

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO SILÍCIO APLICADO NO SOLO E EM PULVERIZAÇÃO FOLIAR NA  
INCIDÊNCIA DA LAGARTA DO CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO**

**ANNE CAROLINE ARRUDA E SILVA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia  
(Proteção de Plantas)

BOTUCATU – SP

Agosto - 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO SILÍCIO APLICADO NO SOLO E EM PULVERIZAÇÃO FOLIAR NA  
INCIDÊNCIA DA LAGARTA DO CARTUCHO NA CULTURA DO MILHO**

**ANNE CAROLINE ARRUDA E SILVA**

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Wilson Badiali Crocomo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia  
(Proteção de Plantas)

BOTUCATU – SP

Agosto - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA  
INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO -  
BOTUCATU (SP)

Silva, Anne Caroline Arruda e, 1985-

S586e Efeito do silício aplicado no solo e em pulverização  
foliar na incidência da lagarta do cartucho na cultura do  
milho / Anne Caroline Arruda e Silva. - Botucatu : [s.n.],  
2009.  
v, 67 f. : gráf., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009  
Orientador: Wilson Badiali Crocomo  
Inclui bibliografia.

1. *Spodoptera frugiperda*. 2. Nutrição de plantas. 3.  
Indução de resistência. I. Crocomo, Wilson Badiali. II.  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"  
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas.  
III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

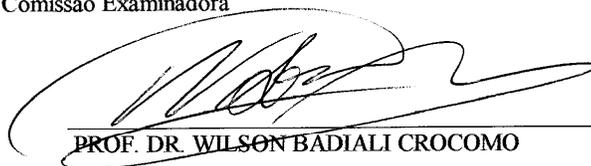
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "EFEITO DO SILÍCIO APLICADO NO SOLO E EM PULVERIZAÇÃO FOLIAR  
NA INCIDÊNCIA DA LAGARTA DO CARTUCHO NA CULTURA DO  
MILHO"

ALUNA: ANNE CAROLINE ARRUDA E SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. WILSON BADIALI CROCOMO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. WILSON BADIALI CROCOMO



PROF. DR. EDSON LUIZ LOPES BALDIN



PROF<sup>ª</sup> DR<sup>ª</sup> FERNANDA BUENO SARRO

Data da Realização: 07 de agosto de 2009.

*Ao meu avô Ricardo pelo carinho, cuidado e amor que contagiou e inspirou seus filhos a buscar sempre e a honestidade para crescer sempre com o trabalho.*

### **Ofereço**

*Aos meus pais Nilza e Paulo, minha avó Antonina, e meu irmão Raul Hernandes pelo amor e apoio incondicional e a Rodrigo Menezes pela capacidade de amar.*

### **Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por eu existir e colocar em meu caminho pessoas maravilhosas que me deram amor e me ajudaram nas horas que mais precisei.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", em especial ao Programa de Pós Graduação em Proteção de Plantas, pela oportunidade concedida para a realização desse curso.

A CAPES pela concessão da bolsa para realização do curso.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Wilson Badiali Crocomo por abrir as portas do mestrado, pela orientação, apoio e importante colaboração no desenvolvimento e finalização deste trabalho.

Aos meus pais Paulo e Nilza pela paciência e por simplesmente terem acreditado em mim.

Ao meu irmão pelos momentos alegres que sempre me proporciona.

A minha grande amiga e companheira Gabriela Ferraz pelas orientações, ajuda, e pelas mãos estendidas nos momentos de maiores dificuldades.

As minhas companheiras e amigas Amanda e Karol pelas inúmeras gargalhadas juntas.

Ao funcionário Nivaldo pela ajuda na instalação dos experimentos.

As amigas Lilian, Maria e Zoraide pela companhia e conforto.

Aos amigos do departamento, pelos momentos de ajuda, descontração e alegria durante o tempo de trabalho.

Ao Rodrigo por me dar força, paz, carinho, muito amor e também por me aguentar nas horas mais difíceis.

E todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 O Milho.....	7
4.1.1 Fenologia da cultura de milho.....	9
4.1.2 Adubação da cultura do milho.....	11
4.2. Importância e biologia da lagarta do cartucho do milho.....	14
4.3. Estado nutricional da planta hospedeira e a ocorrência de pragas.....	16
4.4. O Silício.....	18
4.4.1. O Silício no solo.....	20
4.4.2. O Silício nas plantas.....	20
4.4.3. O Silício como indutor de resistência às plantas.....	23
4.4.4. Efeito do silício sobre a ocorrência de pragas.....	24
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1. Local e Instalações dos experimentos.....	28
5.2. Avaliação.....	31
5.3. Análise de dados.....	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1 Experimento I.....	33
6.2 Experimento II.....	40
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
8 CONCLUSÕES.....	49
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## 1 RESUMO

Atualmente diversos estudos têm sido desenvolvidos sobre a utilização dos silicatos na adubação de plantas e embora ainda não conclusivos, seu emprego tem sido intensificado em algumas regiões agrícolas do país. No entanto, como o silício não é considerado um nutriente essencial de plantas, uma das principais justificativas para seu emprego na agricultura tem sido o incremento da resistência a pragas e doenças. Dessa forma, foram instalados dois experimentos seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso para verificar o efeito do silício sobre a lagarta-do-cartucho do milho em condições de campo. O primeiro experimento foi composto por 10 tratamentos e 4 repetições, com parcelas de 10 linhas de 10 m e visou verificar o efeito de uma formulação comercial contendo 25% de óxido de silício (12% de Si solúvel) e 15% de óxido de potássio, desenvolvida para aplicação através da pulverização foliar. Os tratamentos no primeiro experimento consistiram da aplicação da formulação silicatada nas concentrações 2, 4 e 8 mL/L, em pulverização aos 15, aos 15 e 30 e aos 15, 30 e 45 dias após a germinação das plantas. O segundo experimento contou com 7 tratamentos e 4 repetições, com parcelas de 7 linhas de 10 m e visou verificar o efeito de uma formulação comercial constituída por escória de siderurgia, aplicada no sulco de semeadura, nas doses de 400 e 800 kg/ha, na semeadura, só na cobertura, e na semeadura e cobertura. Nos dois experimentos avaliou-se a incidência da lagarta-do-cartucho do milho aos 15, 30, 45 e 60 dias após a germinação e os respectivos danos através de uma escala de notas. Também foram avaliados os parâmetros vegetativos indicadores do desenvolvimento como, altura da

planta; número de folhas vivas; data do fechamento do cartucho e data do lançamento do pendão e o número de espigas produzido. Finalmente foi avaliada a produção através da pesagem das espigas e dos grãos/planta. Os dados obtidos indicaram que o silício não interferiu no desenvolvimento vegetativo das plantas, nem na ocorrência da lagarta do cartucho do milho. Também não interferiu no dano provocado pela praga, nem no número de espigas e na produção de grãos.

**Palavras-chave:** *Spodoptera frugiperda*, nutrição de plantas, indução de resistência.

**SILICON EFFECT APPLIED IN SOIL AND IN FOLIAR SPRAYED FOR FALL ARMYWORM CONTROL IN CORN CROP.** Botucatu, 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

**Author: Anne Caroline Arruda e Silva**

**Adviser: Wilson Badiali Crocomo**

## **2 SUMMARY**

At present several studies about the use of silicates on plant fertilization have been developed, and although there is nothing conclusive regarding it, their use has been intensified in some Brazilian agricultural regions. However, since silicon is not considered an essential plant nutrient, the main reason for its use in agriculture has been the increase in the plant resistance to pests and diseases. This way, two experiments were carried out to verify the effect of silicon on fall armyworm in field corn. The first experiment used a randomized block design with 10 treatments and 4 replicates and with plots of ten 10 m rows to verify the effect of a commercial formula containing 25% of silicon oxide (12% of soluble Si) and 15% of potassium oxide, developed for foliar application. The treatment on the first experiment consisted of the silicate formula at concentration of 2,4 and 8 mL/L, sprayed at 15 days, at 15 and 30 and at 15, 30 and 45 days after plant germination. The second experiment also used a randomized block design with 7 treatment and 4 replications, and with plots of seven 10m rows, to verify the effect of a commercial formula composed by silicate slag applied in the soil, with dosages of 400 and 800 kg/ha, in the sowing, only in coverage and both. The incidence of fall armyworm was evaluated at 15, 30 45 and 60 days after the germination and its respective damage through a grade scale in both experiments. Vegetation development indicator parameters were also evaluated as: plant height; number of living leaves; date of the flowering; number of corncobs. The production was finally evaluated by weighing the corncobs and grain/plant. The data obtained indicated that silicon did not interfere neither on

the plant vegetable development nor in the occurrence of fall armyworm. It did not interfere neither on the damage caused by this pest, nor on the number of and grains produced.

**Keywords:** Fall armyworm, plant nutrition, induced resistance.

### 3 INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais consumidos no Brasil, sendo cultivado em quase todo o país, é também considerado um dos quatro mais importantes produtos agrícolas do mundo. No Brasil cultiva-se cerca de 12 milhões de hectares com a cultura do milho, com uma produção de cerca de 54 milhões prevista na safra de 2008/09 de toneladas, mesmo mostrando ser uma cultura com uma evolução favorável, o milho vem sendo importado dada a procura pelo mercado consumidor (AGRIANUAL, 2009).

O interesse econômico pela cultura do milho tem levado a inúmeras pesquisas para obtenção de diferentes variedades com o objetivo de obter maiores produções e minimizar os danos provocados por insetos praga em espigas, folhas e caule das plantas.

Segundo Alves (1998), a necessidade de controlar tais problemas tem feito o homem buscar diferentes soluções, muitas das quais bastante eficientes e tidas como revolucionárias, como ocorreu com o advento dos agroquímicos. Todavia, o uso indevido de muitos produtos vem causando problemas graves por intoxicações diretas ao aplicar ou consumir o alimento tratado, ou por danos ao ambiente, uma vez que muitos organismos não alvos também acabam atingidos.

Entre as pragas que atacam a cultura do milho, comprometendo sua capacidade produtiva, destaca-se a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera-frugiperda*) do milho, pela freqüência de ocorrência e voracidade com que destrói a área foliar dessa cultura. A

maioria das recomendações para o controle desse inseto implica no uso de inseticidas organofosforados, carbamatos e piretróides, conhecidos pela sua alta toxicidade e pelo impacto que provocam no ambiente, além de alguns inseticidas fisiológicos.

Apesar da importância da lagarta-do-cartucho do milho para a produtividade dessa cultura, pouca informação sobre a resistência do milho a essa praga está disponível na literatura. No entanto, Goussain et al., (2002) relataram o efeito da aplicação de silício sobre plantas de milho no desenvolvimento e mortalidade da lagarta do cartucho, em condições de laboratório, concluindo que a utilização desse mineral pode incrementar a resistência das plantas a essa praga.

A aplicação de silício tem proporcionado o aumento do grau de resistência de plantas ao ataque de diversos insetos, principalmente em gramíneas, estimulando o crescimento, aumentando a produção, protegendo contra estresses bióticos e abióticos, devido à barreira mecânica proporcionada pela deposição de sílica nos tecidos foliares e tricomas, além da produção de compostos fenólicos de defesa (HAYWARD & PARRY, 1973; HODSON & SANGSTER, 1988; CHÉRIF et al., 1992; SAMUELS et al., 1993; CHÉRIF et al., 1994; EPSTEIN, 1994; MARSCHENER, 1995; SAVANT et al. 1997; EPSTEIN, 1999; GOUSSAIN et al., 2002; GOMES et al., 2005).

Alguns resíduos siderúrgicos, empregados como corretivos da acidez, têm-se mostrado uma alternativa viável para o aproveitamento de parte desses subprodutos da siderurgia. Entre esses, as escórias, cujos componentes neutralizantes são os silicatos de cálcio e magnésio, comportam-se de forma semelhante aos calcários (AMARAL SOBRINHO et al., 1993). Esses resíduos apresentam, geralmente, teores elevados de micronutrientes (FIRME, 1986), justificando sua utilização como fertilizante (LOUSADA, 1987).

Considerando-se que não existem estudos sobre o efeito do emprego dos silicatos comerciais na ocorrência e dano da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, em condições de campo, esse trabalho se propôs a verificar o efeito de diferentes doses de óxido de silício, aplicados em pulverização foliar em diversas fases de desenvolvimento da cultura e de silicatos comerciais aplicados em adubação no sulco de semeadura e em cobertura sobre a incidência e danos da lagarta-do-cartucho do milho.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 O Milho

O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo, fornecendo produtos utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria. É uma cultura de elevada importância econômica devido à área cultivada e volume de produção, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. É uma planta de origem tropical e que conseqüentemente, exige, durante seu ciclo vegetativo, calor e umidade suficientes para seu pleno desenvolvimento. (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

É uma gramínea pertencente à família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *mays* (*Zea mays* L). Possui ampla variabilidade genética, sendo identificadas atualmente cerca de 300 raças e, dentro de cada raça, inúmeras variedades. Essa grande variabilidade se traduz também quanto às adaptações climáticas, de altitude e latitude, em características agrônômicas desejáveis, no tamanho e composição química de grãos, tipo de endosperma e qualidade das proteínas (PATERNIANI et al., 2000).

Com relação ao tipo de endosperma, cerca de 40% são amiláceos, 30% são de grãos duros cristalinos, pouco mais de 20% são dentados, 10% são pipocas e cerca de 3% são milho-doce (PATERNIANI & CAMPOS, 1999). Os complexos raciais foram agrupado por Goodman (1987), citado por Paterniani & Campos (1999), em amiláceos, duros ou cristalinos, dentados, pipocas e doces. O complexo racial de “Dentados Mexicanos”

(Tuxpeño, Vandeño, Zapalotes) é de grande significado no desenvolvimento de variedades comerciais de milho. A raça Tuxpeño é a fonte mais utilizada, pois além de possuir caracteres agronômicos desejáveis, tem grande habilidade combinatória, sendo muito importante no desenvolvimento de melhoramento, principalmente no Brasil (NASS & PATERNIANI, 2000).

Algumas vantagens conferidas à cultura do milho justificam sua ampla distribuição, tais como: (i) composição e valor nutritivo; (ii) alta produção por unidade de trabalho e unidade de área; (iii) fonte de nutrição de fácil transporte; (iv) pequenas perdas de grãos causados por pássaros e chuvas; (v) período longo de colheita; e (vi) permite o armazenamento (JONES, 1985). O milho possui a seguinte composição média: 60% de carboidratos, 10% de proteínas, 4% de lipídios, além de minerais e vitaminas (FANCELLI & LIMA, 1982). Fancelli & Dourado Neto (2000) relataram que as proteínas presentes nos grãos de milho são albumina, globulina, prolamina e glutelina.

A planta de milho tem sido cultivada desde latitude 40° S até 58° N e altitudes que variam entre 3.000 m, nos Andes peruanos, até abaixo do nível do mar, em regiões do mar Cáspio, o que gerou uma grande especialização e adaptação da planta. A origem do milho não é conhecida, devido ao seu alto grau de domesticação, e por não existirem ancestrais selvagens capazes de sobreviver sem a interferência do homem (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1988).

Na última década, a cultura no Brasil obteve um expressivo ganho de produtividade, fruto das pesquisas no desenvolvimento de novos genótipos e de práticas de manejo da cultura. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, através do Centro de Milho e Sorgo, coordena uma das mais importantes pesquisas de seleção de novos genótipos de milho para as diversas regiões do Brasil, cujos testes são denominados Ensaios Nacionais e Regionais de Milho. No entanto, a produtividade brasileira de milho está ainda longe das produtividades médias de 10 t.ha<sup>-1</sup> obtidas por países como os Estados Unidos e França (EMBRAPA, 2001).

Grande parte da produção de milho no Brasil é oriunda de pequenas propriedades onde, muitas vezes, devido aos fatores econômicos e à falta de informação a respeito de tecnologias disponíveis, os agricultores não executam qualquer medida visando o controle de pragas. Em áreas nas quais a agricultura é desenvolvida, o controle dessa praga é feito através de inseticidas químicos que aumentam o custo de produção, os riscos de

contaminação ambiental e conseqüentemente de intoxicação de animais e de seres humanos. Um dos métodos de controle de pragas, cujo custo é reduzido e não causa efeitos indesejáveis ao ambiente é o desenvolvimento de cultivares resistentes (VIANA & POTENZA, 2000).

O uso de cultivares resistentes constitui uma das táticas mais importantes no manejo integrado de *S.frugiperda* em milho, sendo compatível com outros métodos de controle, além de trazer vantagens econômicas, ecológicas e toxicológicas para os produtores e manutenção do equilíbrio para o ecossistema (SILVA et al., 1999).

Práticas culturais que aumentam o grau de resistência das plantas estão sendo cada vez mais utilizadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP), podendo auxiliar no controle de insetos-praga. Estudos recentes têm mostrado que o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, propiciando proteção contra fatores abióticos, como estresse hídrico, toxidez de alumínio, ferro, entre outros, e bióticos, como a incidência de insetos-praga (EPSTEIN, 1994). Dessa forma, existe a hipótese de que a aplicação do silício na cultura do milho poderia elevar o grau de resistência das plantas e, conseqüentemente, reduzir a infestação e os prejuízos causados por *S. frugiperda*.

#### **4.1.1 Fenologia da cultura de milho**

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variável, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, em nossas condições, a cultura do milho apresenta ciclo vital variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e normal), período esse compreendido entre a semeadura e a colheita (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1999), o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento: (i) germinação e emergência: período compreendido desde a semeadura até o efetivo aparecimento da plântula, o qual em função da temperatura e umidade do solo pode apresentar 5 a 12 dias de duração; (ii) período vegetativo: período compreendido entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento. Tal etapa apresenta extensão variável, sendo este fato comumente empregado para caracterizar os tipos

de materiais genéticos (híbridos ou variedades) de milho, quanto ao comprimento do ciclo; (iii) florescimento: período compreendido entre o início da polinização e o início da frutificação, cuja duração raramente ultrapassa 10 dias; (iv) frutificação: período compreendido desde a fecundação até o enchimento completo dos grãos, sendo sua duração estimada entre 40 e 60 dias; (v) maturidade: período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da “camada preta”, sendo este relativamente curto e indicativo do final do ciclo de vida da planta, denominado ponto de maturidade fisiológica.

A formação da “camada preta” representa o rompimento do elo de ligação entre a planta-mãe e fruto, caracterizando o momento ideal para a colheita, em função da máxima produção concentrada. Porém, a alta umidade dos grãos nesse momento (30% a 38%), constitui-se num impedimento natural às operações mecânicas inerentes a um processo de colheita eficiente, o que se torna possível quando a umidade dos grãos encontra-se entre 18% e 25%, procedendo-se à secagem artificial até 13% de umidade, permitindo seu armazenamento seguro (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

Entranto, para maior facilidade de manejo e estudo, bem como objetivando a possibilidade do estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, anatômicos, morfológicos e fitotécnicos, com desempenho da planta, o ciclo da cultura do milho foi dividido em alguns estádios distintos de desenvolvimento, segundo Ritchie e Hanway (1989): (i) VE (emergência); (ii) V1 (planta com a primeira folha desenvolvida); (iii) V2 (segunda folha desenvolvida); V3 (terceira folha desenvolvida); (v) V4 (quarta folha desenvolvida); (vi) V(n) (“n” igual ao número da folha desenvolvida); (vii) VT (emissão da inflorescência masculina); (viii) R1 (emissão da inflorescência feminina); (ix) R2 (grãos bolha d’água); (x) R3 (grãos leitosos); (xi) R4 (grãos pastosos); (xii) R5 (formação de dente) e R6 (xiii) (maturidade fisiológica).

Porém, segundo Kiniry e Bonhomme (1991), os estádios de desenvolvimento anteriores ao surgimento das inflorescências femininas são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Assim, a folha do milho pode ser considerada desdobrada quando apresenta a linha de união do limbo foliar com a bainha (lígula) facilmente visível ou identificável. Para os estádios posteriores à emissão da inflorescência feminina, a identificação deverá ser efetuada com base no desenvolvimento e consistência dos grãos (FANCELLI E DOURADO NETO, 2000).

#### 4.1.2 Adubação na cultura do milho

Conforme relatado por Büll (1993), a obtenção de altas produtividades na cultura do milho é indispensável para tornar a cultura economicamente viável e a adubação é um dos fatores essenciais para a garantia da produtividade, uma vez que o fornecimento de nutrientes de forma correta, no momento correto e em doses adequadas, proporciona o máximo desenvolvimento da cultura.

Segundo Malavolta et al., (1997), um elemento é considerado essencial à cultura quando satisfaz tanto os critérios diretos, como os indiretos da essencialidade. De acordo com os autores, critério direto é quando o elemento participa de algum composto ou de alguma reação, sem a qual a planta não sobrevive. Sendo assim, na ausência desse elemento a planta não completa o seu ciclo de vida. Critério indireto é quando o elemento apresenta efeito na vida da planta, porém sua ação não consiste na anulação de condições físicas, químicas ou biológicas desfavoráveis presentes no substrato. Arnon & Stout (1939), relataram que para o elemento ser considerado essencial, ele deve estar diretamente envolvido no metabolismo da planta, como constituinte de um composto essencial, ou ser necessário para a ação de um sistema enzimático.

Os nutrientes podem conferir maior ou menor resistência às plantas (HULBER; WILHEM, 1988), além da estratégia de escape à doença, devido a sua ação no padrão de crescimento, na morfologia e anatomia e, particularmente na composição química da planta. A mudança na anatomia, como o espessamento de células da epiderme, maior grau de lignificação e de silificação, aumenta a resistência do vegetal. Por sua vez, as alterações nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, que resultam na produção de substâncias repelentes ou inibidoras – “fitoalexinas”, também conferem resistências às plantas (MARSCHNER, 1995a).

Os fertilizantes minerais, por apresentarem, na sua maioria, efeitos osmóticos e salinos, podem comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas e raízes, principalmente num ambiente com disponibilidade hídrica deficiente (KLUTHCOUSKI & STONE, 2003). A alta salinidade de alguns fertilizantes, principalmente

o cloreto de potássio compromete o crescimento e distribuição das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, porque diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o caminho dos íons até as raízes (SILVA & BOHNEN, 2001).

As culturas agrícolas são mais frequentes deficientes em N do que em qualquer outro nutriente (Malavolta et al., 1997).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas, preferencialmente, nas formas de nitrato e amônia. O nitrato pode originar-se da mineralização da matéria orgânica que, contendo os aminoácidos nitrogenados, sofre transformações bioquímicas como a aminização, amonificação e nitrificação. Outra fonte de nitrato são os adubos contendo este sal. O amônio pode originar-se do adubo mineral, da passagem da amina para a nitrificação, ou através de simbiose em vegetais da família das leguminosas (TANAKA et al., 1997).

No caso da cultura do milho, o nitrogênio absorvido nas formas químicas acima citadas deve sofrer um processo de redução, conhecido como redução assimilatória do nitrato, para ser incorporada aos compostos orgânicos de carbono, tais como os diversos aminoácidos formadores de proteínas, enzimas e coenzimas. As enzimas, responsáveis pela síntese dos aminoácidos, são a sintetase da glutamina e a sintetase e desidrogenase do glutamato (MALAVOLTA, 1980).

Além da função na formação de proteínas, o nitrogênio é integrante da molécula de clorofila. Desta forma, plantas bem nutrida em nitrogênio apresentam crescimento vegetativo intenso e coloração verde-escura (TANAKA et al., 1997).

O fósforo está presente na fração sólida e na solução do solo. Sendo o solo uma mistura de matérias orgânica e inorgânica, o fósforo apresenta-se também em formas orgânicas e inorgânicas, tanto na fração sólida como na solução do solo. O fósforo da solução do solo (P solução) mantém-se em equilíbrio com o fósforo da fase sólida (P sólido). Portanto, propriedades do solo como o pH, teores de óxidos e outros fatores que afetam o equilíbrio P-sólido: P-solução, são de fundamental importância para a nutrição das plantas (GIANELO et al., 1995).

A cultura do milho absorve o fósforo da solução do solo, nas formas de íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ . O radical fosfato no interior da planta de milho pode estar como íon livre em solução, ligado á cátions metálicos, formando compostos solúveis ou complexos insolúveis e, na forma mais importante, ligado a radicais orgânicos (P orgânico). O fósforo é

bastante móvel na planta podendo, se necessário, ser deslocado de tecidos mais velhos para tecidos mais jovens (GIANELO et al., 1995).

No caso do potássio, a disponibilidade para a cultura do milho varia conforme o tipo e quantidade de minerais primários e secundários presentes no solo, o tipo de ligação química entre o potássio e os outros elementos constituintes desses minerais. O potássio que está adsorvido às cargas de superfície de argilominerais (ligações fracas, eletrostáticas), pode ser definido como potássio trocável (K-trocável), devido ao equilíbrio rápido que pode manter com o potássio da solução do solo (K solução) (EMBRAPA, 2001).

O potássio na planta de milho tem alta mobilidade, tanto entre células individuais, como entre tecidos, e também alta mobilidade no transporte à longa distância, via xilema e floema. O potássio é o cátion mais abundante no citoplasma, também ocorrendo em alta concentração no cloroplasto, sendo necessário para neutralizar ânions orgânicos e inorgânicos e para estabilizar o pH da planta entre 7,0 e 8,0 que é a faixa ótima, para a maioria das reações enzimáticas (MALAVOLTA et al., 1997).

Micronutrientes, também conhecidos como elementos-traço ou minerais-traço, incluem aqueles nutrientes que são requeridos em quantidades extremamente pequenas por culturas, animais e seres humanos. Isso, no entanto, não implica de forma nenhuma uma função secundária. A sua deficiência em culturas e animais pode causar sérios problemas de produção ou de saúde (MENGEL, 1980; RÖMHELD & MARSCHENER, 1991; MILLER et al., 1991). As funções principais dos micronutrientes nas plantas, exceto boro e cloro, é constituir grupos protéicos em metal-proteínas e atuar como ativadores de reações enzimáticas. Sem micronutrientes atuando como “arranque”, o sistema enzimático nas plantas seria uma massa inerte de proteínas. Produções elevadas das culturas, associadas a uma maior remoção de nutrientes e uso de fertilizantes concentrados, resultaram na depleção de reservas de micronutrientes dos solos. Deficiências de micronutrientes estão sendo mais e mais observadas. Respostas de culturas em produção e qualidade de produtos a diversos micronutrientes têm sido observadas (GUPTA, 1979; GUPTA & LIPSETT, 1981; McFARLANE et al., 1990; TAKKAR, 1993).

O silício (Si) geralmente não é considerado entre o grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas. No entanto, o crescimento e a produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo, milho,

grama kikuyu, grama bermuda, etc.) e algumas espécies não gramíneas (alfafa, feijão, tomate, aface e repolho) têm mostrado incrementos de produtividades com o aumento da disponibilidade de Si para as plantas (ELAWAD & GREEN, 1979; SILVA, 1973).

Mesmo sabendo que o silício é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e que a maioria dos solos contém consideráveis quantidades do mesmo, cultivos consecutivos podem reduzir o nível deste elemento até um ponto em que a adubação com silício seja necessária para obtenção de máximas produções. Solos muito intemperizados e altamente lixiviados, ácidos, com baixos teores de silício trocável e baixa relação de Si/sesquióxidos (relação=Ki), tem sido apontados como sendo particularmente pobres em silício disponível para as plantas (BRADY, 1992; SILVA, 1973; SOILS & RICE, 1978). Os Histosolos (solos orgânicos) também são considerados limitados quanto ao silício disponível (SNYDER et al., 1986).

As escórias siderúrgicas em geral apresentam teores elevados de micronutrientes (MALAVOLTA, 1994). Estes produtos estão disponíveis, mas são pouco comercializadas no mercado brasileiro (QUAGGIO, 2000). O uso desse resíduo na agricultura pode trazer benefícios às plantas cultivadas em solos pobres em micronutrientes (DEFELIPO et al., 1992).

O Brasil é um dos maiores produtores de ferro e, com isso, da escória de siderurgia. Devido à uma grande quantidade de escórias produzidas pelas siderúrgicas, esse material poderia estar sendo aproveitado na agricultura, no entanto, sua maior quantidade é utilizada como aterro ou despejadas em locais impróprios (ADATIA & BESFORD, 1986).

#### **4.2. Importância e biologia da lagarta do cartucho do milho**

A lagarta-do-cartucho foi reconhecida como praga de milho em 1797, na Geórgia, Estados Unidos. Originalmente, foi descrita com o nome de *Phalaena frugiperda*. Desde então, mudou de nome várias vezes, até a denominação atual como *Spodoptera frugiperda* (CRUZ, 1995).

Conforme relatado por Cruz (1995), essa lagarta pode ser encontrada nas Américas e em algumas ilhas a oeste da Índia. Nos Estados Unidos, os insetos sobrevivem

durante o inverno nas regiões tropicais do sul da Flórida e Texas. Desses locais, as mariposas migram durante a primavera, verão e outono, podendo se deslocar a grandes distâncias, atingindo o norte do país até o Canadá. No Brasil, devido à alimentação diversificada e disponível o ano todo, e das condições climáticas favoráveis ao inseto, a sua distribuição é geral em todas as regiões do território nacional. Esta lagarta é também considerada uma das mais importantes do milho na Colômbia, Venezuela, Guatemala, México, Peru e Chile.

A lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* (Smith), no estágio larval, é uma das mais importantes pragas para o milho, no Brasil. Alimenta-se em todas as fases de crescimento da cultura, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens e pode causar perdas significativas à produção, se não controlada. As perdas provocadas por essa lagarta podem chegar a 34% (CRUZ, 1995). Essa praga pode ocorrer praticamente durante o ano todo, principalmente em gramíneas e se distribui em todo o continente americano (ZUCCHI et al. , 1993). Sendo por isso a praga mais pesquisada em relação à cultura do milho (CRUZ e VALICENTE, 1993).

Os danos de *S. frugiperda* se caracterizam pelo ataque às folhas da planta, raspando a área foliar durante os 1º e 2º instares larvais. A partir do 3º instar a lagarta penetra no cartucho do milho perfurando as folhas (LEIDERMAN & SAUER, 1953).

Segundo Nakano (1981), as mariposas de *S. frugiperda* põem até 1.500 ovos na página superior das folhas, onde após um período de incubação de três dias, as larvas eclodem iniciando o período larval que varia em média de 12 a 30 dias. O estágio de pupa ocorre no solo, sendo de 21 dias no verão e 50 dias no inverno. O ciclo total dura cerca de 30 dias sob temperaturas de 22 a 25°C.

Segundo Crocomo, (1983), as mariposas de *S. frugiperda* colocam cerca de 160 a 170 ovos durante a noite, em folhas de gramíneas, os quais levam um período médio de 3 dias para eclodir. Já Patel (1981), observou que inicialmente, as larvas alimentam-se do córion dos ovos e, em seguida, iniciam a alimentação nas folhas mais internas do cartucho do milho, raspando-as.

Lara (1979) relatou que é inútil tentar a realização de testes de seleção ou susceptibilidade hospedeira de variedades de sorgo a *S. frugiperda*, quando existe cultivo de milho nas adjacências do experimento, tal a preferência desse inseto por essa cultura.

Sifuentes (1967), comparando a resistência do milho e do sorgo a esse inseto, constatou marcante preferência de oviposição e alimentação por plantas de milho.

Luginbill (1928) observou que, no milho, o número de ovos por fêmea foi de 1.393 em média, e o número de posturas variou de 1 a 13, com cerca de 243 ovos em cada uma delas. O período larval variou de 12,1 a 29,7 dias e a fase pupal, de 9 a 27 dias, dependendo das condições do ambiente. A longevidade dos adultos alimentados com solução de mel ou açúcar a 10 % foi de 13,3 dias e de 3,35 dias quando não alimentados.

No manejo da lagarta-do-cartucho, a utilização de produtos químicos ainda é a principal tática recomendada, acarretando um aumento considerável no custo de produção. Em algumas regiões brasileiras, são necessárias até dez aplicações de inseticidas para o controle dessa praga, possivelmente devido à resistência desse inseto aos ingredientes ativos utilizados (Cruz et al., 1999), além das falhas na aplicação dos inseticidas devido as características comportamentais das lagartas e a arquitetura da planta de milho.

#### **4.3. Estado nutricional da planta hospedeira e a ocorrência de pragas**

Qualquer tipo de adubação que favoreça as condições fisiológicas da planta poderá conferir-lhe resistência, tendo em vista que ao fornecer-lhe os diversos nutrientes necessários e nas proporções relativas às suas necessidades, as mantêm em equilíbrio nutricional, possibilitando resistir mais ao ataque de agentes externos, como os insetos. Trata-se de fornecer à planta os diversos elementos que ela exige, na proporção relativa às suas necessidades. Por outro lado, tanto o excesso como a carência de um ou de diversos elementos que rompem o equilíbrio fisiológico normal da planta são capazes de diminuir sua resistência natural (LABROUSE, 1932).

Considerando-se que o contexto nutricional é um dos fatores que afetam os processos ecológicos, fisiológicos e comportamentais dos insetos, a nutrição das plantas através da aplicação de fertilizantes surge como uma forma de manejar a ocorrência de insetos em agroecossistemas, seja por conferir às plantas certa tolerância ao ataque de pragas (WITTWER E HASEMAN, 1945; HUNT, et al., 1992) ou ainda, por contribuir para um aumento na eficiência de agentes de controle biológico (CARDOSO et al., 1995; DUFFIELD

et al., 1997). Além disso, a adubação adequada possibilita um desenvolvimento vegetativo mais eficiente compensando as perdas provocadas por pragas que atacam estruturas vegetativas como as folhas.

Panizzi & Parra (1991) citaram que, em programas de Manejo Integrados de pragas (MIP), a nutrição de plantas pode ser utilizada dentre as táticas de manejar insetos. Um exemplo da influência de alguns nutrientes sobre a população de insetos herbívoros pode ser verificado nos trabalhos de CARDOSO et al., (1995).

Em milho, Teran (1983) observou que houve maior parasitismo de *Metagonistylum minense* sobre a broca *Diatrea saccharalis* em plantas que receberam adubação com nitrogênio e fósforo.

Aumentos em populações de insetos herbívoros associados à brássicas em resposta a N também foram mostrados (LETOURNEAU, 1988). Em dois anos de estudo, Brodbeck et al., (2001) observaram que populações de tripes *Frankliniella occidentalis* foram significativamente maiores em tomates que haviam recebido taxas mais altas de adubação nitrogenada. Outras populações de insetos aumentaram subseqüentemente à fertilização nitrogenada, incluindo lagarta-do-cartucho em milho, lagartas-da-espiga-do-milho (*Helicoverpa zea*) em algodão, *Psylla pyricola* em pêra, cochonilha-vermelha (*Pseudococcus comstocki*) em maçã e broca-do-colmo-do-milho (*Ostrinia nubilalis*) em milharais (LUNA, 1988).

Devido às plantas serem uma fonte de nutrientes a insetos herbívoros, o equilíbrio nutricional da planta poderia aumentar sua aceitabilidade como fonte de alimento para populações de pragas. Variações nas respostas de herbívoros podem ser explicadas pelas diferenças nos comportamentos de alimentação desses animais (PIMENTEL & WARNEKE, 1989). Por exemplo, com o aumento nas concentrações de nitrogênio no arbusto *Larrea tridentata*, populações de insetos sugadores aumentaram, enquanto que o número de insetos mastigadores diminuiu. É plausível que com maior fertilização com nitrogênio, a soma de nutrientes na planta aumente, bem como a quantidade de metabólitos secundários, os quais podem afetar seletivamente padrões alimentares dos herbívoros. Em particular, inibidores da digestão de proteínas, encontrados em vacúolos de células vegetais, que não são consumidos por sugadores, mas prejudicam herbívoros mastigadores (MATTSON, 1980).

Para Lara (1991), tanto os macro como os micronutrientes podem afetar a manifestação de resistência da planta, quer seja agindo sobre o inseto, quer sobre a planta, estando essa manifestação condicionada a exigências nutricionais de cada espécie. O ataque da cigarrinha *Empoasca kraemer* e de outros insetos, que provocam clorose nas extremidades dos folíolos do amendoimzeiro, tem sua ocorrência em consequência afetada em consequência dos baixos teores de N,P,K,Ca,Mg e Mn.

#### 4.4. O silício

O silício (Si) depois do oxigênio (O) é o elemento mais abundante na litosfera, representando 27,7% da crosta terrestre (MALAVOLTA, 1980; EXLEY, 1998). Está presente em minerais primários, como feldspato, augita, quartzo e mica, e secundários, como caulinita, montmorilonita, illita e clorita, todos com resistência diferente ao intemperismo, que alcança seu ponto máximo no quartzo e mínimo no feldspato (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991; EXLEY, 1998). O grau de intemperismo mineral depende de fatores como a temperatura, o pH e a composição iônica do solvente (lixiviação e características hidrológicas como o fluxo de água) (EXLEY, 1998).

O silício apesar de não ser um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas, tem sido aplicado visando principalmente a aumentar a resistência da planta a pragas e doenças. O silício também influencia os fatores abióticos como estresse salino, toxicidade a metais, falta d'água, danos devido à radiação, balanço de nutrientes, altas temperaturas e geadas. Esses efeitos benéficos são atribuídos à alta acumulação de sílica nos tecidos da planta. O melhoramento genético tem sido proposto para obtenção de plantas com maior teor de silício visando à obtenção de resistências múltiplas (FENG, 2004).

O silício tem sido empregado no Brasil na forma de adubação por ocasião da semeadura ou em cobertura, empregando a escória de siderurgia, que é abundante no país, constituída basicamente por silicato de cálcio e magnésio e termofosfatos magnesianos (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995). Em alguns países existe a possibilidade

do emprego do silicato em pulverização, visando não só a adubação foliar como também o controle de pragas.

A aplicação de silício mostrou efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho, promoveu o crescimento de folhas, melhorando o desenvolvimento de caules, aumentando a resistência, promovendo maior arejamento de raízes, aumentando o número de grãos, proporcionando incrementos na acumulação de matéria seca e na produção de milho (QING et al., 2002).

O silício nas plantas está contido nas células epidérmicas, geralmente na forma de opala, denominadas fitólitos, muitas vezes utilizadas em estudos taxonômicos (Blackman, 1971), outras vezes são encontradas na forma de inclusões denominadas “células sílica” ou como depósitos ou incrustações na parede celular (JONES et al, 1963; SANGSTER, 1970).

Estudos mostraram que o acúmulo de silício também é benéfico para outras culturas. Ensaio de campo conduzidos na África do Sul mostraram que 5 ou 6 tratamentos apresentaram incrementos significativos à aplicação de silicato de cálcio em cana-de-açúcar, que variaram de 9 a 24t/ha. Outras pesquisas, realizadas no mesmo país, mostraram a associação entre a assimilação de silício e a resistência da planta à broca-da-cana, *Eldana saccharina*, observando o aumento de silício na cana baseado na análise de solo e de folha. Embora as razões para a resposta da cana à aplicação de silício não terem sido totalmente estudadas, evidências indicam que as respostas na produção são atribuídas a vários fatores, incluindo a proteção a toxicidade de Al e Mn às pragas e doenças fúngicas, melhorando o uso e eficiência da água, aumentando a absorção de P e da fotossíntese através do uso mais efetivo da luz solar. Estudos sugerem que o silício aumenta a resistência da planta a pragas e doenças estimulando a expressão de reações naturais de defesa da planta através da produção de metabólitos de baixo peso molecular, que incluem fitoalexinas e flavonóides (MEYER & KEEPING, 2000 a).

#### 4.5. O silício no solo

Os minerais silicatados primários, silicatos secundários de Al e diversas formas de silício são as principais fontes de Si. A principal propriedade estudada na sílica está relacionada à sua superfície, a qual possui um considerável interesse quanto aos estudos da sua propriedade de adsorção de moléculas ou íons (NASSAR et al., 2002).

As principais formas de silício presentes no solo são: a) silício solúvel ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), que é desprovido de carga elétrica; b) silício adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio e c) os minerais silicatados (cristalinos ou amorfos). Além do pH, a temperatura, o tamanho das partículas, a composição química e a presença de rachaduras (rupturas) na sua estrutura, influenciam a solubilidade destes minerais. Alguns fatores do solo também influenciam na dissolução desses minerais, tais como: matéria orgânica, umidade, potencial de óxido-redução e quantidade de sesquióxidos (RAIJ & CAMARGO, 1973).

A concentração de silício na fração argila depende do grau de lixiviação de  $\text{SiO}_2$  e de bases do perfil, após intemperismo dos minerais silicatados de origem. Os solos brasileiros caracterizam-se por apresentar este processo de formação, onde se encontra material rico em argilominerais de baixa atividade como a caulinita e óxidos de Fe e Al (KORNDÖFER et al., 1999).

#### 4.4. O Silício nas plantas

A relação entre a absorção do Si e o crescimento vegetal foi investigada pela primeira vez há mais de 100 anos. O Si é um nutriente presente em diatomáceas, que o absorvem ativamente, provavelmente através do cotransporte com o Na. A falta de Si afeta negativamente a síntese de DNA e de clorofila nestes organismos (WERNER, 1977; RAVEN, 1983).

Chen & Lewin (1969), comprovaram a essencialidade do Si para membros da família Equisitaceae (“cavalinha” ou “rabo de cavalo”). Os mecanismos bioquímicos responsáveis pelos efeitos da deficiência de Si ainda não estão elucidados, não havendo evidência para qualquer ligação orgânica (BIRCHALL et al., 1996).

A comprovação da essencialidade do Si é muito difícil de ser obtida, devido à sua abundância na biosfera. O Si está presente em quantidades significativas mesmo em sais nutrientes, água e ar altamente purificados (WERNER & ROTH, 1983).

A absorção de silício pelas plantas dá-se como ácido monossilícico,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , de forma passiva, com o elemento acompanhando a absorção da água (JONES & HANDRECK, 1967).

A movimentação de Si, na forma monomérica  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , até as raízes depende de sua concentração na solução do solo e da espécie da planta. Em baixas concentrações é reduzido o transporte por fluxo de massa, que passa a ser significativo quando se tratar de plantas acumuladoras cultivadas em solos com elevados teores do elemento (MARSCHNER, 1995).

O Si é transportado como  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  no xilema e sua distribuição na planta está relacionada com a taxa transpiratória das partes da planta. Esta distribuição depende muito da espécie: é uniforme nas plantas que acumulam pouco Si e nas acumuladoras, como o arroz (*Oryza sativa*), 90% do elemento encontra-se na parte aérea (MALAVOLTA, 1980; KORNDÖRFER et al., 1999 a; MENGEL & KIRKBY, 2001). O elemento é imóvel na planta e é depositado nas lâminas foliares, bainhas foliares, colmos, cascas e raízes (YOSHIDA et al., 1962), sendo que na lâmina foliar o acúmulo é maior que na bainha foliar (TANAKA & PARK, 1966). Entretanto, para Winslow (1992), a casca do arroz é o órgão que mais acumula silício na planta, seguido pela folha bandeira e panícula.

Os efeitos benéficos do silício têm sido demonstrados em várias espécies de plantas, e no caso de problemas fitossanitários, é capaz de aumentar a resistência das plantas ao ataque de insetos e patógenos (EPSTEIN, 2001). O silício pode conferir resistência às plantas pela sua deposição, formando uma barreira mecânica (YOSHIDA et al., 1962; GOUSSAIN, 2002;), e/ou pela sua ação como indutor do processo de resistência (FAWE et al., 2001; GOMES et al., 2005). Além disso, os benefícios proporcionados pela adubação silicatada podem resultar em ganhos de produtividade (NOJOSA et al., 2006). Contudo, a indução de resistência nas plantas aloca recursos para a síntese de compostos de defesa, tornando-se necessário, a verificação de possíveis quedas de produtividade (DÉLANO-FRIER et al., 2004).

Adatia & Besford (1986) observaram, em pepineiros, vários efeitos devido à adição de Si ( $100 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ao meio nutritivo: aumento no teor de clorofila, maior massa foliar (fresca e seca) específica, atraso na senescência e aumento da rigidez das folhas maduras, as quais mantinham-se mais horizontais. A melhor arquitetura foliar permite maior penetração de luz solar, maior absorção de  $\text{CO}_2$  e diminuição da transpiração excessiva, o que permite o incremento da taxa fotossintética (TAKAHASHI, 1995).

De modo geral, as plantas terrestres contêm Si em quantidades comparáveis aos macronutrientes, variando de 0,1 a 10 %, colocando-se como um constituinte mineral majoritário. Em culturas como o arroz e a cana-de-açúcar, o teor de Si pode igualar ou exceder aquele do N (EPSTEIN, 1995; RAFI et al., 1997). Em média, estima-se que para produzir 5 toneladas de grãos, a cultura do arroz remove de 500 a 1.000 kg de  $\text{SiO}_2$  por hectare. Culturas acumuladoras de Si, principalmente, beneficiam-se da adubação com este elemento, particularmente em solos altamente intemperizados e dessilicatados, aumentando ou mantendo elevadas produtividades. Em arroz, postula-se a essencialidade agrônômica do Si, em vista dos diversos benefícios advindos com a nutrição deste elemento. Estes benefícios incluem o aumento no crescimento e na produção, interações positivas com fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, aumento na resistência a estresses bióticos (doenças e pragas) e abióticos (seca, salinidade, acamamento) e aumento na produtividade em solos problemáticos, como os solos orgânicos e solos ácidos com níveis tóxicos de Al, Fe e Mn (SAVANT et al., 1997 b).

#### **4.7 O silício como indutor de resistência às plantas**

O silício, apesar de não ser considerado um nutriente essencial, tem desempenhado um papel importante na proteção de algumas espécies vegetais ao ataque de agentes causadores de doenças e de insetos fitófagos, principalmente os sugadores (MAZE, 1914; LANNING & LINKO, 1961; COMHAIRE, 1965; CHERIF et al., 1992).

Assim, como outros elementos minerais, o silício, quando disponível em abundância na solução do solo, pode conferir resistência ao ataque de insetos sugadores e herbívoros e ao desenvolvimento e penetração das hifas dos fungos nos tecidos vegetais

(MARSCHNER, 1995b), por ser um elemento químico envolvido em funções físicas de regulação da evapo-transpiração, formando assim uma barreira de resistência mecânica (EPSTEIN, 1999).

O efeito da proteção mecânica do silício nas plantas é atribuído, sobretudo, ao seu depósito na forma de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) na parede celular. O acúmulo de sílica nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, que pela diminuição da transpiração faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor (KORNDÖRFER et al., 2004).

Blum (1968), analisando as características anatômicas de genótipos de sorgo quanto à resistência mecânica das plântulas à penetração de larvas da mosca *Atherigona varia soccata* (Rond.) (Díptera: Muscidae), observou que os genótipos resistentes caracterizaram-se por uma distinta lignificação, pela maior espessura das paredes celulares e pela presença de alta densidade de armações de silício (parecidos com halteres) na epiderme abaxial da base das bainhas das folhas.

Em cultura de batata inglesa, a aplicação de silício na forma de pó seco reduziu a densidade populacional de *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) (SMITH, 1969). Também a preferência de oviposição do gorgulho-das pastagens *Listronotus bonariensis* (Kuschel) (Coleoptera: Curculionidae) foi afetada negativamente pela maior deposição de silício na superfície abaxial de folhas oriundas de plantas de centeio tratadas com silicato de sódio (BARKER, 1989).

Goussain et al. (2002) observaram maior mortalidade e canibalismo de lagartas *S. frugiperda* (J.E. Smith) ao final do segundo ínstar quando alimentadas com folhas de milho tratadas com silicato de sódio. Esses autores também verificaram um desgaste acentuado na região incisora das mandíbulas das lagartas, o que pode ser devido à ação da barreira mecânica formada pela deposição de silício na parede celular das folhas tratadas. Moraes et al. (2005), ao aplicarem silicato de sódio em plantas de milho, verificaram uma diminuição na preferência do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) pelas plantas tratadas com silício.

#### 4.8. Efeito do silício sobre a ocorrência de pragas

Trabalhos conduzidos por Keeping e Meyer (2000, 2002, 2003), com cana-de-açúcar, mostraram os efeitos da aplicação de silicato de sódio conferindo resistência à broca-da-cana, *Eldana saccharina*. Segundo esses autores, foram observados aumentos significativos no teor de silício nas plantas tratadas com silicato de cálcio. Os tratamentos com silício reduziram significativamente os danos produzidos pela broca em termos de tamanho de caule e internódios broqueados.

Os mesmos autores constataram que o silicato de cálcio confere resistência, comparado com o controle, reduzindo a biomassa da broca em 19,8% e em 24,4%. Variedades suscetíveis tiveram maior benefício do tratamento com silício do que as resistentes. Variedades resistentes não apresentaram efeitos significativos com o silício.

Em um dos trabalhos realizados pelos mesmos autores verificou-se que a aplicação de silicato de cálcio reduz a performance da broca e o dano comparado com o controle. A massa da broca foi reduzida em 20% e o dano em 24%, comparando-se entre o controle e as plantas tratadas com silicato de cálcio.

Segundo Anderson e Sosa (2001), a aplicação de silício aumentou a produção de cana. Em dois cultivares, a produção de cana diminuiu com a intensidade do ataque da broca, entretanto, não afetou a produção dos outros cultivares e para todos houve uma diminuição da incidência da broca.

Carvalho et al.(1999), avaliaram o efeito do silício na resistência do sorgo ao pulgão-verde, *Schizaphis graminum*. Foram feitos dois tipos de teste, um com a possibilidade de livre escolha, onde os pulgões foram liberados no centro de uma arena formada por quatro discos de folha. No teste sem chance de escolha, os pulgões foram confinados em seções de folha. Os resultados demonstraram que o silício causou redução na preferência e na reprodução do pulgão-verde.

Estudos do efeito do silício na resistência do trigo ao pulgão-verde *S. graminum*, através de teste de preferência com chance de escolha, demonstraram que a produção de ninfas após 72 horas de infestação foi o dobro na testemunha, em relação às plantas tratadas com silício. Foi verificado também que o silício afetou a reprodução do inseto, sendo que fêmeas que se desenvolveram em folhas de planta sem silício produziram 80% mais

ninfas em comparação com as fêmeas que se desenvolveram em plantas tratadas com silício. Avaliou também efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *S. graminum* e constatou que a aplicação de silicato de sódio reduziu a preferência, a longevidade e a produção de ninfas do pulgão-verde, conferindo, portanto, resistência às plantas de trigo a este inseto-praga (BASAGLI, 2002,2003).

Corrêa et al. (2005) avaliaram o efeito do silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e do ativador acibenzolar-S-methyl (BTH) na indução de resistência em pepino à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B, e concluíram que os mesmos causaram efeitos negativos na população da mosca-branca pela redução da oviposição, aumento do ciclo biológico e da mortalidade na fase de ninfa.

Gomes (2003) concluiu que a adubação com silício e /ou a pré-infestação com pulgões afetam a preferência e a taxa de crescimento populacional do pulgão-verde *S. graminum*, esse procedimento potencializa a expressão das enzimas peroxidase, polifenoxidase e fenilalanina amônia-liase em plantas de trigo pré-infestadas com este pulgão e que o silício induz resistência ao pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo, possivelmente pela ativação da síntese de compostos de defesa da planta.

Goussain (2001), citado por Gomes (2003), verificou que o silício, bem como a forma de aplicação, afetaram o desenvolvimento biológico do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphidae) em milho.

Goussain et al. (2002) observaram o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*. Avaliaram o desenvolvimento de lagartas alimentadas com folhas de milho retiradas de plantas tratadas com silício em comparação com lagartas alimentadas com folhas de milho não tratadas. Observaram que as mandíbulas das lagartas apresentaram desgaste acentuado na região incisora quando em contato com folhas com maior teor de silício. A aplicação de silício pode dificultar a alimentação de lagartas, causando aumento de mortalidade e canibalismo e, portanto, tornando as plantas de milho mais resistentes à lagarta-do-cartucho.

Savant et al.(1997) relataram os benefícios potenciais do silício aumentando e mantendo a produtividade de arroz, em decorrência do melhoramento do crescimento das plantas, aumento da produção, interações positivas com fertilizantes NPK, induzindo a resistência a estresses bióticos e abióticos e o aumentando a produtividade em

solos pobres. Também testaram e detalharam técnicas para determinação da disponibilidade de silício em solos e plantas.

Dentre os benefícios trazidos pelo silício, destaca-se o aumento na produtividade (AYRES, 1966; DEREN et al., 1993); a diminuição no acamamento das plantas, já que as plantas tornam-se mais eretas devido ao aumento de rigidez dos tecidos (facilitando a colheita mecânica) (DEREN et al., 1993); o retardamento da senescência; o aumento na concentração da atividade da enzima rubisco-carboxilase, incrementando a taxa fotossintética (ADATIA e BESFORD, 1986); a diminuição na taxa de transpiração, representando uma estratégia na economia de água (YOSHIDA et al., 1959); a estimulação do crescimento devido à eliminação ou diminuição da toxidez por manganês e ferro (MALAVOLTA, 1980) e o aumento da tolerância de plantas de trigo à salinidade do solo (AHMAD et al., 1992).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Local e instalações dos experimentos**

Este trabalho foi realizado na área da Fazenda Experimental Lageado, UNESP – Campus de Botucatu, no Estado de São Paulo. Foram instalados dois experimentos com a cultivar comercial AG 5020, muito utilizada na região. O clima de Botucatu é classificado como Cwa, segundo a classificação internacional de Koppen (CUNHA et al., 1999), que se caracteriza por clima temperado quente, com chuvas no verão e seca no inverno, temperatura média do mês mais frio inferior a 17° C e do mês mais quente superior a 23 °C.

O primeiro experimento foi semeado em 27/12/2007, em área de Nitossolo, e o segundo experimento foi semeado em 26/03/2008, em área de Latossolo Vermelho, safra e safrinha respectivamente. A adubação foi realizada empregando-se 400 kg/ha da fórmula 4-14-8 na semeadura e 50 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura aos 30 dias após a germinação. Não foram utilizados inseticidas ou fungicidas nas áreas e o único tratamento fitossanitário empregado foi a capina química em pré-plantio e a capina mecânica após a germinação das plantas.

### 5.1.1. Experimento I:

O primeiro experimento, que recebeu o Si via pulverização foliar, foi instalado seguindo o delineamento experimental de blocos ao caso com 10 tratamentos (Tabela 1) e 4 repetições, com parcelas de 10 linhas de 10 m de comprimento espaçadas em 0,80 m, conforme esquema apresentado na Figura 1.

Tabela 1. Tratamentos empregados no primeiro experimento para avaliação da ação do silício aplicado via foliar sobre a incidência e dano da lagarta-do-cartucho do milho *S. frugiperda*. Botucatu, 2007/2008.

Tratamento	Dose (L/ ha)	Concentração (ml/L)	Volume de calda (L/ha)	Momento da aplicação em dias após a germinação
1 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	0,2	2	200	15
2 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	0,2	2	200	15 e 30
3 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	0,2	2	200	15, 30 e 45
4 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	0,8	4	200	15
5 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	0,8	4	200	15 e 30
6 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	0,8	4	200	15, 30 e 45
7 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	1,6	8	200	15
8 - Pulverização com SiO <sub>2</sub>	1,6	8	200	15 e 30
9- Pulverização com SiO <sub>2</sub>	1,6	8	200	15, 30 e 45
10 – Testemunha	--	-	---	----

xxxxxxxx – linha 1 – bordadura  
oooooooo – linha 2 – coleta de amostras  
##### – linha 3 – coleta de amostras  
##### – linha 4 – avaliação da produção  
##### – linha 5 – avaliação da produção  
##### – linha 6 – avaliação da produção  
##### – linha 7 – avaliação da produção  
oooooooo – linha 8 – coleta de amostras  
oooooooo – linha 9 – coleta de amostras  
xxxxxxxx – linha 10 – bordadura

Figura 1. Esquema da parcela empregada no experimento I para avaliação do efeito do Si aplicado em pulverização. Botucatu, 2007/2008.

### **5.1.2. Experimento II:**

O segundo experimento, que empregou Si proveniente de escórias de siderurgia, foi instalado seguindo o delineamento experimental de blocos ao caso com 7 tratamentos (Tabela 2) e 4 repetições, com parcelas de 7 linhas de 10 m, conforme esquema apresentado na Figura 2.

Tabela 2. Tratamentos empregados no segundo experimento para avaliação da ação do silício aplicado em adubação no sulco de semeadura sobre a incidência e dano da lagarta do cartucho do milho *S. frugiperda*. Botucatu, 2008.

Tratamentos	Dose Kg/ha na semeadura	Dose Kg/ha em cobertura
1 - Adubação silicatada na semeadura	400	0
2 - Adubação silicatada na semeadura	800	0
3 - Adubação silicatada em cobertura aos 30 dias	0	400
4 - Adubação silicatada em cobertura aos 30 dias	0	800
5 - Adubação silicatada na semeadura e em cobertura aos 30 dias	400	400
6 - Adubação silicatada na semeadura e em cobertura aos 30 dias	800	800
7 - Testemunha	---	---

xxxxxxxxx – linha 1 – bordadura  
 ooooooooo – linha 2 – coleta de amostras  
 ##### – linha 3 – avaliação da produção  
 ##### – linha 4 – avaliação da produção  
 ##### – linha 5 – avaliação da produção  
 ooooooooo – linha 6 – coleta de amostras  
 xxxxxxxxx – linha 7 – bordadura

Figura 2. Esquema da parcela empregada no experimento II para avaliação do efeito do Si aplicado em adubação no sulco de semeadura. Botucatu, 2008.

## 5. 2. Avaliações

Ambos ensaios foram avaliados 4 vezes, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência, examinando-se 20 plantas coletadas ao acaso em cada parcela. As plantas foram abertas para contagem do número de lagartas presentes. As lagartas foram classificadas em grandes (>1,5 cm) e pequenas (<1,5 cm). Foi atribuída uma nota ao dano provocado pela lagarta-do-cartucho examinando-se a 3<sup>a</sup> folha a partir da última lançada, de acordo com a seguinte escala de nota (modificada de CARVALHO, 1970):

- nota 1 – plantas sem folhas danificadas;
- nota 2 – plantas com raspaduras nas folhas;
- nota 3 – plantas apresentando danos nas folhas com furos de até 2 cm de diâmetro;
- nota 4 – folhas com áreas destruídas maiores do que 2 cm de diâmetro;
- nota 5 – plantas com o cartucho ou com a folha principal muito danificada ou totalmente destruído.

Em seguida avaliou-se nas 4 linhas centrais no experimento 1 e 2 linhas centrais no experimento 2 de cada parcela: o número total de plantas na parcela e o número total de plantas atacadas, para determinação da porcentagem de plantas atacadas. Nestas mesmas linhas avaliou-se também os parâmetros vegetativos indicadores do desenvolvimento da planta de milho: altura da planta até a extremidade da última folha lançada; número total de folhas vivas; data do fechamento do cartucho e lançamento do pendão e o número de espigas e finalmente foi avaliada a produção através da pesagem das espigas e dos grãos/planta.

### **5. 3. Análise de dados**

Os dados obtidos nos experimentos de campo, para cada parâmetro avaliado, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Experimento I

Verifica-se através da observação dos dados apresentados na Tabela 3 que aos 15 dias após a germinação, nenhum parâmetro avaliado diferiu significativamente da testemunha, indicando que tanto o desenvolvimento vegetativo das plantas de milho quanto à incidência da lagarta do cartucho, assim como o seu dano, eram uniformes em toda a área experimental. Isso era esperado nessa avaliação, visto que ela coincidiu com a primeira aplicação de Si sobre as plantas de milho, de forma que todos os tratamentos com exceção do tratamento testemunha haviam recebido o Si nesse mesmo dia, não havendo tempo para a manifestação da sua ação tanto sobre os parâmetros vegetativos das plantas quanto sobre as lagartas. Verificou-se também que nessa ocasião não ocorreram lagartas grandes visto que a cultura se encontrava com a infestação em fase inicial. No entanto, mesmo sob ataque inicial e apenas com a ocorrência de lagartas pequenas (<1,5 cm) a nota atribuída ao dano, em média 1,85, demonstra a ocorrência de folhas raspadas apenas, implicando numa área destruída da ordem de 27 mm<sup>2</sup>/planta. A incidência dessa praga na área cultivada já era bastante alta visto que a porcentagem média de plantas atacadas em toda a área experimental era de 76,45 %. As plantas nessa época se encontravam no estágio 2 de desenvolvimento fisiológico (3 a 4 folhas plenamente expandidas), que segundo Cruz & Turpin (1982), é um período em que a cultura se encontra mais suscetível ao ataque da *S. frugiperda*.

Tabela 3. Médias dos parâmetros avaliados na primeira avaliação realizada aos 15 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de aplicação do silício em pulverização foliar. Botucatu, 15/01/08.

Tratamento	Nº de lagartas pequenas/planta (<1,5 cm)	Nota dano	Área foliar destruída (mm <sup>2</sup> )	Altura da planta (cm)	Número total de folhas/planta	Plantas atacadas (%)
1	1,62a	1,85a	23,00a	29,32a	6,45a	87,15a
2	1,40ab	1,85a	35,75a	27,62a	6,32a	70,37a
3	0,80ab	2,00a	43,75a	28,80a	6,35a	80,20a
4	1,12ab	1,77a	43,75a	28,75a	6,45a	90,62a
5	1,15ab	1,70a	12,50a	28,35a	6,62a	67,90a
6	1,10ab	2,00a	36,50a	28,80a	6,58a	78,26a
7	1,10ab	1,65a	13,75a	27,12a	6,45a	74,24a
8	1,27b	1,85a	25,00a	29,32a	6,37a	76,06a
9	1,52ab	1,87a	5,00a	29,10a	6,40a	70,85a
10	0,90ab	1,95a	31,25a	28,58a	6,45a	68,87a
s	0,31	0,20	33,56	1,70	0,27	11,57
CV	25,92	10,82	124,21	5,95	4,18	15,14
dms	0,75	0,48	81,56	4,13	0,65	28,12

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos aos 30 dias após a germinação das plantas de milho e, portanto, 15 dias após a primeira aplicação foliar de silício são apresentados na Tabela 4. Nessa avaliação verificou-se o crescimento das lagartas indicando que apesar da aplicação do Si as lagartas se desenvolveram. Em trabalhos realizados por Goussain et al. (2002), avaliando o efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico de *S. frugiperda*, não se observou efeito do silício na duração da fase larval e pupal, peso de pupa e na mortalidade de pupa. Camargo, et al. (2008), testaram o efeito da aplicação do silício em plantas de *Pinus taeda* L. sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae) e observaram que o efeito do silício não influenciou o número de ínstars de *C. atlantica*, ou seja, o pulgão-gigante-do-pinus passou por quatro ínstars ninfais, como já observado por Blackman (1987) e Dixon (1987) para os afídeos de um modo geral e constatado por Ottati (1999) e Zaleski (2003), que obtiveram o mesmo número de ínstars para esse inseto, em condições de laboratório sem o emprego do Si.

Porém, a comparação do número de lagartas pequenas (<1,5 cm) verificado na primeira avaliação (em média 1,2 lagartas/planta) com o número de lagartas grandes (>1,5 cm) na segunda avaliação (em média 0,5 lagartas/planta) indica que houve uma

redução na população. No entanto, essa redução populacional não pode ser atribuída à ação do Si, visto que não ocorreram diferenças significativas entre as parcelas tratadas e a testemunha. Provavelmente o que regulou a população foram os inimigos naturais, conforme observado por Antunes (2009), onde avaliou-se a influência da aplicação de silício na ocorrência de inimigos naturais chaves em milho e girassol e observou que a aplicação de silício não afeta a ocorrência dos predadores *Doru spp.* e *Cycloneda sanguinea* em milho e/ou girassol, podendo seus efeitos serem somados no controle de lagartas.

Verifica-se também através dos dados apresentados na tabela 4 que a incidência de lagartas pequenas (em média 1,17 lagartas/planta) manteve-se aproximadamente no mesmo nível verificado na primeira avaliação, o que pode indicar que a aplicação foliar do Si não interferiu no comportamento de oviposição dos adultos e, portanto, não interferiu no nível de infestação da praga. Ferreira (2006), avaliando o efeito do silício na indução de resistência à mosca-branca *B. tabaci* biótipo B em plantas de soja nos testes de preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas, observou que a aplicação de silício não afetou a oviposição nem o número médio de ninfas de mosca-branca em plantas de soja.

Por outro lado, a porcentagem média de plantas atacadas que foi de 76,45% na primeira avaliação sofreu uma redução para 45,98 % na segunda avaliação. Essa redução também não pode ser atribuída a ação do Si, visto que não houve diferença significativa entre os tratamentos com Si e a testemunha. Essa redução pode ser atribuída ao controle biológico natural, uma vez que não foram utilizados inseticidas na área experimental. Gravena (1983) relatou que a preservação e manutenção dos inimigos naturais são imprescindíveis para estabelecer o equilíbrio biológico e reduzir os custos de produção.

A nota atribuída ao dano provocado pelas lagartas foi em média de 2,99, indicando que nessa fase da cultura já haviam orifícios nas folhas da ordem de 2,00 cm, decorrentes do crescimento das lagartas, o que implicou numa área média destruída da ordem de 934 mm<sup>2</sup>.

Os parâmetros vegetativos também não sofreram interferência da aplicação foliar do Si, apresentando a performance esperada para a cultura de milho, tanto com relação à altura das plantas quanto ao número de folhas, fato confirmado nas observações de Gomes et al. (2008), que relataram que a aplicação de ácido salicílico não influenciou o tamanho, o diâmetro e o peso seco das plantas de batateira, mas aumentou o número de folhas.

Em trigo, também não foi observado aumento no peso das plantas adubadas com silício (COSTA et al., 2007). Neri (2006) verificou, que a aplicação de silício em plantas de milho não afetou a altura das plantas, mas aumentou o diâmetro do caule. É importante ressaltar que todos esses pesquisadores fizeram suas observações em casa-de-vegetação.

Em concomitância com essa avaliação foi realizada a segunda aplicação foliar de Si, nos tratamentos 2, 3, 5, 6, 8 e 9.

Tabela 4. Médias dos parâmetros avaliados na segunda avaliação realizada aos 30 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de aplicação do silício em pulverização foliar. Botucatu, 01/02/08.

Tratamento	Nº de lagartas grandes/planta (>1,5 cm)	Nº de lagartas pequenas/planta (<1,5 cm)	Nota dano	Área foliar destruída (mm <sup>2</sup> )	Altura planta (cm)	Número total de folhas/planta	Plantas atacadas (%)
1	0,40ab	0,98a	2,70a	650,00a	64,10a	7,47a	45,56a
2	0,35ab	1,30a	2,95a	1122,50a	66,00a	8,55a	46,46a
3	0,22a	1,05a	3,17a	848,00a	63,50a	8,82a	45,25a
4	0,60ab	1,30a	3,08a	1100,00a	64,95a	8,62a	45,34a
5	0,37ab	1,05a	2,90a	650,00a	62,70a	8,42a	48,30a
6	0,40ab	1,27a	2,77a	699,00a	63,02a	8,65a	41,81a
7	0,42ab	1,30a	2,72a	965,00a	63,97a	8,55a	41,73a
8	0,78b	1,35a	3,20a	1134,00a	63,97a	8,90a	52,23a
9	0,70ab	1,07a	3,17a	884,50a	63,57a	8,92a	49,77a
10	0,55ab	1,07a	3,30a	1288,75a	64,85a	8,65a	43,37a
s	0,20	0,57	0,44	371,88	3,55	0,79	8,52
CV	43,47	48,68	14,98	39,80	5,54	9,24	18,53
dms	0,50	1,39	1,09	903,69	8,63	1,92	20,70

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na terceira avaliação realizada aos 45 dias após a germinação os tratamentos 1, 4 e 7 haviam recebido a aplicação foliar de Si há 30 dias e os tratamentos 2, 3, 5, 6, 8 e 9 já haviam recebido duas aplicações de Si sendo a última há 15 dias. Essa avaliação coincidiu com a terceira aplicação foliar de Si nos tratamentos 3, 6 e 9.

Na terceira avaliação (Tabela 5) não ocorreram lagartas pequenas devido ao estágio de desenvolvimento da cultura do milho, porém a incidência de lagartas grandes praticamente dobrou em relação à avaliação anterior (em média 0,8 lagartas/planta), visto que é nessa fase que as características do “cartucho” tornam a planta mais favorável às lagartas, fornecendo maior proteção contra os inimigos naturais e exigindo constante

vigilância. No entanto, os dados referentes aos danos provocados pelas lagartas não se alteraram provavelmente devido ao incremento da competição entre lagartas. Dessa forma, a nota atribuída ao dano sofreu um leve incremento atingindo a nota 3,1 em média, mantendo portanto, o padrão do tamanho dos orifícios nas folhas. Gassen (1994) enfatizou que os maiores danos ocorrem na fase em que a planta apresenta de oito a 10 folhas, podendo ocorrer uma redução de 19 % no rendimento de grãos.

Por outro lado, a área foliar destruída atingiu 652,7 mm<sup>2</sup> em média, menos do que na avaliação anterior (934 mm<sup>2</sup>), provavelmente porque as plantas já estavam saindo da fase de maior suscetibilidade à lagarta do cartucho. Outro indicativo desse fato é a redução na porcentagem de plantas atacadas que aos 45 dias caiu para 21%.

Aos 45 dias após a germinação, também se verificou que tanto os parâmetros referentes à incidência de *S. frugiperda* quanto os parâmetros vegetativos da cultura de milho não foram influenciados pela aplicação foliar do Si, visto que não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos comparados. Mais uma vez, do ponto de vista vegetativo o desenvolvimento foi o esperado para a cultura de milho.

Tabela 5. Médias dos parâmetros avaliados na terceira avaliação realizada aos 45 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de aplicação do silício em pulverização foliar. Botucatu, 13/02/08.

Tratamento	Nº de lagartas grandes/planta (>1,5 cm)	Nota dano	Área foliar destruída (mm <sup>2</sup> )	Altura planta (cm)	Número total de folhas/planta	Plantas atacadas (%)
1	0,72a	2,87a	361,25a	109,90a	11,42a	19,50a
2	0,84a	2,82a	1086,25a	113,70a	11,67a	19,75a
3	0,85a	3,45a	652,25a	115,85a	11,37a	20,75a
4	0,81a	2,85a	430,50a	107,37a	11,12a	20,75a
5	0,79a	3,32a	966,25a	107,85a	11,37a	23,25a
6	0,82a	3,07a	698,75a	114,67a	11,32a	18,50a
7	0,83a	3,12a	632,50a	109,57a	11,55a	21,25a
8	0,84a	3,47a	411,25a	108,87a	11,12a	21,50a
9	0,75a	3,05a	457,50a	113,77a	11,87a	21,50a
10	0,83a	3,02a	830,25a	117,17a	12,02a	23,50a
s	0,10	0,39	424,90	5,01	0,47	6,44
CV	12,42	12,80	65,10	4,48	4,11	30,63
dms	0,24	0,96	1032,51	12,19	1,14	15,64

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na quarta avaliação, realizada aos 60 dias (Tabela 6) após a germinação, não foram verificadas lagartas uma vez que o cartucho da planta de milho já havia se fechado e as plantas se encontravam na fase de lançamento da inflorescência masculina (pendão). No entanto, foi possível atribuir nota ao dano devido à ação das lagartas no período compreendido entre a avaliação anterior e a presente. Verificou-se, portanto, que a nota atribuída ao dano foi em média 2,8, o que indica a ocorrência de orifícios nas folhas de aproximadamente 2 cm de diâmetro. Devido ao estágio de desenvolvimento das plantas foi avaliado apenas o número de espigas em 10 plantas/parcela, ficando a avaliação dos demais parâmetros prejudicada. Verificou-se assim, que o emprego do Si em pulverização foliar na cultura do milho também não interferiu na produção de espigas por planta.

Os tratamentos que receberam as maiores doses e os que receberam maior número de aplicações de Si, devem ter sofrido um acúmulo desse elemento em algumas regiões da planta, que pode ter sido heterogêneo, visto que segundo Yoshida (1962) o Si é um elemento imóvel na planta. Esse pode ter sido um fator determinante para a ocorrência de diferenças não significativas entre os tratamentos, visto que as lagartas poderiam escolher os locais de alimentação com menor incidência de Si nas condições de campo, ou seja, poderiam se alimentar dos tecidos mais favoráveis.

Contudo, resultados de aumentos de produtividade pela aplicação de silício foram observados em cana-de-açúcar (KORNDÖRFER et al., 2002) e em arroz (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004). Na ausência de estresses ambientais ou nutricionais, a aplicação de silício no solo pode não trazer benefícios às plantas, como o verificado na produção de arroz em solução nutritiva (SILVA & BOHNEN, 2003).

Tabela 6. Médias dos parâmetros avaliados na quarta avaliação realizada aos 60 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de aplicação do silício em pulverização foliar. Botucatu, 27/02/08.

Tratamento	Nota dano	Número de plantas na linha central	Número de espigas/planta
1	3,20a	44,25a	0,73a
2	2,95a	46,00a	0,98a
3	3,00a	44,75a	0,95a
4	2,90a	43,75a	0,38a
5	2,57a	43,50a	0,98a
6	2,87a	44,00a	0,90a
7	2,92a	46,75a	1,00a
8	2,37a	43,00a	0,93a
9	2,75a	48,00a	1,05a
10	2,87a	41,00a	0,88a
s	0,58	3,14	0,33
CV	19,84	7,05	38,25
dms	1,41	7,62	0,81

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No final da safra foi colhida a produção da linha central de cada parcela (Tabela 7). Verificou-se que nessa avaliação, realizada 125 dias após a germinação, nenhum parâmetro reprodutivo da cultura do milho foi afetado pela aplicação foliar do Si. Quanto à produção de matéria seca da parte aérea, tem-se verificado que a aplicação de silício não altera essa variável na cultura do arroz (Carvalho, 2000), porém, em relação à produtividade de grãos, a aplicação do Si tem proporcionado resultados divergentes, ou seja, há relatos de incremento (Korndörfer et al., 1999; Faria, 2000) e de ausência de resposta (CARVALHO, 2000). Também, Franzote et al. (2005) citaram que a aplicação foliar de silício não influenciou o crescimento nem o rendimento de grãos do feijoeiro.

Apesar do silício, segundo EPSTEIN (1994), 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, sua influência não foi constatada no tamanho e no peso de grãos das plantas de milho neste experimento. A produção média da área foi de 5337,5 kg/ha independentemente da aplicação foliar do Si e da incidência da praga, visto que não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos com Si

nem entre estes e a testemunha. A produtividade obtida esteve dentro da média observada para a região onde o milho foi cultivado. 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.

Tabela 7. Médias dos parâmetros avaliados na colheita do milho no experimento de aplicação do silício em pulverização foliar. Botucatu, 13/05/08

Trat	Número total de espigas colhidas na linha central	Número de espigas/planta colhidas na linha central	Peso de grãos na colheita (kg)	Peso seco de grãos na colheita (kg)	Peso seco de grãos/espiga (gr)	Peso seco de grãos/planta (gr)	Número de plantas/ha	Peso de grãos/ha (kg)
1	42,75a	0,96a	3,95a	3,78a	88,31a	85,4a	55312,50a	4725,00a
2	44,75a	0,97a	5,05a	4,83a	107,99a	105,0a	57500,00a	6037,50a
3	43,75a	0,98a	4,50a	4,31a	98,43a	96,3a	55937,50a	5387,50a
4	42,00a	0,96a	3,42a	3,27a	77,85a	74,7a	54687,50a	4087,50a
5	42,00a	0,96a	4,58a	4,38a	104,27a	100,7a	54375,00a	5475,00a
6	41,50a	0,94a	4,49a	4,29a	103,38a	97,5a	55000,00a	5362,50a
7	47,00a	1,00a	4,48a	4,28a	91,16a	91,6a	58437,50a	5350,00a
8	42,00a	0,97a	5,06a	4,83a	115,04a	112,3a	53750,00a	6037,50a
9	41,50a	0,87a	4,70a	4,48a	107,89a	93,3a	60000,00a	5600,00a
10	41,00a	1,00a	4,45a	4,25a	103,73a	103,7a	51250,00a	5312,50a
s	4,24	0,08	1,20	1,15	---	---	---	---
CV	9,91	8,42	26,95	26,92	---	---	---	---
dms	10,31	0,19	2,92	2,79	---	---	---	---

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 6.2. Experimento II

Esse experimento executado com o mesmo enfoque do experimento I, procurou fornecer o Si às plantas através da sua disponibilização na solução do solo, envolvendo o processo de absorção do nutriente e sua translocação através da planta até atingir as áreas de atuação das lagartas de *S. frugiperda*. Esse experimento foi realizado considerando que a maioria dos pesquisadores utilizaram esse procedimento para o fornecimento do Si às plantas.

Da observação dos dados apresentados na Tabela 8 verificou-se que o silício também não interferiu em nenhum dos parâmetros avaliados apesar da primeira aplicação, com exceção dos tratamentos 3 e 4, ter sido executada no sulco de semeadura. Esta falta de resposta do silício presente na escória pode estar relacionada com a baixa absorção pelo milho, ou, até mesmo, à não absorção, podendo também o silício ter sido absorvido e não translocado, assim como a cultura do milho não ter respondido ao silício, mesmo presente no interior da planta. Deren *et al.* (1992) afirmaram que as plantas diferem bastante na sua capacidade de absorver o silício, com o envolvimento de genes aditivos ou não aditivos no mecanismo de absorção do silício, como é o caso do arroz. Assim, até mesmo genótipos de uma mesma espécie podem apresentar concentrações variadas de silício, respondendo de modo distinto à sua aplicação (WINSLOW, 1992).

No entanto, nesse ensaio ocorreram lagartas grandes na primeira avaliação o que pode ser explicado devido à época de semeadura. O milho semeado tardiamente encontra populações de *S. frugiperda* já estabelecidas, visto que nas áreas em torno do experimento as plantas de milho se encontram na fase de frutificação. Dessa forma, o início da infestação não depende da imigração de adultos provenientes de outras áreas e /ou culturas. Na cultura de milho safrinha ocorre aumento da ocorrência de pragas subterrâneas, iniciais e de insetos vetores de fitopatógenos devido à monocultura ou a sucessão soja-milho safrinha, semeadura em época marginal e aumento de lavouras em plantio direto. Entre as medidas de manejo, deve-se priorizar a rotação de culturas e a semeadura na época indicada, a fim de viabilizar a utilização de insumos, importantes componentes no custo de produção e reduzir a necessidade de tratamento fitossanitário (DUARTE, 2001).

Por outro lado, a ocorrência de lagartas pequenas foi menor, cerca de 50 % da observada no experimento I, o que pode ser explicado pela época da semeadura (25/03/08), período no qual termina o verão e conseqüentemente ocorre a redução na precipitação pluviométrica, desfavorecendo tanto o desenvolvimento vegetativo da cultura quanto o crescimento populacional das pragas.

A nota atribuída ao dano foi em média 2,4, maior do que a verificada no experimento I, o que pode ser atribuído à presença de lagartas grandes na área. A mesma observação e justificativa se aplica à área foliar destruída. No entanto, verifica-se que a porcentagem média de plantas atacadas (46,25 %) foi bem menor do que a verificada no

experimento I (76,45%). Esse fato corrobora a afirmação do parágrafo anterior, apesar da crença popular de que o milho safrinha é mais intensamente atacado pela *S. frugiperda* do que o milho da safra devido à menor precipitação pluviométrica, uma vez que se acredita que as chuvas promovem o controle dessa praga. Porém, a menor umidade atmosférica, decorrente da redução da precipitação pluviométrica e do decréscimo da temperatura média do período (Figura 3), cria condições adversas ao crescimento populacional de *S. frugiperda*.

Tabela 8. Médias dos parâmetros avaliados na primeira avaliação realizada aos 15 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de adubação silicatada. Botucatu, 08/05/08

Tratamento	Nº de lagartas grandes/planta (>1,5 cm)	Nº de lagartas pequenas/planta (<1,5 cm)	Nota dano	Área foliar destruída (mm <sup>2</sup> )	Altura planta (cm)	Número total de folhas/planta	Plantas atacadas (%)
1	0,20a	0,45a	2,35a	402,25a	30,12a	7,07a	44,69a
2	0,17a	0,57a	2,67a	270,00a	33,12a	6,77a	44,56a
3	0,10a	0,60a	2,55a	345,00a	29,95a	6,22a	43,29a
4	0,17a	0,45a	2,22a	217,50a	30,05a	6,42a	55,93a
5	0,27a	0,45a	2,47a	235,00a	33,32a	6,77a	51,01a
6	0,10a	0,57a	2,25a	236,25a	29,75a	6,42a	37,40a
7	0,12a	0,67a	2,27a	169,25a	31,07a	6,82a	46,85a
S	0,12	0,31	0,43	236,29	2,05	0,50	10,24
CV	73,15	59,14	17,92	88,20	6,60	7,58	22,14
dms	0,28	0,74	1,00	551,75	4,78	1,17	23,91

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

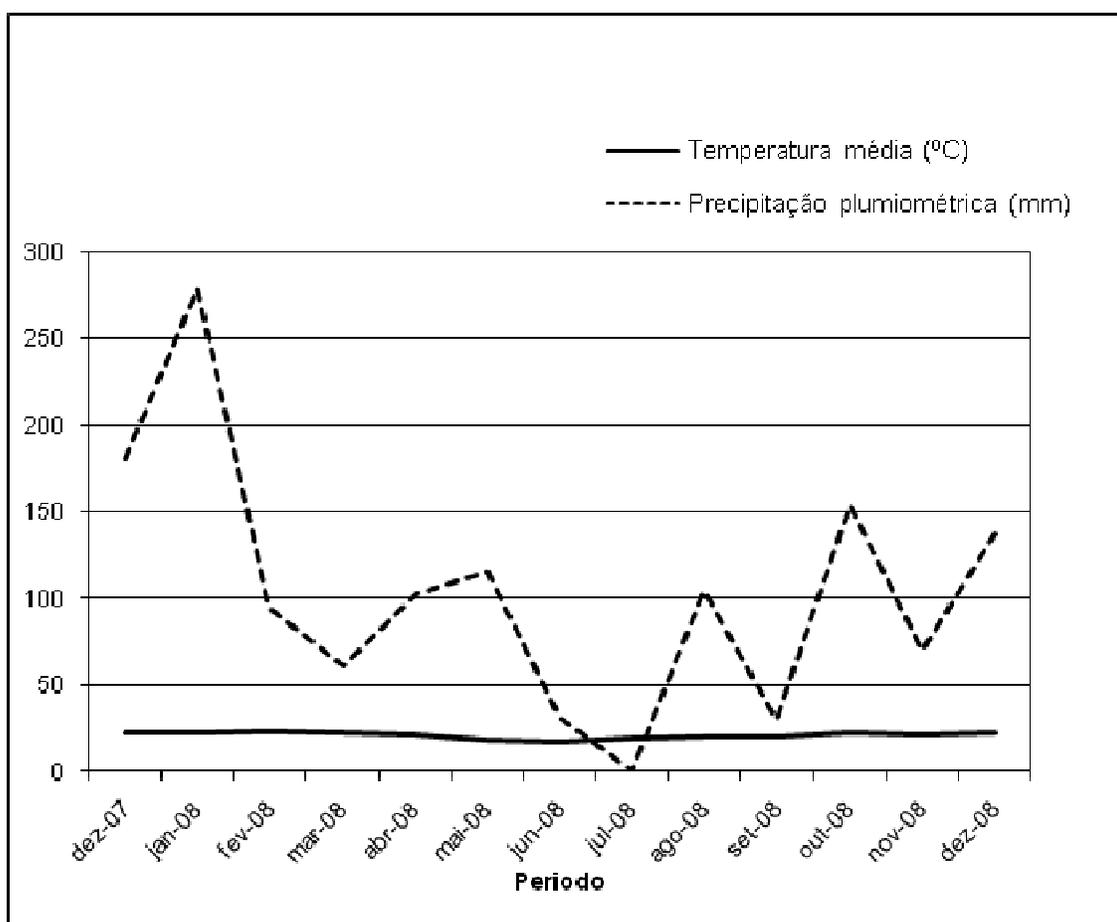


Figura 3. Dados climáticos: médias mensais de temperatura e precipitação do período de condução dos experimentos I e II, dezembro de 2007 a dezembro de 2008. Botucatu. 2008.

A segunda avaliação realizada 30 dias após a germinação, coincidiu com a adubação silicatada em cobertura. Dessa forma os tratamentos 3 e 4 receberam a adubação silicatada pela primeira vez e os tratamentos 5 e 6 receberam a segunda dose de adubo silicatado. Nessa avaliação também não foi verificada influência significativa do silício tanto no desenvolvimento vegetativo das plantas quanto na incidência da lagarta do cartucho (Tabela 9).

Também se observou que o número de lagartas grandes por planta (0,16 em média) manteve-se inalterado enquanto que o número de lagartas pequenas por planta sofreu uma redução de 0,54, em média na avaliação anterior, para 0,28 em média nessa

avaliação. Winslow (1992) e Deren *et al.* (1994) descreveram que o acúmulo de Si possivelmente contribui para a resistência às doenças e pragas, embora, nem sempre plantas com altos conteúdos de Si acumulado apresentem resistência. Fatores físicos, bioquímicos, além da genética, podem também influenciar a resistência a insetos e esses devem ser identificados (SAVANT *et al.*, 1997).

A nota de dano média (2,34) manteve-se praticamente no mesmo nível da avaliação anterior. A área foliar destruída pelas lagartas aumentou de 267,89 mm<sup>2</sup> em média na avaliação anterior, para 314,39 mm<sup>2</sup> em média.

Na segunda avaliação do experimento II verificou-se também sensível redução nos valores verificados para os parâmetros referentes à praga em relação ao experimento I, indicando que a época do ano, final de outono, é desfavorável à *S. frugiperda*, embora a nota atribuída aos seus danos tenham se mantido praticamente inalterada, a área foliar destruída foi de aproximadamente um terço da verificada na segunda avaliação do experimento I.

Tabela 9. Médias dos parâmetros avaliados na segunda avaliação realizada aos 30 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de adubação silicatada. Botucatu, 21/05/08.

Tratamento	Nº de lagartas grandes/planta (>1,5 cm)	Nº de lagartas pequenas/planta (<1,5 cm)	Nota dano	Área foliar destruída (mm <sup>2</sup> )	Altura planta (cm)	Número total de folhas/planta
1	0,22a	0,27a	2,22a	175,00a	56,65a	9,17a
2	0,15a	0,35a	2,52a	310,00a	56,42a	9,00a
3	0,15a	0,20a	2,52a	699,75a	57,32a	8,95a
4	0,17a	0,27a	2,27a	118,50a	46,62a	8,22a
5	0,25a	0,20a	2,47a	197,50a	60,17a	9,45a
6	0,05a	0,35a	2,02a	100,00a	51,32a	9,10a
7	0,12a	0,32a	2,37a	600,00a	53,92a	9,12a
S	0,13	0,20	0,59	436,37	5,86	0,56
CV	83,14	73,30	25,18	138,79	10,73	6,26
dms	0,31	0,48	1,37	1018,93	13,69	1,31

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na terceira avaliação, realizada aos 45 dias após a germinação, também não foi verificada nenhum efeito do Si, aplicado em adubação no solo, tanto sobre os parâmetros vegetativos da cultura quanto aos relativos a ação da praga.

O exame da Tabela 10 permite verificar que o número de lagartas grandes aumentou de 0,16 em média na avaliação anterior para 0,23 nessa avaliação. Já o número de lagartas pequenas manteve-se praticamente inalterado, em média 0,28 na avaliação anterior e 0,27 nessa avaliação. A mesma observação pode ser feita com relação à nota média atribuída ao dano, que na avaliação anterior foi 2,34 e nessa foi 2,55. Esse fato também se verificou em relação à área foliar destruída que foi de 339,71 mm<sup>2</sup> em média. A porcentagem de plantas atacadas, que foi prejudicada na segunda avaliação, caiu bastante da primeira para a terceira avaliação de 46,25% para 22,88% em média.

Tabela 10. Médias dos parâmetros avaliados na terceira avaliação realizada aos 45 dias após a germinação das plantas de milho no experimento de adubação silicatada. Botucatu, 05/06/08

Tratamento	Nº de lagartas grandes/planta (>1,5 cm)	Nº de lagartas pequenas/planta (<1,5 cm)	Nota dano	Área foliar destruída (mm <sup>2</sup> )	Altura planta (cm)	Número de folhas/planta	Plantas atacadas (%)
1	0,27a	0,97a	2,87a	233,75a	86,90a	9,12a	26,37a
2	0,25a	0,37a	2,77a	272,25a	84,67a	9,15a	27,95a
3	0,20a	0,17a	2,67a	330,00a	86,87a	9,37a	15,82a
4	0,20a	0,10a	2,10a	339,50a	86,35a	9,47a	25,23a
5	0,22a	0,07a	2,75a	583,75a	82,82a	8,92a	22,31a
6	0,30a	0,07a	2,42a	220,00a	86,22a	9,27a	23,73a
7	0,20a	0,12a	2,27a	398,75a	87,92a	8,97a	18,75a
s	0,10	0,34	0,65	334,73	6,03	0,47	11,62
CV	45,74	128,61	25,70	98,53	7,02	5,12	50,79
dms	0,25	0,81	1,53	781,59	14,09	1,10	27,13

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nessa avaliação no experimento I as plantas já se apresentavam inadequadas para a presença das lagartas de *S. frugiperda* devido ao desenvolvimento vegetativo mais intenso como se pode observar através dos dados de altura de plantas 111,9 cm em média em comparação com 85,96 cm em média no experimento II. Devido ao menor desenvolvimento verificado no experimento II, nessa avaliação foi constatada a presença de lagartas pequenas, indicando que as plantas ainda sofreriam os danos dessa praga por mais

algum tempo. No entanto a porcentagem de plantas atacadas foi semelhante em ambos experimentos na avaliação realizada aos 45 dias após a germinação.

Devido à aproximação do inverno as plantas passaram rapidamente da fase vegetativa para a reprodutiva inviabilizando a avaliação que deveria ser realizada aos 60 dias após a germinação, visto que nessa ocasião já se encontrava fechado o cartucho da maioria das plantas que já haviam lançado a inflorescência masculina. Esse fato pode ser importante para o equilíbrio populacional da praga, uma vez que as lagartas pequenas não encontrariam condições favoráveis para o seu desenvolvimento devido ao estágio vegetativo da cultura, sofrendo um aumento da mortalidade caracterizando as baixas populações de adultos no inverno.

Na tabela 11 são apresentados os dados referentes a colheita, realizada aos 140 dias após a germinação. Nessa avaliação foi contado apenas o número de espigas na linha central, visto que devido à elevada umidade dos grãos e o iminente início do período chuvoso ficou inviável a debulha para a pesagem. Comparando o número médio de espigas colhido no experimento I (42,8), com o do experimento II, (33,64), verificou-se uma sensível redução no potencial produtivo do milho cultivado nesse período do ano. Fato que pode ser atribuído ao típico inverno da região de Botucatu, que além da redução da temperatura tem a precipitação pluviométrica (Figura 3) bastante reduzida gerando déficit hídrico e redução do fotoperíodo.

Tabela 11. Médias dos parâmetros avaliados na colheita do milho no experimento de adubação silicatada. Botucatu, 08/09/08.

Tratamento	Nº de espiga linha central
1	34,75a
2	33,00a
3	32,00a
4	28,50a
5	33,00a
6	37,75a
7	36,50a
s	9,53
CV	28,34
dms	22,27

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Korndörfer (2007), as escórias são as principais fontes de silício para o solo e são utilizadas como corretivos da acidez, isto é, têm a capacidade de neutralizar a acidez do solo e produzir o ácido monossilícico  $H_4SiO_4$ , que é a principal forma de silício absorvido pelas plantas. Assim, a sua aplicação e sua respectiva dissolução elevam o pH do solo e os teores de cálcio e magnésio, permitindo além da reposição destas bases no complexo de troca, a neutralização do alumínio trocável. Com o aumento do pH, a atividade de silício em solução tende a aumentar. No entanto a atividade do cálcio em solução tende a diminuir (LINDSAY, 2001), podendo influenciar na disponibilidade de cálcio para as plantas e seu fluxo para o citoplasma. Isto poderá afetar a estabilidade das biomembranas, alterando a resistência da parede celular (TAÍZ & ZEIGER, 2004). Como o cálcio, o magnésio e os micronutrientes podem também diminuir suas atividades com o aumento do pH, que por sua vez pode influenciar na biossíntese da clorofila, já que esses nutrientes funcionam como constituintes de estruturas orgânicas, predominantemente envolvidas na função catalítica de enzimas (TAÍZ & ZEIGER, 2004). Dessa forma, a falta ou excesso de um ou mais destes nutrientes influencia não só o crescimento e a produtividade, mas também pode afetar a resistência ou a tolerância da planta a doenças e pragas.

Apesar de inúmeros trabalhos, realizados sob as mais variadas condições, principalmente em laboratório, ter demonstrado que o Si interfere tanto sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas e produtivo das culturas, além de afetar tanto a biologia como o dano provocado pelas pragas, verificou-se através dos dados apresentados, que os efeitos promovidos pelo uso do Si nas condições desse trabalho não foram suficientes para interferir de maneira significativa tanto no desenvolvimento vegetativo e na produtividade quanto na incidência da praga e na prevenção dos seus danos.

Uma questão importante a ser considerada seria: se os efeitos demonstrados na maioria dos trabalhos realizados em condições controladas podem ser considerados pequenos, qual seria o seu resultado em condições práticas, semelhantes àquelas nas quais o agricultor trabalha? Provavelmente não seriam diferentes das encontradas nesse trabalho que procurou reproduzir as condições verificadas nas culturas comerciais de milho.

Discutir o efeito do Si na condição de campo é bastante difícil visto que inúmeros fatores podem interferir na sua ação. O primeiro deles e mais importante é o tipo de solo visto que a maior ou menor absorção do Si depende da disponibilidade desse elemento na solução do solo. Num solo onde a disponibilidade de Si é alta a aplicação de mais Si provavelmente não interferirá na fisiologia da planta devido a Lei do Mínimo, demonstrada por Liebig (1862), que relata que o elemento em menor disponibilidade no solo determina o aproveitamento dos demais (MALAVOLTA, 2006). Dado a grande disponibilidade do Si na maioria dos solos a manifestação dos seus efeitos sobre as plantas e conseqüentemente sobre os agentes biológicos que as utilizam é de difícil constatação em condições de campo. Dessa forma pode-se afirmar que a intensidade da ação do Si sobre esses agentes biológicos na natureza, já deve ser próxima do máximo atingível.

Um aspecto importante do Si está no fato de ser um condicionante do solo melhor do que o Ca, no que tange principalmente à correção do pH e na redução da toxicidade do Al e do Mn, visto que em menores quantidades proporciona melhores resultados. Essa ação é importante para o pleno desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas e conseqüentemente para garantir maior resistência aos agentes biológicos de competição. No entanto, essas características se evidenciarão em termos práticos em áreas onde esses problemas seriam realmente limitantes.

## **8 CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos nesse trabalho, que procurou reproduzir as condições verificadas na cultura do milho, onde ocorre grande disponibilidade natural do silício na maioria dos solos, seus efeitos sobre as plantas e conseqüentemente sobre os agentes biológicos que as utilizam, não são suficientes para interferir de maneira significativa tanto no desenvolvimento vegetativo e na produtividade quanto na incidência da praga e na prevenção dos seus danos.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, London, v. 58, n. 3, p. 343-351, Sept. 1986.

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira, São Paulo, FNP, 2009. p.385-386.

AHMAD, R.; ZAHEER, S. H.; ISMAIL, S. Role of silicon in salt of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant science**, Limerick, v. 85, n.1, p. 43-50, 1992.

ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 1163 p.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; COSTA, L. M.; DIAS, A.; BARROS, N. F. Aplicação de resíduo siderúrgico em Latossolo: efeitos na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17 p.229-304, 1993.

ANDERSON, D. L.; SOSA, O. Jr. Effect of silicon on expression of resistance to sugarcane borer (*Diatraea saccharalis*). **Journal American Society of Sugar Cane Technologists**. v. 21, p. 43-50, 2001.

ANTUNES, C. S. **Efeito do silício sobre as lagartas-chave e seus inimigos naturais em milho e girassol**. 2009. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ARNON, D.I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 371-375, 1939.

AYRES, A. S. Calcium silicate slag as grown stimulant for sugarcane on low-silicon soils. **Soils Science**, Baltimore, v. 101, n. 3, p. 216-227, Sept. 1966.

BARKER, G. M. Grass host preferences of *Listronotus bonariensis*. **Journal Economic Entomology**. v. 82, p.1807-1816, 1989.

BASAGLI, M. A. B. **Efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera : Aphididae) e deste pulgão em alguns aspectos biológicos do predador *Crysoperda externa* (Hagen, 1861) (Neurpotera : Chrysopidae)**. 2002. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

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

BIRCHALL, J. D.; BELLIA, J. P.; ROBERTS, N. B. On the mechanisms underlying the essentiality of silicon – interactions with aluminium and copper. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 149, p. 231-240, 1996.

BLACKMAN, E. Opaline silica bodies in the range grasses of southern Alberta. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 49, n. 5, p. 769-781, 1971.

BLACKMAN, R. L. Reproduction, cytogenetics and development. In: MINKS, A. K.; HARREWINTJN, P. **World crop pests aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1987. chap. 3, p. 163-196.

BLUM, A. Anatomical phenomena in seedlings of sorghum varieties resistant to the sorghum shoot fly *Atherigona varia soccata*. **Crop Science**, 8:388-391.

- BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA; IAPAR; SBCS, 1988. 317 p.
- BRODBECK, B. et al. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. **Entomologia Experimentalis**, 2001.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- BRUNES, C. T. **Insect dietary**. Cambridg: Harvard University Press, 1946. 466 p.
- BRADY, N. C. 1992. The nature and properties of soil. 10<sup>th</sup>. ed. **New York: Macmillan Publishing**, 1992. 179-200.
- CAIRES, E. F. et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 1029-1040, 2001.
- CARDOSO, A. M. et al. Efeito de diferentes adubações na eficiência de Baculovirus spodoptera para controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) na cultura do milho, Zea mays L. **Ecosistema**, v. 20, p. 124-130, 1995.
- CARDOSO, A.M., CIVIDANES, F. J.; NATALE, W. Influência da adubação fosfatada-potássica na ocorrência de pragas na soja. **Neotropical Entomology**, v.31, n. 3, p. 441-444, 2002.
- CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuações da população, controle e comportamento de Spodoptera frugiperda (J.E.Smith, 1797), e sua suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo**. 1970. 170 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.
- CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2000.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C., CARVALHO, J. G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão verde *Shizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 505-510, dez. 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-DF, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, dez. 2004.

CHEN, C. H.; LEWIN, J. Silicon as a nutrient element for *Equisetum arvense*. **Canadian Journal of Botany**, v. 47, p. 125-131, 1969.

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

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

COMHAIRE, M. El papel de la silica para los vegetales. **Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional del México**, México, v. 25, p. 35-38, 1965.

CORREA, R. S. B. et al. Silicon and Acibenzolar-S-Methyl as resistance inducer in cucumber, against the Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 429-433, 2005.

COSTA, R. R.; MORAES J. C.; ANTUNES, C. S Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Hemiptera: aphididae) por silício e acibenzolar-s methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, mar./abr. 2007.

CROCOMO, W. B. **Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera : Noctuidae)**. 1983. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

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

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 199,39p.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA,CNPMS, 1995. 45 p. (EMBRAPA/CNPMS. Circular técnica, 21).

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H. Efeito da planta de milho na eficiência do Baculovírus para controle de *Spodoptera frugiperda*. In: CONGRESSO DE ENTOMOLOGIA, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: ESALQ, 1993. 334p.

CUNHA, A.R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu-SP segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999. Botucatu **Anais...** Botucatu: UNESP, FCA, 1999, P. 478-491.

DEFELIPO, B. V. et al. Eficiência agrônômica de um resíduo de indústria siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.16, p.127-31. 1992.

DÉLANO-FRIER, J. P. et al. The effect of exogenous jasmonic acid on induced resistance and productivity in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) is influenced by environmental conditions. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 5, p. 1001-1034, May 2004.

DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E; SNYDER, G. H. Variable silicon content of rice cultivars grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, v. 15, p. 2363-2368, 1992.

DEREN, C. W.; GLAZ, B.; SNYDER, G. H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane genotypes grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 16, n. 11, p. 2273-2280, 1993.

DEREN, C.W. et al . 1994. Silicon concentration, disease response and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols. **Crop Science**, v. 34, p. 733-737, 1994.

DIXON, A. F. G. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids. In: MINKS, A. K.; HARREWIND, P. (Eds.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1987. v. 2A, p. 269-287, 450 p.

DUARTE, A. P. Milho: como fazer uma boa segunda safra. **Cultivar**, Pelotas, n.5, p.10-18, 2001.

DUFFIELD, S. J. et al. The influence of nitrogen fertilizer on the population development of the cereal aphids *Sitobion avenae* (F.) and *Metopolophium dirhodum* (Wilk.) on field grown wheat. **Annals of Applied Biology**, v. 130, p. 13-26, 1997.

ELAWAD, S. H.; GREEN, V. E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL RISO** v. 28, p. 235-253, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina, 2001. 281 p.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: facts vs concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology**. Plant Mol. Biol. v. 50, p. 641-664, 1999.

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

EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 37-39, 1995.

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

EXLEY, C. Silicon in life: a bioinorganic solution to bioorganic essentiality. **Journal of Inorganic Biochemistry**, New York, v. 69, n. 3, p. 139-144, Feb. 1998.

FANCELLI, A. L.; LIMA, U. A. Milho: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo: SICCI; PROMOCET; FEALQ, 1982. 112 p. (Série extensão agroindustrial, 5).

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Gerenciamento da cultura de milho**. Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 1999.

FARIA, R. G. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 47 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FAWE, A. et al. silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

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.) Merril**. 2006. 40 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FENG, M. J. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**. v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.

FIRME, D. J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia com fosfato natural**. 54f. 1986. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FOX, L.R. et al. Parasitism rates and sex ratios of a parasitoid wasp: effects of herbivore and plant quality. **Oecologia**, v. 83, p. 414-419, 1990.

FRANZOTE, B. P. et al. Aplicação foliar de Silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃOCONAFE, 8., 2005, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia, 2005. v. 2, p. 957-960.

FUNDERBURK, J. E., TEARE, I. D.; RHOADS, F. M. Populations dynamics of soybean insects pest vs. nutrient levels. **Crop Science**, v. 31, p. 1629-1633, 1991.

GASSEN, D. **Pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1994. 92 p.

GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. **Princípios de fertilidade do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 276 p.

GOODMAN, M.M. História e origem do milho. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G., P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 3-23.

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

GOMES, F. B. **Indução de resistência em trigo por silício e pelo pulgão *Shizaphis graminum***. 2003. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

GOMES, F. B. et al. Uso de Silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 185-190, mar./abr. 2008.

GOUSSAIN, M.M. **Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) e do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae)**. 2001. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

GOUSSAIN, M.M. et al. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p. 305-310,2002.

GRAVENA, S. O controle biológico na cultura algodoeira. **Informe Agropecuário**, v. 9, p. 3-15, 1983.

GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. *Adv. Agron.*, 31: 273-307, 1979.

GUPTA, U. C; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants and animals. *Adv. Agron.*, 34: 74-113, 1981.

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

HUBER, D. M.; WILHELM, N. S. The role of manganese in resistance to plant disease. In: *MANGANESE IN SOIL and PLANTS: AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM*, Glen Osmond. Glen Osmond: Waite Agriculture Research Institute, 1988. p. 155-173.

HUNT, D. W. A., DRURY, C. F. & MAW, H. E. L. Influence of nitrogen on the performance of Colorado potato beetle on tomato. *Environmental Entomology*, v. 21, p. 817-821, 1992.

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

JONES, C.A **C<sub>4</sub> grasses and cereals: growth, development, and stress response**. New York: Wiley, 1985.

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

JONES, L. H. P.; MILNE, A. A.; WADHAM, S. M. Studies of silica in the oat plant. II. Distribution of the silica in the plant. *Plant and soil*, Dordrecht, v. 18, n.3, p. 358-371, 1963.

KASTEN, P, Jr., PRECETTI, A. A. 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*, v. 53, p. 68-78, 1978.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Calcium silicate enhances resistance of sugarcane to the African stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Agricultural and Forest Entomology*. v.4, n.4, p.265-274, 2002.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Effect of four sources of silicon on the resistance of sugarcane varieties to *Eldana saccharina* (Lepidoptera:Pyralidae). **Proceedings of the Annual Congress South African Sugar Technologists' Association**, n.77 , p.99-103, 2003.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Increased resistance of sugarcane to *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) with calcium silicate application. **Proceedings of the Annual Congress South African Sugar Technologists' Association**, n.74, p. 221-222, 2000.

KINIRY, J.R.; BONHOMME. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (Ed.) **Predicting crop phenology**. Boca Raton: CRC Press. 1991. p. 115-131.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 3. ed. Uberlândia: GPSi, 2004. 23 p. (Boletim técnico, 1).

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, dez. 2002.

KORNDÖRFER, G.H.et al. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 635-641, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.et al. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 623-629, 1999a.

KORNDÖRFER, G. A.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 1-3, jun. 1995.

KORNDORFER GH. Uso do silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, p. 9-11, n. 117, 2007.

KLUTHCOUSKI, J; STONE, L. F. **Efeitos nocivos do manejo inadequado da adubação no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. 19 p.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 207p.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991.

LABROUSE, F. **La fécondité du sol**. Paris: Annales, Agronomiques, 1932, 311p.

LANNING, F. C.; LINKO, Y. Absorption and deposition of silica by four varieties of sorghum. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington,DC, v. 9, n. 6, p. 463-465, Nov./Dec. 1961.

LEIDERMAN, L.; SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais *Laphygma frugiperda* (Abbot & Smith, 1797). **Biológico**, São Paulo, v. 19, n. 6, p. 105-13, 1953.

LETOURNEAU, D. K. In global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. **Proc. Sixth Int. Sci. Conference of IFOAM**. Santa Cruz, CA.p. 581–587, 1988.

LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New Jersey: Blackburn, 2001. 449p.

LIMA, M. T. G. **Interrelação Cancro da haste (*Diaporthe phaseolarum* f. sp. *meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [ *Glycine max* (L.) Merrill]**. 1998. 58 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 1998.

LOUSADA, P. T. C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. 1987. 52f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

LUGINBILL, P. **The fall armyworm**. Washington, DC: USDA, 1928. 2 p. (Technical Bulletin, 34).

LUNA, J. M. InGlobal perspectives on Agroecology and Sustainable Agricultural Systems. **Proc. Sixth. Int. Sci. Conference of IFOAM**. Santa Cruz, CA. p. 589–600, 1988.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E., SNYDER, G. H., KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 17-39. (Studies in plant science, 8).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificações e fatos. Piracicaba: ProduQuímica, 153p. 1994.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, 251 p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 2006 , 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Berlin: Academic, 1995. 674 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 nd ed. San Diego: Academic, 1995. 889 p.

MAZE, P. Influences respectives elements de la solution minerale sur la desenvolute de mais. **Annuaire Institut Pasteur**, Paris, v. 28, n. 1, p. 1-48, 1914.

MATTSON, W. J., Jr. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 11, p. 119–161, 1980.

MENGEL, D. B. Role of micronutrients in efficient crop production. Purdue Univ. W. Laf., 1980. P. 2-4 (Coop. Ext. Ser., AY – 239).

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

MEYER, J. H.; KEEPING, M. G. Review of research into the role of silicon for sugarcane production. **Proceedings of the Annual Congress South African Sugar Technologists' Association**, n. 74 p. 29-40, 2000.

McFARLANE, J. D., JUDSON, G.J.; GOUZOS, J. Copper deficiency in ruminants ts the Southeast of South Australia. *Aust. J. Exp. Agric.*, 30: 187-193, 1990.

MILLER, E. R.; LEI, X; ULLREY, D. E. Trace elements in animal nutrition. In: MORTVEDET, J.J. et al. eds. **Micronutrients in agriculture**. 2nd. ed. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p. 593-662.

MORAES, J. C.et al. Feeding non-preference on 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, p. 761-766, 2005.

NASSAR, E. J.; MESSADEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Influência da catálise ácida na preparação da sílica funcionalizada pelo método sol-gel. **Química Nova**. V.25, n.1, p.27-31, 2002.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Perspectiva do pré-melhoramento do milho. In: UDRY, C.V.; DUARTE, W. (Org.). **Uma história brasileira do milho**: o valor dos recursos genéticos. Brasília, DF: ed. Paralelo 15, 2000. p. 43-63.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Quality-protein maize**. Washington, DC: National Academy Press, 1988, 100 p.

NAKANO,O; SILVEIRA NETO,S.; ZUCCHI, R.A.**Entomologia Econômica**.Piracicaba: Livroceres , 1981.314p.

NERI, D. K. P. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fich.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2006. 68 p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Entomologia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2006. 263 p.

OTTATI, E. L. **Relatório de estágio curricular supervisionado, realizado na Klabin:** fabricante de papel e celulose S/A. 1999. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

PÁDUA, L.E.M.; PARRA, J.R.P. Relação entre nutrição e exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambu. **Resumos....** Londrina: **Sociedade. Entomol. Brasil**, 1995. p.809.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Introdução à ecologia nutricional de insetos. In: (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991, p. 1-07.

PATEL, P. N. **Estudos de fatores bióticos de controle natural de população de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**.1981. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1981.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C. V.; DUARTE, W. (Org.). **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Ed. Paralelo 15, 2000. p. 11-41.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p.429-485.

PIMENTEL, D.; WARNEKE, A. Ecological effects of manure, sewage sludge and other organic wastes on arthropod populations. **Agricultural Zoology Reviews**. v. 3, p. 1–30, 1989.

PRADO, R. de M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

QUAGGIO, J. A. **A acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK, R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.151, p.497-501, 1997.

RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.58, p.179- 207, 1983.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991, 343p.

RAIJ, B.van; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v. 32, p. 223-231, 1973.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989, 21 p. (Special report, 48).

RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J. et al. Micronutrients in agriculture. 2. Ed. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p. 297-328.

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

SANGSTER, A. G. Intracellular silica deposition in immature leaves in three species of the Gramineae. **Annals of Botany**, London, v. 34, n. 136, p. 245-257, 1970.

SANTOS, D. M. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

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

SIFUENTES, J.A. Oviposición de palomillas del cogollero y daño de las larvas en plantulas de maiz y sorgo, en invernadero. **Agricult. Técn.**, v.2, n.7, p.311-314, 1967.

SILVA, D.M.P.et al.; Identificação de fontes de resistência em cultivares de milho à *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) em casa de vegetação. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 1, p.101-06, 1999.

SILVA, J. A. **Plant, mineral nutrition**. (Yearbook of Science and technolog). McGraw-Hill Book. 1973.

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**, v. 25, n. 3, p. 771-777, 2001.

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./abr. 2003.

SMITH, B. C. Effects of silica on the survival of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinelidae) and *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). **Can. Entomol.** v. 101, p. 460-462, 1969.

SNYDER, G. H.; JONES, D. B.; GASCHO, G. J. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. **Soil Sci. Soc. Am. J.**v. 50, p.1259-1263, 1986.

SOILS and rice. Los Banos: 1978. International Rice Research Institute. 1978. 825 p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.et al., (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. cap.5, p.420-433.

TANAKA, A.; PARK, Y. D. Significance of the absorption and distribution of silica in the growth of rice plant. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 12, p. 23-8, 1966.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1997. p. 109-110.

TAKKAR, P.N. Requirement and response of crop cultivars to micronutrient in India – a review. In: RANDALL, P.J. et al, (Eds). **Genetic aspects of plant mineral nutritional**. Netherlands: Kluwer Academic, 1993. P. 341-348.

TERAN, F. O. 1983. Densidade larval de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e seu controle natural em milho. **Anais da sociedade Entomológica do Brasil**, 12(1):31-40.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 27-33, 2000.

WERNER, D. Silicate metabolism. In: WERNER, D. (Ed.). **The biology od diatoms**, Oxford: Blackwells Scientific, 1977. p. 110-149.

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

WINSLON, M. D. Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, v. 32, p.1208-13, 1992.

WITTEWER, S. H. & HASEMAN, L. Soil nitrogen and thrips injury on spinach. **Journal of Economic Entomology**, v. 38, p 615-617, 1945.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Histochemistry of silicon in rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 8, p. 107-111, 1962.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 8, p. 15-21, 1962.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Role of silicon in rice nutrition. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v. 5, p. 123-133, 1959.

ZALESKI, S. R. M. **Biologia, danos e determinação dos limites térmicos para o desenvolvimento de *Cinara atlântica* (Wilson, 1919) (Hemiptera:Aphididae) em *Pinus***

**taeda L. (Pinaceae)**. 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

QINQ, Z; et al. Effects of Si fertilizer on maize (*Zea mays*) yield and on quality of maize population. **Journal of Maize Sciences**. v. 10, n. 1, p. 81-83, 2002.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1993. 139 p.

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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