prado e pela convivência no laboratório EPG.

A SIPCAM AGRO, pela oportunidade de trabalhar e concluir o doutorado.

SUMÁRIO

	Página
Resumo	i
Abstract	ii
Capítulo 1	01
1 Introdução geral	01
2 Referencial teórico	03
2.1 Cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)	03
2.2 O pulgão-verde *S. graminum*	03
2.3 A técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG)	05
2.4 O silício no manejo de insetos	07
3 Referências bibliográficas	14
Capítulo 2. Efeito da aplicação de silício em plantas de trigo na biologia e comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae)	20
Resumo	20
Abstract	21
1 Introdução	22
2 Material e métodos	24
3 Resultados e discussão	28
4 Conclusões	35
5 Referências bibliográficas	36
Capítulo 3. Efeito da aplicação de silício e do inseticida dimetoato no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo	40
Resumo	40
Abstract	41
1 Introdução	42
2 Material e métodos	44
3 Resultados e discussão	47
4 Conclusões	55
5 Referências bibliográficas	56

RESUMO

GOUSSAIN, Marcio Marcos. **Interação trigo-silício-inseticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitorado pela técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG)**. 59p. Tese (Doutorado em Agronomia. Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.[1]

Métodos de controle que visam diminuir o impacto da utilização de inseticidas estão sendo cada vez mais pesquisados e adotados na agricultura moderna. Estudos com silício têm demonstrado que a sua aplicação pode aumentar o grau de resistência das plantas ao ataque de insetos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de silício e do inseticida dimetoato em plantas de trigo, no comportamento do pulgão-verde *S. graminum*, utilizando a técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG). Além disso, foram realizados testes com "honeydew clock" e estudos biológicos do pulgão-verde em plantas tratadas com silício em aplicações via solo, foliar e solo mais foliar. A aplicação de silício diminuiu o período de prova, o número de gotas excretadas de "honeydew", a duração do período reprodutivo, a longevidade e a fecundidade de *S. graminum*. O período de não-prova antes da primeira fase do floema aumentou significativamente com aplicação de silício, bem como o período da prova para atingir o floema. Por outro lado, a aplicação de inseticida aumentou o tempo de ingestão no xilema e diminuiu o tempo para atingir o floema. Esses resultados demonstram que o emprego do silício pode resultar no aumento da resistência das plantas de trigo ao ataque do pulgão-verde e que a aplicação de inseticida mudou o comportamento do inseto. O emprego de silício poderá constituir-se em uma técnica viável no manejo integrado de pulgões na triticultura.

---

[1]Comitê Orientador: Jair Campos Moraes - UFLA e Ernesto Prado – UFLA/CNPq (Orientadores)

ABSTRACT

GOUSSAIN, Marcio Marcos. **Interactions wheat–silicon–insecticide in the biology and probing behavior of greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitoring "Electrical Penetration Graphs" technique (EPG).** 2006. 59p. Thesis (Doctor in Agronomy. Entomology)- Federal University of Lavras, Lavras, MG.[1]

Methods of control that diminish the impact of the use of insecticides are being each praised and adopted time more in modern agriculture. Studies with silicon have demonstrated that its application can increase plant resistance to insects. This work had also objective to evaluate the effect of the silicon and the insecticide dimetoato on the probing behaviour of the greenbug *S. graminum* by using the technique "Electrical Penetration Graphs" (EPG). Moreover, tests with "honeydew clock" were performed and biological studies of the greenbug in plants treated with soil and foliar applications of silicon. The silicon application diminished the probing-time, the number of "honeydew" drops, the duration of the reproductive period, the longevity and the fecundity of *S. graminum*. The period of non-probing before the first phloem phase increased significantly with silicon application as well as the period to reach the phloem. On the other hand, the insecticide application increased xylem phase. These results demonstrate that utilization of silicon can result in the increase of wheat resistance the green-bug and that the insecticide application changed the behavior of the insect. The silicon applied could be a viable technique in the integrated pest management of aphids in wheat crop.

---

[1]Advising Committee: Jair Campos Moraes - UFLA e Ernesto Prado – UFLA/CNPq (Advisers)

CAPITULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) é um dos mais importantes insetos-praga da cultura de trigo e de outros cereais. Essa praga encontra-se disseminada nas Américas do Norte e Sul, Europa, África e no meio-oeste da Ásia (Blackman & Eastop, 2000).

Este inseto causa danos pela sucção da seiva, transmissão de viroses e injeção de toxinas, podendo ocasionar morte de plantas e, conseqüentemente, redução de estande (Al-Mousawi et al., 1983; Cruz et al., 1998). Para o seu controle, utiliza-se, praticamente, somente aplicações de inseticidas do grupo dos organo-fosforados que podem ser realizadas até três vezes, durante o ciclo da cultura (Salvadori, 1999).

A utilização de métodos de controle que visam aumentar o grau de resistência das plantas ao ataque de insetos-praga está sendo cada vez mais pesquisada na agricultura moderna, visando à diminuição do uso de agroquímicos, ao aumento da vida útil de ingredientes ativos, bem como à diminuição do impacto ambiental dessa prática no agroecossistema.

O silício pode proporcionar aumento do grau de resistência das plantas ao ataque de insetos e doenças. Diversos estudos demonstram que o silício se deposita nas células epidérmicas das folhas e tricomas aumentando o espessamento e a rigidez, e também atua como um elicitor no sistema de defesa da planta ao ataque de pragas pela produção de compostos fenólicos de defesa. (Hayward & Parry, 1973; Hodson & Sangster, 1988; Chérif et al., 1992a; Samuels et al., 1993; Chérif et al., 1994; Epstein, 1994; Marschener, 1995; Savant et al., 1997; Epstein, 1999; Goussain et al., 2002; Gomes et al., 2005).

O aumento do grau de resistência das plantas com silício pode ser resultado de alterações morfológicas das estruturas externas e internas da planta, bem como da produção de compostos deletérios ao inseto. Assim, pode haver alteração no comportamento desse inseto em plantas tratadas com silício.

Uma análise mais minuciosa desses possíveis efeitos pode ser feita por meio da observação do caminho que os estiletes percorrem desde a cutícula até o floema mediante a utilização da técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG) (McLean & Kinsey, 1964; Tjallingii, 1978). Por meio desta técnica, podem-se "visualizar" diferentes padrões e ondas que correspondem à localização dos estiletes dentro do tecido da planta e às atividades biológicas que ocorrem durante a prova para a seleção do hospedeiro.

Esta técnica tem sido usada para investigar transmissão de viroses (Prado & Tjallingii, 1994; Martin et al., 1997), resistência de planta hospedeira pelos afídeos e mosca-branca (van Helden & Tjallingii, 1993; Lei et al., 1998) como também outros estudos fundamentais (Tjallingii & Hogen Esch, 1993; Santa-Cecília, 2003).

Dessa forma, tendo em vista a necessidade de pesquisas que conduzam ao melhor entendimento da interação silício-planta-inseto e silício-inseticida-planta-inseto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento biológico do pulgão *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício e ou inseticida sistêmico e o seu comportamento alimentar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)

O trigo é um dos mais antigos cereais utilizados pela humanidade, sendo, atualmente, um dos mais cultivados em todo o mundo. É uma espécie originária do Oriente Médio (Ásia), cultivada há mais de 500 anos na Síria e de grande importância para povos babilônicos e egípcios, cerca de 6.000 anos atrás (Santos et al., 1997). No Brasil, na década de 1990, a área de plantio era de 1,5 milhão de hectares e, atualmente, está em torno de 2,7 milhões de hectares, com um crescimento de 80%. A produtividade média brasileira saltou de 1.500 $kg.ha^{-1}$ para 2.031 $kg.ha^{-1}$, com produção estimada de 5,86 milhões de toneladas para uma demanda de 10 milhões (Companhia Nacional de Abastecimento, 2005).

Este cereal é importante, do ponto de vista alimentar, devido ao alto valor energético e de carboidratos e apresenta uma quantidade apreciável de proteínas. Com essas características que são importantes para a população humana, às vezes, é chamado de "o mais nobre dos cereais" (Maia, 1996).

2.2 O pulgão-verde *S. graminum*

O pulgão-verde tem sido reconhecido como uma das principais pragas de cereais por mais de 150 anos (Blackman & Eastop, 2000). Este inseto é encontrado nas Américas do Sul e Norte, Europa, África e na Ásia. No Brasil, sua primeira ocorrência foi constatada no Rio Grande do Sul, em 1941, em plantas de trigo (Waquil et al., 1986).

O pulgão-verde apresenta como principais características o tamanho pequeno a médio, a coloração verde-clara e os sifúnculos cilíndricos e escurecidos na parte apical. As antenas possuem flagelos escuros em quase toda

a extensão e a nervura média da asa anterior apresenta apenas uma bifurcação. Os ápteros possuem, geralmente, uma linha média dorsal e longitudinal de cor verde-clara. Os alados têm cabeça e mesotórax de coloração escura (Penna-Martinez, 1985).

A faixa ótima de temperatura para a reprodução do pulgão-verde situa-se entre 21ºC a 24ºC, podendo produzir até quatro gerações/ano. Porém, esse inseto reproduz-se numa ampla faixa que vai de 10ºC a 33ºC, e pode sobreviver durante três meses em temperaturas abaixo de 5ºC. Possui quatro instares ninfais, com duração de aproximadamente uma semana, quando passa para a forma adulta, iniciando a fase reprodutiva. Esta fase dura em torno de 40 dias e cada fêmea pode dar origem de 70 a 100 indivíduos (Salvadori, 1998).

As injúrias e os danos causados pelo *S. graminum* atingem a planta em praticamente todo o ciclo da cultura, podendo ocasionar até a sua morte. O inseto-praga suga a seiva da planta, causando limitação de água e nutrientes e injeta toxinas, provocando a destruição enzimática da parede celular, causando clorose e, finalmente, necrose do tecido foliar. Além disso, indiretamente, pode transmitir viroses importantes, predispor a planta a doenças e afetar a qualidade dos grãos (Al-Mousawi et al., 1983; Cruz et al., 1998; Salvadori, 1998).

Para o controle deste afídeo, geralmente, utilizam-se inseticidas organo-fosforados quando 10% de plantas forem infestadas durante a fase vegetativa ou tiverem mais de dez pulgões/espiga até a fase de grão em massa mole, podendo ser realizadas até três aplicações durante o ciclo da cultura do trigo. Entretanto, esses produtos podem ser prejudiciais à fauna entomológica benéfica, embora sua persistência seja rápida no ambiente (Silva et al., 1996; Salvadori, 1999).

2.3 A Técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG)

A técnica do "Electrical Penetration Graphs", ou EPG, permite o conhecimento de diferentes aspectos do comportamento alimentar de insetos sugadores por meio de diferentes padrões de ondas que são amplificados de sinais elétricos provenientes da interação inseto-planta.

Primeiramente, foi desenvolvida por McLean & Kinsey (1964), sendo posteriormente modificada por Tjallingii (1978). O EPG consiste de um equipamento simples, no qual o inseto e a planta são partes de um sistema elétrico. No dorso do inseto é fixado, com auxílio de uma cola especial (tintura de prata) condutiva, um fino eletrodo de ouro (10 a 20 µm). O outro eletrodo é conectado ao substrato dos vasos que contêm as plantas (solo, dieta ou água), sendo suplementado com uma fonte de baixa voltagem. A partir do momento que o inseto penetra o seu estilete na planta, o circuito elétrico é fechado. Os estiletes do inseto são apenas os condutores elétricos entre o inseto e a planta.

O circuito elétrico é formado por dois sistemas. O primeiro compreende a planta, o inseto, a fonte de energia e o resistor elétrico. A voltagem é acumulada num ponto, sendo posteriormente processado este sinal (circuito secundário). A voltagem acumulada surge pela diferença de potencial de dois componentes de origem elétrica diferente (Figura 1). Uma voltagem é gerada pela combinação inseto-planta, indicada pela força eletromotriz do sistema "emf". A outra é formada pela mudança da condutividade elétrica ou resistência (R) (Tjalling, 1985). O componente "emf" pode ser formado pela diferença de potencial osmótico dentro da célula da planta, quando ocorrem puncturas nesse tipo de célula. Já o "R" é formado pela mudança da resistência elétrica dos condutores elétricos (estiletes), causado pelo abrir e fechar das válvulas da cavidade oral, por ou mudanças na concentração eletrolíticas dos canais dos estiletes. Tanto o componente "emf" quanto o R, podem fornecer importantes

informações biológicas sobre a interação inseto-planta pelas diferentes formas de ondas.

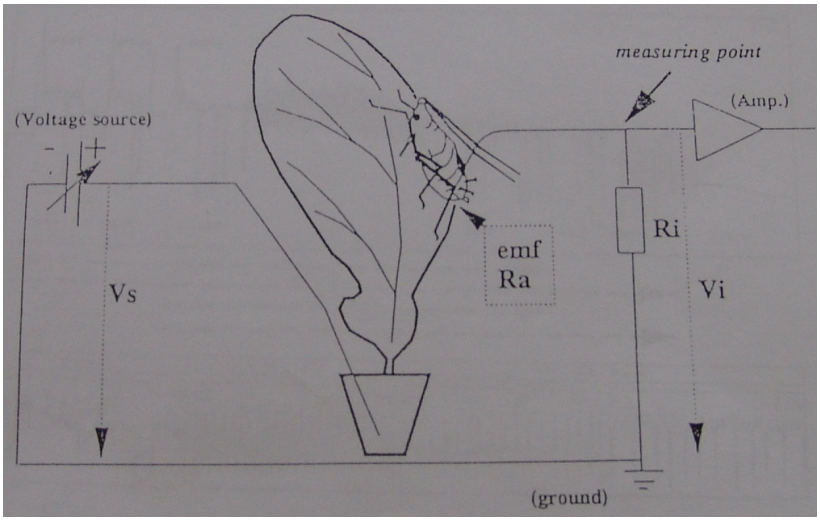

FIGURA 1. Circuito primário para gravação do EPG.

Diferentes formas de onda têm sido distinguidas por meio de estudos de correlação entre a atividade do afídeo e ou a localização do estilete no tecido da planta. O EPG pode ser divido em dois períodos: o primeiro corresponde à prova (penetração do estilete) e o segundo a não-prova (np) (Figura 2). Dentro do período de prova, observam-se três fases distintas: caminhamento do estilete "C", incluindo as ondas A, B, C, F e potencial drops (pd); fase do xilema (onda "G") e a fase do floema incluindo as ondas E1 e E2 (Tjallingii, 1978).

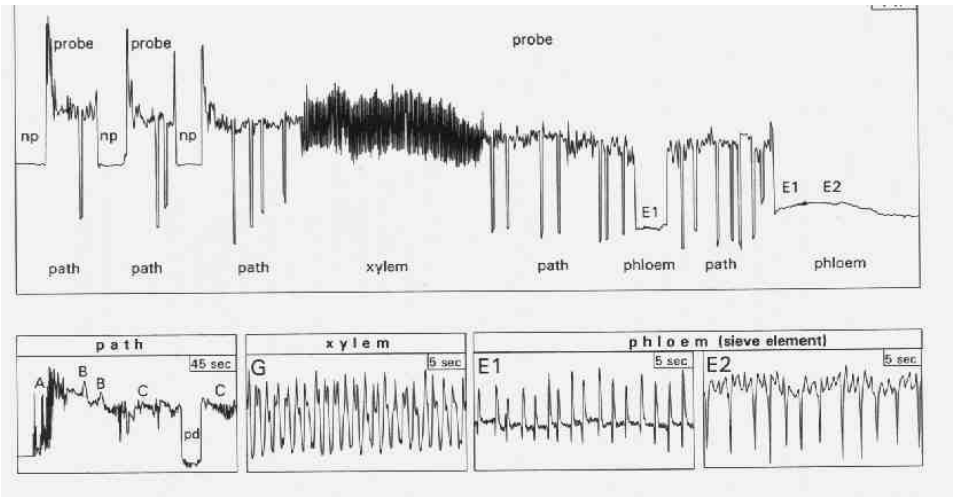

FIGURA 2. Diferentes formas de ondas formadas pela interação inseto/planta.

Esta técnica pode ser utilizada para auxiliar em diferentes tipos de estudo, desde o melhoramento genético clássico de plantas até os mais avançados, como a biologia molecular. Diferentes trabalhos têm sido realizados mediante o uso da técnica EPG, tais como a transmissão de vírus (Prado & Tjallingii, 1994; Martin et al., 1997; Fereres & Collar, 2001; Tjallingii & Prado, 2001), o comportamento de insetos vetores e inseticidas (Nisbet et al., 1993) e a resistência de plantas (van Helden & Tjallingii, 1993; Caillaud et al., 1995; Lei et al., 1998).

2.4 O silício no manejo de insetos

A única forma assimilável de silício pelas plantas é o ácido silícico, que é prontamente absorvido pelas plantas (Raven, 1983; Werner & Roth, 1983). Porém, a capacidade de absorção é diferente, até mesmo em genótipos da mesma espécie.

Jones & Handreck (1967) propuseram a divisão das plantas em grupos, de acordo com a concentração de silicato (SiO_2) encontrada na matéria seca, em:

a) acumuladoras (10% a 15% de SiO_2), como o arroz; b) intermediárias (1% a 3% de SiO_2), como cana-de-açúcar, milho, sorgo, cucurbitáceas e algumas dicotiledôneas e c) não acumuladoras (<1,0% de SiO_2), como o tomateiro e a maioria das dicotiledôneas.

O transporte do silício para todas as partes aéreas das plantas é limitado ao xilema (Balasta et al., 1989). O silício está presente na parede deste vaso, tendo a função de aumentar a sua resistência à compressão durante a tensão respiratória (Raven, 1983). O ácido silícico é transportado passivamente para a parte aérea das plantas através da corrente transpiratória, sendo depositado como polímero de sílica amorfa ou opala ($SiO_2.nH_2O$) (Jones & Handreck, 1967).

A primeira publicação da utilização de silício na proteção de plantas ocorreu em 1940. Especulou-se a respeito do modo de ação do silício sobre a redução da severidade do míldio em plantas de pepino. Foi observada uma relação direta entre a deposição de ácido silícico nos sítios de infecção do míldio e o grau de resistência de plantas à doença. Houve uma silicificação (deposição de silício) das células epidérmicas, dificultando a penetração do tubo infectivo dos fungos, agindo, assim, como uma barreira mecânica (Wagner, 1940 citado por Lima Filho et al., 1999).

O acúmulo e a polimerização de silício na célula epidérmica, logo abaixo da cutícula, formam uma barreira mecânica denominada "dupla camada silício-cutícula", ajudando a manter as folhas mais eretas, diminuindo a transpiração e protegendo as plantas contra o ataque de insetos-praga e fungos (Yoshida et al., 1962, citados por Savant et al., 1997).

O papel do silício na resistência à broca-do-colmo-do-arroz *Chilo supressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) foi investigado por Djamin & Pathak (1967), em 20 variedades de arroz. Estes autores concluíram que, nas variedades com alto teor de silício, um menor número de lagartas foi encontrado, diminuindo, assim, a porcentagem de coração-morto nas plantas. Verificaram,

ainda, alta correlação linear negativa (r=-0,80) entre a sobrevivência das lagartas e a porcentagem de silício encontrada nas plantas. A concentração de silício nas plantas afetou a sobrevivência das lagartas e reduziu os sintomas de coração morto, reduzindo também a alimentação desses insetos, sendo a mortalidade correlacionada com o excessivo desgaste da região incisora da mandíbula.

Kin & Heinrichs (1982) estudaram o efeito de quatro doses de silício (0, 50, 100 e 150 ppm de SiO_2) em solução nutritiva, em plântulas de arroz contra ninfa da cigarrinha *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae). Os autores observaram que poucas ninfas transformaram-se em adultos nas plantas tratadas com silício e que o número de machos cresceu com o aumento da dose desse mineral.

Tayabi & Azizi (1984), avaliando o efeito de várias doses de silicato de potássio (0,100, 250, 500, 750 e 1000 kg/ha) sobre o rendimento e resistência de arroz à broca-do-colmo *Chilo supremain* (Lepidoptera: Pyralidae), constataram que a aplicação de 500 $kg.ha^{-1}$ teve efeito positivo sobre o número de panículas/planta, panículas/m^2 e de grãos/m^2. O número de lagartas desta praga foi de 23 e 47/m^2 para as doses de 1.000 e 500 $kg.ha^{-1}$, respectivamente, contra 112 onde não foi aplicado o silício.

O efeito de diferentes fontes de silício sobre o tripes *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae), mosca-da-galha *Orseolia oryzae* (Wood-Mason) (Diptera: Cecidomyiidae) e lagarta-enroladeira *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae), insetos-praga da cultura do arroz, foi investigado por Subramanian & Gopalaswamy (1988). Esses autores concluíram que, nos tratamentos em que foi adicionado silício, o número de tripes/folha foi significativamente menor em relação ao tratamento sem silício. Também foi constatado que a porcentagem populacional da mosca-da-galha e da lagarta-enroladeira diminuiu com a adição de silício.

Entretanto, a barreira mecânica proporcionada pelo silício nas células epidérmicas não é o único mecanismo de defesa ao ataque de insetos ou à penetração das hifas de fungos. Em trabalhos recentes com plantas de pepino, foi observado que o silício age no tecido do hospedeiro, afetando sinais químicos entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida dos mecanismos de defesa da planta (Samuels et al., 1991; Chérif et al., 1992a; Chérif et al., 1992b). O mecanismo de resposta da planta ao ataque de insetos sugadores é similar ao do ataque de patógenos (Dreyer & Campbell, 1987).

A diminuição da população de duas espécies de afídeos *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1848) (Homoptera: Aphididae) e *Sitobion avenae* (Fabr., 1794) (Homoptera: Aphididae), sobre folhas de trigo após a aplicação foliar de silício (1% Na_2SiO_2), não foi resultado somente da deposição de silício nas células epidérmicas, mas também devido ao aumento da solubilidade desse elemento dentro da folha (Hanisch, 1980).

Segundo Sogawa (1982), a concentração de 10 mg/litro de SiO_2 teve um efeito inibitório na sucção da seiva por uma espécie de cigarrinha em plantas arroz.

A resistência de 19 genótipos de capim ao ataque do gorgulho-das-pastagens, *Listronotus bonariensis* (Kruschel) (Coleoptera: Curculionidae), foi estudada por Barker (1989). Verificou-se que o número de ovos ovipositados nas plantas foi correlacionado negativamente com a densidade de depósitos de silício na superfície abaxial das bainhas, o que também dificultou a alimentação das larvas.

A aplicação de 2 kg de casca de arroz carbonizada por m^2 de solo aumentou significativamente o teor de silício em plantas de arroz e isso diminuiu a porcentagem de coração-morto causado pela lagarta-amarela-do-colmo *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) (Sawant et al., 1994).

Puzyrkov et al. (1996) investigaram a possibilidade da utilização de um composto orgânico-silícico (tetraetoxisilane-TES) como método alternativo para reduzir a quantidade de inseticidas e fungicidas para o controle do besouro-do-colorado *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) e do fungo causador da doença conhecida como requeima, *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, na cultura da batata. Houve uma redução na aplicação de pesticidas de 11 para 2 a 5 kg/ha e aumento na produção de 9% a 24%.

A resistência de 11 cultivares de arroz a *Chilo agamemnon* Bles. (Lepidoptera: Pyralidae) e *Hydrellia prosternalis* Deeming (Diptera: Ephydridae) foi investigada por Soliman et al. (1997). Nesse trabalho foram determinados proteína total, silício natural e aminoácidos livres. Seus autores concluíram que uma maior quantidade de proteína aumentou a infestação de *C. agamemnon* e diminuiu a infestação de *H. prosternalis* na maioria das cultivares, tendo o maior teor de silício diminuído a infestação de ambos os insetos-praga.

Carvalho et al. (1999), estudando o efeito do silício na resistência do sorgo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera: Aphididae), verificaram que o mineral causou redução na preferência e na reprodução dessa praga.

Ao estudarem o efeito da aplicação de silicato de sódio em plantas de milho, Goussain et al. (2002) observaram que houve aumento do canibalismo entre lagartas pequenas, como também uma maior mortalidade de lagartas de primeiro e sexto instar de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) quando alimentadas com plantas tratadas com este mineral. Este fato pode estar relacionado ao acúmulo de silício nas células epidérmicas, o que, possivelmente, aumentou a rigidez do tecido, dificultando a alimentação desta praga devido ao excessivo desgaste da região incisora da mandíbula.

Basagli et al. (2003) realizaram aplicações seqüenciais de solução de silicato de sódio a 0,4% de SiO_2, por seis vezes, em intervalos de cinco dias,

sendo a primeira cinco dias após a emergência das plantas de trigo. Constataram os autores que o silício reduziu a preferência, a longevidade e a produção de ninfas do pulgão-verde *S. graminum*, conferindo, portanto, resistência das plantas de trigo a este inseto-praga.

No manejo integrado de pragas (MIP), o uso de táticas que visem diminuir a densidade populacional do inseto-praga e que não afetem a sobrevivência e o desenvolvimento biológico de inimigos naturais é primordial. Estudo realizado para observar o efeito indireto da aplicação de silício em plantas de trigo no desenvolvimento de dois importantes inimigos naturais, *Chrysoperla externa* (Hagen, 1862) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae), do pulgão-verde foi realizado por Moraes et al. (2004). Esses autores verificaram que tanto o predador quanto o parasitóide não sofreram nenhuma alteração na sua biologia, quando se alimentaram de pulgões provenientes de plantas tratadas com silício.

Verificando a influência do silicato de cálcio e do ativador acibenzolar-S-methyl (BTH) na indução de resistência em pepino no desenvolvimento de *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), Correa et al. (2005) observaram efeito adverso do silicato de cálcio e do ativador acibenzolar-S-methyl (BTH) na população da mosca-branca pela redução da oviposição, aumento do ciclo biológico e mortalidade na fase de ninfa. Apresentaram-se, assim, como produtos alternativos a serem utilizados no manejo integrado da mosca-branca na cultura do pepino.

Uma tática para o controle do pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maids* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) seria a utilização de materiais resistentes, porém, por não se tratar de uma praga-chave da cultura, não há, ainda, disponibilidade de genótipos de milho com essas características. Diante disso, Moraes et al. (2005) testaram o efeito do silício na preferência do pulgão-da-folha em plantas de milho. Os tratamentos consistiram na aplicação de silício via

solo e ou foliar. Foram realizados testes de não-preferência com folhas destacadas e diretamente em plantas de milho. Verificou-se que os tratamentos nos quais o silício foi aplicado via solo mais uma adubação foliar, ou mediante duas aplicações foliares, foram os que apresentaram menor número de pulgões, possivelmente devido ao aumento da resistência das folhas o que dificultou a alimentação desses insetos.

Estudo da indução de resistência em trigo por silício e pelo pulgão *S. graminum* foi realizado por Gomes et al. (2005). Verificou-se que a aplicação de silício ativou e aumentou a síntese de compostos de defesa da planta de trigo, como peroxidase e polifenoloxidase, reduzindo a taxa de crescimento e também a preferência desse inseto-praga a plantas tratadas com este mineral.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-MOUSAWI, A.H.; RICHARDSON, P.E.; BURTON, R.L. Ultrastructural studies on greenbug (Hemiptera: Aphididae) feeding damage to susceptible and resistant wheat cultivars. **Annals of the Entomological Society América,** v.71, p.964-971, 1983.

BALASTA, M.L.F.C. et al. Effects of silica level on some properties of *Oryza sativa* straw and hull. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.67, n.8, p.2356-2363, Aug. 1989.

BARKER, G.M. Grass host preferences of *Listronotus bonariensis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v.82, n.6, p.1807-1816, Dec. 1989.

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

BLACKMAN, R.L.; EASTOP, V.F. **Aphis on the World's Crops, An Indentification and Information Guide**, 2ndEd. London: J. Wiley & Sons, 2000.

CAILLAUD, C.M. et al. Analysis of wheat resistance to the cereal aphid Sitobion avenae using electrical penetration graphs and flow charts combined with correspondence analysis. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v. 75, n.1, p.9-18, 1995.

CARVALHO, S.P.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera:Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v.28, n.4, p.505-510, dez. 1999.

CHÉRIF, A.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by Pythium spp. **Phytopathology,** v.84, p.236-242, 1994.

CHÉRIF, M. et al. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.41, p.411-425, 1992a.

CHÉRIF, M. et al. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.41, p.371-385, 1992b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Trigo – Brasil** .<http://www.conab.gov/download/safra/trigoseriehist.xls>. Acesso em: 28 out. 2005.

CORREA, R.S.B. et al. Silicon and acibenzolar-s-methyl as resistance inducers in cucumber against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v.34, n.3, p.429-433, 2005.

CRUZ, I.; VENDRAMIN, J.D.; OLIVEIRA, A.C. Determinação do período de avaliação de não preferência de sorgo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.27, n.2, p.299-302, 1998.

DJAMIN, A.; PATHAK, M.D. Role of silica in resistance to asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in rice varieties. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v.60, n.2, p.347-351, Apr. 1967.

DREYER, D.L.; CAMPBELL, B.C. Chemical basis of host-plant resistance to aphids. **Plant Cell Enviroment**, Oxford, v.10, p.353-361, 1987.

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

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proccedings National of Academy Science,** v.91, p.11-17, 1994.

FERERES, A.; COLLAR, J.L. Analysis of Noncirculative ("Virus") transmission by Eletrical Penetration Graphs In: HARRIS, K.F., SMITH, O.P., DUFFUS, J.E. (Ed.). **Virus-insect-plant interactions**. New York: Academic, 2001. p.87-102.

GOMES, F.B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientae Agrícola,** Pirtacicaba, v.62, n.6, p.547-551, 2005.

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**, v.31, n.2, p.305-310, 2002.

HANISCH, H.C. Zun einfluss der stickstoffdungung und vorbeugender spritzung von natronwasser glas zu weizenpflanzem auf deren widerstandsfahigkeit gegen getreideblattlause. **Kali-Driefe**, Berlin. v.15, p.287-296, 1980.

HAYWARD, D.M.; PARRY, D.W. Electron-probe microanalysis studies of silica distribution in barley (*Hordeum sativum* L.). **Annals of Botany,** v.37, p.579-591, 1973.

HODSON, M.J.; SANGSTER, A.G. Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.), with particular reference to silicon. **Annals of Botany,** v.62, p.463-471, 1988.

JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, London, v.19, p.107-149, 1967.

KIN, H.S.; HEINRICHS, E.A. Effects of silica level on whitebacked planthopper. **International Rice Research Newsletter,** Manial, v.7, n.4, p.17, 1982.

LEI, H.; TJALLINGII, W.F.; van LENTEREN J.C. Probing and feeding characteristics of greenhouse whitefly in association with host-plant acceptance and whitefly strains. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.88, p.73-80, 1998.

LIMA FILHO, O.F.; GROTHGE-LIMA, M.T.; TSAI, S.M. O silício na agricultura. **POTAFOS**, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.87, p.1-7, 1999.

MAIA, S.F. **Competitividade da produção de trigo no Paraná**. 1996. 109p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic, 1995.

MARTIN, B. et al. Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. **Journal of General Virology,** v.78, p.2701-2705, 1997.

McLEAN, D.L.; KINSEY, M.G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature,** v.202, p.1358-1359, 1964.

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, 2005.

MORAES, J.C. et al. Silicon influence on the tritrofic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: APhidiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.5, p.619-624, 2004.

NISBET, A.J. et al. Systemic antifeedant effects of azadirachtin on the peach-potato aphid *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.68, n.1, p.87-98, 1993.

PENNA-MARTINEZ, R. Los aphidos de importância agrícola en México. **Memórias del Congresso Nacionale de Zoologia**, Coah, v.2, p.1085-1106, 1985.

PRADO E.; TJALLINGII, W.F. Aphid activities during sieve element punctures. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.72, p.157-165, 1994.

PUZYRKOV, P.E.; DOROZHKINA, L.A.; DOLGUSHKIN, V.A. Application of tetraetoxisilane for increasing potato yield and for ecological safety of pesticides. **Izvestiya-Timiryazevskoi-Sel'skokhozyaistvennoi-Akademii. Moscow,** n.2, p.135-144, 1996.

RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews**, Cambridge, v.58, n.3, p.179-207, Apr./June 1983.

SALVADORI, J.R. Controle biológico de pulgões de trigo: o sucesso que perdura. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.46, p.25-31, 1999.

SALVADORI, J.R. Pragas iniciais da cultura do trigo. **Correio Agrícola Bayer**, São Paulo, n.1, p.12-15. jan./jun. 1998.

SAMUELS, A.L. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. **Annals of Botany,** v.72, p.433-440, 1993.

SAMUELS, A.L. et al. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.14, p.485-492, 1991.

SANTA-CECÍLIA, L.V.C. **Interação Cochonilha (Pseudococcidae) – planta avaliada mediante estudos biológicos e da técnica de "Eletrical Penetration Graphs" (EPG)**. 2003. 84p. Tese (Doutorado em Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS, H.P.; FANCELLI, A.L.; ANDIA, L.H. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dois anos, sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.11, p.1111-1117, 1997.

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

SAWANT, A.S.; PATIL, V.H.; SAVANT, N.K. Rice hull ash applied to seedbed reduces deadhearts in transplanted rice. **International Rice Research Notes**, Manial, v.19, n.4, p.20-21, Aug. 1994.

SILVA, D.B. et al. **Trigo para o abastecimento familiar:** do plantio a mesa. Brasília: Embrapa-SPI/Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. 176p.

SOGAWA, K. The rice Brown plant hopper feeding physiology and host plant interactions. **Annual Review of Entomology**, v.27, p.49-73, 1982.

SOLIMAN, AM. et al. Effect of certain chemical components and source of rice plant on its resistance to rice stem borer, *Chilo agamemnon* Bles. and rice leaf miner, *Hydrellia prosternalis*, Deem. **Egyptian Journal of Agricultural Research,** Cairo, v.75, n.3, p.667-680, 1997.

SUBRAMANIAN, S.; GOPALASWAMY, A. Effect of silicate materials on rice crop pests. **International Rice Research Newsletter**, Manial, v.13, n.3, p.32, June 1988.

TAYABI, K.; AZIZI, P. Influence of silica on rice yield and stem-borer (*Chilo supremain*) in Rasht/Iran 1979-1980. **Pesticides**, Sacramento, v.18, n.5, p.20-22, 1984.

TJALLINGII, W.F. Eletrical nature of recorded signals during penetration by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v.38, p.177-186, 1985.

TJALLINGII, W.F. Eletronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v.24, n.3, p.521-530, 1978.

TJALLINGII, W.F.; HOGEN ESCH, Th. Fine structure of aphid stylet routes in plant tissue in correlation with EPG signals. **Physiological Entomology,** v.18, p.317-328, 1993.

TJALLINGII, W.F.; PRADO, E. Analisys of circulative ("Virus") transmission by eletrical penetration graphs. In: HARRIS, K.F.; SMITH, O. P.; DUFFUS, J.E. (Ed.). **Virus-insect-plant-interactions**. New York: Academi, 2001. p.69-85.

van HELDEN, M.; TJALLINGII, W.F. Tissue localisation of lettuce resistance to the aphid, *Nasonovia ribisnigri*, using electrical penetration graphs. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.68, p.269-278. 1993.

WAQUIL, J.M.; CRUZ, I.; VIANA, P.A. Pragas do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.144, p.46-51, dez. 1986.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Spring-Verlag, 1983. v.15B, p.682-694.

CAPÍTULO 2

RESUMO

GOUSSAIN, Marcio Marcos. Efeito da aplicação de silício em plantas de trigo na biologia e comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). In: _____. **Interação trigo-silício-inseticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitorado pela técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG).** 2006. Cap.2, p.20-39. Tese (Doutorado em Agronomia Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.[1]

Foi avaliado o efeito da aplicação de silício em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) sobre o pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). Plantas de trigo foram tratadas com silício aplicado via solo, foliar e solo mais foliar. Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: duração do período pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, como também fecundidade e longevidade. O comportamento de prova foi investigado utilizando-se as técnicas "Electrical Penetration Graphs" (EPG) e "honeydew clock". Plantas tratadas com silício mostraram efeito adverso sobre o desenvolvimento desse pulgão. A penetração do estilete não foi afetada pelos tratamentos com silício, demonstrando ausência de barreira. Mudanças químicas e indução de resistência estão possivelmente envolvidas na diminuição da performance desse afídeo. Isso sugere que tecidos não floemáticos e a qualidade da solução do floema foram modificados pela aplicação de silício, afetando o desenvolvimento reprodutivo e a longevidade desta importante praga.

---

[1] Comitê de Orientação: Jair Campos Moraes – UFLA e Ernesto Prado – UFLA /CNPq (Orientadores)

ABSTRACT

GOUSSAIN, Marcio Marcos. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). In: _____. **Interactions wheat–silicon–insecticide in the biology and probing behavior of greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitoring "Electrical Penetration Graphs" technique (EPG).** 2006. Cap.2, p.20-39. Thesis (Doctor in Agronomy. Entomology)-University Federal of Lavras, Lavras, MG.[1]

Plants were treated with silicon applied via soil and foliar. Aphid development was studied noting the duration of the pre-reproductive, reproductive and post-reproductive period, as well as the fecundity and longevity. Probing behaviour was investigated by using the DC electrical penetration graphs (EPG) technique and a "honeydew clock". Silica treated plants had a clear adverse effect on aphid development. Stylet penetration was not affected by treatments showing that physical barriers were absent. Chemical changes and induced resistance are possibly involved in the decreased performance of aphids. It is suggested that non-phloem tissues and phloem sap quality were modified by silicon application affecting aphid development.

[1] Advising Committee: Jair Campos Moraes – UFLA; Ernesto Prado – UFLA/CNPq (Advirsers).

1 INTRODUÇÃO

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) é um dos mais importantes insetos-praga dos cereais, causando dano direto pela ingestão da seiva e indireto pela transmissão de viroses e outras doenças. Também a fotossíntese é reduzida como resultado do aparecimento da fumagina, que se desenvolve sobre o "honeydew" excretado pelos insetos (Ryan et al., 1990).

A utilização de plantas resistentes tem demonstrado ser efetiva contra insetos-praga em diversas culturas. Além disso, reduz o impacto de pesticidas, diminuindo o risco ao trabalhador e minimizando o potencial de contaminação ambiental (Eigenbrode & Trumble, 1994).

A aplicação de silício tem proporcionado o aumento do grau de resistência de plantas ao ataque de diversos insetos, principalmente em gramíneas, estimulando o crescimento, aumentando a produção, protegendo contra estresses abióticos e bióticos devido à barreira mecânica proporcionada pela deposição de sílica nos tecidos foliares, tricomas e produção de compostos fenólicos de defesa (Hayward & Parry, 1973; Hodson & Sangster, 1988; Chérif et al., 1992; Samuels et al. 1993; Stein et al., 1993; Chérif et al., 1994; Epstein, 1994; Marschener, 1995; Savant et al. 1997; Epstein, 1999; Goussain et al., 2002; Gomes et al., 2005).

O sistema de monitoramento elétrico foi introduzido por McLean & Kinsey (1964) para estudo da penetração dos tecidos foliares pelos estiletes ('prova') dos insetos homópteros. Este sistema foi modificado e melhorado por Tjallingii (1988), que o nomeou como "Electrical Penetration Graphs" (EPG). Esta técnica tem sido usada para investigar transmissão de viroses (Prado & Tjallingii, 1994; Martin et al., 1997), resistência de planta hospedeira pelos

afídeos e mosca-branca (van Helden & Tjallingii, 1993; Lei et al., 1998) como também outros estudos fundamentais (Tjallingii & Hogen Esch, 1993).

O desenvolvimento de duas espécies de afídeos, *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Hemiptera: Aphididae) e *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) sobre folhas de trigo, foi afetada pela aplicação foliar de silício (Hanisch, 1980). Poucas ninfas do gafanhoto, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Hemiptera: Delphacidae), transformaram em adultos e o número de machos aumentou em plantas de arroz fertilizado com silício (Kin & Heinrichs, 1982). Também, a alimentação, o crescimento, a longevidade e a fecundidade deste inseto foram afetadas pela aplicação deste mineral (Salim & Saxena, 1992). A redução na preferência e reprodução do pulgão-verde *S. graminum* foi obtida após a aplicação de silício em sorgo (Carvalho et al., 1999; Moraes & Carvalho, 2002).

O objetivo do presente estudo foi elucidar o efeito da aplicação de silicato de cálcio em planta de trigo sobre o comportamento de prova, excreção de "honeydew" e parâmetros reprodutivos e de longevidade do pulgão-verde *S. graminum*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Criação do pulgão-verde

O pulgão-verde foi mantido em plantas de sorgo *Sorghum bicolor* cv. Br 303, em sala climatizada a 22±1°C, umidade relativa de 70±10% e fotoperíodo de 14 horas.

2.2 Plantas

Foram semeadas quatro sementes de trigo *Triticum aestivum* L., cv. Lorini, em copos plásticos com capacidade de 500 ml. Após a germinação, foi realizado um desbaste, deixando-se apenas 1 plântula/copo. O substrato foi composto de terra de barranco, areia e esterco em iguais proporções. Foi feita calagem em todos os tratamentos para neutralizar o efeito do cálcio. Todas as plantas utilizadas tinham 17 a 20 dias de idade.

2.3 Tratamentos

Os pulgões utilizados foram monitorados nos seguintes tratamentos:

- plantas de trigo crescidas em solo tratado com 2,5 g/kg de solo de silicato de cálcio (38% SiO_2);
- plantas de trigo crescidas em solo tratado com 2,5 g/kg de solo de silicato de cálcio (38% SiO_2) mais uma adubação foliar na concentração de 0,5% de SiO_2, 15 dias após a emergência. A fonte utilizada para a adubação foliar foi uma solução de silicato de sódio (Merck®);
- plantas não tratadas (testemunha).

2.4 Biologia de *S. graminum*

Ninfas com 24 horas de idade foram individualizadas em gaiolas cilíndricas de plástico transparente, com cerca de 1 cm de altura e 0,8 cm de

diâmetro, vedadas em sua parte superior com tecido tipo organza e a outra extremidade circundada com espuma para evitar ferimentos nas folhas. Foram colocadas três gaiolas/planta/vaso, calculando-se, posteriormente, o valor médio. Diariamente estas gaiolas eram observadas e as ninfas nascidas eram retiradas com o auxílio de um pincel e contadas. As características biológicas avaliadas foram: duração do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e fecundidade.

2.5 EPG

O "Electrical Penetration Graphs" (EPG, DC sistema) foi gravado sobre plantas com a segunda folha totalmente estendida. Utilizaram-se pulgões adultos (2 a 4 dias após a muda), colocados na parte abaxial das folhas. Antes de começar o EPG, os afídeos foram presos com um fio de ouro com 20 mm de comprimento e 20 µm de diâmetro, atachado no dorso destes insetos com auxílio de uma cola, que continha tintura de prata e solvente à base de água. Os pulgões foram conectados a um amplificador de 1 Giga-Ohm input resistência e gain de 50x. (Tjallingii, 1985 e 1988). Os outros eletrodos foram inseridos no solo das plantas testadas. Todo este conjunto foi colocado no interior de uma "gaiola de Faraday". Todos os sinais foram gravados em um PC disco rígido usando o software Stylet 3.0 (Tjallingii & Mayoral, 1992). Todas as gravações duraram 8 horas. Os pulgões ficaram uma hora sem se alimentar, antes de começar as gravações.

2.6 Parâmetros avaliados no EPG

Análises das diferentes formas de ondas que compreenderam modelo A, B, F e C e que foram colocadas em conjunto e consideradas como a fase do caminhamento do estilete. Muitos parâmetros foram analisados, porém, consideraram-se somente aqueles com maior importância para os objetivos do

trabalho. Alguns parâmetros considerados levam em conta apenas os afídeos que atingiram a fase floemática e outros foram considerados todos os afídeos, que estão indicados na Tabela 2.

2.7 Excreção de "honeydew" ("honeydew clock")

O número de gotas de honeydew excretadas pelos afídeos livres foi comparado entre os tratamentos testados durante 12 horas. Os pulgões ficaram uma hora sem alimentação antes de começar os ensaios. A freqüência da produção foi mensurada sobre "honeydew clock", utilizando-se papel filtro impregnado com uma solução de ninhidrina, butanol e ácido acético. Esta solução tinge o aminoácido presente no "honeydew" dos insetos (Mittler, 1958) (Figura 1). Os afídeos foram colocados sobre a parte abaxial das folhas e o "honeydew clock" foi colocado aproximadamente 2 mm abaixo dos pulgões.

FIGURA 1. Esquema do "honeydew clock".

2.8 Excreção de "honeydew"

O número de gotas de "honeydew" excretadas pelos afídeos confinados foi comparado entre os tratamentos testados durante 48 horas. Os pulgões

ficaram uma hora sem alimentação, antes de começar os ensaios. Cada parcela foi constituída de uma placa de Petri de 5 cm de diâmetro. No fundo da placa foi colocado papel filtro de igual diâmetro impregnado com uma solução de ninhidrina, butanol e ácido acético, que tinge o aminoácido presente no "honeydew" dos insetos (Mittler, 1958). Folhas de plantas de trigo foram colocadas entre as extremidades da placa e, para o fechamento, utilizou-se filme de PVC. A cada 24 horas, o papel filtro era trocado e anotava-se o número de gotas dos respectivos tratamentos. Foi utilizado um pulgão/planta.

2.9 Delineamento e análise estatística

Para a biologia e "honeydew clock", o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e 10 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o "honeydew" confinado, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos e 14 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para o EPG, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e 25 repetições. Os dados foram submetidos à análise não-paramétrica e as médias comparadas pelo teste de múltipla comparação Kruskal-Wallis (Conover, 1980).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biologia de *S. graminum*

Não foi observada diferença significativa na duração do período pré-reprodutivo e pós-reprodutivo entre os tratamentos testados, sendo, em média, de 6,6 e 9,1 dias, respectivamente (Tabela 1). Entretanto, a duração do período reprodutivo e a longevidade foram afetadas pela aplicação de silício solo + adubação foliar. O período reprodutivo foi de apenas 15,1 dias e a longevidade de 30,3 dias, quando comparado os demais tratamentos testados, sendo a duração média do período reprodutivo e da longevidade de 21,9 e 37,6 dias, respectivamente. A fecundidade foi afetada, independente da forma de aplicação do silício. Pulgões que se desenvolveram em plantas que receberam esse elemento via solo + foliar obtiveram uma significativa redução na produção de ninfas, produzindo apenas 59,4; já a aplicação de silício via solo comportou-se como intermediário, com uma produção de 72,2 ninfas/fêmea, quando comparado com a testemunha com uma produção média de 89,4 ninfas.

Foi observado um efeito do silício, quando aplicado no solo + foliar. As características afetadas foram período reprodutivo, longevidade e fecundidade. Possivelmente, esses resultados podem estar relacionados a um efeito detrimental direto do produto ou indireto por meio da indução de compostos de defesa da planta pela aplicação de silício. Uma sequência de mudanças bioquímicas tem sido reportada em plantas tratadas com silício, incluindo aumento da produção de quitinase, peroxidase e polifenoloxidase após a infecção com fungos (Chérif et al., 1992; Samuels et al., 1993; Stein et al., 1993; Chérif et al., 1994).

TABELA 1. Parâmetros de desenvolvimento do pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo (média ± erro padrão).

Tratamentos	Duração (dias)				Fecundidade (nº ninfas)
	Pré-reprodutivo	Reprodutivo	Pós-reprodutivo	Longevidade	
Silício solo	6,6 ± 0,10 a	22,1 ± 1,30 a	9,1 ± 1,40 a	37,6 ± 1,70 a	72,2 ± 6,70 a b
Silício solo + foliar	6,8 ± 0,50 a	15,1 ± 1,90 b	8,7 ± 2,00 a	30,3 ± 1,60 b	59,4 ± 8,90 b
Sem silício	6,4 ± 0,20 a	21,7 ± 1,60a	9,5 ± 1,30 a	37,6 ± 0,80 a	89,4 ± 6,50 a
ANOVA p-valor	0,714 n.s	**0,008**	0,942 n.s	**0,001**	**0,028**

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Gomes et al. (2005) verificaram que a aplicação de silicato de cálcio em plantas de trigo afetou a taxa de crescimento populacional do pulgão-verde *S. graminum* em relação à testemunha (sem silício). Esse resultado foi relacionado a um aumento na produção de compostos da planta pela ativação de enzimas de defesa como peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase. A fecundidade, a longevidade, a duração do período reprodutivo e a preferência do pulgão-verde foram reduzidas pela aplicação de silício em plantas de sorgo (Carvalho et al., 1999; Moraes & Carvalho, 2002), indicaram, como possível causa, a barreira mecânica proporcionada pela deposição de silício nas células epidérmicas. A diminuição da população dos pulgões *M. dirhodum* e *S. avenae* foram verificadas em plantas de trigo adubadas com silicato de sódio via foliar (Hanish, 1980), o que pode estar relacionado não só devido a mudança da superfície das folhas, mas também devido ao aumento da solubilidade desse elemento dentro das mesmas.

3.2 Técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG)

Alguns parâmetros do EPG são apresentados na Tabela 2. Não se observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos testados para o tempo da primeira prova, duração da primeira prova e duração do tempo de não-prova após a primeira prova, indicando que a aplicação de silicato de cálcio não afetou esses parâmetros (parâmetros 1, 2 e 3).

A duração da prova foi afetada pela aplicação de silício, mostrando um tempo mais longo em relação às plantas não tratadas com silício (parâmetro 4). Isso também é percebido na porcentagem do período de não-prova antes de atingir a fase floemática (parâmetro 5) e ficou mais evidente quando subtraiu-se o tempo da fase floemática (parâmetro 6).

O tempo gasto pelos afídeos para atingir a fase floemática aumentou apenas no tratamento com silício no solo + foliar (parâmetro 7), entretanto, este tempo foi similar para todos os tratamentos, quando considerou-sesomente a prova que atingiu a fase floemática (parâmetro 8). Muitos insetos atingiram o floema e o tempo de ingestão do conteúdo floemático foi similar, independente dos tratamentos utilizados (parâmetros 9 e 10).

A duração da fase xilemática (parâmetro 11) não mostrou diferença entre os tratamentos.

A aplicação de silicatos pode apresentar mudanças nos tricomas (Samuels et al., 1993) como também na epiderme e tecidos internos das plantas (Hodson & Sangster, 1988). No presente trabalho, o impedimento na superfície e epiderme para a penetração do estilete não foi afetado pela aplicação de silício. Entretanto, a técnica EPG não é completamente adequada para detectar diferenças a este nível, devido à prévia manipulação dos afídeos antes do monitoramento, o que pode modificar o comportamento do inseto no começo da gravação. O afídeo livre e observações diretas detectam melhor esta diferença.

TABELA 2. Paâmetros do comportamento de prova de *S.graminum* durante 8 horas de gravação (média± erro padrão).

Parâmetros	unidade	Tratamentos			p-valor
		Silício solo	Silício solo + foliar	Sem silício	
1. Tempo para a primeira prova	minuto	9,3±2,00 a n = 25	5,0±2,50 a n = 25	2,8±0,90 a n = 25	0,104
2. Duração da primeira prova	minuto	28,4±7,00 a n = 25	21,4±7,60 a n = 25	34,4±8,10 a n = 25	0,225
3. Tempo de não-prova depois da primeira prova	minuto	6,4±1,50 a n = 25	8,2±2,90 a n = 25	3,3±0,90 a n = 25	0,095
4. Duração da prova	hora	6,8±0,20 b n = 25	6,6±0,20 b n = 25	7,3±0,10 a n = 25	**0,024**
5. % de não prova antes da 1ª fase floemática (*)	%	13,0±3,00 a b n = 21	21,0±3,40 a n = 23	10,0±2,30 b n = 23	**0,045**
6. % de não prova depois da subtração da fase floemática (*)	%	21,0±3,30 a n = 21	25,0±3,70 a n = 23	13,0±2,50 b n = 23	**0,021**
7. Tempo para atingir a primeira fase floemática (*)	hora	2,3±0,40 b n = 21	3,6±0,40 a n = 23	2,9±0,40 a b n = 23	**0,038**
8. Tempo para a 1ª fase floemática dentro da prova que atingiu a fase floemática (*)	minuto	33,0±4,40 a n = 21	33,0±5,90 a n = 23	34,0±4,50 a n = 23	0,818
9. % de afídeos que atingiram a fase floemática (*)	%	84,0 n = 21	92,0 n = 23	92,0 n = 23	qui-quadrado 0,571
10. Total da fase floemática (*)	hora	3,80±0,30 a n = 21	3,3±0,40 a n = 23	3,6±0,40 a n = 23	0,582
11. Total da fase xilemática	minuto	1,7±5,70 a n = 25	5,7±3,80 a n = 25	5,9±3,30 a n = 25	0,381

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de múltipla comparação de Kruskall-Wallis ($P \leq 0,05$).
n = número de repetições; * apenas insetos que atingiram o floema.

A aplicação de silício induz os afídeos a retirarem o estilete das plantas. A significativa diferença obtida na porcentagem do período de não-prova, antes de atingir o floema ou que alguma ingestão sustentada ocorreresse, indica que o impedimento da penetração do estilete foi encontrado nos tecidos antes dos

vasos do floema, isto é, nos tecidos da epiderme e mesófilo, apesar de todos os afídeos terem sido capazes de ingerir o conteúdo floemático. Algumas penetrações curtas nos vasos do floema podem ocorrer antes da ingestão sustentada, mas estas penetrações não podem ser distinguidas na origem de uma penetração celular (Tjallingii & Hogen Esch, 1993). Isso também resultou em um maior tempo para atingir o floema em plantas tratadas com silício via solo + foliar. Apesar de retardá-la, os afídeos foram capazes de atingir a fase floemática. O período de ingestão no floema não foi afetado, indicando que o menor tempo gasto pelos afídeos nos vasos do floema não foi modificado pela aplicação de silício.

Os resultados sugerem que o silício induz a algumas mudanças nos tecidos, como epiderme e ou mesófilo, que fazem o inseto retirar o estilete da planta. Essas mudanças parecem não ser de natureza física, porque o estilete dos insetos atinge os vaso do floema em tempo similar ao das plantas não tratadas. Mudanças químicas devem estar envolvidas após a absorção de silício. Referências indicam que a sílica pó pode acumular nos espaços dos tecidos, na matriz da parede celular e dentro da célula (Kaufman et al., 1985) como também nos feixes vasculares (Hayward & Parry, 1973). Estes depósitos podem tornar os tecidos celulares mais rígidos, interferindo na penetração do estilete. Entretanto, os resultados obtidos não suportam esta afirmação.

3.3 Excreção de "honeydew" ("honeydew clock")

O número de gotas excretadas pelos pulgões que alimentaram em plantas com silício diminuiu significativamente, quando comparado com as plantas não tratadas com esse mineral (Tabela 3). No tratamento com silício solo + foliar foram obtidas apenas 2,3 gotas, seguido do tratamento com silício aplicado via solo, com 3,3 gotas. Já para a testemunha obteve-se aproximadamente o dobro de gotas, 5,3, durante 12 horas de gravação.

TABELA 3. Excreção de "honeydew" (média±erro padrão) pelo *S.graminum*, em plantas tratadas com silício, durante 12 horas.

Tratamentos	Número de gotas de "honeydew"	Hora da primeira gota	
		médias	intervalos
Silício solo	3,3 ± 0,80 ab	3	2 – 5
Silício solo + foliar	2,3 ± 0,90 b	5	2 – 10
Sem silício	5,3 ± 0,60 a	3	1 - 6

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P≤0,05). Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$.

3.4 Excreção de "honeydew"

Independente do tipo de aplicação de silício, observou-se uma diminuição estatística no número de gotas excretadas pelos pulgões em teste de confinamento durante 48 horas, em relação às plantas não tratadas (Tabela 4). Aproximadamente o dobro de gotas foi encontrado na testemunha (28,1), em comparação com silício solo + foliar (13,5) e silício aplicado apenas no solo (19,7) gotas/pulgão.

A excreção de "honeydew" pode servir como uma mensuração da ingestão de seiva, mostrando, indiretamente, a taxa de seiva ingerida (Mittler, 1958). Os resultados apresentados aqui demonstram que as plantas tratadas com silício reduziram a excreção de "honeydew" pelos pulgões, indicando a redução na ingestão de seiva. A gravação de EPG não mostrou a redução do período de ingestão, sugerindo que a taxa de ingestão pode ter sido afetada pelo silício ou que os afídeos foram capazes de reter a seiva dentro do corpo e não excretar completamente como "honeydew". Entretanto, acredita-se que a ingestão de seiva seja regulada pelo período de ingestão e não pelas mudanças da taxa de

ingestão durante esses períodos (Tjallingii, 1995; Prado & Tjallingii, 1997). Diversos estudos mostram que uma planta hospedeira apropriada ou o estágio fisiológico da planta aumentam a ingestão de seiva e excreção de "honeydew" (Auclair, 1959; Spiller & Liewellyn, 1987). Os resultados demonstraram que as plantas tratadas com silício (hospedeiro pobre) tiveram um efeito adverso sobre o desenvolvimento do pulgão *S. graminum* e uma menor taxa de excreção de "honeydew".

TABELA 4. Excreção de "honeydew" (média ± erro padrão) pelo *S.graminum* em plantas tratadas com silício, durante 48 horas.

Tratamentos	Número médio de gotas de "honeydew"
Silício solo	19,7 ± 3,10 ab
Silício solo + foliar	13,5 ± 2,10 b
Sem silício	28,1 ± 4,50 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P≤0,05). Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$.

Estudos de comportamento de prova mostraram tempo similar gasto pelos afídeos para atingir a fase floemática, mas, estudos biológicos indicaram que o desenvolvimento foi negativamente influenciado pela aplicação de silício. Os resultados sugerem que a qualidade da seiva da planta pode ter sido diminuída pelo silício, afetando, conseqüentemente, o desenvolvimento do pulgão-verde *S. graminum*. Estudos considerando indução de químicos elicitados pelo silício poderão ser realizados em novas pesquisas para o entendimento do efeito fisiológico do silício sobre as plantas e insetos. De maneira geral, a aplicação de silício aumentou o grau de resistência das plantas de trigo ao pulgão *S. graminum*.

4 CONCLUSÕES

✓ O silício afeta a longevidade e a reprodução do pulgão *S. graminum*, em plantas de trigo.

✓ O silício aumenta o período de não prova do pulgão *S. graminum*.

✓ O silício diminui o número de gotas de "honeydew" excretadas pelo pulgão-verde *S. graminum*.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUCLAIR, J.L. Feeding and excretion by the pea aphid *Acytosiphum pisum* (Harr.) (Homoptera: Aphididae) rearead on different varieties of peas. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.2, p.279-286, 1959.

CARVALHO, S.K.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil** , v.28, p.505-510, 1999.

CHÉRIF, A.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by Pythium spp. **Phytopathology,** v.84, p.236-242, 1994.

CHÉRIF, M. et al. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.41, p.411-425, 1992.

CONOVER, W.J. **Pratical nonparametric statistics.** New York: J.Wiley, 1980. 439p.

EIGENBRODE, S.D.; TRUMBLE, J.T. Host plant resistance to arthropods in vegetables: Potential in integrated pest management. **Journal Agricultural Entomology,** v.11, p.201-224, 1994.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proccedings National of Academy Science,** v.91, p.11-17, 1994.

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

GOMES, F.B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientae Agrícola,** Piracicaba, v.62, n.6, p.547-551, 2005.

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**, v.31, n.2, p.305-310, 2002.

HANISCH, H.C. Zun einfluss der stickstoffdungung und vorbeugender spritzung von natronwasser glas zu weizenpflanzem auf deren widerstandsfahigkeit gegen getreideblattlause. **Kali-Driefe,** v.15, 287-296, 1980.

HAYWARD, D.M.; PARRY, D.W. Electron-probe microanalysis studies of silica distribution in barley (*Hordeum sativum* L.). **Annals of Botany,** v.37, p.579-591, 1973.

van HELDEN, M.; TJALLINGII, W.F. Tissue localisation of lettuce resistance to the aphid, *Nasonovia ribisnigri*, using electrical penetration graphs. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.68, p.269-278, 1993.

HODSON, M.J.; SANGSTER, A.G. Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.), with particular reference to silicon. **Annals of Botany,** v.62, 463-471, 1988.

KAUFMAN, P.B.; DAYANANDAN, P.; FRANKLIN, C.I. Structure and function of silica bodies in the epidermal system of grass shoots. **Annals of Botany,** v.55, p.487-507, 1985.

KIN, H.S.; HEINRICHS, E.A. Effects of silica level on whitebacked planthopper. **International Rice Research Newsletter,** v.7, p.17, 1982.

LEI, H.; TJALLINGII, W.F.; van LENTEREN, J.C. Probing and feeding characteristics of greenhouse whitefly in association with host-plant acceptance and whitefly strains. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.88, p.73-80, 1998.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic, 1995.

MARTIN, B. et al. Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. **Journal of General Virology,** v.78, p.2701-2705, 1997.

McLEAN, D.L.; KINSEY, M.G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature,** v.202, p.1358-1359, 1964.

MITTLER, T.E. Studies on the feeding and nutrition of *Tuberolachnus salignus* (Gmelin) (Homoptera: Aphididae). II. The nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. **Journal of Experimental Biology,** v.35, p.74-84, 1958.

MORAES, J. C.; CARVALHO, S. P. Indução de resistência em plantas de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera: Aphididae) com a aplicação de silício. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.6, p.1185-1189, 2002.

PRADO, E.; TJALLINGII, W.F. Aphid activities during sieve element punctures. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.72, p.157-165, 1994.

PRADO, E.; TJALLINGII, W.F. Effects of previous plant infestation on sieve element acceptance by two aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata** v.82, p.189-200, 1997.

RYAN, J.D. et al. Greenbug and wheat: model system for the study of phytotoxic Homoptera. In: CAMPBELL, R.K.; EIKENBARY, R.D. (Ed.). **Aphid-plant genotype interactions.** Amsterdam: Elsevier, 1990. pp.171-186.

SALIM, M.; SAXENA, R.C. Iron, silica and aluminum stresses and varietal resistance in rice: effects on whitebacked planthopper. **Crop Science,** v.32, p.212-219, 1992.

SAMUELS, A.L. et al. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. **Annals of Botany,** v.72, p.433-440, 1993.

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

SPILLER, N.J.; LLEWELLYN, M. Honeydew production and sap ingestion by the cereal aphids *Rhopalosiphum padi* and *Metopolophium dirhodum* on seedlings of resistant and susceptible wheat species. **Annals of Applied Biology,** v.110, p.585-590, 1987.

STEIN, B.D.; KLOMPARENS, K.L.; HAMMERSCHMIDT, R. Histochemistry and ultrastructure of induce resistance of cucumber plants of *Colletotrichum lagenarium*. **Journal of Phytopathology,** Berlim, v.137, v.3, p.177-188, Mar. 1993.

TJALLINGII, W.F. Eletrical nature of recorded signals during stylet penetration by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.38, p.177-186, 1985.

TJALLINGII, W.F. Electrical recording of stylet penetration activities. In: MINKS, A.K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids, their biology, natural enemies and control.** Amsterdam: Elsevier, 1988. pp.95-108.

TJALLINGII, W.F. Regulation of phloem sap feeding by aphids. In: CHAPMAN, R.F.; DE BOER, G. (Ed.). **Regulatory mechanisms in insect feeding.** Chapman & Hall, 1995. pp.190-209.

TJALLINGII, W.F.; HOGEN ESCH, Th. Fine structure of aphid stylet routes in plant tissue in correlation with EPG signals. **Physiological Entomology,** v.18, p.317-328, 1993.

TJALLINGII, W.F.; MAYORAL, A. Criteria for host acceptance by aphids. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM INSECT-PLANT EELATIONSHIP, 8., 1992, Dordrecht. **Proceedings…** Dordrecht: Kluwer Academic, 1992. p.280-282.

CAPITULO 3

RESUMO

GOUSSAIN, Marcio Marcos. Efeito da aplicação de silício e do inseticida dimetoato no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. In: _____. **Interação trigo-silício-inseticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitorado pela técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG)**. 2006. Cap.3, p.40-59. Tese (Doutorado em Agronomia. Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. [1]

No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito do silício e do inseticida dimetoato no comportamento de prova do pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo. Os tratamentos consistiram em: 1) silício no solo, 2) silício no solo + foliar, 3) silício via foliar, 4) no solo mais aplicação de inseticida, 5) silício no solo + foliar e aplicação de inseticida, 6) silício via foliar e aplicação de inseticida, 7) sem silício e aplicação de inseticida e 8) sem silício e sem aplicação de inseticida. Os dados foram comparados pela análise de variância multifatorial para cada um dos fatores separadamente. Os dados de porcentagem foram analisados pelo teste de qui-quadrado. Não foi observado efeito do silício, independente do modo de aplicação no comportamento alimentar do pulgão-verde. A aplicação de inseticida afetou o comportamento desse inseto. Em plantas tratadas com o inseticida dimetoato, observou-se uma maior porcentagem de insetos que atingiram o xilema e a duração da ingestão do xilema também foi maior em comparação com plantas sem o inseticida. Também notou-se um menor número de pulgões que atingiram o floema em plantas tratadas com o inseticida. De maneira geral, a aplicação do inseticida dimetoato mudou o comportamento do pulgão-verde.

---

[1]Comitê de orientação: Jair Campos Moraes – UFLA; Ernesto Prado – UFLA (orientadores).

ABSTRACT

GOUSSAIN, Marcio Marcos. Effect of the silicon application and the insecticide dimetoato in the probing behavior of green-bug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) in wheat plants. In: _____. **Interactions wheat–silicon–insecticide in the biology and probing behavior of greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) monitoring "Electrical Penetration Graphs" technique (EPG).** 2006. Cap.3, p.40-59. Thesis (Doctor in Agronomy. Entomology)-Federal University of Lavras, Lavras, MG.[1]

The aim of work was to evaluate the effect of silicon and the insecticide dimetoato in the probing behavior of the green-bug *S. graminum* in wheat plants. The treatments were: 1) silicon in soil, 2) silicon in the soil plus foliar, 3) silicon foliar, 4) silicon soil plus insecticide, 5) silicon in soil plus foliar and insecticide, 6) silicon foliar and insecticide, 7) without silicon and insecticide and 8) without silicon and application of insecticide. The data was compared by the analysis of multifactorial variance for each one of the factors separately. The percentage data was analyzed by the test of Chi-Quadrado. Effect of silicon independent of the type of application in the probing behavior of the green-bug was not observed. The insecticide application affected the behavior of this insect. In plant treated with the insecticide a larger percentage of insects presented the xylem phase with larger ingestion. Lower number of aphids reached the phloem in plants with the insecticide. In general, the application of insecticide dimetoato changed the probing behavior of the *S. graminum*.

[1] Advising Committee: Jair Campos Moraes – UFLA; Ernesto Prado – UFLA (Advirsers).

1 INTRODUÇÃO

A triticultura é uma das mais importantes cadeias produtivas do Brasil devido ao grande número de empregos gerados desde o campo até a indústria de transformação. A demanda ultrapassa 10 milhões de toneladas/ano, sendo 8 milhões de toneladas somente de farinha, que é um componente essencial na alimentação dos brasileiros, devido ao alto valor energético dos seus subprodutos (Agrianual, 2006). Porém, a produção nacional é de apenas a metade do consumo, em função, principalmentete, dos altos custos da adubação e do manejo de plantas daninhas, doenças e insetos e, ainda, dos juros elevados.

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) é um dos principais insetos-praga da cultura do trigo, causando danos pela sucção da seiva, injeção de toxinas, transmissão de viroses e alto potencial biótico, podendo ocasionar a morte da planta (Al-Mousawi et al., 1983; Cruz et al., 1998; Salvadori, 1998).

Para o seu controle utilizam-se inseticidas organo-fosforados, sendo realizadas até quatro aplicações/safra, o que gera desequilíbrio ecológico e resistência dos insetos a essses produtos (Salvadori, 1999). Entretanto, a utilização maciça de inseticidas para o controle de *S. graminum* em algumas regiões de Kansas (EUA) vem demonstrando ineficiência no controle, com seleção de biótipos resistentes ao parathion metílico de 20 a 30 vezes em relação à população normal (Slorderbeck et al., 1991).

Diante disso, métodos de controle que possam diminuir a densidade populacional da praga e aumentar a "vida útil" dos inseticidas estão sendo cada vez mais pesquisados para o manejo integrado de pragas.

A aplicação de silício tem proporcionado, principalmente em gramíneas, um aumento do grau de resistência contra estresses abióticos e bióticos, seja pelo seu acúmulo nas células epidérmicas tornando o tecido mais rígido e nos

tricomas ou pela produção de compostos de defesas que são deletérios para doenças e insetos-praga (Hayward & Parry, 1973; Hodson & Sangster, 1988; Chérif et al., 1992a; Samuels et al. 1993; Chérif et al., 1994; Epstein, 1994; Marschener, 1995; Savant et al., 1997; Epstein, 1999; Goussain et al., 2002; Gomes et al., 2005).

Carvalho et al. (1999), estudando o efeito do silício na resistência do sorgo ao pulgão-verde *S. graminum*, verificaram que o silício causou redução na preferência e na reprodução dessa praga. Aplicações seqüenciais de silício em plantas de trigo ocasionaram adiminuição da produção de ninfas, da longevidade e da preferência desta praga (Basagli et al. 2003).

Estudo da indução de resistência em trigo por silício e pelo pulgão *S. graminum* realizado por Gomes et al. (2005), constatou que a aplicação de silício ativou e aumentou a síntese de compostos de defesa, como as enzimas peroxidase e polifenoloxidase, afetando negativamente a taxa de crescimento e a preferência desse inseto-praga em plantas tratadas com este mineral.

Uma análise mais minuciosa desses possíveis efeitos pode ser realizada por meio da observação do caminho que os estiletes percorrem desde a cutícula até o floema mediante a utilização da técnica "Electrical Penetration Graphs" (EPG) (McLean & Kinsey, 1964; Tjallingii, 1978). Esta técnica tem sido empregada para investigar transmissão de viroses (Prado & Tjallingii, 1994; Martin et al., 1997), resistência de planta hospedeira pelos afídeos e mosca-branca (van Helden & Tjallingii, 1993; Lei et al. 1998), comportamento de insetos vetores e inseticidas (Nisbet et al., 1993) como também outros estudos (Tjallingii & Hogen Esch, 1993; Santa-Cecília, 2003).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação da aplicação do inseticida dimetoato e do silício no comportamento de prova do pulgão *S. graminum*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Plantas

Foram semeadas quatro sementes de trigo *Triticum aestivum* L., variedade Embrapa 42, em copos plásticos com capacidade de 500 ml. Após a germinação, foi realizado desbaste, deixando-se apenas 1 plântula/copo. O substrato foi composto de terra de barranco, areia e esterco em iguais proporções. Foi feita calagem em todos os tratamentos para neutralizar o efeito do cálcio. Todas as plantas utilizadas tinham 30 dias de idade.

2.2 Criação do pulgão-verde

Os pulgões utilizados neste experimento eram oriundos da criação de manutenção, em casa de vegetação, do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Esses pulgões foram criados nas mesmas plantas e tratamentos utilizados neste experimento, porém, sem aplicação do inseticida.

2.3 Tratamentos

Os pulgões utilizados foram monitorados nos seguintes tratamentos:

1) plantas de trigo crescidas em solo tratado com 2,5 g/kg de silicato de cálcio (38% SiO_2);

2) plantas de trigo crescidas em solo tratado com 2,5 g/kg de silicato de cálcio (38% SiO_2), mais uma adubação foliar na concentração de 0,5% de SiO_2, aos 20 dias após a emergência. A fonte utilizada para a adubação foliar foi uma solução de silicato de sódio (Merck);

3) plantas de trigo tratadas com uma adubação foliar na concentração de 0,5% de SiO_2 aos 20 dias da emergência;

4) plantas de trigo crescidas em solo tratado com 2,5 g/kg de silicato de cálcio (38% SiO_2) e aplicação aos 26 dias da emergência do inseticida dimetoato 400 g.i.a/l (Tiomet 400 EC), utilizando-se a dose de 0,5 litros do produto comercial (p.c.)/ha e um volume de calda de 200 litros;
5) plantas de trigo crescidas em solo tratado com 2,5 g/kg de silicato de cálcio (38% SiO_2), mais uma adubação foliar e aplicação de inseticida, conforme tratamentos anteriores;
6) plantas de trigo tratadas com uma adubação foliar e aplicação de inseticida, conforme tratamentos anteriores;
7) plantas não tratadas com silício e aplicação de inseticida dimetoato, conforme tratamentos anteriores;
8) plantas não tratadas com silício e inseticida.

Todas as plantas que receberam aplicação de dimetoato foram testadas após quatro dias, visando anular o efeito de contato do inseticida nos insetos.

2.4 EPG

O "Electrical Penetration Graphs" (EPG, DC sistema) foi gravado sobre plantas com a quarta folha totalmente estendida. Utilizaram-se pulgões adultos (2 a 4 dias após a muda), que foram colocados na parte abaxial das folhas. Antes de começar o EPG, os afídeos foram presos com um fio de ouro, com 20 mm de comprimento e 20 µm de diâmetro, atachado no dorso destes insetos com auxílio de uma cola, que continha tintura de prata e solvente à base de água. Os pulgões foram conectados a um amplificador de 1 Giga-Ohm input resistência e gain de 50x. (Tjallingii, 1985 e 1988). Os outros eletrodos foram inseridos no solo das plantas testadas. Todo este conjunto foi colocado no interior de uma "gaiola de Faraday". Todos os sinais foram gravados em um PC disco rígido, utilizando o software Stylet 3.0 (Tjallingii & Mayoral, 1992). Todas as gravações duraram 8

horas. Os pulgões ficaram uma hora sem se alimentar, antes de começarem as gravações.

2.5 Parâmetros avaliados no EPG

Análises das diferentes formas de ondas compreenderam modelo A, B, F e C, que foram colocadas em conjunto e consideradas como a fase do caminhamento do estilete. Muitos parâmetros foram analisados, porém, consideraram-se somente aqueles com maior importância para os objetivos do trabalho. Alguns parâmetros considerados levam em conta apenas os afídeos que atingiram a fase floemática e em outros foram considerados todos os afídeos.

2.6 Delineamento e análise estatística

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e 25 repetições. Os dados foram comparados pela análise de variância multifatorial para cada um dos fatores (silício e inseticida) separadamente. Os dados de porcentagem foram analisados pelo teste de Qui-Quadrado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros EPG

Não foram observadas diferenças significativas para o tempo até a primeira prova, duração da primeira prova e duração do segundo período de não prova entre os tratamentos com e sem silício (Tabela 1, parâmetros 1, 2 e 3). Este resultado sugere que a aplicação de silício não interferiu na inserção do estilete do inseto no tecido foliar das plantas de trigo.

Também não foi verificado efeito da aplicação do inseticida dimetoato para o tempo e duração da primeira prova. Porém, a duração do segundo período de não-prova foi estatisticamente maior nas plantas pulverizadas com o inseticida (Tabela 2, parâmetros 1, 2 e 3). Este fato está relacionado a insetos que atingiram o xilema e ou floema antes desse período e, ao sugarem o conteúdo desses vasos, acabaram ingerindo o inseticida e morrendo posteriormente, aumentando, dessa forma, o período de não-prova. De maneira geral, o pulgão não é afetado pelo inseticida nos primeiros momentos da inserção dos estiletes.

TABELA 1. Parâmetros do comportamento inicial de *S. graminum* nos tratamentos com e sem silício (média±erro padrão).

Parâmetros	Unidade	Sem silício	Com silício	ANOVA valor p
1. Tempo para a primeira prova	minutos	2,3±0,22 a (n=52)	2,0±0,16 a (n=100)	0,281
2. Duração da primeira prova	minutos	37,0±9,09 a (n=52)	35,0±6,36 a (n=100)	0,880
3. Duração do segundo período de não-prova	minutos	40,0±14,27 a (n=52)	42,0±10,25 a (n=100)	0,847

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste multifatorial Fischer' LSD ($P \leq 0,05$).
n= número de repetições

TABELA 2. Parâmetros do comportamento inicial de *S. graminum* nos tratamentos com e sem inseticida (média±erro padrão).

Parâmetros	Unidade	Sem Inseticida	Com Inseticida	ANOVA valor p
1. Tempo para a primeira prova	minutos	2,1±0,18 a (n=77)	2,2±0,18 a (n=75)	0,610
2. Duração da primeira prova	minutos	44,1±7,44 a (n=77)	27,0±7,49 a (n=100)	0,110
3. Duração do segundo período de não-prova	minutos	4,0±0,24 b (n=77)	77,1±12,20 a (n=75)	**0,000**

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste multifatorial Fischer' LSD (P≤0,05).
n= número de repetições

Notou-se a mesma porcentagem de pulgões que atingiram a fase floemática, independente da aplicação de silício (Tabela 3, parâmetro 4). O tempo para atingir a fase floemática, como também o tempo da prova que atingiu o floema foi igual nos tratamentos com ou sem silício (Tabela 3, parâmetros 5 e 6). Também não foi detectada diferença na duração da fase xilemática entre os tratamentos testados (Tabela 3, parâmetro 10).

Em plantas que foram tratadas com inseticida observou-se um número significativamente menor de pulgões que atingiram o floema (Tabela 4, parâmetro 4). Esses insetos demoraram mais tempo para atingir o floema desde a primeira prova e também na prova que atingiu o floema (Tabela 4, parâmetros 5 e 6), indicando que os pulgões detectaram o inseticida antes de chegar nos vasos floemáticos, provavelmente nos tecidos meristemáticos. Porém, os parâmetros 7 e 8 (Tabela 4), que consideram apenas os insetos que atingiram esses vasos, indicam que os insetos atingiram ao mesmo tempo os vasos floemáticos. Possivelmente, a distribuição do inseticida não é uniforme nos tecidos da planta e aqueles pulgões que atingiram o floema não detectaram o inseticida durante o caminhamento dos estiletes.

TABELA 3. Parâmetros do comportamento de *S. graminum* nos tratamentos com e sem silício (média±erro padrão).

Parâmetros	Unidade	Sem silício	Com silício	ANOVA valor p
4. Insetos com fase floemática	%	84,6 a (n=52)	88,0 a (n=100)	Valor qui-quadrado: 0,558
5. Tempo para atingir o floema desde a primeira prova	hora	2,29±0,19 a (n=52)	2,34±0,14 a (n=100)	0,871
6. Tempo para atingir o floema na prova	hora	1,34±0,20 a (n=52)	1,29±0,14 a (n=100)	0,840
10. Duração da fase xilemática	minutos	8,41±3,03 a (n=52)	9,20±2,13 a (n=100)	0,860

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste multifactorial Fischer' LSD ($P \leq 0,05$).
n= número de repetições

Uma maior porcentagem de pulgões atingiu o xilema quando as plantas foram tratadas com o dimetoato (Tabela 4, parâmetro 9) e esses insetos permaneceram um maior tempo nessa fase (Tabela 4, parâmetro 10). Esse resultado não ficou bem compreendido, uma vez que a concentração do inseticida sistêmico, geralmente, é maior no xilema, que é o vaso responsável pelo seu transporte para outras partes da planta.

TABELA 4. Parâmetros do comportamento de *S. graminum* nos tratamentos com e sem inseticida, antes de atingir o floema e na fase xilemática (média±erro padrão).

Parâmetros	Unidade	Sem inseticida	Com inseticida	ANOVA valor p
4. Insetos com fase floemática	%	100,0 a (n=77)	73,3 b (n=75)	qui-quadrado **0,001**
5. Tempo para atingir o floema desde a primeira prova	hora	1,50±0,16 b (n=77)	3,13±0,17 a (n=100)	**0,000**
6. Tempo para atingir o floema desde a prova	hora	0,32±0,17 b (n=77)	2,31±0,17 a (n=75)	**0,000**
7. Tempo para atingir o floema desde a primeira prova *	hora	1,47±0,08 a (n=77)	1,26±0,10 a (n=55)	0,099
8. Tempo para atingir o floema desde a prova *	hora	0,29±0,03 a (n=77)	0,28±0,04 a (n=55)	0,820
9. Insetos com fase xilemática	%	14,3 b (n=77)	33,3 a (n=75)	qui-quadrado **0,006**
10. Duração da fase xilemática	minutos	4,05±2,36 b (n=77)	12,58±2,37 a (n=75)	**0,028**

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste multifatorial Fischer' LSD (P≤0,05).
n= número de repetições
* apenas insetos que atingiram o floema

Em relação ao comportamento de *S. graminum* na fase floemática e duração total da prova, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos com silício e sem silício (Tabela 5, parâmetros 11 e 12). O silício não influenciou ambas as fases.

TABELA 5. Parâmetros do comportamento de *S. graminum* nos tratamentos com e sem silício, na fase floemática e totais (média±erro padrão).

Parâmetros	Unidade	Sem silício	Com silício	ANOVA valor p
11. Duração da fase floemática	hora	2,38±0,11 (n=52)	2,39±0,08 (n=100)	0,970
12. Duração total da prova	hora	4,51±0,07 a (n=52)	4,56±0,05 a (n=100)	0,592

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste multifatorial Fischer' LSD (P≤0,05).
n= número de repetições

A fase floemática foi drasticamente reduzida em plantas pulverizadas com inseticidas (Tabela 6, parâmetro 11), indicando que os pulgões, ao atingirem o floema e succionarem seu conteúdo, morreram devido à alta concentração do inseticida. Como conseqüência da presença do inseticida, a duração total da prova também foi reduzida (Tabela 6, parâmetro 12). Após a ingestão do inseticida dimetoato, a mortalidade foi de 100%, demonstrando a alta eficiência do produto no controle do pulgão-verde.

Ao observar a duração da fase xilemática e floemática em plantas tratadas com inseticida, notou-se que a duração da ingestão foi menor no xilema em relação ao floema (Tabela 4 e 6, parâmetros 10 e 11, respectivamente), provavelmente, devido a uma maior concentração do inseticida no xilema.

TABELA 6. Parâmetros do comportamento de *S. graminum* nos tratamentos com e sem inseticida, na fase floemática e totais (média±erro padrão).

Parâmetros	Unidade	Sem inseticida	Com inseticida	ANOVA valor p
11. Duração da fase floemática	hora	4,34±0,09 a (n=77)	0,43±0,09 b (n=75)	**0,000**
12. Duração total da prova	hora	7,25±0,0,6 a (n=52)	2,22±0,06 b (n=100)	**0,000**
13. Mortalidade	%	0 (n=77)	100 (n=75)	**0,000**

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste multifactorial Fischer' LSD (P≤0,05).
n= número de repetições

A aplicação de silício pode proporcionar mudanças no tecido das plantas, podendo ser acumulado na parede dos tricomas, nos espaços intercelulares, na parede externa das células epidérmicas, esclerênquima epidermal e subepidermal, mesófilo e nos diversos tipos de sistemas vasculares presentes nas folhas (Hayward & Parry, 1973; Sangster, 1978; Bennett, 1982; Hodson & Sangester, 1988). Essa maior freqüência de depósitos de silício foi responsável por uma maior rigidez dos tecidos foliares dessas plantas, tornando-as mais resistentes a fatores abióticos e bióticos (Kaufman et al., 1985). Esses depósitos podem tornar os tecidos celulares mais rígidos, interferindo na penetração do estilete. Entretanto, os resultados no presente estudo não confirmam estes resultados.

Entretanto, a barreira proporcionada pelo silício nas células epidérmicas não é o único mecanismo de defesa ao ataque de insetos ou à penetração das hifas de fungos. Em trabalhos recentes, foi observado que o silício age no tecido do hospedeiro, afetando sinais químicos entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida dos mecanismos de defesa da planta por meio do aumento da produção de compostos secundários, como

polifenoloxidase, peroxidases e fenilalanina-amoniliase (Samuels et al., 1991; Chérif et al., 1992a; Chérif et al., 1992b; Gomes et al., 2005). O mecanismo de resposta da planta ao ataque de insetos sugadores é similar ao do ataque de patógenos (Dreyer & Campbell, 1987). Entretanto, essas mudanças químicas proporcionadas pela aplicação de silício não foram detectadas por meio da técnica de "EPG" nos diversos parâmetros estudados. De maneira geral, o silício aplicado nas diferentes formas não teve influência no comportamento alimentar do pulgão-verde *S. graminum*.

Estudo com inseticidas do grupo organofosforado demonstraram que esses compostos podem ser distribuídos dentro da planta através de célula a célula ou pelo sistema vascular (Boersma et al., 1988). Porém, não ficou evidenciado efeito do inseticida dimetoato na sistemicidade de célula a célula, pois, não foram detectadas diferenças no tempo da primeira prova. No caminhamento dos estiletes dentro do tecido das plantas, os insetos fazem breves puncturas nas células do mesofilo, o qual é chamado de queda de potencial "pd" e, assim, especula-se que, ao fazerem estas puncturas, os insetos salivam e succionam o seu conteúdo (Tjallingh, 1988).

Os inseticidas podem ser transportados via xilema e levados para o topo da planta através da corrente transpiratória ou pelo floema pelo fluxo de massa e difusão. Geralmente, pesticidas menos lipofílicos fazem o caminho apoplástico e os inseticidas mais lipofílicos fazem a rota simplástico (Casida & Lykken, 1969; Boersman et al., 1988). Neste trabalho, verificou-se que o dimetoato, provavelmente, faz a rota via simplasto, pois, não foram detectadas diferenças entre os tramentos com e sem inseticida para os parâmetros "tempo total dos pulgões até atingirem o floema" e "prova que atingiu o floema apenas para os insetos que atingiram o floema".

Estudos de Santi & Pietri-Tonelli (1959) mostraram a natureza sistêmica do dimetoato. Aplicações de inseticida na raiz, caule e folhas resultaram na translocação desse composto para outras partes da planta. Santi (1961) e Pietri – Tonelli & Barontini (1960) verificaram que a translocação de folha a folha do dimetoato pode ocorrer apenas ascendente através do xilema para folhas jovens e que esse inseticida tem pouco ou nenhum movimento lateral e internamente originário da área tratada. Os resultados obtidos demostram que os insetos, ao atingirem o xilema e ou floema, succionaram seu conteúdo e acabaram morrendo. Isso acarretou uma menor duração da prova total nas plantas tratadas com inseticida.

Entretanto, observou-se, neste estudo, maior número de insetos que atingiram o xilema e maior duração da fase xilemática nas plantas tratadas com inseticida. Este é um fato interessante, pois a aplicação do dimetoato mudou o comportamento do pulgão, fazendo com que eles procurassem mais o xilema sem detectar a presença do inseticida no seu conteúdo. Porém, não foi encontrada nenhum relato de pesquisa que suporte este fato. Verificou-se, ainda, que os insetos que atingiram o floema, mesmo havendo a presença de inseticida neste vaso, continuaram a ingestão até a sua morte. De maneira geral, a aplicação do inseticida dimetoato em plantas de trigo mudou o comportamento alimentar do pulgão *S. graminum*.

4 CONCLUSÕES

✓ O silício, independente da via de aplicação, não afeta o comportamento de prova do pulgão *S. graminum* quando pré-condicionado nos respectivos tratamentos.

✓ A aplicação do inseticida dimetoato afeta o comportamento alimentar do pulgão *S. graminum*.

✓ Nas plantas tratadas com dimetoato há um maior número e tempo de duração de pulgões com fase xilemática.

✓ Nas plantas tratadas com dimetoato há um menor número de pulgões com fase floemática.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2006. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 504p. 2005.

AL-MOUSAWI, A.H.; RICHARDSON, P.E.; BURTON, R.L. Ultrastructural studies on greenbug (Hemiptera: Aphididae) feeding damage to susceptible and resistant wheat cultivars. **Annals of the Entomological Society América,** v.71, p.964-971, 1983.

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

BENNETT, D.M. An ultrastructural study on the development of silicified tissue in the leaf tip of barley (*Hordeum sativum* Jess). **Annals of Botany**, v.50, n.2, p.229-237, 1982.

BOERSMA, L. et al. Uptake of organic chemicals by plants: a theoretical study. **Soil Sciense**, v.146, p.403-417, 1988.

CARVALHO, S.K.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil,** v.28, p.505-510, 1999.

CASIDA, J.E.; LYKKEN, L. Metabolism of organic pesticide chemicals in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.20, p.607-636, 1969.

CHÉRIF, A.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology,** v.84, p.236-242, 1994.

CHÉRIF, M. et al. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.41, p.411-425, 1992a.

CHÉRIF, M. et al. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.41, p.371-385, 1992b.

CRUZ, I.; VENDRAMIN, J.D.; OLIVEIRA, A.C. Determinação do período de avaliação de não preferência de sorgo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum*

(Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.27, n.2, p.299-302, 1998.

De PIETRI-TONELLI, P.E.; BARONTINI, A. **Penetrazione e traslocazione del Rogor-P32 applicato sul tronco di piante di limone.** Milano: Ist. Ric. Agrar. Soc. Montecatini. 1960.

DREYER, D.L.; CAMPBELL, B.C. Chemical basis of host-plant resistance to aphids. **Plant Cell Enviroment**, v.10, p.353-361, 1987.

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

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proccedings National of Academy Science,** v.91, p.11-17, 1994.

GOMES, F.B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientae Agrícola,** Piracicaba, v.62, 6, p.547-551, 2005.

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) (Lepidóptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology,** v.31, n.2, p.305-310, 2002.

HAYWARD, D.M.; PARRY, D.W. Electron-probe microanalysis studies of silica distribution in barley (*Hordeum sativum* L.). **Annals of Botany,** v.37, p.579-591, 1973.

HODSON, M.J.; SANGSTER, A.G. Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.), with particular reference to silicon. **Annals of Botany,** v.62, p.463-471, 1988.

KAUFMAN, P.B. et al. Structure and function of silica bodies in the epidermal system of grass shoots. **Annals of Botany**, v.55, n.4, p.487-507, 1985.

LEI, H.; TJALLINGII, W.F.; van LENTEREN J.C. Probing and feeding characteristics of greenhouse whitefly in association with host-plant acceptance and whitefly strains. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.88, p.73-80, 1998.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic, 1995.

MARTIN, B. et al. Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses. **Journal of General Virology,** v.78, p.2701-2705, 1997.

McLEAN, D.L.; KINSEY, M.G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature,** v.202, p.1358-1359, 1964.

NISBET, A.J. et al. Systemic antifeedant effects of azadirachtin on the peach-potato aphid *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.68, n.1, p.87-98, 1993.

PRADO E.; TJALLINGII, W.F. Aphid activities during sieve element punctures. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.72, 157-165, 1994.

SALVADORI, J.R. Controle biológico de pulgões do trigo: o sucesso que perdura. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.46, p.25-31, 1999.

SALVADORI, J.R. Pragas iniciais da cultura do trigo. **Correio Agrícola Bayer**, São Paulo, n.1, p.12-15. jan./jun. 1998.

SAMUELS, A.L. et al. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. **Annals of Botany** v.72, p.433-440, 1993.

SAMUELS, A.L. et al. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, v.14, p.485-492, 1991.

SANGSTER, A.G. Silicon in the roots of higher plants. **American Journal Botany**, v.65, n.9, p.929-935, 1978.

SANTA-CECÍLIA, L.V.C. **Interação Cochonilha (Pseudococcidae) – planta avaliada mediante estudos biológicos e da técnica de "Eletrical Penetration Graphs" (EPG)**. 2003. 84p. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTI, R.; de PIETRI-TONELLI, P. Mode of action and biological properties of the S-(Methylcarbanyl) methyl 0,0-dimethyldithiophosphate. **Nature,** v.183, p.398-399, 1959.

SANTI, R. Penetrazione, traslocazione et metabolismo del Rogor-P32 applicato sul tronco di piante de limone. **Ontributi**, V:47. 1961.

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

SLODERBECK, P.E. et al. Greenbug (Homoptera: Aphididae) resistant to parathion and chlorpyrifos-methyl. **Journal Kan. Entomology Society,** v.64, p.1-4, 1991.

TJALLINGII, W.F. Electrical recording of stylet penetration activities. In: MINKS, A.K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids,** their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier, 1988. pp.95-108.

TJALLINGII, W.F. Eletronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v.24, n.3, p.521-530, 1978.

TJALLINGII, W.F.; HOGEN ESCH, Th. Fine structure of aphid stylet routes in plant tissue in correlation with EPG signals. **Physiological Entomology,** v.18, p.317-328, 1993.

TJALLINGII, W.F.; MAYORAL, A. Criteria for host acceptance by aphids. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM INSECT-PLANT EELATIONSHIP, 8., 1992, Dordrecht. **Proceedings…** Dordrecht: Kluwer Academic, 1992. p.280-282.

van HELDEN, M.; TJALLINGII, W.F. Tissue localisation of lettuce resistance to the aphid, *Nasonovia ribisnigri*, using electrical penetration graphs. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** v.68, p.269-278, 1993.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo