

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE
RESISTÊNCIA À MOSCA-BRANCA *Bemisia
tabaci* BIÓTIPO B (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) E NO DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO EM DOIS CULTIVARES DE
SOJA *Glycine max* (L.) MERRILL**

RONARA SOUZA FERREIRA

2006

RONARA SOUZA FERREIRA

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA À
MOSCA-BRANCA *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) E NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO EM
DOIS CULTIVARES DE SOJA *Glycine max* (L.) MERRILL**

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

Orientador
Prof. Dr. Jair Campos Moraes

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

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

Ferreira, Ronara Souza

Influência do silício na indução de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill / Ronara Souza Ferreira. -- Lavras : UFLA, 2006.

40 p. : il.

Orientador: Jair Campos Moraes.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Mosca-branca. 2. *Bemisia tabaci*. 3. Soja. 4. Silício. 5. Resistência induzida.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-595.754
-633.349754

RONARA SOUZA FERREIRA

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA À
MOSCA-BRANCA *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) E NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO EM
DOIS CULTIVARES DE SOJA *Glycine max* (L.) MERRILL**

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

APROVADA em 02 de agosto de 2006.

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho

UFLA

Dr. Rogério Antônio Silva

EPAMIG

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

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

**A Deus,
minha fortaleza,
com amor e gratidão
DEDICO.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cuidar de mim em todos os momentos.

À minha mãe Iracilda, por seu exemplo e por tudo que com muito amor e carinho ela me ensinou.

Ao meu pai Walter, por seu amor incondicional, por sempre estar ao meu lado, por sua torcida e grande incentivo em todas as etapas de minha vida.

À Sebastiana pelo apoio e carinho constantes.

Às minhas irmãs, Roberta e Renata, pela cumplicidade e amizade.

À minha avó Filinha, por suas orações e amor a mim dedicados.

A toda minha família, pelo incentivo e solidariedade.

Agradeço ao meu amor Fernando, por seu carinho, amor, amizade e dedicação.

Ao meu orientador, professor e amigo Jair, pelos ensinamentos, paciência, incentivo e atenção durante o curso.

A todos meus amigos de Mantena e Ouro Preto (Rep. Tanto Faz em especial), pela torcida.

À Sabrina, grande amiga e companheira, por ter vivido cada momento bom ou ruim ao meu lado, apoiando-me, aconselhando e ensinando.

Às verdadeiras amigadas que aqui encontrei e que fizeram Lavras valer a pena, em especial Tatianne, Karina, Vanessa, Ana Paula, Douglas e Profª Denise.

Aos amigos de curso, pelos bons momentos de estudo e de descontração.

À Dona Nulcena pelas deliciosas refeições e por ter proporcionado tantos momentos de união da turma.

A todos aqueles que gentilmente me ofereceram carona todos os dias.

Agradeço a todos os meus professores, em especial Júlio Louzada, pelo grande apoio e conselhos no início do curso e Geraldo A. Carvalho, pelo exemplo, incentivo, amizade e por participar da banca examinadora.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia, especialmente Julinho, Ana Paula, Fábio e Lisiane, pela cooperação e boa vontade.

Aos bolsistas Rogério e Cristiana, pela grande disposição em ajudar.

À Danila pelo apoio, incentivo e exemplo de profissionalismo.

A todos os colegas do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos.

Ao Lucas por ter doado as plantas infestadas para a criação de manutenção da mosca-branca, pelo material bibliográfico e auxílios prestados.

Agradeço ao Prof. Dr. Pedro Milanez e Eldes pela concessão das sementes de soja necessárias para a realização deste trabalho.

Ao Dr. Rogério Antônio Silva e Prof. Ronald Zanetti por aceitarem fazer parte da banca examinadora.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Entomologia pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que participaram desta conquista, muito obrigada!

RESUMO

FERREIRA, Ronara Souza. **Influência do silício na indução de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill.** 2006. 40p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O potencial para populações de mosca-branca se tornarem resistentes a inseticidas tem estimulado o estudo de táticas alternativas para o Manejo Integrado de Pragas, como por exemplo, a indução de resistência na planta hospedeira. Trabalhos recentes têm mostrado que o silício pode aumentar o grau de resistência da planta ao ataque de insetos. Assim sendo, os objetivos deste trabalho foram a avaliação da indução de resistência à mosca-branca *B. tabaci* biótipo B e o desenvolvimento vegetativo de plantas de soja, pela aplicação de silício. Foram realizados testes com chance e sem chance de escolha para oviposição em dois cultivares de soja, IAC-19 (moderadamente resistente a insetos) e MONSOY-8001 (suscetível). O número de ovos e de ninfas de 3º e/ou 4º instar, a produção de compostos fenólicos, lignina e nitrogênio não-protéico e o peso seco da parte aérea e das raízes das plantas foram avaliados. O silício não afetou a preferência para oviposição da mosca-branca, porém causou maior mortalidade de ninfas. Além disso, o silício diminuiu a produção de compostos fenólicos e não afetou a produção de lignina, no entanto, quando associado ao cultivar IAC-19, potencializou a produção de nitrogênio não-protéico pelas plantas. O silício não afetou o desenvolvimento vegetativo das plantas de soja e, associado ao cultivar IAC-19, aumentou o grau de resistência à mosca-branca. Dessa forma, a utilização do silício em conjunto ao cultivar IAC-19 pode diminuir de forma significativa as populações de mosca-branca, com reflexos positivos à cultura de soja e ao meio ambiente.

¹ Orientador: Jair Campos Moraes – UFLA

ABSTRACT

FERREIRA, Ronara Souza. **Silicon influence on resistance induction to the whitefly *Bemisia tabaci* biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) and on vegetative development in two soybean *Glycine max* (L.) Merrill cultivars.** 2006. 40p. Dissertation (Master in Entomology) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The potential for resistant *Bemisia tabaci* populations to develop as a consequence of intensive use of chemical insecticides has stimulated studies on integrated pest management tactics, for example, the induction of host-plant resistance. Recent studies have shown that silicon can increase plant resistance against insects. The objectives of this work were the evaluation of resistance induction to the whitefly *B. tabaci* biotype B and the vegetative development of soybean plants, by silicon application. Free-choice and no-choice tests of oviposition preference had been carried on two soybean cultivars, IAC-19 (moderately resistant to insects) and MONSOY-8001 (susceptible). The number of eggs and nymphs of 3rd and/or 4th, phenolic compounds, lignin and non-proteic nitrogen production and dry weight of aerial parts and roots of the plants had been evaluated. Silicon did not affect whitefly oviposition preference; however, it caused greater mortality of nymphs. Moreover, silicon had decreased the production of phenolic compounds, did not affected lignin production, although when associated to cultivar IAC-19 it had increased the production of non-proteic nitrogen in soybean plants. Silicon did not affect the vegetative development of soybean plants and associated to cultivar IAC-19 it had increased the level of resistance to whitefly. In this way, the use of silicon in association to the cultivar IAC-19 can reduce significantly the populations of this whitefly, bringing positive reflexes to soybean crops and to the environment.

¹ Adviser: Jair Campos Moraes – UFLA

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 A cultura da soja.....	03
2.2 A mosca-branca.....	04
2.2.1 Origem e dispersão.....	04
2.2.2 O biótipo B de <i>Bemisia tabaci</i>	05
2.2.3 Aspectos morfológicos e bioecológicos.....	07
2.2.4 Danos e importância econômica.....	10
2.2.5 Medidas de controle.....	11
2.3 O silício.....	14
2.3.1 O silício no solo.....	14
2.3.2 O silício nas plantas.....	15
2.3.3 O silício como indutor de resistência às plantas.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Metodologia geral.....	19
3.2 Efeito do silício na indução de resistência à mosca-branca <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de soja.....	20
3.2.1 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste com chance de escolha.....	20
3.2.2 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste sem chance de escolha.....	21
3.2.3 Produção de compostos secundários.....	21
3.3 Efeito do silício no desenvolvimento vegetativo de plantas de soja.....	22
3.4 Estatística.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Efeito do silício na indução de resistência à mosca-branca <i>B. tabaci</i> biótipo B em plantas de soja.....	23
4.1.1 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste com chance de escolha.....	23
4.1.2 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste sem chance de escolha.....	24
4.1.3 Produção de compostos secundários.....	26
4.2 Efeito do silício no desenvolvimento vegetativo de plantas de soja.....	28
5 CONCLUSÕES.....	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o agronegócio da soja é uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil, principalmente com a possibilidade da adição do óleo de seus grãos na produção de biodiesel.

Entretanto, existem vários fatores que interferem na sua produção, ocasionando grandes prejuízos. Além do clima, outra importante causa de redução da produção são os insetos-praga que atacam a cultura. Dentre esses, está a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.), que no Brasil foi considerada por muito tempo praga ocasional em soja. Todavia, o biótipo B de *B. tabaci*, introduzido no início da década de 90, vem se tornando mais importante a cada safra (Lima & Lara, 2004).

O biótipo B de *B. tabaci* é considerado mais agressivo e virulento, pois adapta-se facilmente a novas plantas hospedeiras e a condições climáticas diversas, apresenta maior taxa de oviposição, alimenta-se mais, produz maior quantidade de “honeydew”, além de acarretar desordens fisiológicas nas plantas infestadas (Costa & Brown, 1991).

Para a cultura da soja, os principais danos estão relacionados à transmissão de vírus, caracterizados pelos sintomas de nanismo severo, enrolamento das folhas, intensa clorose e diminuição da produção de grãos (Valle, 2001).

O controle de *B. tabaci* resume-se principalmente à aplicação de inseticidas, entretanto, algumas características biológicas e comportamentais desse inseto favorecem o aparecimento de resistência a produtos de diferentes grupos químicos. Sendo assim, esse potencial para populações de *B. tabaci* se tornarem resistentes, como uma consequência do uso intensivo de inseticidas químicos, tem estimulado estudos em táticas alternativas para o Manejo Integrado de Pragas, como por exemplo, a resistência da planta hospedeira, que

oferece uma solução prática, de baixo custo e longa duração para a manutenção de baixas populações de mosca-branca.

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 estresses hídricos, entre outros, e bióticos, como a incidência de insetos-praga e doenças. Além disso, plantas tratadas com silício, provavelmente, desencadeiam mecanismos naturais de defesa, como por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina, o que poderia interferir no crescimento e desenvolvimento de insetos-praga.

Dessa forma, os objetivos gerais do presente trabalho foram avaliar a indução de resistência à mosca-branca *B. tabaci* biótipo B e o desenvolvimento vegetativo de plantas de soja pela aplicação de silício. Os objetivos específicos foram avaliar a influência do silício: a) na preferência para oviposição de mosca-branca; b) na mortalidade de ninfas de mosca-branca; c) na produção de compostos envolvidos no processo de indução de resistência e d) no desenvolvimento vegetativo das plantas de soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja

Originária da Ásia, a soja, *Glycine max* (L.) Merrill, cultivada atualmente em todo o mundo, é bastante diferente de seus ancestrais. Nos seus primórdios, era planta rasteira, sendo encontrada principalmente na região da China. Sua evolução ocorreu de plantas provenientes de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja silvestre, domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (EMBRAPA, 2005).

A soja é considerada uma das oleaginosas mais importantes do mundo, graças ao seu alto teor de proteínas, que lhe proporciona múltiplas utilizações, com a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento (Grazziero & Souza, 1993).

Responsável por 52t, das 194 milhões de toneladas produzidas ou 26,8% da safra mundial em 2003, o Brasil figura como o segundo produtor mundial, respondendo por uma receita cambial direta de mais de sete bilhões de dólares anuais (superior a 11% do total das receitas cambiais brasileiras) e cinco vezes esse valor, se considerados os benefícios que gera ao longo da sua extensa cadeia produtiva (EMBRAPA, 2005).

Para a safra de 2006, espera-se um decréscimo da área plantada de 1,6 milhão de hectares, o que corresponde a 5,0% da área total, porém, quanto à produção, o levantamento indica que a safra deverá atingir 58,18 milhões de toneladas, superando em 13,1% as 52 milhões de toneladas obtidas em 2005. A estimativa de recuperação na produção, em relação à safra anterior se deve à perspectiva de melhores produtividades, especialmente na Região Sul, com ênfase para o Estado do Rio Grande do Sul, que na safra 2004/05 teve perdas significativas devido à estiagem prolongada (Conab, 2006).

Além do clima, outra importante causa de perda da produção são as pragas que atacam a cultura. Dentre essas, está a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.), que no Brasil foi considerada por muito tempo praga ocasional em soja. Todavia, o biótipo B de *B. tabaci*, introduzido no início da década de 90, vem se tornando mais importante a cada safra (Lima & Lara, 2004).

2.2 A mosca-branca

2.2.1 Origem e dispersão

A mosca-branca *Bemisia tabaci* é um inseto pertencente à ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e família Aleyrodidae. Foi coletada pela primeira vez na Grécia, em plantas de fumo (*Nicotiana* spp.), e descrita por Gennadius como *Aleyrodes tabaci*, em 1889 (Lourenção & Nagai, 1994; Oliveira et al., 2001; Perring, 2001).

É um inseto cosmopolita, tendo como provável centro de origem o Oriente, mas ainda existem algumas dúvidas devido à interferência do homem na dispersão dos insetos, porém acredita-se que essa espécie de mosca-branca seja originária do subcontinente indiano, diante da grande diversidade de inimigos naturais existentes naquela região (Brown et al., 1995).

A primeira ocorrência de *B. tabaci* no Novo Mundo foi em 1897 nos Estados Unidos, em cultura de batata doce. Ela foi originalmente descrita como *Aleyrodes inconspicua* Quaintance. Em 1928, *B. tabaci* foi encontrada no Brasil em *Euphorbia hirtella* e descrita como *Bemisia costalimai* Bondar. Em 1933, essa espécie foi coletada em Taiwan e descrita como *Bemisia hibisci* Visnya (Oliveira et al., 2001). É uma espécie que se adapta facilmente a novas plantas hospedeiras e a novas regiões geográficas, já sendo considerada como globalmente distribuída, podendo ser encontrada em áreas tropicais, subtropicais e temperadas, com exceção apenas da Antártica (Martin et al., 2000; Oliveira et al., 2001).

No Brasil, essa espécie ocorre atualmente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Distrito Federal, Bahia, Pernambuco, Ceará, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Norte, Tocantins e Rio de Janeiro (Villas Bôas et al., 1997).

A mosca-branca tem sido encontrada em mais de 600 espécies diferentes de plantas e sua natureza polífaga tem sido documentada em todo mundo. Inúmeras espécies de plantas anuais ou perenes, cultivadas ou não, têm sido reconhecidas como hospedeiros aceitáveis para alimentação ou reprodução desta praga. Diante desses aspectos, o surgimento de biótipos nessa espécie é esperado (Brown et al., 1995).

2.2.2 O biótipo B de *B. tabaci*

Villas Bôas et al. (1997) citaram a existência de 41 biótipos no complexo *B. tabaci* distribuídos em várias partes do globo terrestre. Cohen et al. (1992) compararam diferentes linhagens de *B. tabaci* com respeito a características biológicas, como capacidade de indução de dano, adequação hospedeira, razão de desenvolvimento e capacidade de transmissão de vírus. Foram verificadas muitas diferenças entre as linhagens, o que pode ser explicado pela adaptação da linhagem à planta hospedeira. O mesmo pôde ser observado por Burban et al. (1992), que coletaram várias populações de *B. tabaci* e distinguiram biótipos pela adequação hospedeira.

A partir de 1987, cientistas norte-americanos passaram a conduzir pesquisas para investigar a presença de um novo biótipo de *B. tabaci*, associado às desordens ou anomalias fisiológicas em aboboreira e tomateiro (Lourenção & Nagai, 1994). Pesquisas realizadas na Flórida, Califórnia e Arizona indicaram a existência de pelo menos dois biótipos, identificados como biótipo “A”, que se desenvolve bem em algodoeiro, mas não em bico-de-papagaio, não induz o aparecimento do prateamento da folha em abobrinha e apresenta o padrão

enzimático da esterase A e biótipo “B”, que se desenvolve bem em bico-de-papagaio e brócolis, induz o prateamento da folha em abobrinha e apresenta o padrão enzimático da esterase B (Costa & Brown, 1991; Cohen et al., 1992; Perring et al., 1992).

Uma das características que distingue o biótipo B dos outros biótipos é a formação de desordens fisiológicas nas plantas infestadas. A presença dessas desordens, frequentemente é uma indicação de que o biótipo B foi introduzido em uma área geográfica (Perring, 2001).

Outras dissimilaridades entre o biótipo B e o biótipo A são: o primeiro tem taxa de reprodução aproximadamente 30% maior que o segundo, alimenta-se mais e produz quatro a cinco vezes mais “honeydew”, além de ser mais tolerante ao frio. Outras características também são importantes, como maior gama de hospedeiros, maior capacidade de transmissão de vírus, indução de anomalias fisiológicas, resistência a inseticidas, morfologia e comportamento (Costa & Brown, 1991).

Perring et al. (1993) admitiram a possibilidade de uma nova espécie de *Bemisia* em função das diferenças nos sintomas de ataque, bem como nas diferenças genômicas e da incompatibilidade sexual entre *Bemisia tabaci* biótipo A e o biótipo B. A caracterização do biótipo B como nova espécie (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) foi feita, de acordo com Bellows et al. (1994), com base nos danos característicos nas plantas hospedeiras, nas aberturas traqueais torácicas menores, no filamento de cera menor e mais frágil e na ocorrência da seta submarginal ASMS4, somente neste biótipo.

Entretanto, Brown et al. (1995) revisaram o assunto e sugeriram que *B. tabaci* seja um complexo sofrendo mudanças evolucionárias. Atualmente, considera-se que *B. argentifolli* é de fato o biótipo B de *B. tabaci* (Takahashi, 2005).

O sucesso da dispersão do biótipo B deve-se à sua habilidade de se adaptar a novas plantas hospedeiras e a condições climáticas diversas (Villas Bôas et al., 1997), à sua capacidade de desenvolver resistência a inseticidas (Palumbo et al., 2001) e de ter maior taxa de oviposição que outras espécies de mosca-branca (Lourenção et al., 2001).

O biótipo B de *B. tabaci* foi introduzido no Brasil no início dos anos 90, possivelmente pela importação de material vegetal. Lourenção (1997) relatou sua presença no Estado de São Paulo em 1992. Também foi verificada a presença desse inseto no ano de 1993 em Pernambuco (Haji et al., 1996) e no Distrito Federal (França et al., 1996).

2.2.3 Aspectos morfológicos e bioecológicos

A mosca-branca *B. tabaci* é um inseto sugador que apresenta metamorfose incompleta, passando pelas fases de ovo, ninfa e adulto (Byrne & Bellows Júnior, 1991; Villas Bôas et al., 1997).

Os ovos são piriniformes, com textura lisa e medem de 0,18 a 0,21 mm de comprimento e 0,06 a 0,09 mm de largura e possuem um pedicelo que os prende ao tecido da folha. No início, apresentam coloração branca e com o desenvolvimento embrionário, tornam-se amarelados e próximos à eclosão, adquirem coloração vermelho-clara ou café-claro. Estes são dispostos isoladamente ou em grupos, de maneira irregular, ou ainda em semicírculos, na parte inferior da folha (Byrne & Bellows Júnior, 1991; Villas Bôas et al., 1997).

Na fase imatura, *B. tabaci* possui quatro ínstares, sendo o primeiro móvel e os demais imóveis nas folhas da planta. Essa capacidade de se movimentar no primeiro estágio ninfal é essencial para o ciclo de vida do inseto, pois, se a folha não oferecer condições para o desenvolvimento completo da ninfa, esta pode se locomover para uma folha mais adequada (Valle, 2001).

As ninfas dos três primeiros estádios são achatadas, semitransparentes e com ocelos avermelhados, enquanto as ninfas do quarto ínstar são opacas e convexas, apresentando os ocelos escuros (Byrne & Bellows Júnior, 1991; Villas Bôas et al., 1997).

A ninfa de quarto ínstar se alimenta somente no início deste estágio, depois cessa a alimentação e aparentemente sofre mudanças morfológicas, sendo muitas vezes chamada de “pupa”. Esse termo, porém, é inadequado, uma vez que o inseto não sofre qualquer tipo de metamorfose caracterizando a passagem para um novo estágio (Brown et al. 1995; Byrne & Bellows Junior, 1991; De Barro, 1995). Em função dessa particularidade, o tipo de desenvolvimento das moscas-brancas era denominado neometabolia, para diferenciar da paurometabolia, onde não ocorre essa fase de interrupção da alimentação (Zucchi et al., 1993). No entanto, atualmente, existe uma tendência em se denominar qualquer metamorfose incompleta como hemimetabolia, independente da sua particularidade (Gallo et al., 2002).

Os adultos apresentam o dorso amarelo-pálido e as asas brancas, medindo de 1 a 2 mm de comprimento e 0,36 a 0,51 mm de largura, sendo a fêmea maior que o macho. Quando em repouso, as asas são levemente separadas, com os lados paralelos, deixando o abdômen amarelado visível. Os olhos são vermelhos, compostos e divididos em duas partes por uma projeção cuticular. As asas têm venação reduzida e as pernas são delgadas, sendo as posteriores mais largas que as anteriores. A fêmea se diferencia do macho pelo tamanho e pela configuração da genitália (Souza & Vendramim, 2000).

Segundo Villas Bôas et al. (1997), a reprodução pode ser sexuada, a qual originará descendentes machos e fêmeas, ou partenogenética (sem fecundação), da qual resultarão apenas descendentes machos (denominada partenogênese arrenótoca). Como na maioria das espécies de mosca-branca, *B. tabaci* pode regular o sexo de seus descendentes, desde que tenham espermatozóides

armazenados suficientes para selecionar a fertilização (Horowitz & Gerling, 1992).

O acasalamento começa logo após a emergência do adulto (12 horas a 2 dias), com várias cópulas durante o ciclo de vida. O período de pré-oviposição varia com as diferentes épocas do ano, podendo durar de 8 horas a 5 dias. A fêmea pode colocar de 30 a 400 ovos durante toda sua vida, com uma média de 150 a 160 ovos. A taxa de oviposição depende da temperatura e da planta hospedeira, e quando existe escassez de alimento, as fêmeas interrompem a postura (Villas Bôas et al., 1997).

Segundo Valle (2001), a duração do ciclo de vida de *B. tabaci* varia de acordo com a planta hospedeira e a temperatura. Em condições favoráveis, pode apresentar de 11 a 15 gerações por ano (Brown et al., 1995).

Em temperaturas entre 25-27°C, a fase de ovo dura em torno de 5 a 8 dias, independente da planta hospedeira e a fase ninfal dura em torno de 12 a 16 dias, porém varia em função da planta hospedeira. A viabilidade dos ovos é superior a 90% na faixa de temperatura entre 20 e 30°C, e em temperaturas maiores ou menores que essa faixa, há uma tendência na diminuição da viabilidade. Já a viabilidade ninfal é variável para temperaturas entre 20 e 30°C, sendo de 39 a 95% (Wang & Tsai, 1996).

A temperatura também influencia no número de gerações (Valle, 2001). De acordo com Albergaria & Cividanes (2002), para insetos criados em soja, em condições de laboratório, foram observados ciclos biológicos de 70,9 e 21,8 dias a 15°C e 30°C, com 64% e 90% de viabilidade, respectivamente. Em condições de campo, a 30,8°C, foi observada uma maior porcentagem de emergência de adultos.

Outros fatores, como o período de pré-oviposição, a longevidade e a fecundidade, à semelhança do que foi constatado para os demais parâmetros

biológicos, também variam bastante em função da planta hospedeira e da temperatura (Wang & Tsai, 1996).

2.2.4 Danos e importância econômica

Desde 1995, o Brasil tem sido seriamente afetado pela mosca-branca. As perdas acumuladas em cinco anos já excederam 5 bilhões de dólares (Lima et al., 2000; Oliveira et al., 2001).

A espécie *B. tabaci* é uma praga chave para muitos sistemas agrícolas tropicais e subtropicais, causando danos diretos e indiretos. Os danos ocorrem diretamente durante a alimentação, onde os insetos (ninfas e adultos), introduzem seu estilete no tecido vegetal, sugando excessivas quantidades de seiva, causando alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do hospedeiro, debilitando-o e reduzindo a produtividade e qualidade dos frutos (Lourenção & Nagai, 1994; Villas Boas et al., 1997).

Em relação aos danos indiretos, estes se devem à transmissão de viroses, do tipo circulativa ou persistente, para a planta hospedeira, no ato da sucção da seiva, podendo levar a planta à morte (Hilje et al., 2001). Ao se alimentar, o inseto adquire partículas virais, que circulam livremente pelo seu corpo através da hemolinfa até chegar às glândulas salivares. Assim, quando o inseto que contém o vírus se alimenta de uma planta sadia, ele inocula junto com a saliva as partículas virais, contaminando a planta (Villas Bôas et al., 1997). Outro dano indireto importante é a excreção de substâncias açucaradas, o “honeydew”, as quais recobrem as folhas, servindo dessa forma como substrato para o desenvolvimento de fungos saprófitos, como o *Capnodium* sp. ocasionando o aparecimento da fumagina, que causa a redução da área fotossinteticamente ativa das folhas, reduzindo a produção e a qualidade dos frutos da planta (Villas Bôas et al., 1997; Hilje et al., 2001; Oliveira et al., 2001).

Para a cultura da soja, os principais danos são relacionados à transmissão de vírus, caracterizados pelos sintomas de nanismo severo, enrolamento das folhas, intensa clorose e diminuição da produção de grãos (Valle, 2001).

Em 1972/1973, altas populações de *B. tabaci* foram observadas em cultura de soja no norte do Paraná e sul de São Paulo, principalmente em plantios tardios, embora os danos não tenham sido quantificados (Costa et al., 1973). Altas infestações do biótipo B foram relatadas em cultura de soja no Estado do Paraná, na região de Primeiro de Maio, na safra de 1995/1996, causando prejuízos quase que totais à cultura (Sosa-Gómez et al., 1997). Em 1997/1998, em Miguelópolis, foram verificadas altas infestações do biótipo B em plantas de soja, onde havia a presença quase generalizada de fumagina nas folhas (Lourenção et al., 1999). Ainda no ano de 1999, em Balsas, no Estado do Maranhão, foram observadas altas infestações do biótipo B em plantios comerciais de soja (Lourenção et al., 2001).

2.2.5 Medidas de controle

Segundo Palumbo et al. (2001), o controle de *B. tabaci* resume-se principalmente à aplicação de inseticidas, visando o controle populacional deste inseto. Os tratamentos químicos são, na maioria dos casos, de caráter preventivo e/ou curativo, não se baseando em critérios populacionais do inseto. De forma geral, inseticidas de largo espectro de ação são utilizados, sem levar em consideração os impactos gerados pelo uso exclusivo de controle químico, já que em muitos casos, são necessárias várias aplicações dos produtos, resultando em um uso excessivo desses químicos e assim, conseqüentemente, *B. tabaci* tem desenvolvido resistência a vários inseticidas convencionais.

Esse potencial para populações de *B. tabaci* se tornarem resistentes, como uma conseqüência do uso intensivo de inseticidas químicos, tem

estimulado estudos em táticas alternativas para o Manejo Integrado de Pragas (Faria & Wraight, 2001).

Avanços significativos têm sido feitos para a compreensão da biologia, ecologia e dinâmica de populações da mosca-branca, e para o desenvolvimento e implementação de sistemas de seu manejo. A utilização de táticas alternativas que evitem o uso de inseticidas pode melhorar significativamente a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas de manejo integrado da mosca-branca. Neste contexto, a resistência da planta hospedeira representa uma estratégia crucial e oferece uma solução prática, de baixo custo e longa duração para a manutenção de baixas populações de mosca-branca, reduzindo, portanto, as perdas de produção (Bellotti & Arias, 2001).

Dessa forma, estudos de resistência a *B. tabaci*, em plantas de expressão econômica como a soja, tiveram grande impulso nos últimos anos, acompanhando a crescente importância desse inseto como praga e vetor de vírus em todo o mundo, a partir dos anos 80. Valle & Lourenção (2002), estudando a resistência de genótipos de soja a *B. tabaci*, verificaram que dois cultivares desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas, IAC-17 e IAC-19, apresentam resistência a *B. tabaci* biótipo B, podendo ser recomendadas para o plantio em regiões e épocas em que o inseto constitui problema.

Segundo Correa et al. (2005), a resistência induzida de plantas, que consiste no aumento do nível de resistência ao inseto, por meio da utilização de agentes externos (bióticos e abióticos), sem a alteração do genoma da planta, pela aplicação foliar de silício, pode causar redução na preferência de *B. tabaci* para oviposição, aumento no período de desenvolvimento do inseto e mortalidade de ninfas, apresentando, portanto, potencial para o manejo dessa praga na cultura do pepino. Dessa forma, pode-se especular no potencial do silício na indução de resistência à mosca-branca em soja.

Vários parasitóides e predadores podem utilizar *B. tabaci* como hospedeiro ou presa. Entre os parasitóides, destacam-se os afelinídeos dos gêneros *Encarsia* e *Eretmocerus* (Gerling et al., 2001; Takahashi, 2005). Entre os predadores, espécies pertencentes a diferentes ordens foram registradas predando *B. tabaci* biótipo B no Brasil (Oliveira et al., 2001). Com relação a entomopatógenos, avanços têm ocorrido na seleção de isolados mais virulentos dos fungos *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* e *Beauveria bassiana*, com ação sobre moscas-brancas (Faria & Wraight, 2001).

Em função da natureza preventiva, as práticas culturais podem desempenhar importante papel no manejo de moscas-brancas em sistemas agrícolas. Dessa forma, podem ser destacadas medidas como rotação de culturas, destruição de restos culturais, manejo de ervas daninhas, períodos livres de plantio, as quais se mostram efetivas se usadas em escala regional, mas de difícil demonstração experimental. Outras práticas, como por exemplo, barreiras vivas, cultura-armadilha, estande mais denso, coberturas de solo com plásticos ou com outras substâncias refletivas ou ainda coberturas vivas, podem causar impacto sobre moscas-brancas, mas são mais difíceis de serem adotadas pelos produtores por necessitarem de mudanças significativas nos sistemas convencionais de cultivo (Hilje et al., 2001).

Sendo assim, o grande desafio é o desenvolvimento de programas de manejo de *B. tabaci* que possam ser implementados nos diferentes pólos agrícolas brasileiros. Para isso, são necessários estudos da ecologia desse inseto nos sistemas de produção e em ambientes adjacentes, cujas informações servirão de base para táticas que visem evitar ao máximo a presença do inseto, incluindo práticas como manipulação do habitat, destruição de hospedeiros, tanto do inseto como de vírus, o uso de cultivares resistentes (ao inseto e/ou ao vírus), a indução de resistência da planta, formas estáveis de controle biológico e, em último caso,

o controle químico, com enfoque especial ao manejo de resistência do inseto aos inseticidas (Lourenção, 2002).

2.3 O Silício

2.3.1 O Silício no solo

O silício é um elemento com propriedades elétricas e físicas de um semimetal, exercendo um papel cuja importância pode ser comparável à do carbono nos reinos vegetal e animal (Lima Filho et al., 1999). É o segundo elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos (Raij, 1991).

Ocorre na natureza na forma insolúvel, combinado com o oxigênio e demais metais na forma de óxidos (areia, quartzo, cristal de rocha, ametista, ágata e opala) e silicatos (feldspatos, micas, argilas, caulim, talco, amianto ou asbestos e granito), além de outros compostos (Malavolta, 1980; Raij, 1991).

A principal fonte natural de silício no solo é o feldspato que, ao sofrer o processo de intemperização, libera o ácido silícico (H_4SiO_4) em grande parte na forma não dissociada, que é a principal forma de absorção do silício pelas plantas (Raven, 1983; Exley, 1998).

Outras fontes do ácido silícico são a decomposição de resíduos vegetais, a dissociação do ácido silícico polimérico, a liberação do silício dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, a dissolução de minerais cristalinos, a adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação (Savant et al., 1997). Já os principais drenos são a precipitação do silício em solução, formando minerais, a polimerização do ácido silícico, a lixiviação, a adsorção em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e a absorção pelas plantas (Lima Filho et al., 1999).

Entretanto, a ação do intemperismo não é suficiente para que o silício natural supra as necessidades das lavouras, tornando-se necessária a realização de uma adubação complementar, como ocorre em solos tropicais e subtropicais

após cultivos sucessivos (Brady, 1992), onde este elemento funciona como limitador da produção e da sustentabilidade da agricultura (Korndörfer & Datnoff, 1995).

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

De modo geral, a adubação das culturas com produtos ricos em silício resulta em aumentos significativos no crescimento e na produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo) e em algumas espécies não gramíneas (soja, feijão, alfafa, tomate, alface, pepino e repolho) têm sido observados aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de silício no solo (Elawad & Green., 1979).

2.3.2 O Silício nas plantas

O silício pode trazer inúmeros benefícios pela sua absorção (Mengel & Kirkby, 1987), por exemplo, a melhora na arquitetura da planta e aumento na fotossíntese (Deren et al., 1994), o que leva a menor abertura do ângulo foliar, tornando as folhas mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento, especialmente em condições de altas densidades populacionais e altas doses de nitrogênio (Balastra et al., 1989). Ainda, promove o aumento da resistência da planta à incidência de doenças fúngicas, por ser este elemento depositado na folha, logo abaixo da cutícula, nos tecidos da epiderme, mais exatamente nas paredes celulares mais externas (Agarie et al., 1998), gerando resistência mecânica à penetração das hifas.

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 estresses hídricos, toxidez de alumínio,

ferro, entre outros, e bióticos, como a incidência de insetos-praga (Epstein, 1994).

O silício penetra na planta na forma de ácido monossilícico H_4SiO_4 (Yoshida, 1975; Takahashi, 1995). No interior da planta, 99% do silício acumulado encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado e o restante, 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica (Yoshida, 1975).

Ao ser absorvido pelas plantas, o silício é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural a se polimerizar. Na planta, a sílica concentra-se nos tecidos de suporte, do caule e nas folhas, podendo ser encontrada em pequenas quantidades nos grãos. O conteúdo médio de sílica das raízes é um décimo da concentração do caule (Korndörfer et al., 2004).

As plantas podem diferir bastante na sua capacidade de absorver o silício. Até mesmo genótipos de uma espécie podem apresentar diferentes concentrações de silício (Nable et al., 1990). Dessa forma, as plantas superiores podem ser classificadas, em relação ao acúmulo de silício, e em relação à razão Si/Ca na matéria seca como *acumuladoras*: com um teor bastante elevado de silício, sendo a absorção ligada à respiração aeróbica; *intermediárias*: as quais apresentam uma quantidade considerável de Si, quando a concentração do elemento no meio é alta; e *não acumuladoras*: caracterizando-se por um baixo teor dos elementos, mesmo com altos níveis de Si no meio, indicando um mecanismo de exclusão (Miyake & Takahashi, 1985). A soja e as cucurbitáceas, por exemplo, enquadram-se na categoria das intermediárias, pois translocam o silício livremente das raízes para a parte aérea (Lima Filho et al., 1999).

2.3.3 O Silício como indutor de resistência às plantas

Resistência induzida é um processo de defesa das plantas no qual um estresse ou uma injúria diminui a preferência ou o desempenho do herbívoro (Karban & Myers, 1989).

Para o desencadeamento desse processo é preciso um elicitador ou indutor que são agentes que induzem alguma resposta de defesa na planta, desde modificações celulares, fisiológicas e morfológicas até modificações como a ativação da transcrição dos genes que codificam as respostas de defesa (Dixon et al., 1994). Os elicitores podem ser bióticos, como a herbivoria e a infecção por microorganismos patogênicos (Dangl, 1998), e abióticos (agentes químicos), como o ácido salicílico (Chen et al., 1993; Silva, 2002), ácido poliacrílico e fitohormônios como auxina, citicina, ácido abscísico, etileno e elementos minerais como o silício (Chérif et al., 1992a; Chérif et al., 1992b; Stein et al., 1993; Chérif et al., 1994).

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, 1995), 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 camada dupla de sílica cuticular, que, pela diminuição da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor (Korndörfer et al., 2004).

Goussain et al. (2002) observaram maior mortalidade e canibalismo de lagartas *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) ao final do segundo ínstar, quando alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com silicato de sódio. Também foi verificado 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 aplicar silicato de sódio em plantas de milho, verificaram uma

diminuição na preferência do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) pelas plantas tratadas com silício.

Entretanto, a barreira mecânica proporcionada pelo silício nas células epidérmicas não constitui o único mecanismo de defesa contra a penetração de hifas de fungos ou o ataque de insetos (Chérif et al., 1994). Fawer et al. (1998) identificaram uma proteção induzida por este elemento dentro das células vegetais, demonstrando que o silício desencadeia uma seqüência de reações que iniciam mecanismos de defesa bioquímica na planta infectada. Sendo assim, plantas tratadas com silício, provavelmente, iniciam os mecanismos naturais de defesa, como por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina, o que poderia interferir no crescimento e desenvolvimento de insetos-praga (Chérif et al., 1994; Epstein, 1999).

Os compostos fenólicos são conhecidos como moléculas de defesa das plantas a patógenos e insetos (Todd et al., 1971). Dentre seus efeitos negativos, destacam-se a deterrência alimentar, a inibição da digestão e a toxicidade (Appel, 1993).

Segundo Taiz & Zeiger (2004), a lignina, além de proporcionar suporte mecânico, coíbe o consumo das plantas pelos herbívoros e sua estabilidade química, torna-a relativamente indigerível por esses organismos. Por sua capacidade de ligação à celulose e às proteínas, a lignina também reduz a digestibilidade dessas substâncias. A lignificação bloqueia o crescimento de patógenos e é uma resposta freqüente à infecção ou à lesão.

Além desses, outros compostos secundários importantes na defesa das plantas contra herbívoros e patógenos são os compostos nitrogenados, como por exemplo, alcalóides, glicosídeos cianogênicos, glucosinatos, aminoácidos não-protéicos e proteínas anti-digestivas, que causam, em geral, deterrência alimentar, alterações metabólicas, redução no crescimento e desenvolvimento destes organismos (Taiz & Zeiger, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Metodologia geral

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em condições naturais, e em sala climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos, Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brasil, durante os meses de fevereiro a junho de 2006.

As moscas-brancas utilizadas foram coletadas da criação de manutenção do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos, Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), mantida em sala climatizada, à temperatura de $30\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), couve (*Brassica oleracea*), pepino (*Cucumis sativus*), algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) e bico-de-papagaio (*Euphorbia pulcherrima*).

As sementes de soja, cultivares IAC-19, moderadamente resistente a *B. tabaci* biótipo B (IAC, 2006) e MONSOY-8001, suscetível, foram previamente tratadas com o fungicida Captan, de acordo com as recomendações constantes no rótulo do produto.

Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade para 5 kg de solo, preenchidos com mistura de terra e composto orgânico, na proporção de 3:1 respectivamente. Para cada variedade de soja foram plantados 20 vasos, sendo seis sementes por vaso, mantendo-se quatro plantas após o desbaste. As plantas foram irrigadas diariamente, de modo a suprir suas necessidades hídricas.

Dez dias após a emergência das plântulas, o ácido silícico diluído em 250 ml de H₂O, na concentração de 1%, foi aplicado no solo ao redor das plântulas, em 10 vasos de cada cultivar de soja. Nos outros 20 vasos, foram aplicados 250 ml de H₂O como controle.

Sendo assim, o experimento consistiu dos seguintes tratamentos: dois cultivares de soja (IAC-19 e MONSOY-8001) e dois níveis de silício (com e sem aplicação).

3.2 Efeito do silício na indução de resistência à mosca-branca *B. tabaci* biótipo B em plantas de soja

3.2.1 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste com chance de escolha

Vinte dias após a emergência das plântulas, foram dispostos ao acaso em bancada da sala climatizada 20 vasos, sendo cinco vasos por tratamento (IAC-19 com silício, IAC-19 sem silício, MONSOY-8001 com silício e MONSOY-8001 sem silício). Um novo desbaste foi feito antes da infestação, deixando-se duas plantas por vaso, para que fossem mantidas as mesmas condições nos testes com chance e sem chance de escolha, sendo as duas plantas retiradas descartadas.

Para a infestação, coletaram-se com o auxílio de aspirador manual, da criação de manutenção, 2000 adultos não sexados de mosca-branca/vaso, que foram liberados na sala climatizada, tendo chance de escolha entre os tratamentos.

Após 48 horas de infestação, os adultos liberados foram removidos das plantas para avaliação do número de ovos colocados. Para isso, foi escolhida uma folha por planta/vaso, selecionando-se a terceira folha apical inteiramente desenvolvida (adaptado de Valle & Lourenção, 2002), num total de duas folhas por parcela. No laboratório, com o auxílio de microscópio estereoscópico, com o aumento de até 40x, foi contado o número de ovos na face abaxial de cada folha, que foi marcada para posterior avaliação das ninfas.

Quinze dias após a retirada dos adultos liberados, foi feita a avaliação do número de ninfas de 3º e/ou 4º instar, uma vez que não foi possível aguardar que

todas as ninfas atingissem o 4º instar sem que houvesse a emergência de alguns adultos, evitando-se dessa forma, a perda de dados. Para isso, retirou-se a folha marcada em cada planta do vaso, num total de duas folhas por parcela. Essas folhas foram acondicionadas em sacos de papel e, em seguida, foram examinadas com o auxílio de microscópio estereoscópico, para contagem do número de ninfas. A taxa de sobrevivência (%) ou viabilidade dos ovos até ninfas de 3º e/ou 4º instar também foi determinada.

3.2.2 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste sem chance de escolha

O mesmo procedimento empregado no ensaio anterior foi adotado, com exceção de que neste teste, após o segundo desbaste, as duas plantas retiradas de cada vaso foram acondicionadas em sacos de papel, transferidas para estufa a 60°C, até completa secagem para posterior análise de compostos de defesa. Também, cada vaso foi colocado em gaiolas individuais de 0,3 x 0,3 x 0,8m, feitas com quatro hastes de metal introduzidas no substrato do vaso e com um prato plástico de 25 cm de diâmetro no topo destas. Este conjunto foi coberto com tecido organza e, a seguir, as gaiolas prontas foram aleatoriamente dispostas em bancada.

Em seguida, foram coletados da criação de manutenção, com auxílio de aspirador manual, 100 adultos não sexados de mosca-branca/vaso e liberados em cada gaiola por um período de 60 horas para infestação.

As avaliações do número de ovos e de ninfas e a taxa de sobrevivência foram realizadas conforme o teste anterior.

3.2.3 Produção de compostos secundários

As duas plantas retiradas de cada vaso, no segundo desbaste do experimento sem chance de escolha, após secagem em estufa a 60 °C, tiveram

suas folhas retiradas e trituradas em moinho do tipo Willye, para a formação de um pó fino que foi enviado ao Laboratório de Bioquímica do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, MG, para análise de compostos fenólicos, lignina e nitrogênio não-protéico.

3.3 Efeito do silício no desenvolvimento vegetativo de plantas de soja

Após as avaliações do número de ninfas, as duas plantas de cada vaso foram cortadas rente ao solo e as raízes lavadas em água corrente. Em seguida, o material foi acondicionado em saco de papel, transferido para estufa a 60 °C, até peso constante.

Após secagem, o material foi pesado em balança analítica para avaliação do desenvolvimento das plantas. Determinou-se o peso seco das partes aéreas e das raízes, além da relação raiz:parte aérea das plantas.

3.4 Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, num esquema fatorial 2x2, sendo dois níveis de silício (com e sem silício) e dois cultivares de soja (IAC-19 e MONSOY-8001). Os dados de contagem foram transformados em \sqrt{X} , antes de serem submetidos à análise de variância, pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Como se trata de um fatorial 2x2, não foi necessário realizar teste de médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do silício na indução de resistência à mosca-branca *B. tabaci* biótipo B em plantas de soja.

4.1.1 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste com chance de escolha

Verificou-se não-preferência para oviposição no cultivar IAC-19 em relação ao cultivar MONSOY-8001, que apresentou um número médio de ovos/folha superior ao dobro do observado para IAC-19 (Tabela 1), confirmando assim os resultados encontrados por Valle & Lourenção (2002), onde IAC-19 e IAC-17, cultivares desenvolvidas pelo IAC-Campinas para resistência a insetos, se destacaram pela resistência para a oviposição e colonização por *B. tabaci* biótipo B.

TABELA 1. Número médio de ovos, ninfas de 3º e/ou 4º ínstar e viabilidade média (%) de *B. tabaci* biótipo B/folha (\pm EP) em dois cultivares de soja, em teste com chance de escolha.

Soja	Ovos	Ninfas	Viabilidade (%)
IAC-19	83,7 \pm 30,0 b	49,8 \pm 19,7 b	59,3 \pm 9,5 a
MONSOY-8001	184,6 \pm 49,3 a	125,3 \pm 29,5 a	71,0 \pm 5,9 a
CV(%)	37,1	35,7	16,9

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

Também, o cultivar IAC-19 apresentou menor quantidade de ninfas de *B. tabaci* biótipo B que MONSOY-8001.

Entretanto, em relação à viabilidade ninfal, não foi observada diferença significativa entre os dois cultivares (Tabela 1), indicando que a resistência genotípica do cultivar IAC-19, apesar de afetar negativamente a oviposição de *B. tabaci*, não atua sobre o desenvolvimento ninfal deste inseto.

A aplicação de silício não afetou a oviposição nem o número médio de ninfas de *B. tabaci* em plantas de soja. Por outro lado, a viabilidade das ninfas de plantas tratadas com silício foi significativamente menor que a das plantas controle, isto é, sem aplicação de silício (Tabela 2).

TABELA 2. Número médio de ovos, ninfas de 3º e/ou 4º instar e viabilidade média (%) de *B. tabaci* biótipo B/folha (\pm EP) em plantas de soja tratadas ou não com silício (Si), em teste com chance de escolha.

Silício	Ovos	Ninfas	Viabilidade (%)
Sem Si	142,6 \pm 54,1 a	101,0 \pm 34,3 a	74,4 \pm 5,2 a
Com Si	125,6 \pm 38,8 a	74,2 \pm 25,2 a	55,9 \pm 8,7 b
CV(%)	37,1	35,7	16,9

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

4.1.2 Preferência para oviposição e desenvolvimento de ninfas em teste sem chance de escolha

Os resultados obtidos para os cultivares IAC-19 e MONSOY-8001, quanto aos números médios de ovos, ninfas e viabilidade ninfal (Tabela 3), foram semelhantes aos observados no teste com chance de escolha, mesmo quando o inseto não teve chance de escolher, ou seja, quando confinado em cada um dos genótipos.

TABELA 3. Número médio de ovos, ninfas de 3º e/ou 4º instar e viabilidade média (%) de *B. tabaci* biótipo B/folha (\pm EP) em dois cultivares de soja, em teste sem chance de escolha.

Soja	Ovos	Ninfas	Viabilidade (%)
IAC-19	51,4 \pm 9,7 b	34,0 \pm 9,7 b	62,4 \pm 9,2 a
MONSOY-8001	79,2 \pm 15,5 a	48,0 \pm 8,1 a	64,1 \pm 7,9 a
CV(%)	21,2	21,6	23,8

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

Contudo, o efeito da aplicação de silício no teste sem chance de escolha pôde ser observado para número médio de ninfas, sendo que as plantas tratadas com este mineral apresentaram menor quantidade de ninfas que as plantas não tratadas (Tabela 4).

TABELA 4. Número médio de ovos, ninfas de 3º e/ou 4º instar e viabilidade média (%) de *B. tabaci* biótipo B/folha (\pm EP) em plantas de soja tratadas ou não com silício (Si), em teste sem chance de escolha.

Silício	Ovos	Ninfas	Viabilidade (%)
Sem Si	75,3 \pm 15,2 a	49,6 \pm 9,2 a	67,8 \pm 6,4 a
Com Si	55,3 \pm 12,1 a	32,4 \pm 8,0 b	58,6 \pm 9,8 a
CV(%)	21,2	21,6	23,8

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

Resultados semelhantes foram obtidos por Correa et al. (2005) que observaram maior mortalidade de ninfas de *B. tabaci* pela aplicação foliar de

silício em plantas de pepino, provavelmente devido ao aumento de substâncias de defesa na planta, induzido pela maior atividade de enzimas oxidativas (Gomes et al., 2005).

4.1.3 Produção de compostos secundários

Não foram observadas diferenças significativas entre as porcentagens de compostos fenólicos nos cultivares de soja, porém o cultivar MONSOY-8001 apresentou maior porcentagem de lignina que o cultivar IAC-19 (Tabela 5), o que pode ser devido às características agronômicas próprias dos cultivares.

TABELA 5. Porcentagem de compostos fenólicos e lignina (\pm EP) em dois cultivares de soja.

Soja	Compostos fenólicos (%)	Lignina (%)
IAC-19	2,25 \pm 0,17 a	4,45 \pm 0,10 b
MONSOY-8001	2,16 \pm 0,10 a	6,52 \pm 0,14 a
CV(%)	12,3	5,2

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

Por outro lado, verificou-se nas plantas de soja tratadas com silício uma menor porcentagem de compostos fenólicos, em relação às plantas que não receberam o tratamento. Além disso, não se observou o efeito do silício na produção de lignina, sendo que as plantas, tratadas ou não, apresentaram porcentagens médias semelhantes (Tabela 6).

TABELA 6. Porcentagem de compostos fenólicos e lignina (\pm EP) em plantas de soja tratadas ou não com silício (Si).

Silício	Compostos fenólicos (%)	Lignina (%)
Sem Si	2,36 \pm 0,12 a	5,46 \pm 0,52 a
Com Si	2,04 \pm 0,12 b	5,51 \pm 0,48 a
CV(%)	12,4	5,2

* Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

A ausência de resposta da aplicação de silício para produção de lignina pode estar relacionada ao fato de que as respostas de defesa dependem de fatores como a velocidade da expressão, o tipo e a concentração do elicitador, da planta utilizada e da duração do efeito protetor (Roncetto & Pascholati, 1998).

Entretanto, pode-se observar um aumento significativo de nitrogênio não-protéico no cultivar IAC-19 em resposta à aplicação de silício (Tabela 7), o que provavelmente contribuiu para a mortalidade ninfal neste cultivar. Os compostos formados à base de nitrogênio aumentam em concentração quando a disponibilidade de nitrogênio também aumenta para as plantas. No entanto, compostos fenólicos como taninos e terpenos, formados à base de carbono, freqüentemente diminuem em concentração quando a disponibilidade de nitrogênio é alta, o que pode afetar os insetos fitófagos através da produção diferencial de metabólitos secundários (Herms & Mattson, 1992; Kytö et al., 1996). Também Taiz & Zeiger (2004) citaram que o nitrogênio não-protéico, presente na forma livre, atua como substância protetora, exercendo sua toxicidade de várias maneiras; como aminoácidos não-protéicos, por bloquear a síntese ou a absorção de aminoácidos protéicos, ou podem ser erroneamente incorporados às proteínas levando à produção de enzimas não-funcionais,

alterando o metabolismo do inseto, prejudicando dessa forma, o seu desenvolvimento.

TABELA 7. Porcentagem de nitrogênio não-protéico (\pm EP) em plantas de soja tratadas ou não com silício (Si).

Soja	Nitrogênio não-protéico (%)	
	Sem Si	Com Si
IAC-19	4,51 \pm 0,12 bB	4,93 \pm 0,14 aA
MONSOY-8001	5,27 \pm 0,10 aA	5,12 \pm 0,10 aA
CV(%)	5,2	

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

Assim como para porcentagem de lignina, o cultivar MONSOY-8001 apresentou maior porcentagem média de nitrogênio não-protéico que IAC-19 (Tabela 7), na ausência de silício. No entanto, é provável que apenas a produção diferencial desses compostos de defesa, observada no cultivar MONSOY-8001, não seja suficiente para o controle efetivo de *B. tabaci* em soja, já que este cultivar não apresenta nenhum grau de resistência prévia ao inseto.

Como a proteção de plantas de soja que apresentam um determinado grau de resistência a insetos pode ser aumentada quando associada a outras táticas de controle (Valle & Lourenção 2002), a aplicação de silício constitui uma alternativa viável ao manejo de mosca-branca em cultivares dessa oleaginosa como o IAC-19.

4.2 Efeito do silício no desenvolvimento vegetativo de plantas de soja

Os cultivares IAC-19 e MONSOY-8001 não apresentaram diferenças significativas quanto ao peso seco médio da raiz e da parte aérea (Tabela 8). Entretanto, verificou-se em MONSOY-8001 uma maior relação entre raiz e parte aérea que em IAC-19, o que pode ser devido às características agronômicas próprias dos cultivares.

TABELA 8. Peso seco médio da raiz (g) e da parte aérea (g) e relação raiz:parte aérea (\pm EP) em dois cultivares de soja.

Soja	Raiz (R)	Parte Aérea (PA)	R:PA
IAC-19	0,33 \pm 0,02 a	1,66 \pm 0,10 a	0,20 \pm 0,01 b
MONSOY-8001	0,37 \pm 0,03 a	1,53 \pm 0,09 a	0,24 \pm 0,02 a
CV(%)	7,7	6,7	8,1

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

Além disso, não foi observado efeito do silício no desenvolvimento vegetativo das plantas de soja, sendo os pesos médios encontrados para raiz e parte aérea e a relação raiz:parte aérea os mesmos para plantas tratadas ou não com silício (Tabela 9).

TABELA 9. Peso seco médio da raiz (g) e da parte aérea (g) e relação raiz:parte aérea (\pm EP) em plantas de soja tratadas ou não com silício (Si).

Silício	Raiz (R)	Parte Aérea (PA)	R:PA
Sem Si	0,35 \pm 0,03 a	1,57 \pm 0,12 a	0,22 \pm 0,02 a
Com Si	0,35 \pm 0,03 a	1,62 \pm 0,07 a	0,21 \pm 0,02 a
CV(%)	7,7	6,7	8,1

* Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ($P \leq 0,05$).

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 elemento 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. Logo, a realização de experimentos a campo, que visem elucidar essas questões para a cultura da soja, é sugerida.

De maneira geral, a aplicação de silício, apesar de não ter afetado a preferência para oviposição da mosca-branca, prejudicou o desenvolvimento das ninfas, reduzindo consideravelmente a sua viabilidade. Portanto, os resultados de resistência obtidos são satisfatórios, podendo o silício associado ao cultivar IAC-19 ser considerado como uma boa fonte de resistência, apresentando, assim, potencial para o manejo de mosca-branca na cultura da soja.

5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais, pode-se concluir que:

O silício, aplicado em plantas de soja, não afeta a preferência para oviposição da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B, porém causa mortalidade de ninfas;

O silício, associado ao cultivar IAC-19, potencializa a produção de nitrogênio não-protéico em plantas de soja;

O silício não afeta o desenvolvimento vegetativo das plantas de soja;

O silício, associado ao cultivar IAC-19, aumenta o grau de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARIE, S.; HANAOKA, N.; UENO, O.; MIYAZAKI, A.; KUBOTA, F.; AGATA, W.; KAUFMAN, P. B. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 1, p. 96-103, 1998.
- ALBERGARIA, N. M. M. S.; CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 359-363, 2002.
- APPEL, H. M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 19, n. 7, p. 1521-1552, July 1993.
- BALASTRA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, P. Effects of silica level on some properties of *Oryza sativa* straw and hult. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 67, n. 8, p. 2356-2363, Aug. 1989.
- BELLOTTI, A. C.; ARIAS, B. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 813-823, Sept. 2001.
- BELLOWS JR., T. S.; PERRING, T. M.; GILL, R. J.; HEADRICH, D. H. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae): **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 76, n. 2, p. 310-313, Mar. 1994.
- BRADY, N. C. **The nature and properties of soil**. 10. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1992. p. 179-200.
- BROWN, J. K.; FROHLICH, D. R.; ROSSELL, R. C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 40, p. 511-534, 1995.
- BURBAN, C.; FISHPOOL, L. D. C.; FAUQUET, C.; FARGETTE, D.; THOUVENEL, J. C. Host-associated biotypes within West African populations of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom., Aleyrodidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 113, n. 4, p. 416-423, Apr. 1992.
- BYRNE, D. N.; BELLOWS JÚNIOR, T. S. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 431-457, 1991.

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.** 2000. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CHEN, Z.; SILVA, H.; KLESSIG, D. F. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. **Science**, Washington, v. 262, n. 5129, p. 1883-1886, 1993.

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Phytophthora* spp. **Phytopathology**, 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 *Phytophthora 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 *Phytophthora ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 41, n. 5, p. 371-383. Nov. 1992b.

COHEN, S.; DUFFUS, J. E.; LIU, H. Y. A new *Bemisia tabaci* biotype in the southwestern United States and its role in silverleaf of squash and transmission of lettuce infections yellows virus. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 1, p. 86-90, Jan. 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores da agropecuária.** Brasília. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 10 fev. 2006.

CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; CARVALHO, G. AB. 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, May/June 2005.

COSTA, A. S.; COSTA, C. L.; SAUER, H. F. G. Surto de mosca-branca em culturas do Paraná e São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 2, n. 1, p. 20-30, 1973.

COSTA, H. S.; BROWN, J. K. Variation in biological characteristics and esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci* and the association of one population with silverleaf symptom induction. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 61, n. 3, p. 211-219, Dec. 1991.

DANGL, J. Plants just say NO to pathogens. **Nature**, London, v. 394, n. 6393, p. 525-527, Aug. 1998.

DE BARRO, P. J. ***Bemisia tabaci* biotype B**: a review of its biology, distribution and control. Canberra: CSIRO, Technical Paper 36, 1995. 58 p.

DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 3, p. 733-737, May/June 1994.

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.

ELAWAD, S. H.; GREEN, V. E. JR. 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. **Tecnologias de Produção de Soja**: Região Central do Brasil, Londrina, PR. 2005. 242 p.

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

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual 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.

FARIA, M.; WRAIGHT, S. P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 767-778, Nov. 2001.

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

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

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. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows ; Perring (Homoptera: Aleyrodidae) no Distrito Federal. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 2, p. 369-372, 1996.

FRANZOTE, B. P.; SILVEIRA, L. S. M.; ANDRADE, M. J. B.; VIEIRA, N. M. B.; S.; PEREIRA, V. M.; CARVALHO, J. G. Aplicação foliar de Silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO-CONAFE, 8., 2005, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia, 2005. v. 2, p. 957-960.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GERLING, D.; ALOMAR, Ò.; ARNÓ, J. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 779-799, Nov. 2001.

GRAZZIERO, D. L. P.; SOUZA, I. F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Org.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 184-205.

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

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E.

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

HAIJ, F. N. P.; LIMA, M. F.; ALENCAR, J. A. de; PREZOTTI, L. Mosca-branca: nova praga na região do submédio São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 88, 1996.

HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or defend. **Quarterly Review of Biology**, New York, v. 67, p. 283-33, 1992.

HILJE, L.; COSTA, H. S.; STANSLY, P. A. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 801-812, 2001.

HOROWITZ, A. R.; GERLING, D. Seasonal variation of sex ratio in *Bemisia tabaci* on cotton in Israel. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 21, n. 3, p. 556-559, June 1992.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Soja**: Cultivares de soja – IAC. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Soja/IAC18.htm>>. Acesso em: 10 maio 2006.

KARBAN, R.; MYERS, J. H. Induced plant responses to herbivory. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 20, p. 331-348, 1989.

KYTÖ, M.; NIEMMELA, P.; LARSON, S. Insects on trees: population and individual response to fertilization. **Oikos, Oxford**, v. 75, p. 148-159, 1996.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F., 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**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 623-662, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 70, p. 1-5, 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. GPSi-ICIAG-UFU. 3. ed. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 23 p. (Boletim Técnico 01).

LIMA, A. C. S.; LARA, F. M. Resistance of soybean genotypes to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 71-75, 2004.

LIMA, L. H. C.; MORETZOHN, M. C.; OLIVEIRA, M. R. V. Survey of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in Brazil using RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 4, p. 781-785, Dec. 2000.

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

LOURENÇÃO, A. L. Histórico e danos de *Bemisia argentifolli* no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador, 1997. p. 8-9.

LOURENÇÃO, A. L. Situação atual da mosca-branca no Brasil: medidas de controle. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 153-155, 2002.

LOURENÇÃO, A. L.; MIRANDA, M. A. C.; ALVES, S. B. Ocorrência epizootica de *Verticillium lecanii* em *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) no Estado do Maranhão. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 183-185, 2001.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 53-59, 1994.

LOURENÇÃO, A. L.; YUKI, V. A.; ALVES, S. B. Epizootia de *Aschersonia* cf. *goldiana* em *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biótipo B no Estado de São Paulo. **Anais de Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 2, p. 343-345, 1999.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTIN, J. H.; MIFSUD, D.; RAPISARDA, C. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. **Bulletin of Entomological Research**, Wallingford, v. 90, n. 5, p. 407-448, Oct. 2000.

- MENGEL, K. E.; KIRKBY, G. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in the solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 31, n. 4, p. 625-636, Dec. 1985.
- MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, G. A.; COSTA, R. R. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 761-766, 2005.
- NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. Uptake of boron and silicon by barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 1, p. 83-90, July 1990.
- OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 709-723, Nov. 2001.
- PALUMBO, J. C.; HOROWITZ, R.; PRABHAKER, N. Overview of insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 739-765, Nov. 2001.
- PERRING, T. M. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 725-737, Nov. 2001.
- PERRING, T. M.; COOPER, A. D.; KAZMER, D. J. Identification of the poinsettia strain of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on broccoli by electrophoresis. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 4, p. 1278-1284, Aug. 1992.
- PERRING, T. M.; COOPER, A. D.; RODRIGUEZ, R. J.; FARRAR, C. A.; BELLOWS JUNIOR, T. S. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. **Science**, London, v. 259, n. 5091, p. 74-77, Jan. 1993.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, POTAFÓS, 1991. 343 p.
- RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, New York, v. 58, n. 2, p. 179-207, 1983.

RONCATTO, M. C.; PASCHOLATI, S. F. Alterações na atividade e no perfil eletroforético da peroxidase em folhas de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) tratadas com levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 395-402, 1998.

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

SILVA, L. H. C. P. **Resistência sistêmica ativada pelo acibenzolar-s-metil contra doenças em tomateiro**. 2002. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOSA-GOMÉZ, D. R.; MOSCARDI, F.; SANTOS, M. *Bemisia* spp. na cultura da soja: ocorrência, controle químico e incidência do fumo entomopatogênico *Paecilomyces* spp. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos... Salvador, 1997**. p. 144.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Efeitos de extratos aquosos de meliáceas sobre *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 173-179, 2000.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 309-334.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHH, R. ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. p. 420-433.

TAKAHASHI, K. M. **Aspectos bioecológicos e potencial de parasitismo de *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) sobre *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) em couve, tomate e soja**. 2005. 73 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TODD, G. W.; GETAHUN, A.; CRESS, D. C. Resistance in barley to the greenbug, *Schizaphis graminum*. 1. Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. **Annals of Entomological Society of America**, Lanham, v. 64, n. 3, p. 718-722, 1971.

VALLE, G. E. **Resistência de genótipos de soja a *Bemisia tabaci* biótipo B**. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas.

VALLE, G. E.; LOURENÇÃO, A. L. Resistência de genótipos de soja a *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 285-295, 2002.

VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F.; ÁVILA, A. C. de; BEZERRA, I. C. **Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii***. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1997. 11 p. (EMBRAPA-CNPq. Circular Técnica, 9).

WANG, K.; TSAI, J. H. Temperature effect on development and reproduction of silverleaf whitefly Homoptera: Aleyrodidae. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 89, n. 3, p. 375-384, 1996.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bulletin National Institute of Agriculture and Science**, v. 15, p. 1-58, 1975.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.