

**ÁCIDO SILÍCIO E ACIBENZOLAR-S-  
METHYL NO DESENVOLVIMENTO DE**  
*Schizaphis graminum* (Rondani)  
**(Hemiptera: Aphididae) EM PLANTAS DE**  
**TRIGO**

**ROSANE RODRIGUES COSTA**

**2005**

ROSANE RODRIGUES COSTA

**ÁCIDO SILÍCICO E ACIBENZOLAR-S-METHYL NO  
DESENVOLVIMENTO DE *Schizaphis graminum* (Rondani)  
(Hemiptera: Aphididae) EM PLANTAS DE TRIGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador**

**Prof. Dr. Jair Campos Moraes**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005**

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

Costa, Rosane Rodrigues

Ácido silícico e acibenzolar-S-methyl no desenvolvimento de  
*Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de  
trigo / Rosane Rodrigues Costa. – Lavras: UFLA, 2005.

40 p. : il.


Orientador: Jair Campos Moraes.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Trigo. 2. Silício. 3. ASM. 4. Pulgão verde. 5. *Triticum aestivum*. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.119754



**ROSANE RODRIGUES COSTA**

**ÁCIDO SILÍCICO E ACIBENZOLAR-S-METHYL NO  
DESENVOLVIMENTO DE *Schizaphis graminum* (Rondani)  
(Hemiptera: Aphididae) EM PLANTAS DE TRIGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 05 de agosto de 2005**

**Dr. Ernesto Prado**

**INIA/CHILE**

**Dr. Alexander Machado Auad**

**EMBRAPA Gado de Leite**

  
**Prof. Dr. Jair Campos Moraes**  
**UFLA**  
**(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL**

**“Bendito o que confia no Senhor e cuja esperança é o Senhor. Por que será como a árvore plantada junto às águas, que estende as suas raízes para o ribeiro, e não receia quando vem o calor, mas sua folha fica verde, e na sequeidão não esmorece e nem deixa de dar o seu fruto.”**

**Jer. 17: 7 - 8**

**A DEUS, pela presença em minha vida e pela MISERICÓRDIA. Aos meus pais,  
ROBSON RODRIGUES e MARIA AUXILIADORA, pelo inesgotável  
AMOR que me inspira e pelo APOIO que me faz seguir em frente.**

## **DEDICO**

**Às irmãs Ronelza e Rejane pelo carinho, orgulho e cumplicidade.  
Ao tio Júnior César, o qual sei que olha por todos nós.  
Aos meus Avós Anita Guedes e Sebastião Rodrigues.  
Ao Carlos Eduardo pelo amor, companheirismo,  
paciência, dedicação e ajuda em tudo.**

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela infinita bondade.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia, pela realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Jair Campos Moraes pela orientação, ensinamentos, confiança e oportunidade de realização deste trabalho.

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

A todos os professores do Departamento de Entomologia, em especial aos professores Geraldo Andrade Carvalho e Brigida de Souza, pelos ensinamentos.

Ao professor Júlio Louzada do Departamento de Biologia pela amizade.

Aos pesquisadores Dr. Ernesto Prado e Dr. Alexander Auad, por aceitarem participar da banca examinadora.

A Melissa e Lia pela amizade e importância em minha vida. Por sempre me acolherem, fazendo os momentos de alegria mais alegres e os momentos difíceis, menos importantes.

A Bebel e Renata pelos constantes carinho e força.

Aos colegas de turma, Andréa, Giselle, Lucas, Stephan, Mauro, Elza, Estér e Leticia, pelos momentos de convivência e descontração.

Aos Marcos, Rogério, Natanael e Julinho pelo auxílio nos experimentos.

A Danila e Flávia pelos conselhos e pela ajuda nas pesquisas bibliográficas.

Aos funcionários, Fabio, Lisiane, Nazaré, Marli e Elaine, e a todos os colegas e estagiários do Departamento de Entomologia, pela convivência harmoniosa durante todo o tempo.

A Dona Maria Inês e Senhor Geraldo pela acolhida.

Aos meus queridos familiares, tias, tios e primas pela torcida e pelo carinho.

Aos amores de minha vida: Mãe, Pai, Ronelza, Rejane e Carlos.



# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 O trigo.....	3
2.2 O pulgão-verde.....	4
2.3 O silício.....	5
2.3.1 Silício na agricultura.....	6
2.3.1.1 Silício como fertilizante.....	7
2.3.1.2 Silício nas plantas.....	8
2.3.1.3 Silício na proteção das plantas contra agentes bióticos.....	11
2.3.1.4 Silício e a resistência induzida.....	13
2.4 O Acibenzolar-S-Methyl.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Criação de manutenção do <i>S. graminum</i> .....	17
3.2 Metodologia geral.....	17
3.2.1 Teste de preferência com chance de escolha.....	18
3.2.2 Biologia do pulgão-verde.....	19
3.2.3 Colonização de pulgões em plantas de trigo.....	20
3.2.4 Análise Estatística.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Teste de preferência com chance de escolha.....	21
4.2 Biologia do pulgão-verde.....	23
4.3 Colonização de pulgões em plantas de trigo.....	28
5 CONCLUSÕES.....	31



## RESUMO

COSTA, Rosane Rodrigues. **Ácido silícico e acibenzolar-S-methyl no desenvolvimento de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo.** 2005. 41 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Neste trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito do silício e do acibenzolar-S-methyl (ASM) no desenvolvimento do pulgão-verde em plantas de trigo. Para tanto, plantas de trigo cultivar Embrapa 22 foram cultivadas em vasos em sala climatizada e em casa-de-vegetação. O experimento constituiu-se de um fatorial 4 (sem silício, silício via foliar, silício via solo e silício via solo + foliar) x 2 (com e sem acibenzolar-S-methyl), em delineamento inteiramente ao acaso, exceto para o teste de preferência com chance de escolha, o qual foi montado em delineamento em blocos completos casualizados com dez repetições. A concentração de ácido silícico utilizada foi de 1% e a do ASM, 0,5%. Para a avaliação dos tratamentos foram realizados testes de preferência com chance de escolha (contagem de pulgões adultos em secções foliares de plantas de trigo), biologia (duração dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, mortalidade no período pré-reprodutivo, número de ninfas colocadas, longevidade e taxa de crescimento populacional) e colonização dos pulgões (número de pulgões adultos e ninfas em cada vaso). No teste de preferência com chance de escolha, as plantas que receberam ASM não foram preferidas pelos pulgões. Na avaliação da biologia desse afídeo, houve uma mortalidade média no período ninfal de 32%, duração de 9 dias do período pré-reprodutivo e 16 dias do reprodutivo, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. De modo geral, a aplicação de silício ou ASM reduziu significativamente o número de ninfas colocadas, a taxa de crescimento populacional, o período pós-reprodutivo e a longevidade do *S. graminum*. Na colonização de pulgões, observou-se que o número de pulgões adultos foi reduzido significativamente pela aplicação de ASM, sendo que aplicação de silício via solo, associada ou não à aplicação via foliar, reduziu o número de ninfas. Conclui-se que a aplicação de ácido silícico, principalmente via solo, ou ASM, são promissores como ferramenta no manejo integrado do pulgão-verde, não havendo efeito sinérgico entre eles.

---

\*Comitê orientador: Jair Campos Moraes – UFLA (Orientador)

## ABSTRACT

COSTA, Rosane Rodrigues. Silicon acid and acibenzolar-S-methyl at the development of *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) in wheat plants. 2005. 41p. Dissertation (Master in Agronomy/Entomology) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

The objective of this work was to evaluate the effect of silicon and acibenzolar-S-methyl (ASM) in the development of aphid (greenbug) in wheat plants. For that, cultivar Embrapa 22 wheat plants were cultivated in weathered rooms and in greenhouses. The experiment involved a 4 factorial (no silicon, silicon on leaf, silicon in the soil and silicon in the soil + on leaf), x 2 (with and without acibenzolar-S-methyl), in entirely randomicaly lines, except for the preference test with chance of choice, which was set in lines in full blocks randomized with 10 repetitions. The concentration of silicon acid used was 1% and of ASM, 0.5%. For the evaluation of the treatments preference tests with chance of choice were made (counting of adult aphids in leaf sections of wheat plants), biology (length of pre-reproductive, reproductive and post-reproductive periods, mortality rate during the pre-productive period, number of nymphs placed, longevity and population growth rate) and colonization of aphids (number of adult aphids and nymphs in each vase). In the preference test with chance of choice, the plants that received ASM were not chosen by the aphids. In the evaluation of this biology of this aphid, there was an average mortality rate at the nymphal period of 32%, length of 9 days of the pre-reproductive period and 16 days of the reproductive period, having no significant differences among the treatments. In general, the administering of the silicon or ASM reduced significantly the number of nymphs placed, the population growth rate, the post-reproductive period and the longevity of the *S. graminum*. In the colonization of aphids, a significant reduction of the number of adult aphids was observed by administering ASM, whereas the use of silicon in the soil, associated or not to the use on leaf, reduced the number of nymphs. The conclusion is that administering silicon acid, mostly in the soil, or ASM, are promising as a way in the integrated wield control of aphid (greenbug), not having synergetic effect between them.

---

\* Advisory Committee: Jair Campos Moraes - UFLA (Adviser)

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um importante cereal cultivado no Brasil e no mundo, representando cerca de 30% da produção de cereais. Esse cereal fornece aproximadamente 20% das calorias ingeridas pela população. Apesar de sua importância, a produção brasileira, cerca de 2,8 milhões de toneladas/ano, é incapaz de abastecer o mercado interno que importa aproximadamente 6,5 milhões de toneladas/ano (Agrianual, 2001). Dentre os principais problemas enfrentados pela triticultura brasileira pode-se destacar os insetos-praga, que ocasionam baixa produção e afetam a qualidade dos grãos.

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) é um dos principais insetos-praga da cultura do trigo. As injúrias e danos causados por esse afideo atingem a planta em praticamente todos os estádios fenológicos, desde a fase de plântula até o enchimento dos grãos, podendo levá-la à morte (Silva et al., 1996). O pulgão-verde causa danos diretos e indiretos, danificando as plantas pela grande quantidade de seiva extraída, causando limitações de água e nutrientes e injetando toxinas durante a alimentação, as quais causam clorose e necrose do tecido foliar. Além disso, esse inseto pode transmitir viroses, predispor a planta a doenças e afetar a qualidade dos grãos (Berger et al., 1983; Cruz et al., 1998).

Para o seu controle, utilizam-se inseticidas de amplo espectro de ação, porém cada vez menos eficientes, tornando necessário, com isso, um maior número de aplicações e dosagens mais altas, provocando um maior impacto ao ambiente e ao homem (Shufrán et al., 1996). Métodos de controle que visam diminuir a utilização de inseticidas estão sendo cada vez mais pesquisados para o controle de pragas, dentre eles a adubação à base de silício, pesquisada quanto à indução de resistência em plantas.

O fornecimento de silício tem beneficiado muitas espécies vegetais, principalmente plantas da família Poaceae (gramíneas), estimulando o crescimento e a produção, além de propiciar proteção contra estresses abióticos e diminuir a incidência de insetos-praga e doenças (Epstein, 1994 e 1999; Marschner, 1995; Savant et al., 1997b), podendo ainda aumentar a produção de grãos em algumas espécies de gramíneas.

Existem produtos sintéticos que agem como elicitores de resistência em plantas contra agentes bióticos (insetos ou patógenos). O acibenzolar-S-methyl é o composto mais estudado e mais eficiente. Estudos realizados por Correa et al. (2005) demonstraram a eficiência desse produto no controle de mosca-branca em plantas de pepino.

Desta forma, o objetivo nesse trabalho foi avaliar o efeito do silício e do acibenzolar-S-methyl no desenvolvimento do pulgão-verde em plantas de trigo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O trigo

O trigo, *Triticum aestivum*, é uma planta da família das gramíneas, originária de outras gramíneas silvestres. O trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem. Ele possui um tipo de proteína com certa elasticidade, chamada de glúten, não encontrada em outros grãos (Silva et al., 1996).

Dentro do gênero *Triticum* há 14 espécies. Entretanto, apenas cinco são cultivadas comercialmente, sendo *T. aestivum* e *T. durum* as espécies mais importantes. O trigo comum (*T. aestivum*) abrange cerca de 90% da produção mundial. Comercialmente, o trigo é classificado com base em propriedades físicas e químicas relacionadas ao desempenho no processamento industrial. O trigo é a segunda cultura de grãos em produção no mundo, sendo sobrepujado apenas pelo milho na safra 2004/2005. Nesta safra, a China foi o maior produtor mundial de trigo, com cerca de 16,2 % do total. Os países da União Européia aparecem em 2º lugar, mas individualmente a posição é da Índia, seguida da Rússia, Estados Unidos, Ucrânia, Paquistão, Turquia, Canadá, Argentina e Cazaquistão, que detêm em torno de 50 % da produção mundial. As maiores produtividades do trigo foram obtidas pelos países que o cultivam na União Européia. Os países do Mercosul são responsáveis por apenas 2,9 % da produção mundial de trigo (SEAGRI, 2005).

Na safra 2004/2005, a área plantada no Brasil foi de 2756,3 mil hectares, ocorrendo a maior parte na região Centro-Sul, com 2755,8 mil hectares. O volume de trigo produzido no país, nesta mesma safra, foi de 5845,9 mil toneladas (CONAB, 2005).

## 2.2 O pulgão-verde

O pulgão-verde é de tamanho pequeno a médio, de cor verde-claro, sífúnculos cilíndricos e escurecidos somente na parte apical. As antenas possuem flagelo escuro em quase toda sua extensão (Penna-Martinez, 1985). A reprodução da maioria desses pulgões é por partenogênese telitoca obrigatória, formando clones (Moran, 1992), ou seja, os óvulos se desenvolvem sem serem fecundados e os machos são ausentes, ou extremamente raros, e em alguns casos não funcionais, e viviparidade, sendo o desenvolvimento embrionário completado dentro do corpo da mãe, produzindo ninfas ou larvas ao invés de ovos (Batista, 1974). Esse tipo de reprodução é comum em regiões de clima tropical, todavia, em clima temperado ocorre a chamada partenogênese cíclica, isto é, os insetos apresentam uma geração sexuada no outono e as outras gerações são assexuadas durante as outras estações (Radcliffe, 1982).

Nas formas sexuais desse afídeo a fêmea que coloca ovos é áptera. O macho é alado, colorido como a fêmea alada, porém menor, medindo 1,3 mm de comprimento. A fêmea coloca de 1 a 10 ovos nas dobras das folhas de gramíneas. Os ovos são amarelo-pálido quando postos, porém se tornam pretos e brilhantes após o final do terceiro dia. Tm cerca de 0,8 mm de comprimento (Pfadt, 1985).

As fêmeas vivíparas ápteras são mais comumente encontradas, tendo 2 mm de comprimento, e são amarelada-pálida a verde-azuladas com uma faixa dorsal verde mais escura correndo por todo dorso. A fêmea alada é ligeiramente menor, porém tem o corpo similar ao da fêmea áptera. Os indivíduos infestam as plantas e podem produzir de 3 a 4 gerações por mês. A temperatura ótima para reprodução situa-se entre 21 e 24 °C, embora elas possam reproduzir na faixa de 10 a 33 °C. Em condições ideais de temperatura, as fases jovens passam por quatro instares ninfais em uma semana. Algumas horas após se tornarem adultas,



fêmeas ápteras começam a colocar ninfas, todas fêmeas. Adultos jovens geram de 3 a 4 ninfas por dia, mas ocasionalmente alguns podem gerar até 10 ninfas por dia. Até vinte gerações podem se desenvolver durante um ano agrícola (Pfadt, 1985).

As injúrias e danos causados por esse afídeo atingem a planta em praticamente todos os estádios fenológicos, desde a fase de plântula até o enchimento dos grãos, podendo levá-la à morte (Silva et al., 1996).

O pulgão-verde causa danos diretos pela injeção de saliva e sucção de seiva. Enzimas presentes na saliva alteram as células e seus conteúdos, matando, por fim os tecidos vivos. Injúria local é observada como manchas amarelas ou centros necróticos na folha, enquanto injúrias sistêmicas tornam-se evidentes por exame de raiz, que parece paralisada. O pulgão-verde pode ainda causar dano indireto pela transmissão do Vírus do Nanismo da Cevada (IPEF, 1979).

### 2.3 O silício

Depois do oxigênio, o silício (Si) é o elemento mais abundante na litosfera. No solo, ele ocorre de várias formas, principalmente como sílica hidratada ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), íon silicato ( $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ ) e na forma coloidal. Quando dissolvido em água, ocorre na forma de monômero de silício ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) (Malavolta, 1976), isto é, a decomposição dos silicatos põe silício na solução do solo na forma de ácido monossilícico,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ , desde que o pH esteja abaixo de 9 (Malavolta, 1980).

Os silicatos são sais nos quais a sílica, combinada com o oxigênio, alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio e ferro, entre outros elementos, estão presentes em mais de 95% das rochas terrestres, meteoritos, em todas as águas, atmosfera, vegetais e animais (Lima Filho et al., 1999).

Grande parte do silício ocorre, principalmente, no mineral inerte das areias, no quartzo ( $\text{SiO}_2$  puro), na caulinita, micas, feudspato e em outros minerais de argila silicatada (Malavolta, 1976 e Rajj, 1991). Os minerais silicatados sofrem intemperização, cuja taxa depende de uma série de fatores, incluindo temperatura e pH, entre outros. Os feudespatos intemperizam-se mais rapidamente, resultando em argilas (montmorilonita e caulinita) e ácido silícico. Já o quartzo é relativamente estável, intemperizando-se mais lentamente, e com isso, não sendo uma fonte disponível de ácido silícico (Exley, 1998).

A solubilidade da sílica diminui com o aumento da acidez do solo, ocorrendo também precipitação do  $\text{SiO}_2$  quando sua concentração aumenta. O pH tem um efeito importante na solubilidade da sílica em água (Malavolta, 1976).

### **2.3.1 Silício na agricultura**

O ácido silícico é a única forma assimilável do silício pelas plantas (Raven, 1983). As principais fontes de ácido silícico, de acordo com Savant et al. (1997b), presentes na solução do solo, são a decomposição de resíduos vegetais, a dissociação do ácido silícico polimérico, a liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, a dissolução de minerais cristalinos e não-cristalinos, a adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação. Os principais drenos incluem a precipitação do silício em solução, formando minerais, a polimerização do ácido silícico, a lixiviação, a adsorção em óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pela planta.

O silício é um elemento que vem sendo cada vez mais utilizado na agricultura. Os silicatos têm comportamento no solo semelhante ao dos carbonatos de cálcio e magnésio, sendo capazes de elevar o pH e neutralizar o Al trocável quando aplicados como corretivos (Malavolta, 1980).

A ação do silício na desorção de fósforo é mais evidente nos solos menos intemperizados, com maior teor de caulinita, do que nos solos mais intemperizados, com maior teor de gibbsita (Carvalho et al., 2001).

A inclusão de silício nas culturas em solução nutritiva de plantas de feijão reduziu a toxicidade do Mn não por diminuir sua absorção ou translocação para a parte aérea, mas por aumentar a capacidade do tecido da folha de tolerar o Mn absorvido (Horiguchi, 1988).

Estudos mostrando que o silício freqüentemente confere proteção às plantas contra a toxicidade do Mn levaram à descoberta de que este papel do silício aplica-se também a outros cátions, particularmente o alumínio (Hidradate et al., 1998).

Pelas características de resistência que as plantas tratadas com silício apresentam, esse elemento está sendo estudado em complementação ao controle de praga, como *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Neri, 2004; Goussain et al., 2002) em milho e doenças agrícolas como a cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) em cafeeiro (Pozza, 2004; Santos, 2002).

### 2.3.1.1 Silício como fertilizante

Conforme Miyake & Takahashi (1985), a deficiência de silício em soja causa sintomas característicos, como a má-formação de folhas novas e a redução da fertilidade do grão de pólen.

A resposta do crescimento de plantas cultivadas em meio com ou sem silício revelou que a ausência desse elemento causou sintomas de deficiência em tomateiro (Miyake & Takahashi, 1978), pepino (Miyake & Takahashi, 1983) e morango (Miyake & Takahashi, 1986).

Há várias fontes ricas em silício que podem ser utilizadas na agricultura como fertilizante. Uma fonte de silício, para ser recomendada, precisa apresentar

elevado desempenho agronômico, alta solubilidade, alta concentração do elemento, facilidade de manuseio e baixo custo (Korndörfer & Datnoff, 1995). Esses autores concluíram ainda que o mecanismo de resistência às doenças conferido pelo silício é devido à sua associação com os constituintes da parede celular, tornando-os menos acessíveis às enzimas de degradação.

De acordo com Korndörfer & Datnoff (1995), existem muitas fontes de silício passíveis de utilização na agricultura, como corretivos e fertilizantes de solo, podendo-se destacar o metasilicato de sódio e de potássio, o ácido silícico e as escórias de siderurgia (silicatos de cálcio e potássio) e os termofosfatos magnesianos. Na Europa e nos Estados Unidos, resíduos siderúrgicos estão sendo empregados pelo setor agrícola como forma de adubação silicatada.

### **2.3.1.2 Silício nas plantas**

O silício solúvel é absorvido pelas raízes das plantas como ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) de forma passiva, acompanhando a absorção de água. É transportado através do xilema das plantas e depositado nas paredes das células, principalmente nas folhas. Parte do silício absorvido permanece na forma solúvel, mas a maior parte dele é incorporada na parede das células da epiderme, dos estômatos e tricomas das folhas e pequena parte forma depósitos amorfos (Epstein, 2001; Jarvis, 1987).

Segundo Sangster et al. (2001), existem na planta três locais conhecidos de deposição de silício: a parede celular, o lúmen celular e os espaços intercelulares nos tecidos das raízes, talos ou na camada extracelular da cutícula.

As plantas podem ser classificadas como acumuladoras e não acumuladoras de silício e intermediárias, de acordo com suas habilidades, as quais podem ser avaliadas de acordo com a relação Si:Ca encontrada nos

tecidos. Relações acima de um indicam que as plantas são consideradas acumuladoras; entre um e 0,5, que são consideradas intermediárias; e menores do que 0,5, que são não acumuladoras (Miyake & Takahashi, 1983). Posteriormente, Miyake & Takahashi (1985) caracterizaram as plantas em três tipos quanto à absorção de Si: Acumuladoras, com um teor bastante elevado de silício, sendo a absorção ligada à respiração aeróbica. O arroz e a cana-de-açúcar são exemplos típicos deste grupo de plantas; Não acumuladoras, caracterizadas por um baixo teor do elemento, mesmo com altos níveis de silício no meio, indicando um mecanismo de exclusão. Exemplo típico é o tomateiro, que acumula a maior parte do silício absorvido nas raízes; e Intermediárias, as quais apresentam uma quantidade considerável de Si quando a concentração de silício no meio é alta. As cucurbitáceas e a soja, por exemplo, enquadram-se nesse tipo, pois o silício se transloca livremente das raízes até a parte aérea.

O silício está envolvido em inúmeras características físicas das plantas, envolvendo uma série de eventos fisiológicos, favorecendo a fotossíntese. A falta do silício pode, portanto, resultar em diminuição da capacidade biológica da planta em resistir às condições adversas do meio ambiente (Rafi & Epstein, 1997).

Agarie et al. (1998) citam que o silício está associado à prevenção do progresso da senescência foliar devido à manutenção da fotossíntese e à proteção da distribuição de clorofila, principalmente em condições de altas temperaturas e baixa umidade. Os mesmos autores relatam que o silício está envolvido na estabilidade térmica dos lipídeos nas membranas celulares e, em condições de estresse ambiental, previne a deterioração estrutural e funcional da membranas celulares de arroz, sendo esta estabilidade o que contribui para a prevenção do processo de envelhecimento da folha.

Takahashi et al. (1980) relataram que o silício promove a assimilação de CO<sub>2</sub> nas lâminas foliares e a translocação de produtos assimilados para a panícula das plantas.

As concentrações de silício nos tecidos vegetais podem igualar as concentrações de potássio e nitrogênio, sendo, de acordo com Epstein (1994 e 1999), um elemento importante para certos vegetais.

Em algumas gramíneas, como o arroz, a cana de açúcar, o milho, o capim kikui e o capim Bermuda, e algumas não gramíneas, como alfafa, feijão, tomate, alface e repolho, foram constatados aumentos na produtividade com aumento de níveis de silício solúvel no solo (Elaward & Green, 1979; Korndörfer & Lepsch, 2001).

Doses crescentes de nitrogênio em gramíneas, na presença de silício, aumentaram a produção de matéria seca. Contudo, doses elevadas de nitrogênio resultaram em menor produção de matéria seca (Ho et al., 1980), pois neste caso o nitrogênio provoca maior flacidez nas plantas, principalmente nas folhas.

A deposição de silício em folhas novas de trigo ocorre predominantemente na epiderme inferior; já em folhas velhas a deposição ocorre em ambas as epidermes. Nas brácteas de inflorescência do trigo, as paredes epidérmicas externas é que são silificadas mais pesadamente (Hodson & Sangster, 1989). Resquícios de silício foram detectados em células buliformes, células epidérmicas, paredes dos tricomas, esclerênquima epidermal, mesófilo e diversos tipos de sistema vasculares presentes nas folhas (Hodson & Sangster, 1988). A translocação do silício em diferentes estágios de crescimento de plantas de trigo e azevém foi estudada por Jarvis (1987), que constatou que ao adicionar silício na fase inicial de crescimento das plantas, este foi rapidamente translocado para a parte aérea.



De acordo com Barbosa Filho (1987), o silício pode aumentar o número e o diâmetro dos aerênquimas nas plantas de arroz, estruturas responsáveis pela condução do oxigênio das folhas até a raiz.

Na parte aérea das plantas, o silício é armazenado após a evaporação da água, depositado na maioria das vezes no apoplasto, ao final da corrente transpiratória, principalmente na parede externa das células epidérmicas presentes em ambas as superfícies das folhas, tornando-se imóvel e não sendo mais redistribuído (Hodson & Sangster, 1988).

O silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas; o decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, devido à maior rigidez estrutural dos tecidos; a proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Al, Mn, Fe e Na; a diminuição na incidência de patógenos e o aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (Epstein, 1994; Marschner, 1995).

### 2.3.1.3 Silício na proteção das plantas contra agentes bióticos

A proteção conferida às plantas pelo silício pode ser devido, ao seu acúmulo e à polimerização de silicatos (sílica amorfa) nas células epidérmicas, logo abaixo da cutícula, formando uma barreira mecânica conhecida como “dupla camada silício-cutícula” (Yoshida et al. 1962<sup>1</sup>, citados por Savant et al., 1997a). A silificação da epiderme impede a penetração e a mastigação pelos insetos devido ao endurecimento da parede das células vegetais (Datnoff et al., 1991). Barreiras mecânicas incluem mudanças na anatomia, como células

---

<sup>1</sup>YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Histochemistry of silicon in rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 8, p. 107-111, 1962.

epidérmicas mais grossas e um grau maior de linificação e/ou silicificação. A sílica amorfa ou “opala”, localizada na parede celular, tem efeitos notáveis sobre as propriedades físicas desta. O acúmulo e deposição de silício nas células da camada epidérmica pode ser uma barreira mecânica efetiva na penetração de hifa (Epstein, 1994; Marschner, 1995).

Entretanto, a barreira mecânica proporcionada pelo silício nas células epidérmicas não é o único mecanismo de defesa contra a penetração de hifas de fungos ou o ataque de insetos. Resultados de pesquisas sugerem que, em plantas de pepino, o silício age no tecido hospedeiro afetando os sinais entre o hospedeiro e o patógeno, resultado de uma ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa da planta (Chérif et al., 1994; Samuels et al., 1991).

O silício resulta em vários benefícios para as plantas, principalmente as gramíneas, destacando-se a maior tolerância da planta ao ataque de insetos (Carvalho et al., 1999; Savant et al., 1997b), a redução na transpiração (Datnoff et al., 2001), a maior taxa fotossintética das plantas e a melhoria na arquitetura foliar (Deren, 2001).

Estudos com pepino demonstraram que plantas tratadas com silício tiveram suas reações de defesa contra a infecção por *Pythium* spp. mais rápidas e mais intensas do que as plantas não tratadas, promovendo uma efetiva restrição do patógeno (Chérif et al., 1992a; Chérif et al., 1994). Verificou-se que esta restrição estaria relacionada com a intensificação da barreira mecânica, o acúmulo de compostos fenólicos e lignina e um aumento da atividade da peroxidase, polifenoloxidase, quitinase e  $\beta$ -1,3 glucanase em plantas de pepino tratadas com silício e infectadas com *Pythium* spp., quando comparadas com plantas não tratadas com silício (Chérif et al., 1992b; Chérif et al., 1994).

Em plantas de sorgo, Carvalho et al. (1999) verificaram que a aplicação de silício via solo causou redução na preferência e na reprodução de *S. graminum*. De acordo com Goussain et al. (2002), a aplicação de silicato de



sódio afetou o desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* em plantas de milho.

#### 2.3.1.4 Silício e a resistência induzida

Conforme Dixon et al. (1994), resistência induzida (RI) é definida como um aumento da capacidade defensiva das plantas contra patógenos e pragas que é adquirida depois de um estímulo apropriado. A resistência induzida em plantas envolve a ativação dos mecanismos latentes de resistência nas plantas através do tratamento com agentes bióticos (microorganismos patogênicos, não-patogênicos, patógenos atenuados e herbívoros) ou abióticos (ácido salicílico, CO<sub>2</sub>, irradiação UV-C, quitosana, ácido silícico) conhecidos como elicitores, ou seja, agentes capazes de desencadear o processo de indução de resistência.

A resistência induzida depende do intervalo de tempo entre o tratamento inicial (elicitação) e o ataque do inseto ou patógeno, da intensidade luminosa, da velocidade de expressão, do tipo e da concentração do elicitador, da temperatura, da planta utilizada e da duração do efeito protetor, podendo ser específica ou não, local e/ou sistêmica, além de poder ser transmitida por enxertia (Roncatto, 1997) e até para plantas vizinhas (Baldwin & Schultz, 1983).

A resistência induzida envolve a ativação de defesas das plantas com alto custo metabólico, que provoca alteração na qualidade e na quantidade de substâncias secundárias e nutrientes, e alterações celulares e histológicas, que afetam o comportamento, a fisiologia, a biologia e a ecologia dos insetos e patógenos. Já na resistência constitutiva, a planta exibe elementos de defesa independentemente dos danos sofridos; neste caso os compostos e estruturas defensivas são sintetizados durante o curso de crescimento e desenvolvimento normais (Panizzi & Parra, 1991).

Essa resistência induzida é expressa localmente no sítio de ataque do patógeno e sistemicamente, em partes da planta não infectadas (Mauch-Mani & Métraux, 1998). Maiti et al. (1984) relataram a existência de uma correlação nítida entre o grau de resistência e a silificação.

Plantas tratadas com silício provavelmente desencadearam os mecanismos naturais de defesa, como, por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (Chérif et al., 1994; Epstein, 1999).

Gomes (2003) verificou que o sistema de defesa da planta é ativado tanto pela alimentação de *S. graminum* em plantas de trigo como pela adubação silicatada. O silício, isoladamente ou em conjunto com a infestação de pulgões, afetou negativamente a preferência e a taxa de crescimento do pulgão-verde e proporcionou um aumento significativo na atividade das enzimas oxidativas peroxidase e polifenoloxidase e da fenilalanina amônia-liase, envolvidas no processo de indução de resistência, sendo que o aumento da atividade dessas enzimas indica a síntese de compostos de defesa da planta a agentes externos. Provavelmente, o silício atuou como elicitador do mecanismo de resistência induzida em plantas de trigo. Costa & Moraes (2002) verificaram que a aplicação de silicato de cálcio induziu resistência em plantas de sorgo a *S. graminum*.

#### 2.4 O acibenzolar-S-methyl

Alguns compostos de natureza sintética, como o ácido salicílico (AS), o ácido 2,6-dicloroisonicotínico (INA) e o éster 2-metil benzo-(1,2,3)-tiadiazole-7-carbotiólico, de nome químico acibenzolar-S-methyl (ASM), podem levar à ativação de genes que codificam a resistência de plantas (Kessmann et al., 1994).

Em várias espécies de plantas, após a infecção por agentes exógenos (insetos ou patógenos), os mecanismos de resistência são ativados, conferindo à planta uma proteção local ou sistêmica e, às vezes, duradoura. Quando o processo desencadeia uma proteção sistêmica, o fenômeno é conhecido como resistência sistêmica adquirida (SAR) (Marchi et al., 1999).

Um composto é considerado um elicitor ou indutor de resistência quando provoca alguma resposta de defesa da planta, desde alterações celulares, fisiológicas e morfológicas até modificações como a ativação da transcrição dos genes que codificam as respostas de defesa (Dixon et al., 1994).

O sucesso do processo da SAR parece estar relacionado à capacidade de geração, por parte das plantas, de uma molécula sinalizadora secundária, responsável pela amplificação dos sinais primários de reconhecimento (Yang et al., 1997), possibilitando a tradução destes sinais em respostas de defesa que ocorrem em células distantes do sítio de infecção (Klessig & Malamy, 1994). Dentre as moléculas naturais utilizadas como indutoras de respostas de defesa destacam-se os oligossacarídeos da parede celular de patógenos, como glucanas derivadas de quitina, glicoproteínas, peptídeos, e ainda polissacarídeos da parede celular vegetal (Hann, 1996).

O acibenzolar-S-methyl (ASM) é um composto que se mostrou o mais potente indutor de resistência quando comparado ao AS e ao INA. Além de não ter apresentado fitotoxicidade em vegetais (Görlach et al., 1996; Kunz et al., 1997), é facilmente translocado pelos tecidos da planta (Friedrich et al., 1996), sendo que essa translocação ocorre de forma sistêmica nas plantas (Oostendorp et al., 2001). O acibenzolar-S-methyl (ASM) é o ativador de resistência melhor estudado e o primeiro produto comercial sob os nomes de BION<sup>®</sup>, ACTIGARD<sup>™</sup> e BOOST<sup>®</sup> (Venâncio et al., 2000). Lyon & Newton (1997) verificaram que o ASM é o primeiro representante de uma nova geração de protetores de plantas eficientes na indução de resistência.

A aplicação de ASM em plantas de feijão e de abóbora estimulou a atividade das enzimas peroxidases (indutoras da SAR), conferindo uma maior resistência às plantas tratadas (Siegrist et al., 1997; Strobel et al., 1996; Zhang et al., 1996). Correa et al. (2005), trabalhando com mosca-branca em pepino, concluíram que a aplicação de silício e ASM afetou negativamente o comportamento de seleção hospedeira e a biologia do inseto.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Criação de manutenção de *S. graminum*

Os pulgões foram coletados em plantas de sorgo, no campus da Universidade Federal de Lavras, e mantidos em câmaras climatizadas no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Entomologia, em temperatura de  $25 \pm 2$  °C e fotofase de 12 horas. Os insetos eram mantidos em seções foliares de sorgo de 10 cm de comprimento, fixadas por tampas de isopor a copos plásticos de 50 mL com água. A cada dois dias as folhas eram substituídas.

#### 3.2 Metodologia geral

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Agricultura e em sala climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia, ambos da Universidade Federal de Lavras, no período de janeiro a junho de 2005. Em 240 vasos plásticos, com capacidade para 1 litro de substrato, composto de terra de barranco, areia e esterco de curral curtido, na proporção de 3:1:1, foram plantadas oito sementes de trigo da cultivar Embrapa 22 por vaso. Os vasos dos dois ensaios conduzidos em casa-de-vegetação foram dispostos sobre bancadas de cimento e após quatorze dias da semeadura, foi realizado o desbaste. No ensaio realizado na sala climatizada, o desbaste foi realizado aos dezessete dias da semeadura. Em todos os ensaios foram deixadas quatro plantas mais vigorosas por vaso. Foram realizados tratamentos culturais normais preconizados para a cultura de trigo. O ácido silícico a 1% e o acibenzolar-S-methyl (ASM) a 0,5% foram aplicados 18 dias após a semeadura para todos os ensaios. Os tratamentos foram distribuídos em

esquema fatorial 4 (sem silício, silício no solo, silício via foliar e via solo + foliar) x 2 (sem ASM e com ASM), com dez repetições. As aplicações do ácido silícico foliar e do ASM foram feitas através de pulverizador manual até o escorrimento da calda, em média 7,5 mL por vaso, enquanto a aplicação do ácido silícico via solo foi feita pela aspersão de 50 mL da solução diretamente no substrato ao redor das plantas. Os ensaios foram montados em delineamento inteiramente ao acaso, exceto para o teste de preferência com chance de escolha, o qual foi montado em delineamento em blocos completos casualizados.

### 3.2.1 Teste de preferência com chance de escolha

Aos dez e dezoito dias após a aplicação dos produtos, em cada vaso, destacou-se com tesoura a terceira folha expandida a partir do ápice da planta, a qual foi colocada em saco de papel com identificação do tratamento e repetição correspondente. No laboratório, as folhas foram lavadas com água corrente e, posteriormente, imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1% por três minutos. Depois de secas, recortaram-se seções foliares de sete centímetros de comprimento, que foram fixadas em placas de Petri de 20 centímetros de diâmetro, contendo gel de Agar a 1%, e cobertas com filme de PVC perfurado com agulha. Cada placa constituiu um bloco, no total de 10 placas, que continham uma seção foliar de cada um dos oito tratamentos, dispostos em círculo, formando uma arena. Posteriormente, 24 pulgões adultos foram liberados no centro de cada placa e essas foram mantidas em câmara climatizada do laboratório de Manejo Integrado de Pragas, com temperatura de  $25 \pm 2$  °C e fotofase de 12 horas até o final do ensaio.

A avaliação foi realizada 72 horas após liberação dos pulgões, pela contagem do número de adultos presentes em cada seção foliar, conforme Cruz et al. (1998).

### 3.2.2 Biologia do pulgão-verde

Esse ensaio foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Agricultura da UFLA. Dezesete dias após a aplicação dos produtos, duas fêmeas adultas, no início do período reprodutivo, retiradas da criação do laboratório de Manejo Integrado de Pragas, foram liberadas em gaiola cilíndrica de plástico transparente, com 1cm de altura e 0,8cm de diâmetro, com fundo fechado com tecido tipo organza, e a outra extremidade circundada com espuma para evitar ferimentos nas folhas. As gaiolas foram fixadas às folhas por grampo de cabelo, sendo colocada uma gaiola por planta por vaso. No dia seguinte foram retiradas as duas fêmeas adultas e deixadas três ninfas de primeiro instar por gaiola. Quando iniciou o período reprodutivo, ou seja, a presença de ninfas na gaiola, foi deixado, apenas uma fêmea por gaiola. Diariamente, com auxílio de um pincel, as ninfas foram contadas e retiradas. Durante este ensaio, as gaiolas foram deslocadas para outras partes da folha conforme estas se tornavam amareladas.

Os parâmetros biológicos observados foram os seguintes: mortalidade ninfal; períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo; número de ninfas; taxa de crescimento da população e longevidade.

Para estimar a taxa de crescimento populacional do pulgão, utilizou-se o método proposto por Wyatt & White (1977) com a seguinte equação:

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

Em que:  $r_m$ : taxa de crescimento populacional;

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

d: duração do período pré-reprodutivo em dias.

### 3.2.3 Colonização de pulgões em plantas de trigo

Este ensaio foi conduzido em sala climatizada, com temperatura de  $22 \pm 2$  °C da semeadura até infestação e  $25 \pm 2$  °C da infestação até o corte das plantas, umidade relativa  $80 \pm 10$  % e fotofase de 12 horas. Dezoito dias após a aplicação dos produtos nas plantas, três pulgões adultos foram liberados em cada vaso. Quando pelo menos uma planta do tratamento testemunha estava em estado avançado de senescência devido à presença de pulgões, e isso ocorreu quinze dias após a infestação, as plantas foram cortadas e embaladas em sacos plásticos e mantidas em freezer até o final da contagem do número de insetos (ninfas e adultos) por vaso, para que estes não continuassem a se reproduzir.

### 3.2.4 Análise Estatística

Avaliaram-se oito tratamentos e dez repetições. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, exceto para o teste de preferência com chance de escolha, que foi montado em blocos completos casualizados.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote computacional SISVAR, versão 4.0 (Ferreira, 2000). Para o teste de preferência e de colonização, os dados foram transformados para  $\sqrt{X + 0,5}$ , e a mortalidade no período pré-reprodutivo, para arco-seno  $\sqrt{X/100}$ . As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de significância.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste de preferência com chance de escolha

Verificou-se que a aplicação de ASM reduziu significativamente o número de pulgões adultos na avaliação realizada 72 horas após a infestação, quando se utilizaram seções foliares de plantas após 10 e 18 dias da aplicação dos tratamentos (Tabelas 1 e 2). Essa redução do número de pulgões nas plantas tratadas com ASM pode estar associada a uma possível indução, nas plantas, da produção de substâncias de defesa, podendo ser o ASM um elicitador.

Resultados semelhantes foram verificados por Inbar et al. (2001) com a aplicação de ASM, que induziu aumentos significativos nos níveis da atividade das enzimas peroxidase, 1,3-glucanase e quitinase em folhas de algodoeiro, indicando haver resistência localizada ao ataque de mosca-branca. Correa et al. (2005), em trabalho realizado com mosca-branca *Bemisia tabaci*, biótipo B, em plantas de pepino, também verificaram efeito negativo do ASM na preferência desses insetos para oviposição, com uma redução média de 60% em relação às plantas não tratadas com ASM. Da mesma forma, Paradela et al. (2001) verificaram a eficiência do ASM na redução de insetos vetores de fitoviroses na cultura do tomateiro.

TABELA 1. Número médio ( $\pm$  erro padrão) de *S. graminum* adultos em seções foliares de plantas de trigo, 10 dias após serem submetidas à aplicação de silício e acibenzolar-S-methyl, 72 horas após a infestação. Lavras, MG, 2005.

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	2,78	1,75	2,24 $\pm$ 0,46 a
Com silício foliar	1,66	1,35	1,51 $\pm$ 0,47 a
Com silício solo	1,64	0,58	1,06 $\pm$ 0,57 a
Com silício solo + foliar	1,74	1,22	1,47 $\pm$ 0,47 a
Média	1,94 $\pm$ 0,56 A	1,20 $\pm$ 0,42 B	
CV (35,9 %)			

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

TABELA 2. Número médio ( $\pm$  erro padrão) de *S. graminum* adultos em seções foliares de plantas de trigo, 18 dias após serem submetidas à aplicação de silício e acibenzolar-S-methyl, 72 horas após a infestação. Lavras, MG, 2005.

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	2,29	1,31	1,77 $\pm$ 0,51 a
Com silício foliar	1,83	1,33	1,57 $\pm$ 0,51 a
Com silício solo	1,91	1,31	1,60 $\pm$ 0,61 a
Com silício solo + foliar	1,76	0,90	1,30 $\pm$ 0,49 a
Média	1,94 $\pm$ 0,60 A	1,21 $\pm$ 0,38 B	
CV (39,6 %)			

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

Para os diferentes tratamentos com silício não foram constatadas diferenças significativas no número de *S. graminum*. Porém, Carvalho et al. (1999), trabalhando com genótipos de sorgo em teste de livre escolha, verificaram que após 63 horas da liberação dos pulgões as plantas não tratadas com silício tinham o dobro de pulgões em comparação com o tratamento

testemunha; e em teste de preferência com chance de escolha, Basagli et al. (2003) verificaram que a aplicação de silicato de sódio afetou a preferência do pulgão-verde em trigo.

#### 4.2 Biologia do pulgão-verde

O período pré-reprodutivo (média = 9 dias), a mortalidade no período pré-reprodutivo (média = 32%) e o período reprodutivo (média = 16 dias) do pulgão-verde não apresentaram diferenças entre os tratamentos, isto é, essas variáveis não foram afetadas pela aplicação de silício e/ou ASM. Basagli et al. (2003) também não detectaram diferenças significativas para os períodos pré-reprodutivo (média= 5 dias), reprodutivo (média= 21 dias) e mortalidade no período pré-reprodutivo (média= 29%) de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício.

Assim como neste trabalho, Costa & Moraes (2002) observaram que a aplicação de silício em plantas de sorgo não influenciou na mortalidade e duração dos períodos pré-reprodutivo e reprodutivo de *S. graminum*. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (1999), que em plantas de sorgo tratadas com silício não observaram diferenças significativas para a duração dos períodos ninfal (pré-reprodutivo) e reprodutivo de *S. graminum*.

Entretanto, foram observados efeitos significativos para a interação ácido silícico e ASM para taxa de crescimento populacional, número de ninfas, período pós-reprodutivo e longevidade. Pelos resultados da taxa de crescimento populacional, verificou-se que a aplicação de silício via solo, foliar ou solo+foliar reduziu em torno de 25 % a taxa de crescimento populacional, quando as plantas não receberam a aplicação de ASM (Tabela 3). No entanto, quando houve aplicação de ASM, observou-se que a aplicação de silício via solo proporcionou a menor taxa de crescimento dos pulgões, sendo que as aplicações

via foliar e solo+foliar não diferiram significativamente das plantas tratadas com ASM e não submetidas à aplicação de silício.

Nas plantas em que não houve aplicação de silício, a aplicação de ASM reduziu os valores médios desta variável em torno de 20%. Já nas plantas que receberam silício, em qualquer dos modos de aplicação, não houve efeito significativo da aplicação de ASM (Tabela 3).

Esses resultados podem indicar que a aplicação de silício ou ASM em plantas de trigo teve resultados expressivos, portanto, a aplicação isolada dos fatores estudados pode ser promissora para redução da taxa de crescimento deste afídeo. A aplicação de silício via solo, quando associada ao ASM, proporcionou uma redução significativa na taxa de crescimento em relação aos outros tratamentos associados à aplicação do ASM; no entanto, quando o ácido silícico foi aplicado via solo, não foi observada diferença significativa entre as plantas tratadas ou não com ASM. Portanto, o uso de silício ou ASM reduziu o crescimento populacional do pulgão-verde *S. graminum*, sendo que entre os fatores estudados não houve efeito sinérgico. De forma semelhante, Gomes (2003) verificou que aplicação de silício afetou negativamente o crescimento da população de *S. graminum*. Nas plantas que receberam silício e pré-infestação com *S. graminum*, a taxa de crescimento foi cerca de 2,5 vezes menor que a da testemunha. Já as plantas tratadas apenas com silício, essa taxa foi cerca de 1,5 vezes menor que a da testemunha.

TABELA 3. Taxa média ( $\pm$  erro padrão) de crescimento da população (rm) de *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício e ASM, em casa-de-vegetação. Lavras, MG, 2005.

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	0,340 $\pm$ 0,012 a A	0,280 $\pm$ 0,014 a B	0,310 $\pm$ 0,016 a
Com silício foliar	0,258 $\pm$ 0,012 b A	0,291 $\pm$ 0,014 a A	0,275 $\pm$ 0,014 b
Com silício solo	0,243 $\pm$ 0,017 b A	0,220 $\pm$ 0,016 b A	0,235 $\pm$ 0,017 c
Com Si solo + foliar	0,272 $\pm$ 0,007 b A	0,279 $\pm$ 0,007 a A	0,276 $\pm$ 0,007 b
Média	0,280 $\pm$ 0,017 A	0,268 $\pm$ 0,015 A	
CV (14,9 %)			

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

Para o número médio de ninfas, em relação à aplicação de ASM, foram verificados resultados semelhantes quanto à taxa de crescimento populacional, pois foi observada diferença significativa entre os tratamentos com e sem ASM apenas para as plantas que não receberam a aplicação do ácido silícico (Tabela 4).

Já a aplicação de silício, quando não associado ao ASM, reduziu significativamente o número de ninfas, principalmente quando as plantas receberam a aplicação de silício via solo o qual diferiu da testemunha (sem silício e sem ASM), a qual apresentou número de ninfas 80% maior (Tabela 4). O silício pode ter agido como elicitador, induzindo a síntese de substâncias de defesa em plantas atacadas, além da possível deposição de sílica no tecido foliar, aumentando a rigidez da folha, dificultando a penetração do estilete e diminuindo a alimentação, tendo como consequência a redução do número de ninfas.

Estes resultados corroboram aqueles obtidos por Carvalho et al. (1999), que observaram uma produção de ninfas de *S. graminum* em genótipos de sorgo

submetidos à aplicação de silício em média 32% menor em relação à testemunha.

TABELA 4. Número médio de ninfas ( $\pm$  erro padrão) colocadas por *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício e ASM, em casa-de-vegetação. Lavras, MG, 2005.

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	109,70 $\pm$ 8,01 a A	34,00 $\pm$ 7,14 b B	71,85 $\pm$ 0,91 a
Com silício foliar	50,00 $\pm$ 9,31 b A	48,00 $\pm$ 8,15 a A	49,00 $\pm$ 0,78 a
Com silício solo	26,90 $\pm$ 5,26 c A	26,80 $\pm$ 6,13 b A	26,85 $\pm$ 0,55 b
Com Si solo + foliar	63,00 $\pm$ 6,32 b A	55,50 $\pm$ 6,87 a A	59,25 $\pm$ 0,49 a
Média	62,40 $\pm$ 0,86 A	41,07 $\pm$ 0,65 B	
CV (44,31 %)			

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

Para o período pós-reprodutivo, verificaram-se diferenças significativas entre as plantas que receberam ou não ASM somente na ausência de silício, quando se observou que houve uma redução média de 94% no período pós-reprodutivo quando da aplicação do ASM (Tabela 5). Em relação à aplicação de silício, as plantas tratadas com quaisquer das formas de aplicação de silício, não associado à aplicação de ASM, apresentaram pulgões com período pós-reprodutivo significativamente menor, sendo essa redução em torno de 70%. Quando se aplicou ASM não foi encontrada diferença significativa (Tabela 5).

TABELA 5. Período pós-reprodutivo médio ( $\pm$  erro padrão) de pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício e/ou ASM, em casa-de-vegetação. Lavras, MG, 2005.

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	8,50 $\pm$ 0,67 a A	0,90 $\pm$ 0,69 a B	4,70 $\pm$ 1,40 a
Com silício foliar	4,50 $\pm$ 1,80 b A	2,50 $\pm$ 1,54 a A	3,50 $\pm$ 1,67 a
Com silício solo	2,80 $\pm$ 1,25 b A	1,00 $\pm$ 0,47 a A	1,90 $\pm$ 0,96 a
Com Si solo + foliar	3,70 $\pm$ 1,15 b A	1,60 $\pm$ 0,65 a A	2,65 $\pm$ 0,97 a
Média	4,88 $\pm$ 1,42 A	1,50 $\pm$ 0,92 B	
CV (61,3 %)			

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

Pelos resultados de longevidade do pulgão, observou-se que não houve diferenças significativas entre aplicação ou não de ASM, exceto nas plantas não submetidas à aplicação de silício. Neste caso, foi observada uma redução média de 2 vezes a longevidade dos pulgões quando as plantas foram tratadas com ASM. A longevidade do pulgão-verde foi significativamente menor quando as plantas receberam silício via solo e não foram submetidas à aplicação de ASM (Tabela 6).

Da mesma forma, Basagli et al. (2003) observaram que a aplicação de silício afetou os parâmetros biológicos do pulgão-verde, como a longevidade e a produção de ninfas, reduzindo o potencial reprodutivo das fêmeas em plantas de trigo tratadas com esse elemento.

TABELA 6. Longevidade média ( $\pm$  erro padrão) do *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício e/ou ASM, em casa-de-vegetação. Lavras, MG, 2005.

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	36,8 $\pm$ 2,72 a A	20,8 $\pm$ 2,26 a B	28,8 $\pm$ 3,56 a
Com silício foliar	30,9 $\pm$ 4,16 a A	25,7 $\pm$ 3,23 a A	28,3 $\pm$ 3,72 a
Com silício solo	23,0 $\pm$ 2,75 b A	24,4 $\pm$ 3,12 a A	23,7 $\pm$ 2,87 a
Com Si solo + foliar	34,2 $\pm$ 3,44 a A	28,1 $\pm$ 2,41 a A	31,1 $\pm$ 3,06 a
Média	31,22 $\pm$ 3,60 A	24,75 $\pm$ 2,81 B	
CV (34,64%)			

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

#### 4.3 Colonização de pulgões em plantas de trigo

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, bem como interação entre os fatores para o número de pulgões adultos e ninfas. O número de pulgões adultos somente apresentou valor significativo para a aplicação de ASM e o número de ninfas, apenas para o silício (Tabelas 7 e 8).

Estes resultados corroboram o trabalho realizado por Momol et al. (2004), que observaram, em tomateiro, uma redução significativa no número de várias espécies de tripes dos gênero *Frankliniella* e *Thrips* (Thysanoptera) nas plantas submetidas ao tratamento com ASM. Também Srinivas et al. (2001) observaram a não-preferência de besouros *Cerotoma trifurcata* (Coleoptera: Chrysomelidae) por feijoeiro tratado com ASM.



TABELA 7. Número médio ( $\pm$  erro padrão) de *S. graminum* adultos contados em plantas de trigo tratadas com silício e/ou acibenzolar-S-methyl, em sala climatizada (temperatura:  $25 \pm 2$  °C, UR:  $80 \pm 10$  % e fotofase de 12 horas).

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	197,19	147,84	169,76 $\pm$ 20,04 a
Com silício foliar	235,88	184,20	209,30 $\pm$ 26,89 a
Com silício solo	189,41	144,98	166,40 $\pm$ 20,84 a
Com Si solo+foliar	214,42	205,62	209,89 $\pm$ 19,66 a
Média	208,85 $\pm$ 25,14 A	169,72 $\pm$ 18,81 B	
CV (18,6 %)			

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

Pelos resultados de número de ninfas (Tabela 8) pode-se verificar que a aplicação de silício via solo, associada ou não à aplicação via foliar, reduziu significativamente o número de ninfas, sendo em média 2 vezes menor em relação às plantas não tratadas ou às que receberam a aplicação de silício somente por via foliar.

A diminuição da população de pulgões pode estar relacionada à mudança de textura da epiderme foliar e/ou ao aumento da solubilidade do silício na folha (Hanish, 1980), induzindo, possivelmente, além da barreira mecânica (Blum, 1968; Yoshida, 1981), barreiras químicas sintetizadas pelas plantas.

TABELA 8. Número médio ( $\pm$  erro padrão) de ninfas de *S. graminum* contados em plantas de trigo tratadas com silício e/ou acibenzolar-S-methyl), em sala climatizada (temperatura:  $25 \pm 2$  °C, UR:  $80 \pm 10$  % e fotofase de 12 horas).

SILÍCIO	ASM		Média
	Sem	Com	
Sem silício	486,45	281,74	377,14 $\pm$ 80,51 a
Com silício foliar	360,65	431,81	395,43 $\pm$ 70,53 a
Com silício solo	289,62	199,81	242,64 $\pm$ 38,94 b
Com Si solo + foliar	204,42	180,62	192,35 $\pm$ 30,81 b
Média	327,29 $\pm$ 70,72 A	265,22 $\pm$ 58,67 A	
CV (27,0 %)			

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

Os resultados, de modo geral, sugerem que a aplicação de silício ou acibenzolar-S-methyl pode proporcionar uma proteção às plantas de trigo, afetando negativamente a reprodução e o desenvolvimento do pulgão-verde. Contudo, pesquisas ainda são necessárias para a calibração de doses dos referidos produtos e as possíveis interações desta tática de manejo com outros métodos de controle do *S. graminum* em trigo.

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação de ácido silícico, principalmente via solo, ou acibenzolar-S-methyl é promissora como ferramenta no manejo integrado do pulgão-verde;

Não foi observado efeito sinérgico entre os fatores silício e acibenzolar-S-methyl.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARIE, S.; AGATA, W.; KAUFMAN, P. B. Involvement of silicon in the senescence of rice leaves. **Plant Production Science**, Shinkawa, v. 1, n. 2, p. 104-105, 1998.

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2001. 536 p.

BALDWIN, I. T.; SCHULTZ, J. C. Rapid changes in tree leaf chemistry induced by damage: evidence for communication between plants. **Science**, Washington, v. 221, n. 4607, p. 277-279, July 1983.

BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1987. 129 p. (Boletim Técnico, 9).

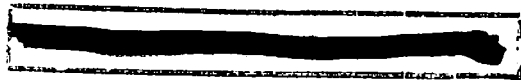
BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. Effect of sodium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 659-663, July/Sept. 2003.

BATISTA, G. C. **Fisiologia dos Insetos**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 304 p.

BERGER, P. H.; TOLER, R. W.; HARRIS, K. F. Maize dwarf mosaic virus transmission by greenbug biotypes. **Plant Disease**, St. Paul, v. 67, n. 5, p. 496-497, May 1983.

BLUM, A. Anatomical phenomena in seedlings of sorghum varieties resistant to the sorghum shoot fly *Atherigona varia soccata*. **Crop Science**, Madison, v. 8, n. 3, p. 388-391, May/June 1968.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, C. D. dos.; FERNANDES, L. A.; CURO, N.; RODRIGUES, D. de C.; Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa-de-vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, 557-565, mar. 2001.



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

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Patopathology*, St. Paul, v. 84, n. 3, p. 236-242, Mar. 1994.

CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, London, v. 41, n. 6, p. 411-425, Dec. 1992a.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, London, v. 41, n. 5, p. 371-383, Nov. 1992b.

CONAB, 2005. [<http://www.conab.gov.br/html>].

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

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Resistência induzida em sorgo por silicato de sódio e infestação inicial pelo pulgão-verde *Schizaphis graminum*. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 1/2, p. 37-39, jan./dez. 2002.

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

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, St. Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, July 1991.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. *Silicon in Agriculture*. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 403 p.

DEREN, C. Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon on agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. Cap. 8, p. 149-158

DIXON, R. A.; HARRISON, M. J.; LAMB, C. J. Early events in the activation of plant defense responses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 32, p. 479-501, 1994.

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

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

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

EPSTEIN, E. Silicon in Plants: Facts vs. Concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science, 2001. p. 221-239.

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.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows® versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Programas e Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 235.

FRIEDRICH, L.; LAWTON, K.; RUESS, W.; MASNER, P.; SPECKER, N.; RELLA, M. G.; MEIER, B.; DINCHER, S.; STAUB, T.; UKNES, S.; MÉTRAUX, J.; KESSMANN, H.; RYALS, J. A benzothiadiazole derivate induces systemic acquired resistance in tobacco. **The Plant Journal**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 61-70, Jan. 1996.

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

GÖRLACH, J.; VOLRATH, S.; KNAUF-BEITER, G.; HENGY, G.; BECKHOVE, U.; KOGEL, K.; OOSTENDORP, M.; STAUB, T.; WARD, E.; KESSMANN, H.; RYALS, J. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. *The Plant Cell*, Rockville, v. 8, n. 4, p. 629-643, Apr. 1996.

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

HANISH, H. C. Zum einfluss der stickstoffdüngung und vorbeugender spritzung von natronwasser glas zu weizenpflanzen auf deren widerstandsfähigkeit gegen getreideblattläuse. *Kali-Driefe*, Berlin, v. 15, p. 287-296, 1980.

HANN, M. G. Microbial elicitors and their receptor in plants. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 34, p. 387-412, 1996.

HIDRADATE, M.; TANIGUCHI, S.; SAKURAI, K. Aluminum speciation in aluminum-silica solutions and potassium chloride extracts of acidic soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 62, n. 3, p. 630-636, May/June 1998.

HO, D. Y.; ZANG, H. L.; ZHANG, X. P. On the silicon supplying ability of some important paddy soils in South China. In: SYMPOSIUM ON PADDY SOILS, Nanjing, China, 1980. *Proceedings....* Nanjing, China, 1980. p. 95.

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*, London, v. 62, n. 5, p. 463-471, Nov. 1988.

HODSON, M. J.; SANGSTER, A. G. Silica deposition in the inflorescence bracts of wheat (*Triticum aestivum*). *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 67, p. 281-287, 1989.

HORIGUCHI, T. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 34, n. 1, p. 65-73, Jan. 1988.

- ★ INBAR, M.; DOOSTDAR, H.; GERLING, D.; MAYER, R. T. Induction of systemic acquired resistance in cotton by BTH has a negligible effect on phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 99, n. 1, p. 65-70, Apr. 2001.
- IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 1979. (IPEF. Circular Técnica, 56).
- JARVIS, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 97, n. 3, p. 429-437, 1987.
- KESSMANN, H.; STAUB, T.; HOFFMANN, C.; MAETZKE, T.; HERZOG, J.; WARD, E.; UKNES, S.; RYALS, J. Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 32, p. 439-459, 1994.
- KLESSIG, D. F.; MALAMY, J. The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology*, The Hague, v. 26, n. 5, p. 1439-1458, Dec. 1994.
- KORNDÖRFER, G. A.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 70, p. 1-5, jun. 1995.
- KORNDÖRFER, G. H.; LEPSCH, I. . Effect of silicon on plant growth and yield. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). *Silicon in agriculture*. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. v. 1, p. 133-147.
- KUNZ, W.; SCHURTER, R.; MAETZKE, T. The chemistry of benzothiadiazole plant activators. *Pesticide Science*, New York, v. 50, n. 4, p. 275-282, Aug. 1997.
- LIMA FILHO, O. F.; GROTHGE-LIMA, M. T.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 87, p. 1-7, set. 1999.
- LYON, G. D.; NEWTON, A. C. Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies? *Plant Pathology*, Oxford, v. 46, n. 5, p. 636-641, Oct. 1997.



MAITI, R. K.; RAMAIAH, K. V.; BISEN, S. S.; CHIDLEY, V. L. A comparative study of the haustorial development of *Striga asiatica* (L.) Kuntze on sorghum cultivars. *Annals of Botany*, London, v. 54, n. 4, p. 447-457, Oct. 1984.

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

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 251 p.

MARCHI, C. E.; RESENDE, M. L. V.; CHALFUN, N. N. J. Ação de fungicidas no controle da ferrugem (*Cerotelium fici*) em mudas de figueira (*Ficus carica*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 32., 1999, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1999.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 920 p.

MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J. P. Salicylic acid and systemic acquired resistance to pathogen attack. *Annals of Botany*, London, v. 82, n. 5, p. 535-540, Nov. 1998.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Science Plant Nutrition*, Tokyo, v. 29, n. 1, p. 71-83, 1983.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution-cultured strawberry plant. *Soil Science Plant Nutrition*, Tokyo, v. 32, n. 2, p. 321-326, June 1986.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. *Soil Science Plant Nutrition*, Tokyo, v. 31, n. 4, p. 625-636, Dec. 1985.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Science Plant Nutrition*, Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-189, 1978.

MOMOL, M. T.; OLSON, S. M.; FUNDERBURK, J. E.; STAVISKY, J. and MAROIS, J. J. Integrated Management of Tomato Spotted Wilt on Field-Grown Tomatoes. *Plant Disease*, St. Paul, v. 88, n. 8, p. 882-890, Aug. 2004.

MORAN, N. A. The evolution of aphid live cycles. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 321-348, 1992.

NERI, D. K. P. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1997 **Lepidoptera: Noctuidae em milho**. 2004. 39 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, lavras, MG.

OOSTENDORP, M.; KUNZ, W.; DIETRICH, B.; STAUB, T. Induced disease resistance in plants by chemicals. **European journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, n. 1, p. 19-28, Jan. 2001.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359 p.

PARADELA, A. L.; SCACHETTI, A. P.; MUNHOZ, R.; BORIM JR., N.; CLAFIORI, M. H.; GALLI, M. A. Eficiência de bion (acibenzolar-S-methyl) como indutor de resistência para o complexo bacteriano (*Xanthomonas vesicatoria*; *Pseudomonas syringae* pv. Tomato e *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganense*) e insetos vetores de fitovirose na cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 26, n. 1, p. 17-23, jan./jul. 2001.

PENNA-MARTINEZ, R. Los aphidos de importância agrícola em México. **Memórias del Congreso Nacional de Zoología**, Coah, v. 2, p. 1085-1106, 1985.

PFADT, R. E. Insect pest of small grains. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentals of applied entomology**. 4. ed. 1985. p. 270-275.

POZZA, A. A. A. **Silício em mudas de cafeeiro: Efeito na nutrição mineral e suscetibilidade à cercospora em três variedades**. 2004. 88 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RADCLIFFE, E. B. Insect pest of potato. **Annals Review Entomology**, Palo Alto, v. 27, p. 173-204, 1982.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 151, n. 4, p. 497-501, Oct. 1997.

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

RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 58, n. 2, p. 170-207, 1983.

RONCATTO, M. C. **Atividade de peroxidases, quitinases,  $\beta$ -1,3-glucanases e alterações no perfil eletroforético de peroxidases em milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) tratados com *Saccharomyces cerevisiae***. 1997. 108 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 14, n. 5, p. 458-492, June 1991.

SANGSTER, A. G.; HODSON, M. J.; PARRY, D. W. Silicon deposition and anatomical studies in the inflorescence bracts of four *Phalaris* species with their possible relevance to carcinogenesis. **New Phytologist**, Cambridge, v. 93, n. 1, p. 105-122, Jan. 2001.

SANTOS, D. M. **Efeito do silício na intensidade da Cercosporiose *Cercospora coffeicola* Berk e Cooke em mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L.** 2002. 43 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SAVANT, N. K.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Depletion of plant available silicon in soils: a possible cause of declining rice yields. **Communications Soil Science in Plant Analysis**, New York, v. 28, n. 13/14, p. 1245-1252, 1997a.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SEAGRI. 2005. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br.html>>. Acesso em: 27 jul. 2005.

- SHUFRAN, R. A.; WILDE, G. E.; SLODERBECK, P. E. Description of three isozyme polymorphisms associated with insecticide resistance in greenbug (Homoptera: Aphididae) populations. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 89, n. 1, p. 46-50, Jan. 1996.
- SIEGRIST, L.; GLENEWINKEL, D.; KOLLE, C.; SCHMIDTKE, M. Chemically induced resistance in green bean against bacterial and fungal pathogens. *Journal of Plant Disease and Protection*, Stuttgart, v. 104, n. 6, p. 599-610, Dec. 1997.
- SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R.; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, I. A. C. Trigo para o abastecimento familiar: do plantio à mês. Brasília: Embrapa-SPI, Planaltina: Embrapa: CPAC, 1996. 176 p.
- SRINIVAS, P.; DANIELSON, S. D.; SMITH, C. M.; FOSTER, J. E. In press. : Induced resistance to bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcate* (Foster) (Coleoptera: Crysomelidae), in soybean. *Journal of Entomological Science*, Tifton, n. 4, Oct. 2001.
- STROBEL, N. E.; GOPALAN, S.; KUC, J. A.; HE, S. Y. Induction of systemic acquired resistance in cucumber by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* 61 HrpZPss protein. *Plant Journal*, Oxford, v. 9, n. 4, p. 431-439, Apr. 1996.
- TAKAHASHI, E.; KANAREUGSA, C.; SOMBOONDUMRONGKUL, J.; PRASITTIKHET, J. The effect of silicon, magnesium and zinc on the yield of rice. In: SYMPOSIUM ON PADDY SOILS, Nanjing, China, 1980. *Proceedings...* Nanjing, China, 1980. p. 82-83.
- VENÂNCIO, W. S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E. L.; SOUZA, N. L.; PERES, N. A. R. P. Novos fungicidas. II – famoxadone e indutores de resistência. *Revisão Annual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v. 8, p. 59-92, 2000.
- WYATT, I. J.; WHITE, P. F. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v. 14, n. 3, p. 757-766, 1977.
- YANG, Y.; SHAH, J.; KLESSIG, D. F. Signal perception and transduction in plant defense responses. *Genes e Development*, New York, v. 11, p. 1621-1639, 1997.

**YOSHIDA, S. Fundamental of rice crop science. Los Vanos, Laguna, Philippines: International Rice Research Institute, 1981.**

**ZHANG, W.; DICK, W. A.; HOITINK, H. A. Compost-induce systemic acquired resistance in cucumber to Pythium root rot and Anthracnose. *Phytopathology*, St. Paul, v. 86, n. 10, p. 1066-1070, Oct. 1996.**