

**EFEITO DO SILÍCIO NA RESISTÊNCIA DE  
PLANTAS DE MILHO A *Rhopalosiphum maidis*  
(Fitch., 1856) (Hemiptera: Aphididae) E SUA  
INTERAÇÃO COM INSETICIDA NO  
CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J.E.  
Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**

**DANILA KELLY PEREIRA NERI**

**2006**

**DANILA KELLY PEREIRA NERI**

**EFEITO DO SILÍCIO NA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DE MILHO A  
*Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) E SUA  
INTERAÇÃO COM INSETICIDA NO CONTROLE DE *Spodoptera  
frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**

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  
obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Jair Campos Moraes

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

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

Neri, Danila Kelly Pereira

Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fitch., 1856) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) Danila Kelly Pereira Neri. – Lavras: UFLA, 2006.

68 p. : il.

Orientador: Jair Campos Moraes.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Pulgão. 3. Lagarta. 4. Controle químico. 5. EPG. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.159754

**DANILA KELLY PEREIRA NERI**

**EFEITO DO SILÍCIO NA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DE MILHO A  
*Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) E SUA  
INTERAÇÃO COM INSETICIDA NO CONTROLE DE *Spodoptera  
frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**

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  
obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 13 de dezembro de 2006

Dr. Alcides Moinho Junior	UFLA
Dr. Ernesto Prado	UFLA/ CNPq
Dra. Lenira Viana Costa Santa-Cecília	EPAMIG
Dr. Rogério Antônio Silva	EPAMIG

Prof. Jair Campos Moraes  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

Ao meu lindo e amoroso esposo, Gilton, que sempre esteve comigo em todos os momentos, me dando conselhos, carinho e muito amor. Minha fortaleza dada por Deus.

Aos meus pais, Raimundo Marrocos e Fátima Neri, pelo inesgotável amor e confiança, aos quais devo tudo que sou.

Aos meus amados irmãos, Thially e Saulo, pelo carinho e orgulho.

### **OFEREÇO**

A **Deus**, por me tornar apta a conquistar mais uma etapa em minha vida, um verdadeiro sonho e ideal.

A **Jesus Cristo**, que sempre esteve comigo, me dando apoio, amor, verdadeiras amigas como a Fabrícia Vilela-Torres e a Viviane Alves, e uma família maravilhosa que me sustentou durante toda essa jornada de estudos.

Ao **Espírito Santo de Deus**, pela presença em minha vida, me dando forças e perseverança para continuar os trabalhos, e pelo enorme amor divino que me ajudou a suportar a distância dos meus amores.

### **DEDICO**

**Todo o que nasceu de Deus vence o mundo. E esta é a vitória que vence o mundo: a nossa fé.**

**(I Jô-5, 4)**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me amar e nunca desistir de me fazer feliz.

Ao meu orientador, Jair Campos Moraes, pelos ensinamentos, amizade e confiança durante todo o mestrado e doutorado.

Aos pesquisadores Ernesto Prado, Rogério, Lenira e Alcides pelo incentivo e conselhos durante as defesas.

A todos os professores que contribuíram para o enriquecimento dos conhecimentos indispensáveis a este trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia pela eficiência e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Lavras e à Universidade Federal Rural do Semi-árido, pelo acolhimento durante os experimentos e estudos.

Ao professor e grande amigo Patrício Maracajá pelos conselhos e ensinamentos.

Ao professor Elton de Araújo pelo acolhimento e ajuda durante parte do experimento que foi realizada na UFERSA.

Aos amigos Aline Rocha, Emanuelle Almeida, Gleidson de Góes e Saulo Marrocos, que me ajudaram na condução do experimento realizado na UFERSA.

A Flávia pela ajuda indispensável durante os experimentos e, principalmente, pela amizade, pelas conversas e pelas piadas.

Às meninas da entomologia, Fabrícia, Viviane, Ester, Letícia, Lúcia, Melissa, Alexa, Rosane, Ronara, Sabrina, Lia, Lívia, Ronelza, Elza, Giselle, Beth, Christiane, e aos meninos da turma de mestrado, Paulo, Marcelo, Marçal, Patrick, Leonardo, Aldomário e Lucas, pela amizade.

Àqueles que amo por terem depositado em mim a esperança de uma vitória. Mãe, Pai, Thially, Saulinho, Tia Maria e meu Neginho, Obrigada!

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Resumo .....	i
Abstract.....	ii
Capítulo 1 .....	1
1 Introdução geral .....	1
2 Referencial teórico .....	3
2.1 Importância econômica do milho ( <i>Zea mays</i> ) .....	3
2.2 O pulgão-do-milho ( <i>Rhopalosiphum maidis</i> ) .....	5
2.3 A lagarta-do-cartucho-do-milho ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) .....	7
2.4 Importância do silício para as plantas .....	9
2.5 Silício como indutor de resistência às plantas .....	11
2.6 Controle químico com inseticida lufenuron.....	13
2.7 Técnicas de “Electrical Penetration Graphs” e “Honeydew Clock” .....	15
3 Referências bibliográficas.....	20
Capítulo 2. Efeito da aplicação de silício em milho no comportamento alimentar e no desenvolvimento biológico do pulgão <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae).....	28
Resumo .....	28
Abstract .....	29
1 Introdução .....	30
2 Material e métodos.....	32
2.1 Criação do pulgão-do-milho .....	32
2.2 Condução das plantas.....	32
2.3 Tratamentos.....	33
2.4 Comportamento alimentar de <i>Rhopalosiphum maidis</i> em plantas de milho com e sem silício .....	33
2.4.1 Técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG) .....	33
2.4.2 Técnica de “Honeydew Clock” .....	34
2.5 Biologia do pulgão-do-milho.....	35
2.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	36
3 Resultados e discussão.....	37

3.1 Comportamento alimentar de <i>Rhopalosiphum maidis</i> em plantas de milho com e sem silício .....	37
3.1.1 Técnica de Electrical Penetration Graphs (EPG) .....	37
3.1.2 Técnica de “Honeydew Clock” .....	40
3.2 Biologia do pulgão-do-milho .....	41
4 Conclusões .....	43
5 Referências bibliográficas .....	44
Capítulo 3. Influência do silício na suscetibilidade de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. ....	47
Resumo .....	47
Abstract .....	48
1 Introdução .....	49
2 Material e métodos.....	51
2.1 Criação de manutenção da lagarta-do-cartucho-do-milho .....	51
2.2 Interação silício e lufenuron no controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	51
2.3 Interação silício e lufenuron no controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> e no desenvolvimento de plantas de milho a campo.....	53
3 Resultados e discussão.....	58
3.1 Interação silício e lufenuron no controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	58
3.2 Interação silício e lufenuron no controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> e no desenvolvimento de plantas de milho a campo.....	60
4 Conclusões .....	65
5 Referências bibliográficas .....	66

## RESUMO

NERI, Danila Kelly Pereira. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 68 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

A ação de insetos-praga é um dos fatores do baixo nível de produtividade do milho no Brasil e, neste contexto, o pulgão-do-milho e a lagarta-do-cartucho são consideradas as principais pragas da cultura. O controle, principalmente da lagarta-do-cartucho, se dá quase que exclusivamente por aplicações de inseticidas, o que pode causar, inclusive, danos ao meio ambiente. Por isso, são necessários métodos de controle que visem aumentar o grau de resistência das plantas ao ataque de insetos-praga, como a utilização de silício. Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivos avaliar o efeito do silício na indução de resistência de plantas de milho ao pulgão-do-milho, bem como sua interação com inseticida lufenuron no controle da lagarta-do-cartucho. Para tanto, avaliaram-se o desenvolvimento biológico do pulgão e o seu comportamento alimentar utilizando as técnicas de “Electrical Penetration Graphs” e de “Honeydew Clock”. Para avaliar os efeitos do silício na eficiência do inseticida lufenuron no controle da lagarta-do-cartucho e no desenvolvimento de plantas de milho, foram realizados experimentos em laboratório e a campo, nos quais se avaliaram a mortalidade de lagartas e suas injúrias, bem como algumas características agronômicas das plantas. Os resultados demonstraram que aplicação de ácido silícico não afetou a penetração do estilete do pulgão. Entretanto, proporcionou aumentos nos tempos de liberação da primeira gota de “honeydew” e do intervalo entre as gotas. A biologia do pulgão-do-milho não foi afetada pelo silício. Além disso, os resultados demonstraram que o silício interagiu positivamente com o inseticida lufenuron no controle da lagarta-do-cartucho, possibilitando uma redução da dosagem do inseticida, bem como fortaleceu a estrutura da planta de milho por aumentar o diâmetro do caule. Contudo, outros ensaios, principalmente a campo, devem ser realizados visando avaliar dosagens, métodos de aplicação e custos operacionais desta técnica alternativa de manejo de insetos-praga na cultura de milho.

---

<sup>1</sup> Orientação: Jair Campos Moraes – UFLA e Ernesto Prado – UFLA/ CNPq.

## ABSTRACT

NERI, Danila Kelly Pereira. **Effect of silicon on the resistance of corn plants to *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) and its interaction with insecticide in the control of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 68p. Thesis (Doctor in Agronomy/Entomology) Federal University of Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

The action of pest insects is one of the factors responsible for the low level of yield of the corn in Brazil, and in this context, the corn aphid and the fall armyworm are considered the main corn pests. The control, chiefly, of the fall armyworm is accomplished almost exclusively by insecticide applications, which can cause, inclusive, damages to the environment. Therefore, one must search control methods which aim to increase the degree of resistance of the plants to the attack by pest insects as the use of silicon. In this way, this research was intended to evaluate the effect of silicon in the induction of resistance of corn plants to the corn aphid as well as its interaction with insecticide lufenuron in the control of fall armyworm. So, both the biological development of the aphid and its feeding behavior were evaluated by utilizing the techniques of “Electrical Penetration Graphs” and of “Honeydew Clock”. To evaluate the effects of silicon on the efficiency of the insecticide lufenuron in the control of fall armyworm and on the development of corn plants, laboratory and field experiments were performed, in which the mortality of larvae and their injuries as well as some agronomic characteristics of the plants. The results demonstrated that application of silicic acid did not affect the stylet penetration of the aphid. However, it provided increases in the times of release of the first drop of “honeydew” and of the interval between the drops. The biology of the corn aphid did not affected by silicon. In addition, the results demonstrated that silicon interacted positively with the insecticide lufenuron in the control of fall armyworm, making it possible a reduction in the dosage of the insecticide as well as it strengthened the structure of the corn plant for increasing the stem diameter. However, other trials, mainly in the field, should be performed aiming to evaluate dosages, application methods and operational costs of this alternative technique of pest insect management in corn culture.

---

<sup>1</sup> Guidance: Jair Campos Moraes – UFLA and Ernesto Prado –UFLA/CNPq.

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais importantes do mundo por constituir a base da alimentação humana e animal (Duarte, 2006). A produção de milho tende a se expandir fortemente para suprir a demanda gerada pelo consumo de fontes de energia renováveis, estabelecendo, assim, a era da agricultura energética (Silva, 2004).

Apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior produtividade. Segundo Gassen (1996), um dos fatores do baixo nível de produtividade é a ação de insetos-praga que reduz o potencial produtivo dos híbridos de milho. Neste contexto, Cruz et al. (2006) relatam que *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma das principais pragas, uma vez que o seu ataque na planta ocorre desde a emergência até o pendoamento e espigamento.

Outra espécie de inseto que ocorre no milho, principalmente no milho cultivado na safrinha, causando-lhe danos, é o pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch., 1856) (Hemiptera: Aphididae). Este pulgão causa danos diretos e principalmente indiretos, uma vez que é apontado como vetor do vírus do mosaico comum, que pode causar prejuízos severos à cultura (Oliveira et al., 2003).

O controle dessas pragas é realizado quase que exclusivamente por aplicações de inseticidas, o que pode provocar o surgimento de populações de insetos resistentes aos diferentes produtos químicos disponíveis, bem como causar severos danos ao meio ambiente. Por isso, são necessários métodos de controle que visem aumentar o grau de resistência das plantas ao ataque de insetos-praga e, assim, reduzir o uso de produtos químicos.

Estudos recentes têm mostrado que o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, uma vez que, devido à maior rigidez estrutural dos tecidos, as folhas ficam mais eretas, diminuindo, assim, o auto-sombreamento, além da proteção contra fatores abióticos desfavoráveis como estresse hídrico, toxidez de alumínio e ferro, entre outros, e estresses bióticos, como a incidência de insetos-praga (Epstein, 1994). Dessa forma, a aplicação de silício na cultura do milho poderá elevar o grau de resistência das plantas e afetar a biologia e o comportamento alimentar dessas pragas, tendo como consequência a redução das infestações e dos prejuízos causados por *R. maidis* e por *S. frugiperda*.

Na análise do comportamento alimentar dos pulgões pode-se utilizar a técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG), que permite observar as atividades de penetração desses estiletes dos hemípteros nos tecidos das plantas (Tjallingii, 1978). Por meio dessa técnica se distinguem diferentes padrões de ondas, cada uma característica de uma atividade e da localização precisa dos estiletes, sendo representadas pelas fases de caminamento dos estiletes, fase xilemática, fase floemática e período de não-prova (Tjallingii, 1978; Tjallingii 1988; Tjallingii & Prado, 2001).

Parâmetros relacionados à seqüência e à duração dos eventos de EPG, os quais são de grande importância para a identificação de mecanismos envolvidos na resistência das plantas, podem ser complementados com a técnica de “Honeydew Clock”, que consiste na avaliação do número e da frequência de gotas de “honeydew” secretadas pelos pulgões.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivos avaliar o efeito do silício na indução de resistência de plantas de milho ao pulgão-do-milho, bem como sua interação com inseticida no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância econômica do milho (*Zea mays*)

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Associando o consumo animal ao consumo humano, bem como ao crescimento do uso de milho em aplicações industriais, pode-se constatar o aumento de sua importância no contexto da produção de cereais na esfera mundial, passando a ser, o milho, o cereal mais produzido no mundo (Duarte, 2006).

No mercado do milho, os maiores produtores do mundo são os países da América do Norte, China, Brasil e membros da União Européia (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido e Suécia), que produzem, conjuntamente, cerca de 463,5 milhões de toneladas de milho, com uma participação de 74,7% do total produzido no mundo. Considerando a participação de cada região separadamente, os países da América do Norte, a China, o Brasil e a União Européia possuem parcelas do total produzido de 43,7%, 18,79%, 6,75% e 5,46%, respectivamente. Em termos de comércio agrícola internacional, os maiores exportadores de milho são a América do Norte, a China e a Argentina, apesar de este não está entre os maiores produtores (Alvim & Waquil, 2005).

Conforme o nono levantamento de avaliação de safra 2005/2006 realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2006), a produção estimada de milho no Brasil será de 41,4 milhões de toneladas, 18,4% superior à da safra anterior, participando com 34,6% na produção total de grãos. Este provável aumento se deve ao incremento de 11,9% na produtividade e de

5,8% na área cultivada. Do total produzido, 76,4% referem-se ao milho 1ª safra e 23,6%, ao milho 2ª safra (ou safrinha).

A produção de milho por região do Brasil, de acordo com o segundo prognóstico do IBGE (2006), está assim distribuída: Norte – 1,019 milhão de toneladas; Nordeste – 2,903 milhões de toneladas; Centro-Oeste – 3,610 milhões de toneladas; Sudeste – 9,943 milhões de toneladas e Sul - 17,112 milhões de toneladas.

Para se obter uma lavoura de milho com alta produtividade e rentabilidade, é necessário tomar uma série de decisões no planejamento da lavoura. A seleção da semente, combinada com as condições de solo, clima e sistema de produção; é imprescindível num planejamento (Silva, 2005), mas esse cuidado não basta, pois tem-se observado aumento na incidência e densidade populacional de insetos-praga que causam danos significativos a essa cultura. Portanto, adotar um sistema de manejo de pragas de forma a minimizar os custos e os danos ao ambiente contribuirá positivamente nos resultados da lavoura.

As espécies de insetos que ocorrem com maior frequência no milho cultivado na safrinha são o pulgão-do-milho (*R. maidis*), seguido da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*), de adultos de vaquinha [*Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae)], da cigarrinha-do-milho [*Daubulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae)] e do percevejo barriga-verde [*Dichelops* sp. (Hemiptera: Pentatomidae)] (Viana, 2004).

A lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* é considerada praga-chave da cultura, causando danos em praticamente toda a fase vegetativa, comprometendo a produção (Siloto, 2002). O pulgão-do-milho era considerado praga secundária na cultura, mas com o incremento do cultivo do milho “safrinha” na última década, os danos causados pelo pulgão aumentaram em importância, em consequência da transmissão do vírus do mosaico comum (Sugarcane mosaic

virus - SCMV). Portanto, os maiores danos são indiretos e sua presença tem sido constatada praticamente em todo o Estado de Minas Gerais e em todos os estágios fenológicos do milho (Waquil et al., 1996).

## **2.2 O pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*)**

O pulgão-da-folha-do-milho ou pulgão-do-milho é encontrado principalmente em regiões onde se cultivam o sorgo e o milho “safrinha”, causando danos econômicos.

O pulgão-do-milho apresenta reprodução partenogênica telítoca, na qual as formas ápteras e aladas são constituídas por fêmeas. São insetos de coloração verde-azulada, sendo que as formas ápteras medem cerca de 1,5 mm de comprimento e as formas aladas são menores e possuem dois pares de asas. Vivem em colônias, principalmente no cartucho das plantas e, quando em grande número, podem se espalhar por outras partes, incluindo colmo e órgãos reprodutivos. Esses insetos possuem aparelho bucal picador-sugador e se alimentam preferencialmente das folhas mais novas das plantas de milho. (Oliveira et al., 2003).

A infestação por esse afídeo inicia-se em plantas isoladas, dispersando-se em reboleiras na lavoura durante o período vegetativo e, principalmente, próximo ao lançamento do pendão. Nesse período, as folhas encontram-se enroladas, formando um cartucho de proteção, no qual os insetos sugam a seiva continuamente e multiplicam-se com facilidade, mas sem importância econômica direta (Gassen, 1996). No entanto, a infestação do pulgão no estágio de pré-florescimento pode ocasionar perdas econômicas (Viana, 2004).

Esse inseto-praga ocasiona muitos danos à cultura do milho, uma vez que a sucção da seiva provoca depauperamento e definhamento geral da planta, deixando as folhas cloróticas, encarquilhadas, enroladas e recobertas por “honeydew”, o que favorece o desenvolvimento de fumagina, afetando, assim, a

atividade fotossintética da planta (Cruz et al., 2006). Além desses danos, o pulgão é vetor do “potyvirus”, agente causal do mosaico comum, que pode provocar grandes prejuízos à cultura do milho (Oliveira et al., 2003; Waquil et al., 1996). Os pulgões adquirem os vírus em poucos segundos ou minutos, quando se alimentam de plantas infectadas, e os transmitem ao se alimentarem de plantas saudáveis. A transmissão do vírus pelo afídeo é do tipo não persistente (Oliveira et al., 2003).

Os sintomas dessa virose normalmente apresentam-se em padrão de mosaico, caracterizando-se pela presença, nas folhas, de manchas verdes entremeadas por manchas amareladas, que podem ser observadas na lâmina e bainha de todas as folhas e na palha das espigas que se desenvolvem após a infecção, sendo que algumas vezes as plantas podem se apresentar levemente enfezadas. Esses sintomas são claramente visíveis em plantas jovens e tendem a desaparecer à medida que elas se tornam adultas. Os efeitos da doença sobre as plantas de milho são tanto maiores quanto mais cedo se estabelece a infecção, sendo que estimativas experimentais estabelecem redução na ordem de 50% da produção em genótipos suscetíveis (Fernandes et al., 1995; Oliveira et al., 2003).

Nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás há uma tendência de maior incidência do mosaico comum nos plantios de novembro, dezembro e janeiro, coincidindo com precipitações pluviométricas e temperaturas mais elevadas do verão, condições favoráveis ao desenvolvimento dos afídeos vetores (Almeida et al., 2001).

No que se refere às medidas de controle, pesquisas mostram que a aplicação de inseticida para o controle dos pulgões não é uma medida eficiente para o controle da doença. Porém, a utilização de cultivares resistentes é considerada uma eficiente alternativa de controle (Oliveira et al., 2003).

Por outro lado, a indução de resistência pelo silício vem mostrando resultados promissores no controle de pulgões (Basagli et al., 2003; Gomes et

al., 2005; Moraes & Carvalho, 2002; Moraes et al., 2005) e poderia constituir em mais uma ferramenta no manejo de pulgões em milho.

### **2.3 A lagarta-do-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda*)**

A lagarta-do-cartucho *S. frugiperda*, também conhecida pelo nome de “lagarta dos milharais”, apesar de ser uma espécie polífaga, é uma das principais pragas da cultura do milho no Brasil. Essa praga encontra-se distribuída em todas as regiões onde se cultiva esse cereal (Cruz et al., 1996).

A lagarta-do-cartucho apresenta como características biológicas ovos de coloração verde clara, os quais são colocados em massa na face superior das folhas, onde eclodem as lagartas, sendo a duração do período larval de 12 a 30 dias até chegar ao completo desenvolvimento, quando medirão cerca de 50 mm de comprimento, apresentando uma coloração que varia de cinza escura a marrom. Longitudinalmente, apresenta três finíssimas linhas de coloração branco-amarelada na parte dorsal do corpo. Na parte lateral, abaixo da linha branco-amarelada, existe uma linha escura mais larga e, mais abaixo dessa, uma listra amarela irregular marcada com vermelho. Ao término do período larval, as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupas de coloração avermelhada, medindo em torno de 15 mm de comprimento. Após a emergência surge o adulto, medindo cerca de 35 mm de envergadura, com as asas anteriores de coloração pardo-escura e as posteriores, branco-acinzentadas. As mariposas são de hábito noturno e fazem postura durante a noite, ovipositando sobre folhas de milho (Gallo et al., 2002).

O ataque da lagarta-do-cartucho pode ocorrer em todas as fases de desenvolvimento da planta, desde a fase de plântula até as fases de pendoamento e espigamento, provocando quedas significativas no rendimento (Cruz & Turpin, 1982). As perdas devido ao ataque da lagarta podem reduzir a produção em até 34% (Cruz et al., 2006).

As injúrias ocasionadas por essa praga iniciam-se com o ataque das lagartas pequenas raspando as folhas, deixando áreas transparentes. Com o seu desenvolvimento, a lagarta localiza-se no cartucho da planta, destruindo-o. Na espiga a lagarta pode atacar os estilo-estigmas e os grãos em formação. A presença de orifícios na palha é um bom indicativo da presença da praga, assim como espigas caídas e/ou injúrias no ponto de inserção da espiga com o colmo (Cruz et al., 2006).

A capacidade de danos da lagarta é influenciada pelo vigor da planta e pelo clima (Gassen, 1996). Dessa forma, o conhecimento do ambiente favorável ao desenvolvimento de uma espécie considerada praga é de fundamental importância para a implantação do seu manejo, bem como na adoção de táticas de controle. Dentre os fatores ambientais que influem sobre as fases do ciclo biológico de *S. frugiperda*, a temperatura talvez seja o mais importante, afetando praticamente todas as fases do ciclo. O aumento das populações de *S. frugiperda* é favorecido por condições de tempo seco e chuvas abundantes (Sarmiento et al., 2002).

A importância da lagarta-do-cartucho deve-se não somente aos danos provocados por ela, mas especialmente à dificuldade de seu controle (Gassen, 1996), principalmente quando o ataque ocorre na fase inicial da cultura, o que torna o controle via pulverização das plantas pouco efetivo, pois como as plantas possuem reduzida área foliar, dificultam a retenção do produto nas folhas, diminuindo o poder residual (Ceccon et al., 2004).

Dessa forma, deve-se buscar outros métodos de controle de maneira a maximizar o controle dessa praga. A adubação mineral pode influenciar na resistência dos genótipos de milho, como no caso do silício, que contribui no aumento da resistência de plantas de milho à lagarta-do-cartucho (Goussain et al., 2002).

A adubação com silício pode ser utilizada com outros métodos de controle, como o controle químico, tornando-o mais eficiente e com menores prejuízos ambientais. Dentre os inseticidas utilizados no controle de *S. frugiperda* destaca-se o lufenuron, que apresenta alta eficiência no controle da lagarta, bem como baixa toxicidade para mamíferos e alta seletividade a inimigos naturais (Schmidt, 2002).

Conforme Busato et al. (2006), o inseticida lufenuron tem sido um dos mais utilizados na cultura do milho, com o qual se tem obtido os melhores resultados de controle da praga.

#### **2.4 Importância do silício para as plantas**

O silício (Si) é absorvido pelas raízes das plantas como ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) de forma passiva (Jones & Handreck, 1967). A maior parte do Si absorvido é translocada das raízes para as folhas e, com a saída da água pela transpiração, polimeriza-se na parte externa da parede celular (principalmente nas células da epiderme), transformando-se em um mineral amorfo de sílica denominado opala biogênica ( $SiO_2.nH_2O$ ) (Lanning et al., 1958). O seu acúmulo induz a formação de uma dupla camada de sílica cuticular (Korndörfer et al., 2001).

O silício possivelmente afeta o crescimento e o desenvolvimento de muitas plantas, mais particularmente pela contribuição da força mecânica nas paredes das células e sua função de manter as plantas e folhas eretas numa posição que melhor intercepta a luz solar, proporcionando, assim, um maior peso seco por unidade de área da folha e um aumento nos pesos secos e frescos das raízes. O silício freqüentemente alivia e algumas vezes anula os efeitos adversos do excesso de fósforo (P), metais pesados e da salinidade. A impregnação das paredes celulares com sílica contribui para a resistência das plantas contra o ataque de fungos e de pragas (Barbosa Filho et al., 2000; Epstein, 1994).

Conforme McNaughton et al. (1985), as plantas que foram adubadas com silício apresentaram-se mais eretas e rígidas do que as plantas que não receberam esse adubo. Em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), a adubação com silício aumentou a produtividade em consequência da maior eficiência fotossintética e da resistência ao ataque de pragas e doenças e da maior tolerância à falta de água durante os períodos de baixa umidade do solo (Korndörfer et al., 2002).

A escória de alto-forno, na dosagem de 196 g kg<sup>-1</sup> de Si, proporcionou maior crescimento radicular em profundidade e melhor distribuição no perfil do solo e, conseqüentemente, maior produção de massa de matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de arroz – *Oryza sativa* L. (Carvalho-Pupatto et al., 2004).

Segundo Paim et al. (2006), doses crescentes de silício e de fósforo reduziram os teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu) e zinco (Zn) em solo contaminado, sendo mais eficientes em amenizar a poluição do solo por Pb e Cu do que por Cd e Zn. E, ainda, conforme os autores, a ação do silício deve-se ao poder alcalinizante do silicato de cálcio e à sua capacidade de formar silicatos insolúveis, e a amenização pelo fósforo decorreu da baixa solubilidade dos fosfatos de metais pesados.

No entanto, na ausência de estresses ambientais ou nutricionais, a aplicação de silício no solo pode não trazer benefícios às plantas. Silva & Bohnen (2003), ao avaliarem a produtividade e a absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio, constataram que o Si não exerceu efeitos benéficos na produção de panículas, na matéria seca das raízes e da parte aérea, no rendimento de grãos e na transpiração das plantas.

Segundo Silva & Bohnen (2003), não há um consenso na literatura a respeito da essencialidade do silício como nutriente para as culturas. Entretanto,

o Si é um elemento absorvido em grandes quantidades por espécies acumuladoras (arroz – *O. sativa* L.) e de forma intermediária pelas plantas de cana-de-açúcar (*S. officinarum*) e milho (*Z. mays*), que pertencem, conforme a classificação de Jones & Handrech (1967), ao grupo das intermediárias, com 1 a 3% de SiO<sub>2</sub> (óxido de silício encontrado nas plantas, chamado de sílica).

Solos tropicais e subtropicais intemperizados e lixiviados, com sucessivos cultivos, tendem a apresentar baixos níveis de Si trocável, havendo, assim, a necessidade de reposição desse fertilizante por meio de adubações (Lima Filho et al., 1999).

## **2.5 Silício como indutor de resistência às plantas**

De forma geral, o Si concentra-se nos tecidos de suporte e/ou sustentação do caule, nas folhas e, em menores concentrações, nas raízes. Nas folhas está envolvido com funções físicas de regulação da transpiração, uma vez que é capaz de se concentrar na epiderme, formando uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias para o interior da planta, dificultando também o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1994).

Carvalho et al. (1999), ao estudarem o efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera: Aphididae), verificaram diferenças significativas entre os tratamentos com e sem silício para o período reprodutivo e longevidade de adultos. Resultados semelhantes foram encontrados por Moraes & Carvalho (2002) ao avaliarem o efeito do silício como agente indutor de resistência do sorgo ao pulgão-verde, concluindo que a adição de silicato de sódio (Na<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>) (média de 27% de SiO<sub>2</sub>) na proporção de 2 mL.L<sup>-1</sup> de solo reduz a reprodução e o desenvolvimento do pulgão. Também Basagli et al. (2003), que realizaram aplicações sequenciais de solução de silicato de sódio a 0,4% de SiO<sub>2</sub>, por seis vezes, em intervalos de cinco dias, em trigo (*Triticum aestivum* L.), constataram

que o silício reduziu a preferência, a longevidade e a produção de ninfas do pulgão-verde, conferindo às plantas, portanto, resistência a este inseto-praga.

Em se tratando da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), Ferreira (2006), ao avaliar os efeitos da aplicação do silício na indução de resistência de duas cultivares de soja (*Glycine max* L.) à mosca-branca, constatou em teste com e sem chance de escolha que o silício não afeta a preferência dessa praga para a oviposição, porém causa mortalidade de ninfas. Já Correa et al. (2005) verificaram que o silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e o acibenzolar-S-methyl causaram efeitos negativos na população da mosca-branca em pepino (*Cucumis sativus* L.), tanto pela redução da oviposição como no aumento do ciclo biológico e da mortalidade na fase de ninfa.

A aplicação de ácido silícico ou acibenzolar-S-methyl também pode proporcionar uma proteção às plantas de trigo, afetando negativamente a reprodução e o desenvolvimento do pulgão-verde, o que torna a aplicação de ácido silícico, principalmente via solo, ou acibenzolar-S-methyl, promissora ferramenta no manejo integrado do pulgão-verde (Costa, 2005). Também em trigo, Goussain (2006) investigou o efeito da aplicação de silício sobre *S. graminum*, concluindo que o silício afetou a sua longevidade e reprodução.

Em milho, a aplicação de silício contribui no aumento da resistência das plantas ao pulgão-do-milho *R. maidis*, principalmente quando aplicado via solo mais uma adubação foliar, ou mediante duas aplicações foliares (Moraes et al., 2005). Para a lagarta-do-cartucho, Goussain et al. (2002) observaram aumento do canibalismo e de mortalidade dessa praga quando aplicaram uma solução de silicato de sódio via solo nas plantas. Esses resultados podem estar relacionados com o excessivo desgaste da região incisora das mandíbulas das lagartas ao se alimentarem de folhas oriundas de plantas tratadas com silício.

O silício era encarado como a barreira mecânica passiva de defesa da planta contra o estresse ambiental (Korndörfer et al., 2001). Porém, Fawer et al.

(1998) identificaram uma proteção ativa induzida por este elemento dentro das células vegetais, demonstrando que o Si começa uma seqüência de reações que iniciam mecanismos de defesas bioquímicas na planta infectada. Em trigo, Gomes et al. (2005) observaram que o silício e a infestação inicial com pulgões afetaram a preferência e a taxa de crescimento populacional de *S. graminum* e proporcionaram um aumento na atividade das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase, que indica a síntese de compostos de defesa da planta.

## **2.6 Controle químico com inseticida lufenuron**

A escolha correta de um inseticida para o controle de uma praga depende de sua eficiência e do seu impacto sobre os inimigos naturais e o meio ambiente (Viana & Costa, 1998). Neste contexto, vários trabalhos têm sido realizados visando um melhor uso de inseticidas de forma a não agredir a natureza e melhorar a relação custo/benefício.

O lufenuron é um inseticida pertencente ao grupo dos reguladores de crescimento de insetos que vem sendo amplamente utilizado no controle de *S. frugiperda*. Este inseticida tem como principais características a sua eficiência no controle de lagartas, a baixa toxicidade para mamíferos e a alta seletividade a inimigos naturais, adequando-se melhor à filosofia do Manejo Integrado de Pragas (MIP) tanto por apresentar tais características como pela ineficácia de piretróides e fosforados em algumas regiões produtoras de milho do Brasil (Schmidt, 2002).

Os sintomas das benzoilfeniluréias (diflubenzuron, triflumuron e lufenuron) em lepidópteros são: interrupção da ecdise, interrupção na alimentação e anomalias em adultos (Schmidt, 2002).

Gomez & Ávila (2001a) concluíram que os inseticidas reguladores de crescimento, teflubenzuron, triflumuron e diflubenzuron, nas doses de 10, 15 e

30 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente, controlam eficientemente a lagarta *S. frugiperda* no trigo, já no quarto dia após a aplicação. Porém, na cultura da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), Gómez & Ávila (2001b) constataram que os inseticidas triflumuron (10, 15 e 30 g ha<sup>-1</sup>) e diflubenzuron (10, 12,5 e 15 g ha<sup>-1</sup>), independentemente das doses utilizadas, proporcionaram baixos percentuais de controle das lagartas de *S. frugiperda* até o quarto dia após a aplicação. A partir do sexto dia, houve um aumento na eficiência, apesar de não atingirem o patamar mínimo de 80% de mortalidade, alcançado apenas no oitavo dia, exceto a dose de 10 g ha<sup>-1</sup> de triflumuron. Já Bellettini et al. (1992) verificaram que os inseticidas chlorfluazuron e diflubenzuron apresentaram alta eficiência de controle da lagarta-do-cartucho-do-milho três dias após a aplicação.

Para o controle da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis* Hueb., 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), Silva et al. (2003) constataram que os inseticidas diflubenzuron (15g i.a. ha<sup>-1</sup>), lufenuron (7,5g i.a. ha<sup>-1</sup>), metoxifenoazide (21,6g i.a. ha<sup>-1</sup>) e teflubenzuron (7,5g i.a. ha<sup>-1</sup>) foram eficientes, impedindo a ocorrência de danos econômicos na cultura da soja.

Lyra et al. (1998) observaram que lagartas de 3<sup>o</sup> ínstar de *Spodoptera littoralis* (Boisd., 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com dieta artificial tratada superficialmente com lufenuron deram origem a adultos que tiveram uma redução de 45% na fecundidade e de 30% no número de lagartas eclodidas.

Silva (1999), observando a eficiência de inseticidas sobre *S. frugiperda* em milho, encontrou melhores resultados nas aplicações efetuadas logo após o surgimento das primeiras injúrias causadas pela praga. Verificou também que o inseticida lufenuron (12,5g i.a. ha<sup>-1</sup>) foi o que propiciou maior nível de controle.

Em bioensaios realizados com lagartas de *S. frugiperda* no 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> ínstars, Schmidt (2002) constatou que o melhor tempo para avaliar a suscetibilidade de populações de lagartas expostas ao lufenuron foi de 96 horas.

Costa et al. (2005), ao avaliarem a eficácia de inseticidas no controle de *S. frugiperda* nas culturas do milho e sorgo, constataram que na cultura do sorgo cinco dias após a primeira aplicação, o lufenuron (300 L ha<sup>-1</sup> de calda) alcançou 89% de eficiência, e aos 10 dias, atingiu 100% de controle da lagarta; na cultura do milho, verificaram que o lufenuron e o novalurom (150 L ha<sup>-1</sup>) apresentaram eficiência de 85 e 100%, respectivamente, porém essa eficiência só ocorreu na segunda aplicação do inseticida quando a cultura encontrava-se no estágio reprodutivo.

Busato et al. (2006), comparando a suscetibilidade de lagartas dos “biótipos” milho e arroz de *S. frugiperda* a inseticidas com diferentes modos de ação, constataram que o “biótipo” milho de *S. frugiperda* foi menos suscetível ao inseticida lufenuron (0,006g i.a. L<sup>-1</sup>) do que o “biótipo” arroz.

Assim, o controle químico da lagarta-do-cartucho demanda cada vez mais pulverizações com inseticidas, e isso causa o surgimento de populações resistentes aos diferentes produtos químicos disponíveis, bem como provoca danos ao meio ambiente (Siloto, 2002).

A interação do silício com inseticidas pode reduzir tanto o número de pulverizações como a dosagem utilizada do inseticida. A redução no uso de produtos químicos pode diminuir o surgimento de populações de pragas resistentes, bem como o impacto que esses produtos causam ao meio ambiente. Neri et al. (2005) verificaram, em casa-de-vegetação, que a interação silício e o inseticida lufenuron no manejo de *S. frugiperda* foi positiva, com possibilidades de redução da dosagem do inseticida pela metade.

## **2.7 Técnicas de “Electrical Penetration Graphs” e “Honeydew Clock”**

A alimentação dos pulgões ocorre basicamente por meio da inserção dos estiletos nos tecidos da planta até atingirem o floema, onde se alimentam. O comportamento alimentar e a posição do estilete dos afídeos durante a prova

podem ser monitorados eletricamente pela técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG). Essa técnica foi primeiramente desenvolvida por McLean & Kinsey (1964) e posteriormente modificada por Tjallingii (1978).

A técnica de EPG baseia-se no princípio de que o inseto e a planta fazem parte de um circuito elétrico. Dessa forma, um eletrodo é colocado dentro do solo ou água no qual está a planta e um outro, feito com um fio de ouro, é fixado no dorso do inseto por meio de uma condutiva gota de prata (Tjallingii, 1978; Tjallingii, 1988; Tjallingii & Prado, 2001). O circuito é fechado logo que os estiletos do inseto penetram no tecido foliar. A partir desse momento, a variação de voltagem é gravada e registrada em forma de ondas com auxílio de um programa de computador, sendo possível o acompanhamento das etapas que permitem registrar o comportamento alimentar desses insetos (Santa-Cecília, 2003).

A técnica de EPG pode ser dividida em dois períodos: prova e não-prova (np). Durante a prova, três fases comportamentais podem ser distinguidas, cada uma contendo uma ou mais ondas: 1) fase de caminamento, incluindo as ondas A, B, C, queda de potencial (pd) e F; 2) fase xilemática com a onda G; 3) fase floemática com as ondas E1 e E2. As ondas são distinguidas com base na amplitude, frequência, nível de voltagem e origem elétrica (Tjallingii, 1978; Tjallingii, 1988; Tjallingii & Prado, 2001).

A fase de caminamento na prova, identificada com padrões de ondas A, B e C, é a principal atividade antes de alcançar os vasos crivados do floema (Tjallingii & Hogen Esch, 1993). Durante a fase de caminamento, a ponta do estilete pode estar em algum lugar entre a epiderme e o xilema. Nessa fase, são feitas curtas puncturas intracelulares, de 5 a 15 segundos, que são registradas no equipamento (EPG) como queda de potencial (pd) e seu valor corresponde ao potencial da membrana da célula da planta, isto é, indica que o estilete perfurou a membrana celular (Tjallingii, 1988).

Segundo Spiller et al. (1990), o padrão de onda G (fase xilemática) é representado pela ingestão da seiva do xilema. Esses autores afirmam que afídeos desidratados mostram maior incidência e maior duração na sucção do xilema, sugerindo que esta ocorrência está relacionada com o balanço de água do inseto. Afirmam ainda que a ingestão do xilema pode ser comum e o mais eficiente meio alternativo para restaurar e manter o balanço hídrico do inseto, principalmente imediatamente após um período de vôo (e portanto, também, de privação de alimento) ou após uma ecdise, durante a qual o inseto pode estar suscetível à perda de água.

A fase floemática é formada por duas ondas, E1 e E2, ambas seguindo uma posição intracelular do estilete nos vasos crivados. O padrão E1 é freqüente, mas não necessariamente seguido pelo E2. Já o E2 é sempre precedido pelo E1 de diferentes durações. Atividades do padrão E2 são conhecidas como a existência de ingestão passiva de seiva e a simultânea secreção de saliva (Prado & Tjallingii, 1994).

A duração de E2 está relacionada com a aquisição de vírus persistentes. Já a duração de E1 está mais bem relacionada com a probabilidade de inoculação, uma vez que o E1 é uma onda na qual ocorre a excreção de saliva das glândulas acessórias do inseto no floema, fato que não ocorre no E2, uma vez que a saliva secretada durante a onda E2 não alcança a planta. A saliva E2 é imediatamente ingerida com a seiva do floema, sendo, assim, incapaz de alcançar a planta (Tjallingii & Prado, 2001). Algumas plantas resistentes aumentam a duração de E1 ou o seu número (ambos usualmente correlacionados). Para vírus restritos ao floema, um fator ideal de resistência contra os vetores deve ser localizado na epiderme ou mesófilo, evitando que o inseto alcance o floema (Prado & Tjallingii, 1994).

Paul et al. (1996) utilizaram o EPG para localizar a resistência para o pulgão *Phorodon humuli* (Schrank, 1801) (Hemiptera: Aphididae) no hospedeiro

*Humulus lupulus* L., Cannabinaceae, que se mostrou resistente aos afídeos por ter apresentado um reduzido padrão E2, sugerindo, assim, que a resistência está localizada no floema.

Garzo et al. (2002), ao estudarem o comportamento alimentar de *Aphis gossypii* Golver, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em diferentes genótipos de melão (*Cucumis melo* L.), constataram que linhagens que continham fatores de resistência localizados na epiderme, no mesófilo e nos tecidos vasculares proporcionaram nesse inseto-praga uma maior fase de salivagem no floema (fase E1). Muitas das fases E1 não foram seguidas pela ingestão de floema (fase E2). Esses resultados sugerem, conforme os autores, que a variedade TGR-1551 apresentou um mecanismo de resistência que previne *A. gossypii* de iniciar a ingestão do floema.

Chen et al. (1997a) constataram que *A. gossypii*, ao se alimentar em plantas resistentes de melão, apresentou uma redução na duração da ingestão do floema. Chen et al. (1997b) verificaram que a duração média individual das puncturas intracelulares em genótipos resistentes foi reduzida tanto para *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) como para *A. gossypii*, provavelmente devido às causas químicas detectadas inicialmente pelos afídeos na prova em genótipos resistentes de melão.

A técnica de EPG pode ser utilizada em associação com outras técnicas para o melhor entendimento do comportamento de caminhar do estilete. Técnicas como amputação do estilete, microscopia eletrônica (Tjallingii, 1988) e “Honeydew Clock” vêm sendo utilizadas. A técnica de “Honeydew Clock” consiste na avaliação do número e da frequência de gotas de “honeydew” excretadas pelo pulgão. A produção de “honeydew” indica que está ocorrendo ingestão de seiva do floema ou do xilema. A seiva floemática apresenta maior concentração de sacarose e aminoácidos do que o fluido xilemático, assim como

o pH do floema é em torno de 7,2 a 8,5, enquanto o do xilema é de 5,4 a 6,5 (Walker, 1998).

Os pulgões, para obter uma quantidade suficiente de aminoácidos, ingerem a seiva do floema e excretam açúcar no “honeydew” (Spiller et al., 1990). A liberação do “honeydew” é demorada devido ao tempo gasto para o alimento passar através do intestino do inseto (Lei et al., 1996).

Goussain et al. (2005), ao investigarem o comportamento de prova do pulgão-verde *S. graminum* utilizando as técnicas “Electrical Penetration Graphs” (EPG) e “Honeydew Clock”, em plantas de trigo tratadas com silício aplicado via solo, foliar e solo mais foliar, constataram que o silício diminuiu o número de gotas de “honeydew” excretadas pelo pulgão, indicando uma redução na ingestão de seiva, bem como aumentou o período de não-prova do pulgão.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C. L.; OLIVEIRA, E.; RESENDE, R. O. Fatores relacionados à incidência e disseminação do vírus do mosaico comum do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 766-769, dez. 2001.

ALVIM, A. M.; WAQUIL, P. D. Efeitos do acordo entre o Mercosul e a União Européia sobre os mercados de grãos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, p. 703-723, out./dez 2005.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz. (uma revisão de literatura). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 89, p. 1-8, mar. 2000. Encarte Técnico.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. de C. R. 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, Oct./Dec. 2003.

BELLETTINI, S.; BELLETTINI, N. M. T.; HIRAI, L. T.; MOREIRA, E. M.; ZANARDO, M. C.; Koba, W. M. Utilização de produtos fisiológicos no controle da “lagarta-do-cartucho-do-milho”, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lep., Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Viçosa, v. 21, n. p. 262-266, 1992.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; ZOTTI, M. J.; NÖRNBERG, S. D.; MAGALHÃES, T. R.; MAGALHÃES, J. de B. Susceptibilidade de lagartas dos biótipos milho e arroz de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas com diferentes modos de ação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 15-20, jan./fev. 2006.

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. 3, p. 505-510, set. 1999.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com

a aplicação de escórias. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, dez. 2004.

CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A. P.; SILOTO, R. C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 227-237, 2004.

CHEN, J. Q.; MARTIN, B.; RAHBE, Y.; FERERES, A. Early intracellular punctures by two aphid species on near-isogenic melon lines with and without the virus aphid transmission (Vat) resistance gene. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 103, n 6, p. 521-536, Aug. 1997b.

CHEN, J. Q.; RAHBE, Y.; DELOBEL, B.; SAUVION, N.; GUILLAUD, J.; FEBVAY, G. Melon resistance to the aphid *Aphis gossypii*: behavioural analysis and chemical correlations with nitrogenous compounds. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 85, n. 1, p. 33-44, Oct, 1997a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Nono levantamento de avaliação da safra 2005/2006. Agosto/06**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/download/safra/boletim\\_safra9\\_06.pdf](http://www.conab.gov.br/download/safra/boletim_safra9_06.pdf)>. Acesso: 05 set. 2006.

CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and Acibenzolar-S-Methyl as Resistance Inducers in Cucumber, against the Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 429-433, July/Sept. 2005.

COSTA, M. A. G.; GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. da S.; COSTA, E. C.; STORCH, G.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Eficácia de diferentes inseticidas e de volumes de calda no controle de *Spodoptera frugiperda* nas culturas do milho e sorgo cultivados em várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1234-1242, nov./dez. 2005.

COSTA, R. R. **Ácido silícico e acibenzolar-S-methyl no desenvolvimento de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo**. 2005. 40 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Pragas da fase vegetativa e reprodutiva**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/prvegetativa.htm>> Acesso: 25 jul. 2006.

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; OLIVEIRA, A. A.; VASCONCELOS, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v. 25, n. 2, p. 293-297, ago. 1996.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estágios de crescimento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 355-359, mar. 1982.

DUARTE, J. de O. **Importância econômica do milho**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/importancia.htm#topo>> Acesso: 25 jul. 2006.

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

FAWER, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in Cucumber. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, May 1998.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. de; PINTO, N. F. J. de A. **Doenças do milho**. 2. ed. ampl. e mod. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1995. (Arquivo do agrônomo, n. 2).

FERREIRA, R. S. **Influência do silício na indução de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill**. 2006. 40 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GARZO, E.; SORIA, C.; COMEZ-GUILLAMON, M. L.; FERERES, A. Feeding behavior of *Aphis gossypii* on resistant accessions of different melon genotypes (*Cucumis melo*). **Phytoparasitica**, Rehovot, v. 30, n. 2, p. 129-140, 2002.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 134 p.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C. de; SANTOS, C. D. dos; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, nov./dez. 2005.

GOMEZ, S. A.; ÁVILA, C. J. **Controle químico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1792), na cultura do trigo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001a. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

GOMEZ, S. A.; ÁVILA, C. J. **Controle da lagarta *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1792), com inseticida de ação fisiológica, na cultura de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.)**. Dourados: EMBRAPA/CNPMS, 2001b. 2 p. (EMBRAPA: CNPMS. Comunicado técnica, 38).

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

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

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

IBGE. Perspectivas para a safra de 2006. Disponível em: <[www. ibge. gov. br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/prognostico122005](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/prognostico122005)> Acesso em: 05 ago. 2006.

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

KORNDÖRFER, C. M.; ABSALLA, A. L.; BUENO, I. C. da S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-193, 2001.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 34-37, nov./dez. 2002.

LANNING, F. C.; PONNAIYA, W. X.; CRUMPTON, C. F. The chemical nature of silica in plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 33, n. 5, p. 339-343, Sept. 1958.

LEI, H.; TJALLING, W. F.; VANLENTEREN, J. C.; XU, R. M. Stylet penetration by larvae of the greenhouse whitefly on cucumber. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 79, n. 1, p. 77-84, Apr. 1996.

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

LYRA, J. R. M.; FERRAZ, J. M. G.; SILVA, A. P. P. Acción de inhibidores de la síntese de la quitina em la reproducción de *Spodoptera littorais* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidade). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 569-576, dez. 1998.

McLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature**, London, v. 202, n. 493, p. 1358-1359, 1964.

MCNAUGHTON, S. J.; TARRANTS, J. L.; MCNAUGHTON, M. M. .; DAVIS, R. H.; Silica as a defense against herbivory and a growth promoter in African grasses. **Ecology**, Washington, v. 66, n. 2, p. 528-535, 1985.

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

MORAES, J. C.; 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, nov./dez. 2002.

NERI, D. K. P.; MORAES J. C.; GAVINO, M. A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, jul./ago. 2005.

OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; SOUZA, I. R. P.; OLIVEIRA, C. M. de; CRUZ, I. **Enfezamento, viroses e insetos vetores em milho – Identificação e controle**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2003. 10 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 26).

PAIM, L. A.; CARVALHO, R.; ABREU, C. M. P.; GUERREIRO, M. C. Estudo dos efeitos do silício e do fósforo na redução da disponibilidade de metais pesados em área de mineração. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 28-33, jan./fev. 2006.

PAUL, T. A.; DARBY, P.; GREEN, C. P.; HODGSON, C. J.; ROSSITER, J. T. Electrical penetration graphs of the damson-hop aphid, *Phorodon humili* on resistant and susceptible hops (*Humulus lupulus*). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 80, n. 2, p. 335-342, Aug. 1996.

PRADO, E.; TJALLINGII, W. F. Aphid activities during sieve element punctures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 72, n. 2, p. 157-165, Aug. 1994.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C. **Interação cochonilha (Pseudococcidae)- Planta avaliada mediante estudos biológicos e da técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG)**. 2003. 84 p. Tese (Doutorado em entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SARMENTO, R. de A.; AGUIAR, R. W. de S.; AGUIAR, R. de A. S. de S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G. de.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, Dec. 2002.

SCHMIDT, F. B., **Linha básica de suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a Lufenuron na cultura do milho**. 2002. 48 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 2002. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SILVA, D. F. Biocombustíveis e produção animal impulsionarão a cultura. **Agrianual**. 373-374 p. 2004.

SILVA, J. C. A. da. **Beneficiamento e avaliação da qualidade de sementes de milho**. 2005. 40 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pernambuco, Areia.

SILVA, L. S. da; BOHNEN, H. Produtividade e absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 49-52, jan./mar. 2003.

SILVA, M. T. B da. Fatores que afetam a eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* Smith em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 383-387, jul./set. 1999.

SILVA, M. T. B. da; COSTA, E. C.; BOSS, A. Controle de *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) com reguladores de crescimento de insetos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, jul./ago. 2003.

SPILLER, N. J.; KOENDERS, L.; TJALLINGII, W. F. Xylem ingestion by aphids – a strategy for maintaining water balance. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 55, n. 2, p. 101-104, 1990.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetrations behavior by aphids. **Entomologia Experimentalis Applicata**, Dordrecht, v. 24, n. 2, p. 521-530, 1978.

TJALLINGII, W. F. Electrical recordings of stylet penetration activities. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids, their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1988. v. B, p. 95-107.

TJALLINGII, W. F.; HOGEN ESCH, T. H. Fine structure of aphid stylet routes in plant tissues in correlation with EPG signals. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 18, n. 3, p. 317-328, Sept. 1993.

TJALLINGII, W. F.; PRADO, E. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: HARRIS, K. F.; SMITH, O. P.; DUFFUS, J. E. (Ed.). **Virus-Insect-Plant Interactions**. London: Academic Press, 2001. 376 p.

VIANA, P. A. **Ocorrência e controle de pragas na safrinha de milho nas Regiões Norte e Oeste do Paraná**. Sete Lagoas, MG. 2004. (Circular técnica, n. 45).

VIANA, P. A.; COSTA, E. F. Controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. p. 451- 458, set. 1998.

WALKER, G. P. A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Ed.). **Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. Proceedings**. Lanham, MD: Entomological Society of America, 1998. (in press).

WAQUIL, J. M.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T.; CORREA, L. A. Efeito na produção e incidência de viroses em híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 460-63, dez. 1996.

## CAPÍTULO 2

### RESUMO

NERI, Danila Kelly Pereira. Efeito da aplicação de silício em milho no comportamento alimentar e no desenvolvimento biológico do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae). In: \_\_\_\_\_. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2006. Cap. 2, p. 28-46. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

O presente estudo objetivou esclarecer o efeito da aplicação de silício em milho sobre o comportamento alimentar e o desenvolvimento biológico do pulgão-do-milho. Plantas de milho foram tratadas com uma, duas e três aplicações de ácido silícico. Na avaliação do comportamento alimentar utilizaram-se as técnicas de “Electrical Penetration Graphs” (EPG) e de “Honeydew Clock”. As características biológicas do pulgão avaliadas foram mortalidade; períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo; número de ninfas; taxa de crescimento da população e longevidade. A aplicação de ácido silícico não afetou o início da picada de prova do pulgão, e não foi eficaz para evitar o início da fase floemática. Entretanto, aumentou o tempo gasto pelos pulgões para liberar a primeira gota de “honeydew” e o intervalo entre as gotas. A biologia do pulgão-do-milho não foi afetada pelo silício. Os resultados demonstraram que a indução de resistência em milho a *R. maidis* pode ser evidenciada por alguns parâmetros de comportamento alimentar como a excreção de “honeydew” do pulgão.

---

<sup>1</sup> Comitê de Orientação: Jair Campos Moraes – UFLA e Ernesto Prado – UFLA/ CNPq.

## ABSTRACT

NERI, Danila Kelly Pereira. Effect of the application of silicon in corn on the probing behavior and on the biological development of the aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae). In: \_\_\_\_\_. **Effect of silicon on the resistance of corn plants to *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) and its interaction with insecticide in the control of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2006. Chap.2, p.28-46. Thesis (Doctor in Agronomy/Entomology) Federal University of Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

The present study aimed to clarify the effect of the application of silicon in corn on the probing behavior and biology of the corn aphid. Corn plants were treated with one, two and three applications of silicic acid. The probing behavior, the was evaluated by using “Electrical Penetration Graphs” (EPG) technique and “Honeydew Clock”. The biology of the aphid was evaluated through the: mortality, pre-reproductive, reproductive and post-reproductive periods, number of nymphs, population’s growth rate and longevity. The application of silicic acid did not affect the start of test bite of the aphid and was not effective to avoid the onset of the phloem phase. However, it increased the time spent by the aphids to release the first drop of “honeydew” and the interval between the drops. The biology of the corn aphid was not affected by silicon. The results demonstrated that the induction of resistance in corn to *R. maidis* can be stood out by some parameters of feeding behavior such as the “honeydew” excretion of the aphid.

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Jair Campos Moraes – UFLA and Ernesto Prado –UFLA/CNPQ

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) tem sua produtividade reduzida pelo ataque de diversos insetos-praga que lhe causam danos severos (Viana, 2004). Dentre as pragas que atacam a cultura do milho, o pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch., 1856) (Hemiptera: Aphididae) causa danos econômicos principalmente em regiões em que se cultiva o milho “safrinha”.

O pulgão-do-milho causa danos diretos pela sucção da seiva, o que provoca depauperamento e definhamento geral da planta. Como seus dejetos são ricos em aminoácidos, podem propiciar o desenvolvimento de fumagina que cobre as folhas, interceptando a radiação solar e prejudicando a fotossíntese das plantas. Além disso, o pulgão é apontado como vetor do vírus do mosaico comum, que pode causar prejuízos severos à cultura do milho (Oliveira et al., 2003).

A utilização de cultivares resistentes é considerada uma alternativa de controle eficiente no manejo do pulgão e, conseqüentemente, da doença por ele transmitida (Oliveira et al., 2003). A adubação mineral pode influenciar na resistência das plantas, como no caso da indução de resistência proporcionada pelo silício, que vem mostrando resultados promissores no controle de pulgões (Basagli et al., 2003; Gomes et al., 2005; Moraes & Carvalho, 2002; Moraes et al., 2005).

O silício proporciona resistência às plantas devido ao seu acúmulo na parte externa da parede celular (principalmente nas células da epiderme), que induz à formação de uma dupla camada de sílica cuticular (Korndörfer et al., 2001). Essa camada de silício forma uma barreira de resistência mecânica ao ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1994). Outra forma de proteção oferecida pelo silício é a ativação de uma seqüência de reações que iniciam mecanismos de defesas bioquímicas na planta atacada e/ou infectada

(Fawer et al., 1998; Gomes et al., 2005), o que poderá afetar a biologia e o comportamento alimentar dos pulgões, tendo como consequência a redução das infestações e dos prejuízos causados pelo inseto-praga.

A técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG) vem sendo utilizada na análise do comportamento alimentar de insetos sugadores de seiva e em estudos de transmissão de viroses. Foi inicialmente desenvolvida por McLean & Kinsey (1964) e, posteriormente, modificada por Tjallingii (1978). Por meio dessa técnica é possível distinguir diferentes padrões de ondas, cada uma característica de uma atividade e localização precisa dos estiletes, sendo representadas pelas fases de caminhamento, xilemática, floemática e por períodos de não-prova (Tjallingii, 1978; Tjallingii & Prado, 2001). Dessa forma, parâmetros relacionados à seqüência e à duração dos eventos de EPG são de grande importância para a identificação de mecanismos envolvidos na resistência das plantas. Essa técnica (EPG) pode ser complementada pela de “Honeydew Clock”, que consiste na avaliação do número e da frequência de gotas de “honeydew” secretadas pelos pulgões, bem como pela avaliação do desenvolvimento biológico da praga.

Assim, o objetivo do presente estudo foi esclarecer o efeito da aplicação de silício em plantas de milho sobre o comportamento alimentar, a excreção de “honeydew” e o desenvolvimento do pulgão-do-milho *R. maidis*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Criação do pulgão-do-milho

O pulgão-do-milho foi coletado em plantas de milho no Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e levado para o laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Entomologia da UFLA. Os pulgões foram mantidos em secções foliares de milho de dez centímetros de comprimento, fixadas por tampas de isopor a copos plásticos de 50 mL com água. Esse conjunto era mantido em câmara climatizada à temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

### 2.2 Condução das plantas

No experimento no qual se avaliou o comportamento alimentar do pulgão mediante a técnica de EPG, utilizou-se o milho híbrido BR 3123, do qual foram semeadas quatro sementes por vaso com capacidade para 0,5 litro de substrato, composto por terra de barranco adubada com esterco de curral (2:1). Após cinco dias da emergência foi realizado o desbaste das plantas excedentes, deixando-se apenas a plântula mais vigorosa em cada vaso. A umidade do substrato foi mantida por meio de irrigações diárias.

No experimento em que se avaliou o comportamento alimentar do pulgão-do-milho mediante a técnica de “Honeydew Clock”, bem como no experimento realizado para determinar a biologia dos pulgões, utilizou-se o milho híbrido BRS 3003, do qual foram semeadas quatro sementes em vasos que continham três quilos de terra de barranco com esterco de curral (2:1) e nove gramas de NPK (4-14-8).

Os vasos foram dispostos aleatoriamente sobre bancadas cobertas com areia e cobertos individualmente com uma gaiola de tecido tipo organza, medindo 40 cm de largura, 40 cm de comprimento e 80 cm de altura, em casa-

de-vegetação, sob condições climáticas naturais. As plantas do experimento de “Electrical Penetration Graphs” permaneceram nessas condições durante o período de abril a maio de 2004, já as plantas utilizadas na biologia ficaram durante os meses de junho e julho de 2005 e os vasos do experimento de “Honeydew Clock” ficaram durante os meses de julho a novembro de 2005. Após esse período na casa-de-vegetação, os vasos foram levados para os laboratórios para a realização dos bioensaios.

### **2.3 Tratamentos**

Os tratamentos testados foram: 1) Testemunha (sem aplicação de silício); 2) Uma aplicação foliar de ácido silícico (1% de SiO<sub>2</sub>) após dez dias da emergência das plântulas de milho; 3) Duas aplicações foliares de ácido silícico (1% de SiO<sub>2</sub>), sendo a primeira após dez dias da emergência e a segunda seis dias depois da primeira; e 4) Três aplicações foliares de ácido silícico (1% de SiO<sub>2</sub>), sendo a primeira após dez dias da emergência e as demais em intervalos de seis dias.

As aplicações foliares foram realizadas com um pulverizador manual até o escoamento da calda. Após quatro dias da última aplicação do ácido silícico, as plantas foram utilizadas nos experimentos de EPG, “Honeydew Clock” e na determinação da biologia do pulgão sobre as plantas dos diferentes tratamentos.

## **2.4 Comportamento alimentar de *Ropalosiphum maidis* em plantas de milho com e sem silício**

### **2.4.1 Técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG)**

Na avaliação do comportamento alimentar do pulgão-do-milho mediante a técnica de EPG, foram utilizadas plantas com 26 dias de idade. Para se obterem os registros de EPG, pulgões adultos foram fixados em um eletrodo formado por um fio de ouro de 20 µm de diâmetro e 20 mm de comprimento que

foi fixado no dorso do inseto com auxílio de uma gota de prata, que continha tintura de prata e solvente à base de água. Após a fixação, os pulgões foram colocados na parte abaxial da segunda folha totalmente estendida de cada planta/vaso/tratamento. Outro eletrodo foi colocado no substrato de cada vaso que continha as plantas de milho pertencentes aos diferentes tratamentos. Todo esse conjunto foi colocado no interior de uma “gaiola de Faraday”.

Os sinais foram gravados por um microcomputador usando o software Styler 3.0. As gravações tiveram uma duração de oito horas e de cada tratamento foram gravados mais de 30 registros. Os pulgões utilizados permaneceram por um período de jejum de uma hora antes de serem colocados nas plantas para se iniciarem os registros.

Na avaliação da resistência induzida pelo silício, as ondas que compreendem o modelo A, B, F e C foram consideradas como a fase de caminamento do estilete do inseto. Os demais parâmetros analisados estão presentes na Tabela 1.

#### **2.4.2 Técnica de “Honeydew Clock”**

Na medição do “honeydew” excretado pelos pulgões, fez-se uso de uma técnica conhecida por “Honeydew Clock”, que consiste num cilindro de plástico de 12 cm de diâmetro e 2,5 cm de espessura e, sobre esse cilindro, uma tira de papel filtro impregnada com uma solução de ácido acético glacial (3 mL), n-butanol (10 mL) e ninhydrina (0,3 g), que se torna violeta na presença do aminoácido do “honeydew”. O cilindro foi encaixado em um eixo horizontal de um pequeno relógio de ponto e esse conjunto foi instalado em uma haste metálica móvel a um centímetro do inseto.

Os pulgões, antes de serem colocados nas plantas, permaneceram por um período de uma hora sem alimentação. Após esse período de jejum, os pulgões foram colocados livremente na parte superior das folhas, as quais foram viradas

e prendidas em barbantes de algodão, com o auxílio de grampos de cabelo protegidos com papel filtro para evitar ferimentos nas folhas. Os pulgões presentes nestas folhas foram colocados a um centímetro de distância do “Honeydew Clock” para a coleta das gotas de “honeydew”.

As avaliações foram feitas pela contagem do número de gotas, do tempo gasto pelo inseto para liberação da primeira e última gota, bem como da frequência das gotas de “honeydew” presentes no papel filtro, durante um período de 12 horas, em oito repetições por tratamento.

## **2.5 Biologia do pulgão-do-milho**

Este ensaio seguiu a metodologia proposta por Gomes et al. (2005) com algumas modificações. Duas fêmeas adultas, no início do período reprodutivo, foram liberadas em gaiolas cilíndricas de plástico transparente, com cerca de 1 cm de altura e 0,8 cm de diâmetro, com fundo fechado por tecido tipo organza e a outra extremidade circundada com espuma para evitar ferimentos nas folhas de milho. As gaiolas foram fixadas às folhas por um clipe de metal, sendo colocadas duas gaiolas por planta/vaso, uma gaiola na parte superior e outra na parte inferior da planta, calculando-se, posteriormente, o valor médio/planta.

As fêmeas foram retiradas após um período de 24 horas, sendo deixadas em cada gaiola três ninfas de primeiro instar, que permaneceram nas plantas até o início do seu período reprodutivo. A partir desta data, apenas uma fêmea adulta permaneceu em cada gaiola; as demais foram eliminadas. Observações diárias foram realizadas e as ninfas nascidas eram contadas e retiradas com o auxílio de um pincel. Durante todo o período experimental, as gaiolas foram deslocadas para outras partes da mesma folha à medida que esta se tornava amarelada.

As características biológicas analisadas foram: mortalidade, períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, número de ninfas, taxa de crescimento da população e longevidade.

Para estimar a taxa de crescimento populacional do inseto foi utilizado o método proposto por Wyatt & White (1977), com a seguinte equação:

$$r_m = 0,738 (\log_e M_d)/d$$

Sendo:  $r_m$ : taxa de crescimento populacional;

$M_d$ : número de ninfas nascidas durante o mesmo número “d” ;

d: duração do período pré-reprodutivo em dias.

## 2.6 Delineamento experimental e análise estatística

Para a análise dos dados de todos os ensaios foi realizado o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos com o objetivo de comparar, inicialmente, o contraste testemunha (sem aplicação) versus silício (média dos três tratamentos com silício) e, no caso de significância deste, os contrastes entre uma, duas e três aplicações de silício.

No experimento de EPG foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com mais de 30 repetições. Os parâmetros foram submetidos à análise não-paramétrica e as médias, comparadas pelo teste de Mann-Whitney. Os dados de porcentagem foram analisados pelo teste do Qui-quadrado.

Para avaliação da biologia e “Honeydew Clock”, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e oito repetições. Os dados referentes à porcentagem de mortalidade foram transformados em arco-seno  $\sqrt{(x/100)}$  e os dados de contagem, em  $\sqrt{(x+0,5)}$ , e submetidos à análise de variância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Comportamento alimentar de *Rhopalosiphum maidis* em plantas de milho com e sem silício

##### 3.1.1 Técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG)

Entre os parâmetros de EPG, não houve diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre o contraste testemunha versus silício (Tabela 1).

A não significância da duração da primeira prova e da duração do segundo período de não-prova pode indicar que a aplicação de ácido silícico não interferiu no início da inserção dos estiletos do pulgão no tecido foliar das plantas de milho, apesar de o silício concentrar-se na epiderme das folhas, formando uma barreira de resistência mecânica que dificulta o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1994).

A aplicação de silício também não afetou o comportamento alimentar do pulgão *R. maidis* em plantas de milho no que se refere a: duração do período de salivação no floema; tempo necessário para o pulgão atingir a fase E2 maior do que dez minutos e número de puncturas intracelulares (pd).

O aumento no período de salivação (Garzo et al., 2002; Ramírez & Niemeyer, 1999), o retardamento do início das atividades de alimentação (Webster et al., 1993) e o menor número de puncturas intracelulares (pd) devido a diferenças físicas nas células ou estruturas dos tecidos (Calatayud et al., 1994) são parâmetros que demonstram o grau de resistência a pulgões (Caillaud et al., 1995). Portanto, mediante a técnica de EPG, não se detectou nenhum grau de resistência induzida pelo silício ao pulgão, apesar de o silício formar uma barreira mecânica passiva de defesa da planta (Epstein, 1994) e proporcionar

uma proteção ativa dentro das células vegetais, desencadeando as defesas bioquímicas da planta infectada (Fawer et al., 1998) como o aumento na atividade das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase (Gomes et al., 2005). A peroxidase está relacionada com a síntese de lignina e suberina, que aumentam a rigidez dos tecidos, e com a produção de quinonas e oxigênio ativo, que possuem propriedades antibióticas (Stout et al., 1994). A polifenoloxidase, além de estar envolvida no processo de lignificação, é também responsável pela catálise oxidativa de fenóis a *o*-quinonas, que se complexam com proteínas, diminuindo a qualidade nutricional do alimento e dificultando a digestão protéica (Mohammadi & Kazemi, 2002). A fenilalanina amônia-liase está relacionada com a síntese de compostos fenólicos com propriedades deterrentes, tóxicas e antinutricionais (Appel, 1993).

TABELA 1. Parâmetros do comportamento alimentar de *Ropalosiphum maidis* durante oito horas de registro (média  $\pm$  erro padrão).

Parâmetros	Testemunha	Silício**	Mann-Whitney (p-valor)
1. Duração da 1ª prova (min)	44,0 $\pm$ 17,3 a (n=36)	72,9 $\pm$ 10,6 a (n=95)	0,586
2. Duração do 2º período de não-prova (min)	10,3 $\pm$ 4,8 a (n=36)	10,7 $\pm$ 3,1 a (n=95)	0,884
3. Tempo para atingir o floema na prova (min)*	80,8 $\pm$ 14,9 a (n=35)	93,2 $\pm$ 9,2 a (n=82)	0,234
4. Número de períodos de salivação no floema (E1) (min)*	3,3 $\pm$ 0,4 a (n=35)	3,7 $\pm$ 0,3 a (n=82)	0,823
5. Número de períodos de ingestão no floema (E2) (min)*	1,9 $\pm$ 0,2 a (n=31)	1,7 $\pm$ 0,1 a (n=76)	0,091
6. Duração da fase floemática (E1+E2) (min)*	145 $\pm$ 13 a (n=35)	140 $\pm$ 16,8 a (n=82)	0,954
7. Tempo para atingir o E2 > 10' da 1ª prova (min)*	195,8 $\pm$ 15,3 a (n=31)	224,0 $\pm$ 13,8 a (n=74)	0,417
8. Tempo para atingir o E2 > 10' na prova (min)*	93,9 $\pm$ 16,2 a (n=31)	93,3 $\pm$ 10 a (n=74)	0,980
9. Relação da duração do caminhar com o número de pds (Cd/Npd)	4,6 $\pm$ 0,9 a (n=36)	6,9 $\pm$ 1,4 a (n=95)	0,143
Qui-quadrado			
10. Insetos com fase floemática (%)	97,2 a (n=35)	86,3 a (n=82)	0,071 ( $\chi^2$ )
11. Insetos com fase xilemática (%)	50,0 a (n=36)	32,6a (n=95)	0,067 ( $\chi^2$ )

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Mann-Whitney. n= número de repetições, \*somente para insetos que atingiram o floema e \*\*média dos três tratamentos com silício.

### **3.1.2 Técnica de “Honeydew Clock”**

A aplicação de silício, na média das três aplicações, apresentou diferenças significativas para o tempo gasto pelo pulgão para liberar a primeira gota de “honeydew” e para o intervalo entre gotas em relação às plantas não tratadas. Constatou-se que os pulgões alimentados em plantas que receberam aplicações de ácido silícico demoraram mais tempo para liberar a primeira gota de “honeydew”. O mesmo fato foi observado para o intervalo entre as excreções de gotas de “honeydew”, que foi maior quando os pulgões estavam presentes em plantas com silício, sendo o intervalo aproximadamente 50% maior entre as gotas (Tabela 2). Contudo, para ambos os parâmetros, não se observaram diferenças significativas entre as aplicações de silício.

No que se refere ao número de gotas e ao tempo gasto para excreção da última gota de “honeydew” pelos pulgões, não houve diferença entre os tratamentos com e sem silício (Tabela 2). Embora a aplicação de silício possa reduzir o número de gotas de “honeydew” pelos pulgões (Goussain et al., 2005), o resultado obtido se deve, possivelmente, ao fato de as dosagens testadas via foliar serem normalmente muito menores do que as via solo.

Dessa forma, o silício afetou a alimentação do pulgão-do-milho por retardar o início da alimentação, indicando uma redução do período de ingestão do floema, porém não o suficiente para evitar o início da fase floemática. Essa demora provavelmente se deve à barreira mecânica formada pelo silício (Epstein, 1994) e ao possível aumento das defesas bioquímicas da planta (Fawer et al., 1998; Gomes et al., 2005).

TABELA 2. Excreções de “honeydew” do pulgão *Ropalosiphum maidis* (média  $\pm$  erro padrão) em plantas de milho após 12 horas da liberação.

Tratamentos	Nº de gotas	Tempo da 1ª gota (min)	Tempo da última gota (min)	Intervalo entre gotas (min)
Sem silício (n= 7)	15,00 $\pm$ 3,15 a	83,67 $\pm$ 58,56 b	451,88 $\pm$ 73,64 a	14,52 $\pm$ 5,64 b
Com silício *(n= 19)	9,89 $\pm$ 1,91 a	281,54 $\pm$ 34,33 a	529,67 $\pm$ 44,70 a	28,59 $\pm$ 3,42 a
ANOVA (p-valor)	0,1785	<b>0,0064</b>	0,3755	<b>0,0433</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ). \*média dos três tratamentos com silício.

### 3.2 Biologia do pulgão-do-milho

Não foram observadas diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos para todos os parâmetros analisados. O período pré-reprodutivo apresentou um valor médio, de 5,3 dias, o reprodutivo, de 12,7 dias; o pós-reprodutivo, de 3,1 dias; a longevidade, de 20,9 dias; a porcentagem de mortalidade, de 29,7%; e a taxa de crescimento populacional do inseto, de 0,51 inseto/dia.

Resultados de pesquisas têm evidenciado efeitos deletérios do silício em alguns aspectos biológicos de pulgões em gramíneas (Basagli et al., 2003; Carvalho et al., 1999; Gomes et al., 2005; Goussain et al., 2005; Moraes & Carvalho, 2002); porém, diferentes dosagens e modos de aplicação (via solo e/ou foliar), ou mesmo a qualidade nutricional das plantas e estresses de aclimação, podem alterar o grau da manifestação da resistência aos insetos.

De maneira geral, não se verificaram diferenças significativas entre o número de aplicações de silício nos três ensaios, indicando que não é o número de aplicações que pode exercer influência na indução de resistência, e sim a forma de aplicação, uma vez que o transporte do silício para as partes aéreas das plantas é limitado ao xilema (Balasta et al., 1989). Em decorrência desse fato, possivelmente, pequena quantidade de silício foi absorvida, já que a absorção foliar de nutriente é muito mais lenta do que a radicular, pois os pequenos poros

da folha e os estômatos permitem uma entrada restrita de nutrientes (Furlani, 2004).

A indução de resistência em milho a *R. maidis* por meio de aplicações foliares de silício pode ser evidenciada por alguns parâmetros de comportamento alimentar do pulgão. Contudo, outros ensaios, principalmente a campo, devem ser realizados visando avaliar dosagens, métodos de aplicação e custos operacionais desta técnica alternativa de manejo do pulgão-do-milho.

#### 4 CONCLUSÕES

- O silício aumenta o tempo gasto pelo pulgão *R. maidis* para liberar a primeira gota e o intervalo entre as gotas de “honeydew” excretadas;
- O silício não afeta o comportamento alimentar mediante a técnica de EPG e a biologia do pulgão *R. maidis* em aplicações foliares nas plantas de milho.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPEL, H. M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 19, n. 7, p. 1521-1552, July 1993.

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.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. de C. R. 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, Oct./Dec. 2003.

CAILLAUD, C. M.; DIPIETRO, J. P.; CHAUBET, B.; PIERRE, J. S. Application of discriminant-analysis to electrical penetration graphs of the aphid *Sitobion-avenae* feeding on resistant and susceptible wheat. **Journal of Applied Entomology-zeitschrift fur Angewandte Entomologie**, Berlin, v. 119, n. 2, p. 103-103, Mar. 1995.

CALATAYUD, P. A.; RAHBÉ, Y.; TJALLINGII, W. F.; TERTULIANO, M.; LE RU, B. Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealbug on host and non-host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 72, n. 3, p. 219-232, Sept. 1994.

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. 3, p. 505-510, set. 1999.

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

FAWER, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in Cucumber. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, May 1998.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2004. p. 40 -75.

- GARZO, E.; SORIA, C.; COMEZ-GUILLAMON, M. L.; FERERES, A. Feeding behavior of *Aphis gossypii* on resistant accessions of different melon genotypes (*Cucumis melo*). **Phytoparasitica**, Rehovot, v. 30, n. 2, p. 129-140, 2002.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C. de; SANTOS, C. D. dos; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, Nov./Dec. 2005.
- GOUSSAIN, M. M.; PRADO, E.; MORAES, J. C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 34, n. 5, p. 807-813, Sept./Oct. 2005.
- KORNDÖRFER, C. M.; ABSALLA, A. L.; BUENO, I. C. da S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-193, 2001.
- McLEAN, D.L.; KINSEY, M.G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature**, London, v. 202, n. 493, p. 1358-1359, 1964.
- MOHAMMADI, M.; KAZEMI, H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. **Plant Science**, Limerick, v. 162, n. 4, p. 491-498, Apr. 2002.
- MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, G. A.; COSTA, R. R. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 761-766, jul./ago. 2005.
- MORAES, J. C.; 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, nov./dez. 2002.
- OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; SOUZA, I. R. P.; OLIVEIRA, C. M. de; CRUZ, I. **Enfezamento, viroses e insetos vetores em milho – identificação e controle**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2003. 10 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 26).

RAMÍREZ, C. C.; NIEMEYER, H. M. Salivation into sieve elements in relation to plant chemistry: the case of the aphid *Sitobion fragariae* and the wheat, *Triticum aestivum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 91, n. 1, p. 111-114, Apr. 1999.

STOUT, M. J.; WORKMAN, J.; DUFFEY, S. S. Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 20, n. 10, p. 2575-2594, Oct. 1994.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetrations behavior by aphids. **Entomologia Experimentalis Applicata**, Dordrecht, v. 24, n. 3, p. 521-530, 1978.

TJALLINGII, W. F.; PRADO, E. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: HARRIS, K. F.; SMITH, O. P.; DUFFUS, J. E. (Ed.). **Virus-insect-plant interactions**. London: Academic Press, 2001. 376 p.

VIANA, P. A. **Ocorrência e controle de pragas na safrinha de milho nas regiões Norte e Oeste do Paraná**. Sete Lagoas, MG, 2004. (Circular técnica, n. 45).

WEBSTER, J. A.; PORTER, D. R.; BAKER, C. A.; MORNHINWEG, D. W. Resistance to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in barley: effects on aphid feeding. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 86, n. 5, p. 1603-1608, 1993.

WYATT, I. J.; WHITE, P. F. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 757-766, 1977.

## CAPÍTULO 3

### RESUMO

NERI, Danila Kelly Pereira. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. In: \_\_\_\_\_. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2006. Cap.3, p.47-68. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Com objetivo de avaliar os efeitos do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho, foram realizados dois experimentos, sendo um em laboratório e outro em campo. Os tratamentos consistiram de aplicações de ácido silícico associado ou não a diferentes dosagens do inseticida lufenuron. No experimento conduzido no laboratório utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 5$  (com e sem silício  $\times$  dosagens de lufenuron) com cinco repetições. Já o experimento em campo foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos em esquema fatorial  $2 \times 3$  (com e sem silício  $\times$  dosagens de lufenuron) e quatro repetições. Avaliou-se, em laboratório, a mortalidade da lagarta-do-cartucho, tanto às 24 e 48 horas antes da aplicação do inseticida como depois da aplicação. A campo, avaliaram-se os danos ocasionados pela lagarta, utilizando uma escala de notas, e as características agronômicas das plantas de milho. Os resultados demonstraram que o silício interagiu positivamente com o inseticida lufenuron no controle de *S. frugiperda* em plantas de milho, possibilitando uma redução da dosagem do inseticida, bem como fortaleceu a estrutura da planta por aumentar o diâmetro do caule.

---

<sup>1</sup> Orientador: Jair Campos Moraes – UFLA

## ABSTRACT

NERI, Danila Kelly Pereira. Influence of silicon in the susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) to the insecticide lufenuron and in the development of corn plants. In: \_\_\_\_\_. **Effect of silicon on the resistance of corn plants to *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) and its interaction with insecticide in the control of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2006. Chap.3, p.47-68. Thesis (Doctor in Agronomy/Entomology) Federal University of Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

With the objective of evaluating the effects of silicon in the efficiency of the insecticide lufenuron on the control of *S. frugiperda* and on the development of corn plants, two experiments were conducted, one being in laboratory and the other in the field. The treatments consisted of applications of silicic acid associated or not with different dosages of the insecticide lufenuron. In the laboratory-conducted experiment, the completely randomized design in 2 x 5 factorial scheme (with or without silicon x dosages of lufenuron) with five replicates was utilized, but the field experiment was in randomized blocks with six treatments in 2 x 3 factorial scheme (with and without silicon x dosages of lufenuron) and four replicates. In laboratory, the mortality of fall armyworm, both at 24 and 48 hours before the application of the insecticide and after application, was evaluated. In the field, the damages caused by the larvae and the agronomic characteristics of corn plants were also evaluate by utilizing a score scale. The results showed that silicon interacted positively with the insecticide lufenuron in the control of *S. frugiperda* enabling a reduction of the insecticide dosage as well as it strengthened the plant structure for increasing the stem diameter.

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Jair Campos Moraes – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

A ação de insetos-praga é um dos principais fatores que afetam a economicidade das lavouras de milho (*Zea mays* L.) por impedir o melhor aproveitamento do potencial produtivo dos híbridos atualmente disponíveis (Gassen, 1996).

No Brasil, a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada uma das principais pragas da cultura do milho. A praga encontra-se distribuída em todas as regiões onde se cultiva esse cereal e o seu ataque pode reduzir a produção em até 34% (Cruz et al., 1996; Cruz et al., 2006).

As lagartas alimentam-se das folhas, reduzindo a área foliar e afetando a capacidade fotossintética da planta e, conseqüentemente, a produção. No milho, os danos decorrem do ataque às folhas novas que são raspadas pelas lagartas nos estágios iniciais de crescimento. A partir do 3<sup>o</sup> estágio, a lagarta penetra no cartucho destruindo diversos pontos da folha durante sua alimentação (Sarmiento et al., 2002). Em ocorrências tardias pode atacar a espiga, destruindo a palha e os grãos, além de propiciar a entrada de patógenos e umidade, determinando o seu apodrecimento (Ávila et al., 1997).

O controle de *S. frugiperda* tem sido realizado principalmente pelo uso de produtos químicos. Sabe-se que o uso indiscriminado de um produto químico pode levar à seleção de indivíduos resistentes a inseticidas, além da eliminação de organismos benéficos e a contaminação ambiental. No Brasil, fracassos no controle da lagarta-do-cartucho são freqüentemente relatados com o uso de produtos tradicionais como fosforados e piretróides (Schmidt, 2002).

Dessa forma, os produtores têm utilizado como alternativa o lufenuron, um inseticida pertencente ao grupo dos reguladores de crescimento de insetos que apresenta boa eficiência no controle de lagartas, baixa toxicidade para

mamíferos e alta seletividade a inimigos naturais (Schmidt, 2002). Além disso, o lufenuron, em condições de casa-de-vegetação, apresenta um bom potencial de interação com silício, com possibilidades de emprego de subdosagens do inseticida no manejo de *S. frugiperda* (Neri et al., 2005).

O silício induz resistência às plantas de forma passiva e ativa. Devido à sua concentração na epiderme, forma uma barreira de resistência mecânica passiva de defesa da planta contra a invasão de fungos e bactérias para o interior da planta, bem como dificulta o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1994). O silício também induz uma proteção ativa dentro das células vegetais, uma vez que começa uma seqüência de reações que iniciam mecanismos de defesa bioquímica na planta infectada (Fawer et al., 1998).

Dessa forma, no manejo integrado de pragas, as cultivares resistentes desempenham papel importante, destacando-se a harmonia com o ambiente e a compatibilidade com outras táticas de controle (Silva et al., 2004).

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos do silício na suscetibilidade de *S. frugiperda* ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Criação de manutenção da lagarta-do-cartucho-do-milho

As lagartas utilizadas nos experimentos em laboratório eram provenientes da criação de manutenção do laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Nesta criação, as pupas são colocadas em gaiolas de PVC com 20 cm de diâmetro e 25 cm de altura, com parede interna revestida com papel sulfite de cor branca, tampadas na parte superior com tecido tipo organza, sendo sua parte inferior apoiada em prato plástico, também forrado. Após a emergência dos adultos, coloca-se em cada gaiola o alimento à base de mel a 10%, embebido em chumaço de algodão, em copo plástico de 50 ml.

As posturas são coletadas diariamente, recortando-se a massa de ovos juntamente com o papel sulfite, e são colocadas em copos plásticos com capacidade de 50 mL contendo a dieta artificial à base de feijão e levedura (Kasten et al., 1978), sendo o conjunto, posteriormente, fechado com tampa acrílica. Após três dias da eclosão, as lagartas são individualizadas em copos plásticos com a mesma dieta descrita anteriormente, sendo mantidas em câmara climatizada regulada a  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , UR de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

### 2.2 Interação silício e lufenuron no controle de *Spodoptera frugiperda*

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação e no laboratório do Departamento de Entomologia da UFLA, no período de novembro a dezembro de 2005.

Semearam-se quatro sementes de milho híbrido BRS-3003 por vaso com capacidade para dois litros de substrato, composto por terra de barranco adubada com esterco de curral (2:1) e 4,5 g de NPK (4-14-8). A umidade do substrato foi

mantida por meio de irrigações diárias. Após sete dias da emergência, procedeu-se o desbaste das plantas excedentes, deixando-se apenas a planta mais vigorosa por vaso. Os vasos foram dispostos ao acaso sobre bancadas metálicas em casa-de-vegetação.

As plântulas foram adubadas com silício sete dias após a emergência, por meio de uma solução de ácido silícico diluído em água na concentração de 1%. A solução foi aplicada no colo das plantas na quantidade de 75 mL por vaso, equivalendo a uma tonelada por hectare. Após dez dias da adubação com silício, foram cortadas secções foliares de cada tratamento para serem utilizadas na primeira etapa do experimento. Os tratamentos com inseticida só o receberam na segunda etapa, que correspondeu a 12 dias após a aplicação de silício. As diferentes dosagens do inseticida lufenuron foram diluídas em água e aplicadas diretamente nas secções foliares, por imersão durante cinco segundos nas respectivas caldas, e deixadas para secar naturalmente durante 30 minutos sobre papel filtro.

Para avaliar a interação silício e lufenuron no controle de *S. frugiperda*, utilizou-se o teste de preferência sem chance de escolha. Na execução da primeira etapa deste teste, uma secção foliar de dez centímetros de comprimento da quarta folha totalmente expandida das plantas de cada tratamento foi colocada numa placa de Petri (15 cm de diâmetro) contendo, no fundo, um papel filtro umedecido com água destilada para manter a turgescência da folha de milho. Cada placa recebeu dez lagartas com 24 h de idade e, após 24 e 48 h da instalação do experimento, foi avaliada a mortalidade por meio da contagem dos sobreviventes. Logo após a última contagem, as lagartas remanescentes desse experimento foram colocadas em novas secções foliares, previamente tratadas com inseticida ou água. Após as secções foliares serem tratadas e receberem as lagartas remanescentes, avaliou-se também a mortalidade por meio da contagem

dos sobreviventes após 24 e 48 h da instalação dessa segunda etapa do experimento.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (com e sem silício)  $\times$  5 (dosagens de lufenuron) com cinco repetições. Os tratamentos consistiram de: 1) uma aplicação de silício; 2) aplicação de silício mais uma pulverização com o inseticida lufenuron (Match<sup>®</sup> CE) na dosagem 15 g i.a.ha<sup>-1</sup>; 3) aplicação de silício mais uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>; 4) aplicação de silício mais uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 3,75 g i.a. ha<sup>-1</sup>; 5) aplicação de silício mais uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 1,87 g i.a. ha<sup>-1</sup>; 6) uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> – dosagem recomendada pelo fabricante; 7) uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> – ½ da dosagem recomendada; 8) uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 3,75 g i.a. ha<sup>-1</sup> – ¼ da dosagem recomendada; 9) uma pulverização com o inseticida lufenuron na dosagem 1,87 g i.a. ha<sup>-1</sup> – ⅛ da dosagem recomendada; 10) testemunha (sem silício e sem inseticida).

Os dados de mortalidade foram transformados em arco-seno  $\sqrt{(x/100)}$  e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

### **2.3 Interação silício e lufenuron no controle de *Spodoptera frugiperda* e no desenvolvimento de plantas de milho a campo**

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a abril de 2006, no “Campus” da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), situada no município de Mossoró-RN, que fica a 5° 11’ de latitude Sul, 37° 20’ longitude a Oeste de Greenwich e 18 m de altitude. O clima, segundo a classificação de

Köppen, é BSw<sup>h</sup> – muito quente, seco e com estação chuvosa atrasando-se do verão para o outono (Carmo Filho, 1989).

Os tratos culturais realizados na área experimental foram: duas capinas manuais, sendo a primeira realizada seis dias antes do plantio e a segunda após 28 dias da germinação; uma gradagem feita um dia antes do plantio e uma catação manual das lagartas-do-cartucho antes das aplicações de silício e inseticida, ou seja, três dias após a germinação. Essa catação foi necessária para diminuir a alta infestação e os elevados danos ocasionados pela praga nas plantas de milho na sua fase inicial.

As adubações e a correção do solo para a cultura do milho foram realizadas de acordo com a análise de solo e as exigências da cultura. Para isso coletaram-se, à profundidade de 0-20 cm, dez amostras simples de solo para se formar uma composta. Essa amostra foi enviada para o Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do Departamento de Ciência Ambientais da UFRSA. Com base na análise (Tabela 1), foi necessária apenas uma aplicação de cobertura com 1,08 kg de uréia (44% de nitrogênio), correspondendo a 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

O silício foi aplicado na forma de solução do ácido silícico a 1%, diluído em água e aplicado no colo de cada planta uma quantidade de um 1,0 L na primeira aplicação e 0,6 L na segunda, correspondendo a 0,5 e 0,33 toneladas de Si por hectare, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos em esquema fatorial 2 (com e sem silício) × 3 (dosagens de lufenuron) e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de: 1) duas aplicações de silício após dez e vinte e oito dias da emergência; 2) duas aplicações de silício mais duas pulverizações com o inseticida lufenuron (Match<sup>®</sup> CE) na dosagem 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>, após cinco dias das aplicações de silício; 3) duas aplicações de silício mais duas pulverizações com o inseticida lufenuron

na dosagem 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>, após cinco dias das aplicações de silício; 4) duas pulverizações com o inseticida lufenuron na dosagem 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>; 5) duas pulverizações com o inseticida lufenuron na dosagem 7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> e 6) Testemunha (sem silício e sem inseticida).

A semeadura foi realizada logo que iniciou o período de chuvas (Tabela 2), ou seja, cerca de 12 dias após a primeira chuva. Após cinco dias do plantio, ocorreu a germinação. O desbaste foi realizado após dez dias da germinação, deixando-se duas plantas por cova, correspondendo a uma densidade de 50.000 plantas por hectare, espaçadas em um metro entre linhas e 0,4 metros entre covas. A semente de milho utilizada foi da variedade BR 106 Embrapa. Utilizou-se um sistema de irrigação por micro aspersão nos dias sem chuva.

Cada parcela experimental foi constituída por dez plantas de milho distribuídas numa linha de dois metros de comprimento, separadas por quatro plantas, correspondendo a uma distância entre parcelas de 0,8 m. As parcelas foram demarcadas casualmente e distribuídas em linha, saltando-se uma linha para se iniciar a distribuição das outras parcelas. Para avaliar os danos da praga amostraram-se, de cada parcela, as seis plantas centrais, deixando-se duas plantas de bordadura em cada extremidade, formando uma área útil de 1,2 m<sup>2</sup>/parcela. A área total do experimento foi de 158,4 m<sup>2</sup>.

Quinzenalmente foram realizadas avaliações do ataque da lagarta-do-cartucho utilizando-se uma escala visual de injúrias proposta por Davis & Williams (1989) (Tabela 3), sendo a nota de injúria obtida da média das notas atribuídas por cinco avaliadores. As avaliações quinzenais foram feitas em três idades da planta de milho, sendo a primeira avaliação realizada entre a 1<sup>a</sup> e a 2<sup>a</sup> semana após a emergência, quando as plantas atingiram o estágio “V3” (2 a 3 folhas abertas); a segunda avaliação foi realizada entre a 3<sup>a</sup> e a 4<sup>a</sup> semana após a emergência (estágio “V6-V8”, plantas com 6 a 8 folhas abertas), e a terceira e última avaliação foi efetuada entre a 5<sup>a</sup> e a 6<sup>a</sup> semana após a emergência (estágio

“V9”, plantas com 8 a 9 folhas abertas). A primeira avaliação foi feita um dia antes do início das aplicações dos tratamentos nas plantas de milho, a segunda quatorze dias após a primeira aplicação de silício e a terceira avaliação, após dez dias da segunda e última aplicação de silício.

Quando as plantas completaram 45 dias de idade, correspondendo entre a 6<sup>a</sup> e a 7<sup>a</sup> semana após a emergência (estágio “V10-12”, plantas com 10 a 12 folhas abertas), foram coletadas para a avaliação da altura, do número de ramificações dos pendões, do peso da matéria verde, do diâmetro do caule e do número de folhas sadias e danificadas pela lagarta-do-cartucho.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

TABELA 1. Análise química do solo da área experimental. Mossoró. 2006.

pH	Al <sup>3+</sup>	Ca+Mg	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K	P
H <sub>2</sub> O	----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----						mg/dm <sup>3</sup>
8,0	0,00	8,9	8,4	0,5	0,09	0,51	253,7

TABELA 2. Dados climatológicos de Mossoró no período de condução do experimento \*. Mossoró.2006.

Meses	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
	Média	Máxima	Mínima		
Fevereiro	28,6	33,8	24,8	71,6	50,4
Março	27,8	32,7	23,9	80,6	332,1
Abril	27,2	32,2	23,8	84,2	257,7

\*Fonte: Estação Climatológica da UFERSA (2006).

TABELA 3. Escala visual de injúrias para *Spodoptera frugiperda* (Davis & Williams, 1989).

Nota	Descrição
0	Nenhuma injúria nas folhas
1	Perfurações diminutas em algumas folhas
2	Pequena quantidade de perfurações arredondadas em algumas folhas
3	Perfurações arredondadas em várias folhas
4	Perfurações arredondadas e lesões em algumas folhas
5	Lesões em várias folhas
6	Grandes lesões em várias folhas
7	Grandes lesões e porções dilaceradas em algumas folhas
8	Grandes lesões e porções dilaceradas em várias folhas
9	Grandes lesões e porções dilaceradas na maioria das folhas

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Interação silício e lufenuron no controle de *Spodoptera frugiperda*

Não foram encontradas diferenças ( $P \leq 0,05$ ) na porcentagem de mortalidade nas avaliações realizadas durante o período de 24 h e 48 h antes da aplicação das diferentes dosagens do inseticida lufenuron, bem como na avaliação feita 24 h depois da aplicação do inseticida nas folhas com e sem silício. As médias gerais observadas foram de 0,8, 1,8 e 5,6% de lagartas mortas, respectivamente para as avaliações realizadas 24 e 48 horas antes e 24 horas depois da aplicação.

Entretanto, na avaliação realizada 48 horas depois da aplicação do inseticida (Tabela 4) foi verificada maior porcentagem de mortalidade nos tratamentos que receberam a aplicação do ácido silícico mais a dosagem de 15 mL i.a. ha<sup>-1</sup> e de 7,5 mL i.a. ha<sup>-1</sup> do inseticida, sendo a mortalidade média de 94 e 90%, respectivamente. Os tratamentos com silício e as duas menores dosagens de lufenuron (3,7 mL i.a. ha<sup>-1</sup> e 1,8 mL i.a. ha<sup>-1</sup>) apresentaram uma mortalidade larval superior a 60% cada. A testemunha que continha somente silício foi a que ocasionou a menor mortalidade do inseto-praga, aproximadamente 2%.

No que diz respeito à porcentagem de mortalidade larval de *S. frugiperda* expostas às folhas que receberam apenas o inseticida, também foi constatado que o tratamento que continha a maior dosagem do inseticida foi o que provocou uma maior mortalidade, ou seja, superior a 90% (Tabela 4). Entretanto, os tratamentos nas dosagens de 7,5 mL i.a. ha<sup>-1</sup> e 3,7 mL i.a. ha<sup>-1</sup> ocasionaram uma mortalidade inferior à dosagem completa do inseticida, porém causaram uma mortalidade larval em torno de 54 e 60%, respectivamente. Já a menor dosagem do inseticida (1,8 mL i.a. ha<sup>-1</sup>) não diferiu da testemunha (sem inseticida e sem silício), com mortalidade larval inferior a 25%.

Ao se comparar o efeito das dosagens de lufenuron isoladamente na presença ou ausência de silício, constatou-se que o tratamento que recebeu a meia dosagem de inseticida (7,5 mL i.a. ha<sup>-1</sup>) provocou maior mortalidade nas lagartas quando interagido com o silício, ou seja, 40% a mais do que na ausência da aplicação de ácido silícico nas plantas. O mesmo foi constatado quando se utilizou a menor dosagem do inseticida (1,8 mL i.a. ha<sup>-1</sup>), e nesse caso, a interação silício × inseticida provocou uma mortalidade de aproximadamente 65% a mais em relação ao efeito isolado de lufenuron.

TABELA 4. Porcentagem de mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (média ± erro padrão) 48 horas após a aplicação do inseticida lufenuron em folhas de plantas com e sem a aplicação de silício. Lavras. 2005.

Inseticida (dosagens)	Mortalidade (%)	
	Sem silício	Com silício
Inseticida (15 mL i.a. ha <sup>-1</sup> )	92 ± 1,7 aA	94 ± 1,8 aA
Inseticida (7,5 mL i.a. ha <sup>-1</sup> )	54 ± 5,8 bB	90 ± 1,4 aA
Inseticida (3,7 mL i.a. ha <sup>-1</sup> )	60 ± 1,4 bA	62 ± 5,2 bA
Inseticida (1,8 mL i.a. ha <sup>-1</sup> )	22 ± 1,7 cB	64 ± 6,4 bA
Testemunha	00 ± 0,0 cA	02 ± 0,9 cA
CV (%)	32,39	

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, respectivamente, pelo teste F e de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

O silício proporcionou um efeito positivo na mortalidade larval de *S. frugiperda* quando interagido com o inseticida lufenuron nas dosagens de 7,5 mL i.a. ha<sup>-1</sup> e 1,8 mL i.a. ha<sup>-1</sup>, que correspondem, respectivamente, à metade e a um oitavo da dosagem recomendada (15 mL i.a. ha<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes foram encontrados por Neri et al. (2005) ao avaliarem a interação do silício com lufenuron no manejo de *S. frugiperda* em casa-de-vegetação. Nesta pesquisa, 48 horas após a liberação das lagartas sobre as folhas de milho, foi observada uma

maior mortalidade no tratamento que continha silício (via solo) e lufenuron em meia dosagem (7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>).

A elevada porcentagem de mortalidade das lagartas presentes nas plantas que receberam inseticidas se deve à alta eficiência do inseticida lufenuron, o que confirma o estudo de Gomez e Ávila (2001) quando afirmam que os inseticidas reguladores de crescimento podem controlar eficientemente as lagartas de *S. frugiperda*.

Pelos resultados pode-se perceber que os tratamentos combinando silício e inseticida foram mais eficientes que os tratamentos isolados. Isso se explica pelo fato de o silício ter, possivelmente, conferido uma resistência mecânica às folhas, o que dificultou a alimentação desses insetos (Goussain et al., 2002), deixando-os mais suscetíveis à ação do inseticida.

### **3.2 Interação silício e lufenuron no controle de *Spodoptera frugiperda* e no desenvolvimento de plantas de milho a campo**

As notas atribuídas às injúrias devido à alimentação de *S. frugiperda* em plantas de milho na primeira e terceira avaliações não foram significativamente diferentes entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), cujas médias gerais foram de 6,9 e 3,7, respectivamente.

Na segunda avaliação (Tabela 5) verifica-se, para a dosagem total do lufenuron, uma interação negativa com o silício, apresentando um dano médio de aproximadamente 5,5. Entretanto, foram encontradas as menores notas de injúrias nas plantas que receberam o silício mais inseticida na sua meia dosagem (7,5 mL ia ha<sup>-1</sup>).

No que se refere às notas de injúrias nos tratamentos apenas com inseticida, observa-se que houve diferenças entre elas e que as plantas pulverizadas com lufenuron nas suas duas dosagens apresentaram menores

notas, ou seja, foram menos injuriadas pelas lagartas do que a testemunha sem inseticida e sem silício, que se mostrou aproximadamente 23% mais injuriada.

Quando se comparou o efeito das dosagens de lufenuron isoladamente na presença ou ausência de silício, constatou-se que os danos ocasionados nas plantas no tratamento que recebeu pulverizações do inseticida na dosagem de 15 mL i.a ha<sup>-1</sup> foram maiores quando as plantas também receberam silício. O mesmo não foi encontrado na dosagem de 7,5 mL ia ha<sup>-1</sup> e na testemunha, que apresentaram um dano semelhante, independentemente da aplicação ou não do silício nas plantas.

TABELA 5. Notas de injúrias de lagartas *Spodoptera frugiperda* (média ± erro padrão) em plantas de milho que receberam os diferentes tratamentos, após 14 dias da aplicação de silício. Mossoró. 2006.

Inseticida (dosagens)	Nota de injúria	
	Sem silício	Com silício
Inseticida (15 mL i.a. ha <sup>-1</sup> )	4,2 ± 0,1 bB	5,5 ± 0,2 aA
Inseticida (7,5 mL i.a. ha <sup>-1</sup> )	4,5 ± 0,2 bA	4,0 ± 0,1 bA
Testemunha	5,5 ± 0,2 aA	6,0 ± 0,1 aA
CV (%)	12,0	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, respectivamente, pelo teste F e de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Os números de folhas sadias e danificadas pela lagarta-do-cartucho nas plantas de milho não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos com inseticidas, com um valor médio de 3,7 para o número de folhas sadias e 6,4 para as danificadas. Contudo, resultados diferentes foram encontrados entre os tratamentos que receberam ou não silício (Tabela 6). Neste caso, foi maior o número de folhas sadias nas plantas com silício e isso se deve, provavelmente, à recuperação das plantas induzidas pelo silício, que as tornou tolerantes ao ataque da praga. No entanto, o número de folhas danificadas não se mostrou diferente

na presença ou na ausência das aplicações de ácido silícico, uma vez que houve uma alta infestação no início do experimento, que ocasionou elevados níveis de injúrias.

TABELA 6. Número de folhas sadias e danificadas pela *Spodoptera frugiperda* (media  $\pm$  erro padrão) de plantas de milho tratadas ou não com silício. Mossoró. 2006.

Tratamentos	Nº folhas sadias/planta	Nº folhas danificadas/planta
Com Ácido silícico	4,3 $\pm$ 0,1 a	6,5 $\pm$ 0,1 a
Sem Acido silícico	3,2 $\pm$ 0,1 b	6,2 $\pm$ 0,2 a
CV (%)	24,0	29,5

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F e de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Os dados referentes às características agronômicas da cultura do milho não foram diferentes nos tratamentos com inseticida. Esses tratamentos apresentaram um valor médio de 46,5 cm para o tamanho das plantas, 1,4 cm para o diâmetro, 3,6 para o número de ramificações do pendão e 116,3g para o peso verde das plantas. Todavia, as plantas que receberam aplicações de ácido silícico mostraram diferenças significativas no diâmetro do caule (Tabela 7), sendo maiores nas plantas com silício. Para os demais parâmetros não se observaram respostas da aplicação do ácido silícico.

TABELA 7. Tamanho, diâmetro, número de pendão e peso verde da parte aérea (média  $\pm$  erro padrão) de plantas de milho tratadas ou não com silício. Mossoró. 2006.

Tratamentos	Tamanho (cm)	Diâmetro (cm)	Nº Pendão	Peso (g)
Com silício	49,4 $\pm$ 1,4 a	1,50 $\pm$ 0,01a	4,3 $\pm$ 0,3 a	129,7 $\pm$ 4,7 a
Sem silício	43,6 $\pm$ 1,7 a	1,30 $\pm$ 0,02 b	2,8 $\pm$ 0,2 a	103,0 $\pm$ 5,2 a
CV (%)	45,0	16,6	84,4	56,3

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F e de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Na presença de silício as plantas que foram pulverizadas com lufenuron na sua meia dosagem (7,5 mL i.a. ha<sup>-1</sup>) foram menos injuriadas, apresentando as plantas, nesse caso, perfurações arredondadas e lesões em algumas folhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Neri et al. (2005), que constataram um efeito positivo da interação, a qual possibilitou a redução da dosagem do inseticida pela metade.

As plantas que receberam somente silício apresentaram grandes lesões em várias folhas, provocadas pela lagarta-do-cartucho. Estas lesões provavelmente se devem à migração desse inseto-praga das plantas susceptíveis para as resistentes, devido à alta infestação dessa praga em todo experimento, o que, possivelmente, provocou uma quebra de resistência (Williams et al., 1978), portanto, não se exclui a possibilidade de as plantas que receberam somente o silício mostrarem-se resistentes em outras condições ambientais.

O aumento do diâmetro das plantas que receberam o silício deve-se ao seu acúmulo nos tecidos de suporte/sustentação do caule, o que fortalece substancialmente a estrutura da planta (Plucknett, 1971).

Apesar de o silício proporcionar maior peso seco por unidade de área foliar, aumentar os pesos secos e frescos das raízes e desempenhar um importante papel no crescimento das plantas (Epstein, 1994), sua influência não foi constatada no tamanho e no peso verde das plantas de milho neste

experimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva & Bohnen (2001), segundo os quais não foram encontradas diferenças entre a adição ou não de silício na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, bem como no rendimento de grãos de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em solução nutritiva.

No que se refere ao número de ramificações do pendão, o silício também não exerceu nenhuma influência, provavelmente devido ao intenso ataque da lagarta-do-cartucho na fase inicial da cultura, uma vez que todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no estágio fisiológico V3 (três folhas desenvolvidas), podendo-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos ou a definição da produção potencial estão sendo definidos nesse estágio (Magalhães & Durães, 2006).

O elevado índice populacional de *S. frugiperda* no experimento realizado no município de Mossoró se deve à alta temperatura, associada à baixa precipitação pluviométrica que favoreceu a alta incidência da praga, ou seja, acima do nível de controle, que é de 20% de plantas com folhas raspadas (Didonet et al., 2000) no período inicial de desenvolvimento da cultura.

De maneira geral, a resistência das plantas de milho induzida pelo silício alterou a suscetibilidade desse inseto-praga ao inseticida lufenuron. Isso demonstra que a aplicação de silício possibilita a redução da dosagem do lufenuron, aumentando a eficiência do controle de *S. frugiperda* por meio da interação dos métodos e, conseqüentemente, amenizará os danos ao meio ambiente.

#### 4 CONCLUSÕES

- O silício interage positivamente com o inseticida lufenuron no controle de *S. frugiperda* em plantas de milho, o que possibilita a redução da dosagem do inseticida.
- O silício fortalece substancialmente a estrutura da planta de milho por aumentar o diâmetro do caule. Entretanto, não afeta o tamanho da planta, o peso da matéria verde e o número de ramificações do pendão.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, C. J.; DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, S. A. Insetos pragas: reconhecimento, comportamento, danos e controle. In: \_\_\_\_\_. **Milho, informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. p.157-181. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 5).
- CARMO FILHO, F. **Mossoró**: um município do semi-árido: características climáticas e aspectos florestais. 2.ed. Mossoró: ESAM, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense).
- CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Pragas da fase vegetativa e reprodutiva** Disponível em: <<http://www.cnpmis.embrapa.br/publicacoes/milho/prvegetativa.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2006.
- CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; OLIVEIRA, A. A.; VASCONCELOS, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v. 25, n. 2, p. 293-297, ago. 1996.
- DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for and to determine mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall armyworm. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METHODOLOGIES FOR DEVELOPING HOST PLANT RESISTANCE TO MAIZE INSECT, 1989, México. **Proceedings...** México, 1989. p. 101-108.
- DIDONET, J.; SARMENTE, R. de A.; AGUIAR, R.W. de S. Incidência e densidade populacional de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) na cultura do milho, em Gurupi-To. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 16, n.2, p.17-23, dec. 2000.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings National of Academy Science of the United State of America**, Washington, v. 91, n. 1, p. 11-17, Jan. 1994.
- Estação Climatológica da UFERSA. Disponível em: <<http://www.ufersa.edu.br/cppgclima.asp>>. Acesso em: 28 set. 2006.

FAWER, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in Cucumber. **Phytopathology**, St. Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, May 1998.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 134 p.

GOMEZ, S. A.; ÁVILA, C. J. **Controle químico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1792), na cultura do trigo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

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

KASTEN, P.; PRECETTI, A. A.; PRECETTI, C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 53, n. 1/2, p. 68-78, jun. 1978.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/ecofisiologia.htm#v3>>. Acesso em: 25 jul. 2006.

NERI, D. K. P.; MORAES J. C.; GAVINO, M. A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, jul./ago. 2005.

PLUCKNETT, D. L. The use soluble silicates in Hawalian agriculture. University of Queensland. v. 1, n. 6, p. 203-223, 1971.

SARMENTO, R. de A.; AGUIAR, R. W. de S.; AGUIAR, R. de A. S. de S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G. de; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, Dec. 2002.

SCHMIDT, F. B. **Linha básica de suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidade) a Lufenuron na cultura do milho.** 2002. 48 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Rendimento e acúmulo de nutrientes pelo arroz em solução nutritiva com e sem adição de silício. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 771-777, jul./set. 2001.

SILVA, M. T. B. da; COSTA, E. C.; BALARDIN, R. S. Reação de cultivares e eficiência do controle químico de pulgões vetores do *Barley yellow dwarf virus* em trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p.1333-1340, set./out. 2004.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; SCOTT, G. E. Resistance of corn to leaf-feeding damage by the fall armyworm. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 5, p. 861-863, Sept./Oct. 1978.