

**INTERAÇÃO ENTRE ALGODOEIRO DE
FIBRAS COLORIDAS E INDUTORES DE
RESISTÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE
Aphis gossypii GLOVER, 1877 (Hemiptera:
Aphididae) E DE *Cycloneda sanguinea*
(LINNAEUS, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)**

ELIANA ALCANTRA

2010

ELIANA ALCANTRA

**INTERAÇÃO ENTRE ALGODOEIRO DE FIBRAS COLORIDAS
E INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE
Aphis gossypii GLOVER, 1877 (Hemiptera: Aphididae) E DE
Cycloneda sanguinea (LINNAEUS, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)**

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

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

Alcantra, Eliana.

Interação entre algodoeiro de fibras coloridas e indutores de resistência no desenvolvimento de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) / Eliana Alcantra. – Lavras : UFLA, 2010.

81 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Jair Campos Moraes.

Bibliografia.

1. Pulgão-do-algodoeiro. 2. Silício. 3. Insecta. 4. Acibenzolar-S-methyl. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 595.752

ELIANA ALCANTRA

**INTERAÇÃO ENTRE ALGODOEIRO DE FIBRAS COLORIDAS
E INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE
Aphis gossypii GLOVER, 1877 (Hemiptera: Aphididae) E DE
Cycloneda sanguinea (LINNAEUS, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)**

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

APROVADA em 19 de fevereiro de 2010.

Dr. Alexander Machado Auad	Embrapa
Prof. Dr. Alcides Moino Junior	UFLA
Prof. Dr. Luis Cláudio Paterno Silveira	UFLA
Dr. Rogério Antônio Silva	Epamig

Prof. Dr. Jair Campos Moraes

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus misericordioso, que me guia, protege e ilumina,

AGRADEÇO

Aos meus pais, Maria Aparecida Alcantra e Pedro Alcantra, pelo presente mais precioso que alguém pode receber: a vida e por revestirem a minha existência e a de meus irmãos de todos os valores que nos transformaram em pessoas responsáveis e conscientes, e também por todo amor, carinho e cada lição de vida transmitida,

DEDICO

Aos meus queridos irmãos, Pedro, Tatiana, Juliana, Adriano, Luciano, Cristiano, Cassiano e Thiago, pelo amor, carinho, apoio e compreensão.

À Arethusa, por todo apoio e amizade.

À minha avó Maria Etelvina que, mesmo distante, me apoia e abençoa,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia, pela realização do doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao Professor Jair Campos Moraes, pela orientação, confiança e oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Entomologia, pelos ensinamentos transmitidos.

As minhas irmãs de coração, Melissa e Rosane, pela amizade sincera, estando sempre ao meu lado, aconselhando e ajudando.

Às amigas queridas Nádia, Tathi e Alexa, pelas conversas, conselhos e momentos de descontração.

Aos colegas e amigos da pós-graduação, Alexandre, Ronelza, Andréa, Giselle, Lucas, Fabricia, Ricardo, Sabrina, Vanessa, Vanesca, Carol, Vívian, Marcelo, Anderson, Letícia, Stephan, Flávia, Danila e Marçal, pela convivência harmoniosa e momentos de descontração.

Ao Alex, Roberta, Jonas e Natália, pela torcida e ajuda na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento, Dona Irene, Fábio, Lisiane, Nazaré, Julinho e Elaine, pelo auxílio durante a condução deste trabalho.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Muito Obrigada!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução Geral	1
2 Referências bibliográficas	5
CAPÍTULO 2: Resistência induzida ao pulgão-do-algodoeiro em cultivares de algodão colorido	9
1 Resumo	10
2 Abstract	11
3 Introdução	12
4 Material e Métodos	14
4.1 Criação de <i>A. gossypii</i>	15
4.2 Biologia de <i>A. gossypii</i>	15
4.3 Teores de lignina e fenóis	16
4.4 Análise estatística	16
5 Resultados e Discussão	16
5.1 Biologia de <i>A. gossypii</i>	16
5.2 Teores de lignina e fenóis	20
6 Conclusões	22
7 Referências Bibliográficas	23
CAPÍTULO 3: Efeito associado de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de <i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)	26
1 Resumo	27
2 Abstract	28
3 Introdução	29

4 Material e Métodos	30
4.1 Características gerais	30
4.2 Criação de <i>A. gossypii</i>	31
4.3 Teste com chance de escolha para pulgão áptero	32
4.4 Teste com chance de escolha para pulgão alado	32
4.5 Análise estatística	33
5 Resultados e Discussão	33
5.1 Teste com chance de escolha para pulgão áptero	33
5.2 Teste com chance de escolha para pulgão alado	37
6 Conclusões	40
7 Referências Bibliográficas	41
CAPÍTULO 4: Tolerância de algodoeiro colorido tratado com silício e acibenzolar-S-methyl a <i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)	44
1 Resumo	45
2 Abstract	46
3 Introdução	47
4 Material e Métodos	48
5 Resultados e Discussão	50
6 Conclusões	55
7 Referências Bibliográficas	56
CAPÍTULO 5: Avaliação dos efeitos da aplicação de silício e de acibenzolar-S-methyl em algodoeiro de fibras coloridas no desenvolvimento de <i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e de seu inimigo natural <i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)	59
1 Resumo	60

2 Abstract	61
3 Introdução	62
4 Material e Métodos	64
4.1 Criação de <i>A. gossypii</i>	65
4.2 Criação de <i>C. sanguinea</i>	65
4.3 Biologia de <i>A. gossypii</i> em casa de vegetação	65
4.4 Desenvolvimento de <i>C. sanguinea</i> alimentada com <i>A. gossypii</i> em casa de vegetação	66
4.5 Desenvolvimento de <i>C. sanguinea</i> alimentada com <i>A. gossypii</i> em laboratório	66
4.6 Viabilidade e número de ovos de <i>C. sanguinea</i> alimentada com <i>A. gossypii</i> em laboratório	67
4.7 Análise estatística	68
5 Resultados e Discussão	68
5.1 Biologia de <i>A. gossypii</i> em casa de vegetação	68
5.2 Desenvolvimento de <i>C. sanguinea</i> alimentada com <i>A. gossypii</i> em casa de vegetação	72
5.3 Desenvolvimento de <i>C. sanguinea</i> alimentada com <i>A. gossypii</i> em laboratório	73
5.4 Viabilidade e número de ovos de <i>C. sanguinea</i> alimentada com <i>A. gossypii</i> em laboratório	74
6 Conclusões	76
7 Referências Bibliográficas	77
Considerações finais	81

RESUMO GERAL

ALCANTRA, Eliana. **Interação entre algodoeiro de fibras coloridas e indutores de resistência no desenvolvimento de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)**. 2010. 81p. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A resistência de plantas é considerada um método ideal de controle de insetos-praga, pela possibilidade de uso integrado com outras táticas de manejo, sem causar prejuízos ao ambiente. Com a realização desta pesquisa, objetivou-se avaliar a interação entre algodoeiro de fibras coloridas e indutores de resistência no desenvolvimento de *A. gossypii* e de *C. sanguinea*. Os experimentos foram realizados no Departamento de Entomologia da UFLA. Utilizou-se DIC, exceto para o experimento de não-preferência de pulgão áptero que foi em DBC, com os seguintes tratamentos: 3 cultivares (Verde, Safira e Rubi) e 3 indutores (silício, ASM e testemunha) distribuídos em esquema fatorial. Em laboratório, *A. gossypii* apresentou maior duração do período ninfal, menor número total médio de ninfas produzidas e maior mortalidade ninfal para o tratamento ASM. Em casa de vegetação, ASM causou elevada mortalidade do pulgão e silício reduziu significativamente a fecundidade de *A. gossypii*. Houve aumento nos teores de lignina na cv. Verde tratada com silício e ASM, contudo, para fenóis, somente o silício promoveu aumento significativo. No ensaio de não-preferência, ASM reduziu o número de pulgões nas seções foliares da cv. Safira, em todas as avaliações. Ao avaliar a tolerância das plantas de algodão ao pulgão, observou-se que a presença do pulgão reduziu a altura das plantas e que o ASM reduziu a altura, o diâmetro do caule, a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz das cultivares de algodão. Na interação silício/pulgão/inimigo natural, verificou-se que o silício não afetou significativamente a biologia de *C. sanguinea*. Pode-se concluir que não há diferença entre as cultivares testadas para o desenvolvimento de *A. gossypii* e do predador *C. sanguinea*. A cv. Safira é a preferida pelo pulgão e a cv. Verde apresenta melhor desenvolvimento vegetativo. Em casa de vegetação, o silício reduz o número total de ninfas, mas não afeta o desenvolvimento de *C. sanguinea* e das plantas de algodão colorido. O ASM afeta o desenvolvimento e o comportamento de *A. gossypii*, como também o desenvolvimento das plantas de algodão, induzindo mecanismos de resistência ao pulgão.

* Jair Campos Moraes – UFLA (Orientador)

GENERAL ABSTRACT

ALCANTRA, Eliana. **Interaction between colored cotton and resistance inducers on the development of *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) and *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)**. 2010. 81p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Entomology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The resistance of plants is considered an ideal method of insect-pest control by its possibility of use integrated with other management tactics, without causing damage to the environment. This research aimed at to evaluate the interaction between colored fiber cotton plants and resistance inducers on the development of *Aphis gossypii* and *Cycloneda sanguinea*. The experiments were carried out in the Department of Entomology - UFLA. A CRD was used, except for the apterous aphid non-preference experiment which was in CBD, with the following treatments: 3 cultivars (Verde, Safira and Rubi) and 3 inducers (silicon, ASM and control) distributed in factorial outline. In the laboratory *A. gossypii* presented longer nymphal period duration, lower average total number of produced nymphs and higher nymphal mortality for the ASM treatment. The ASM in greenhouse caused high aphid mortality and the silicon significantly reduced the fecundity of *A. gossypii*. There was an increase in the lignin levels in the Verde cv treated with silicon and ASM, however for phenols, only the silicon promoted significant increase. In the non-preference assay, ASM reduced the number of aphids in the foliar sections of the cv. Safira in all of the evaluations. When evaluating the tolerance of the cotton plants to the aphid, it was observed that the presence of the aphid reduced the height of the plants and that ASM reduced the height, stem diameter, aerial part dry matter and the root dry matter of the cotton cultivar. In the silicon/aphid/enemy natural interaction, it was verified that the silicon did not affect the biology of *C. sanguinea* significantly. It can be concluded that there is no difference among cultivars tested for the development of *A. gossypii* and the predator *C. sanguinea*. The cv. Safira is favored by the aphid and the cv. Verde presents better vegetative development. Under greenhouse conditions, the silicon reduces the total number of nymphs, but it does not affect the development of *C. sanguinea* and the colored cotton plants. ASM affects the development and the behavior of *A. gossypii*, as well as the development of the cotton plants, inducing resistance mechanisms for the aphid.

* Jair Campos Moraes – UFLA (Advisor)

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a cultura algodoeira é considerada uma das dez principais culturas produtoras de fibra, óleo e proteína. A produtividade média mundial de algodão é de 780 kg/ha, com produção em torno de 23,48 milhões de toneladas, sendo liderada pela China, seguida da Índia e dos EUA (International Cotton Advisory Committee-ICAC, 2009). No Brasil, a área plantada com algodão varia entre 753,4 e 805,6 mil hectares, com produção estimada de 1.210,0 mil toneladas de algodão em pluma e de 1.886,4 mil toneladas de algodão-carço (Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB, 2009).

O algodoeiro tem valor ressaltado na indústria, pois tudo é aproveitado, especialmente a fibra e a semente. A primeira representa de 35% a 42% e a semente, o restante do peso da produção. A fibra é o principal produto do algodão, em virtude de apresentar muitas aplicações na indústria, como confecção de fios para tecelagem, preparação de algodão hidrófilo, confecção de feltro, cobertores e estofamentos além de obtenção de celulose (Corrêa, 1989).

Nas mais de cinquenta espécies de algodão catalogadas, descritas e classificadas há tipos de fibras de cor branca e de cores diversas, tipos sem fibras e com fibras e, ainda, com e sem torções (não fiáveis) (Beltrão & Carvalho, 2004).

O algodão de fibras coloridas existe há milhares de anos, sendo tão antigo quanto o branco. Contudo, só há pouco tempo é explorado comercialmente, após melhoramento genético, satisfazendo à demanda de vários segmentos da sociedade de países desenvolvidos, em especial de pessoas alérgicas aos corantes utilizados no tingimento dos tecidos feitos com o algodão convencional branco (Beltrão, 1999). A principal vantagem do emprego das

fibras naturalmente coloridas é a eliminação do uso de corantes na fase de acabamento do tecido, o que reduz o impacto ambiental do processo de tingimento e as despesas com os tratamentos dos resíduos dessa operação (Souza, 2000).

No Brasil, o algodão de fibra colorida, desde 2001, é produzido em escala comercial no estado da Paraíba, envolvendo pequenos produtores com áreas entre 1,0 a 3,0 hectares. No semiárido paraibano, o algodão colorido produzido em sistema orgânico é grande fonte de renda e de ocupação (Beltrão & Carvalho, 2004).

A produtividade da cultura algodoeira é influenciada por vários fatores, dentre os quais se destaca o ataque de insetos-praga (Santos, 1999). O pulgão do algodoeiro *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) é uma espécie polífaga com ocorrência mundial, atacando diversas culturas, como a de algodão, de cucurbitácea, de citros, de berinjela, de batata e de várias plantas ornamentais. É considerado um dos principais insetos-praga do algodoeiro *Gossypium hirsutum* L., podendo causar danos às plantas não apenas pela alimentação e produção de *honeydew*, mas também pela transmissão de vírus às plantas (Blackman & Eastop, 2000).

Os surtos populacionais desse inseto têm sido atribuídos ao desenvolvimento da resistência de pragas aos inseticidas, pelo uso indiscriminado desses produtos, que reduzem a ocorrência de inimigos naturais nas áreas tratadas e pelas mudanças, nutricional e climática, nas plantas de algodão (Cisneros & Godfrey, 2001).

Devido aos riscos do uso de produtos químicos no controle dos pulgões e aos custos com esses produtos, pesquisas são conduzidas buscando medidas alternativas ao controle. O uso de plantas resistentes é uma das formas de controlar insetos sem danificar o meio ambiente e que também reduz os gastos do produtor (Razmjou et al., 2006). Estudos têm demonstrado relativa

resistência de cultivares de algodão ao pulgão *A. gossypii*, mostrando que o desenvolvimento e a fecundidade desse pulgão podem variar entre diferentes cultivares (Fernandes et al., 2001; Du et al., 2004; Pessoa et al., 2004; Razmjou et al., 2006).

Em programas de manejo integrado de pragas, a combinação de estratégias para a regulação de população, tais como planta resistente e controle biológico, pode potencializar o controle de insetos-praga. A joaninha *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) é considerada um dos principais inimigos naturais de *A. gossypii*, apresentando alta capacidade de predação (Boiça Júnior et al., 2004).

Outra alternativa para o manejo do pulgão do algodoeiro de forma sustentável, priorizando o baixo impacto ambiental e ao homem, seria o uso de indutores de resistência de plantas a insetos. Estudos têm indicado o silício como indutor de resistência, pois, além de estimular o crescimento e a produção vegetal, proporciona proteção contra fatores abióticos (toxidez por alumínio, manganês e ferro, efeitos da salinidade e geada e perda de água pelas plantas) e bióticos, como a ocorrência de insetos-praga.

O silício, embora não faça parte da lista dos elementos essenciais, é considerado elemento benéfico para o crescimento e a produção de muitas culturas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, trigo, milho, capim-kikuyo, capim-guiné, entre outras) por meio de várias ações indiretas, como diminuição do autossombreamento, o que deixa as folhas mais eretas, possibilitando melhor interceptação da luz solar e, assim, proporcionando maior peso seco por unidade foliar e aumento nos pesos seco e fresco das raízes (Barbosa Filho et al., 2000; Korndörfer et al., 2002; 2003, Carvalho Filho et al., 2007). Além disso, está associado à prevenção do processo de senescência foliar, devido à manutenção da fotossíntese, à proteção da distribuição de clorofila e à prevenção da

deterioração estrutural e funcional das membranas celulares (Agarie et al., 1998).

Além da proteção pelo acúmulo e polimerização nas células, formando uma barreira mecânica que dificulta a penetração na planta e a alimentação dos insetos (Kvedaras & Keeping, 2007; Hunt et al., 2008; Keeping & Kvedaras, 2008; Ranger et al., 2009), o silício pode agir como indutor do mecanismo de resistência induzida, desencadeando a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (Gomes et al., 2005, 2008; Ranger et al., 2009). Além disso, em trabalhos recentes foi demonstrado o efeito do silício agindo no terceiro nível trófico, no desenvolvimento e a atratividade de inimigos naturais dos insetos herbívoros (Moraes et al., 2004; Kvedaras et al., 2009).

O produto sintético acibenzolar-S-methyl, ou ASM, é outro indutor de resistência de plantas que tem sido estudado como alternativa para o controle de insetos-praga (Inbar et al., 2001; Corrêa et al., 2005; Boughton et al., 2006; Costa et al., 2007; Moraes et al., 2009).

O ASM (éster S-metilico do ácido (1,2,3) benzotiazol-7-carbotioico) é o primeiro representante da nova geração de protetores de plantas, sendo considerado um dos mais promissores indutores de resistência (Lyon & Newton, 1997). A resistência gerada pela aplicação de ASM nas plantas parece estar envolvida com o aumento na síntese de metabólitos secundários produzidos por elas (Boughton et al., 2006; Cavalcanti et al., 2006).

A necessidade de mais informações a respeito dos efeitos do silício e do ASM em plantas de algodão levou à condução deste trabalho, com o qual se objetivou avaliar a interação entre algodoeiro de fibras coloridas e indutores de resistência no desenvolvimento de *A. gossypii* e de *C. sanguinea*.

2 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, Apr. 1998.

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

BELTRÃO, N.E.M. Algodão brasileiro em relação ao mundo: situação e perspectiva. In: _____. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.1, p.15-27.

BELTRÃO, N.E.M.; CARVALHO, L.P. **Algodão colorido no Brasil, e em particular no Nordeste e no Estado da Paraíba**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2004. 17p. (Documentos, 128).

BLACKMAN, R.L.; EASTOP, V.F. **Aphids on the world`s crops: an identification and information guide**. 2.ed. London: Wiley, 2000. 475p.

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; SANTOS, T.M.; KURANISHI, A.K. Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guérin-Men. alimentadas com *Aphis gossypii* Glover sobre cultivares de algodoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.2, p.239-244, mar./abr. 2004.

BOUGHTON, A.J.; HOOVER, K.; FELTON, G.W. Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.120, n.3, p.175-188, Sept. 2006.

CARVALHO FILHO, A.; PEREIRA, L.J.; CORTEZ, J.W.; CARVALHO, L.C.C.; DRUMOND, L.C.D. Agressividade da adubação com silicato sobre germinação do milho. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v.8, n.2, p.199-203, mar./abr. 2007.

CAVALCANTI, F.R.; RESENDE, M.L.V.; ZACARONI, A.B.; RIBEIRO JUNIOR, P.M.; COSTA, J. de C.B.; SOUZA, R.M. Acibenzolar-S-Metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.372-380, jul./ago. 2006.

CISNEROS, J.J.; GODFREY, L.D. Midseason pest status of the cotton aphid (Homoptera: Aphididae) in California cotton: is nitrogen a key factor? **Environmental Entomology**, Lanham, v.30, n.3, p.501-510, June 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, intenção de plantio, segundo levantamento, novembro 2009**. Brasília, 2009. 39p.

CORRÊA, J.R.V. **Algodoeiro: informações básicas para seu cultivo**. Belém: EMBRAPA-UEPAE, 1989. 29p. (Documentos, 11).

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) (Homoptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.3, p.429-433, Mar. 2005.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; ANTUNES, C.S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-S-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.393-397, mar./abr. 2007.

DU, L.; GE, F.; ZHU, S.; PARAJULEE, M.N. Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.97, n.4, p.1278-1283, Aug. 2004.

FERNANDES, A.M.V.; FARIAS, A.M.I.; SOARES, M.M.M.; VASCONCELOS, S.S.D. Desenvolvimento do pulgão *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) em três cultivares do algodão herbáceo *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n.3, p.467-470, Mar. 2001.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D. dos; ANTUNES, C.S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37, n.2, p.185-190, Feb. 2008.

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

HUNT, J.W.; DEAN, A.P.; WEBSTER, R.E.; JOHNSON, G.N.; ENNOS, A.R. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. **Annals of Botany**, London, v.102, n.4, p.653-656, Oct. 2008.

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, Jan. 2001.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **World cotton situation**. Washington, 2009. Disponível em: <<http://www.dfa.gov.za/foreign/Multilateral/inter/icac.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

KEEPING, M.G.; KVEDARAS, O.L. Silicon as a plant defence against insect herbivory: response to Massey, Ennos and Hartley. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.77, n.3, p.631-633, Mar. 2008.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **Revista da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, v.21, n.2, p.34-37, 2002.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. de. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 3.ed. Uberlândia: Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”, 2003. 23p. (Boletim Técnico, 1).

KVEDARAS, O.L.; AN, M.; CHOI, Y.S.; GURR, G.M. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v.9, p.1-5, Sept. 2009.

KVEDARAS, O.L.; KEEPING, M.G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.125, n.1, p.103-110, Oct. 2007.

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, May 1997.

MORAES, J.C.; FERREIRA, R.S.; COSTA, R.R. Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1260-1264, set./out. 2009.

MORAES, J.C.; GOUSSAIN, M.M.; BASAGLI, M.A.B.; CARVALHO, G.A.; ECOLE, C.C.; SAMPAIO, M.V. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.5, p.619-624, Nov. 2004.

PESSOA, L.G.A.; SOUZA, B.; CARVALHO, C.F.; SILVA, M.G. Aspectos da biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em quatro cultivares de algodoeiro, em laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.6, p.1235-1239, nov./dez. 2004.

RANGER, C.M.; SINGH, A.P.; FRANTZ, J.M.; CAÑAS, L.; LOCKE, J.C.; REDING, M.E.; VORSA, N. Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.38, n.1, p.129-136, Jan. 2009.

RAZMJOU, J.; MOHARRAMIPOUR, S.; FATHIPOUR, Y.; MIRHOSEINI, S.Z. Effect of cotton cultivar on performance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Iran. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.99, n.5, p.1820-1825, Nov. 2006.

SANTOS, W.J. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1999. p.133-179.

SOUZA, M.C.M. Produção de algodão orgânico colorido: possibilidade e limitações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.30, n.6, p.91-98, dez. 2000.

CAPÍTULO 2

**Resistência induzida ao pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera:
Aphididae) em cultivares de algodão colorido**

1 RESUMO

A cultura algodoeira é produtora de fibra, óleo e proteína, sua produção é afetada pelo ataque de insetos-praga, como os pulgões. Objetivou-se com este trabalho avaliar a resistência de algodão colorido tratado com silício e acibenzolar-S-methyl (ASM) a *Aphis gossypii*, a fim de testar a hipótese de que a aplicação desses produtos proporciona aumento nos teores de lignina e fenóis nas plantas de algodão, induzindo resistência a esse pulgão. As plantas, cv. Verde, Safira e Rubi foram plantadas em vasos e mantidas em sala climatizada (Temperaturas de $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ (diurna) e $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ (noturna), UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 h). O experimento constituiu-se de fatorial 3 (cultivares) x 3 (silício, ASM e testemunha), em DIC com dez repetições. Avaliaram-se: a) duração dos períodos ninfal, pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo; b) mortalidade no período ninfal; c) longevidade; d) número total de ninfas produzidas e e) quantificação dos teores de fenóis e de lignina nas folhas. Observou-se maior duração do período ninfal (7,7 dias), menor número total médio de ninfas produzidas (9,9 ninfas) e maior mortalidade ninfal (40%) para o indutor ASM. Quando não foram aplicados os indutores, a cv. Rubi apresentou maior teor de lignina que Safira e Verde. O silício e ASM promoveram aumento no teor de lignina na cv. Verde; contudo, para fenóis apenas o silício proporcionou aumento na cv. Verde. Assim, o ASM induz resistência a *A. gossypii* e o silício induz defesa às plantas de algodão de fibras coloridas pelo aumento nos teores de fenóis e lignina.

2 ABSTRACT

The cotton culture is a producer of fiber, oil and protein, and its production is affected by insect-pest attack, such as the aphids. The objective of this work was to evaluate the resistance of colored cotton treated with silicon and acibenzolar-S-methyl (ASM) to *Aphis gossypii*, in order to test the hypothesis that the application of those products provides an increase in the lignin and phenol levels in the cotton plants, inducing resistance to that aphid. The plants, cv. Verde, Safira and Rubi were planted in vases and maintained in an acclimatized room ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$ (day) and $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ (night), RH $70\pm 10\%$ and photofase of 12 h). The experiment was made up of a 3 (cultivar) x 3 (silicon, ASM and control) factorial, in CRD with ten repetitions. The following were evaluated: a) duration of the nymphal, pre-reproductive, reproductive and post-reproductive periods; b) nymphal period mortality; c) longevity; d) total number of produced nymphs and e) quantification of the phenol and lignin levels in the leaves. Longer duration of the nymphal period was observed (7.7 days), lower average total number of produced nymphs (9.9 nymphs) and higher nymphal mortality (40%) for the ASM inductor. When the inductors were not applied, the cv. Rubi presented a higher lignin level than Safira and Verde. The silicon and ASM promoted increase in the lignin level in the cv. Verde; however, for phenols only the silicon provided increase in the cv. Verde. Therefore, ASM induces resistance to *A. gossypii* and the silicon induces defense to the colored fiber cotton plants by the increase in the phenol and lignin levels.

3 INTRODUÇÃO

O algodoeiro é uma das plantas mais importantes para a humanidade e sua fibra veste, ainda hoje, cerca de mais de 3,2 bilhões de pessoas. A área plantada anualmente com a cultura varia entre 30 a 34 milhões de hectares, com produção e consumo de quase 24 milhões de toneladas de fibra (ICAC, 2008).

Existem inúmeros fatores que podem reduzir a produção do algodoeiro, entre os quais estão os artrópodes-praga, que causam prejuízos consideráveis à produção. Dentre eles destaca-se o pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), que pode provocar danos não apenas pela sucção de seiva e produção de *honeydew*, mas também pela transmissão de vírus, que afeta a produtividade e a qualidade do algodão (Slosser et al., 1989).

Para que as densidades populacionais desses insetos-praga possam ser mantidas abaixo dos limiares de prejuízo econômico, métodos alternativos, que visam reduzir a utilização de inseticidas, são estudados. Os mais recentes utilizam o silício (Costa & Moraes, 2006) e o acibenzolar-S-methyl, que podem induzir resistência ao ataque de pragas nas plantas (Costa et al., 2007).

O silício é o segundo elemento mais abundante no solo e é facilmente absorvido pelas plantas na forma de ácido silícico. Após absorvido, é translocado e depositado logo abaixo da cutícula, formando uma dupla camada silício-cutícula que confere proteção contra fatores abióticos, toxidez por elementos, salinidade, geada e fatores bióticos, como o ataque de insetos herbívoros e fungos (Epstein, 1994 e 1999; Ranganathan et al., 2006; Ma & Yamaji, 2006). Em insetos sugadores, o movimento e a penetração do estilete podem ser interrompidos pela localização intercelular do silício (Ranger et al., 2009).

Há evidências de que, além da barreira mecânica, o silício induz defesas químicas que atuam na redução do ataque de insetos herbívoros (Keeping &

Kvedaras, 2008; Ranger et al., 2009). Este elemento químico é capaz de ativar enzimas oxidativas, como peroxidases, polifenoloxidase e fenilalanina-amonialase, que são precursoras da síntese de lignina, suberina, tanino, quinonas e flavonoides, conferindo, assim, respostas de defesa da planta a insetos e a patógenos (Gomes et al., 2005).

Outro produto que confere resistência às plantas é o composto sintético acibenzolar-S-methyl (ASM), que pode ser facilmente translocado pelos tecidos da planta (Friedrich et al., 1996) de forma sistêmica (Oostendorp et al., 2001), podendo levar à ativação de genes que conferem resistência às plantas (Kessmann et al., 1994).

O acibenzolar-S-methyl (éster metílico do ácido benzo-(1,2,3)-tiadiazol-7-carbotioico) é comercializado sob os nomes Bion[®] 500 WG, Actigard[™] e Boost[®] (Venâncio et al., 2000). O ASM é considerado o primeiro representante de uma geração de protetores de plantas eficientes na indução de resistência (Lyon & Newton, 1997).

O efeito da utilização do silício e do ASM no controle de insetos sugadores, apesar de demonstrar resultados promissores, é pouco pesquisado, principalmente sobre os possíveis efeitos desses elementos em conferir resistência do algodoeiro ao ataque do pulgão *Aphis gossypii*. Em sorgo e em trigo, foi possível observar que a aplicação de silício reduziu a preferência e a reprodução de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) (Carvalho et al., 1999, Basagli et al., 2003). Camargo et al. (2008a) constataram efeito da aplicação de silício no comportamento de *Cinara atlântica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda*. A eficiência do ASM na redução da oviposição e no desenvolvimento da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) foi observada em plantas de algodão e de pepino (Inbar et al., 2001; Correa et al., 2005).

Espera-se que a aplicação de silício ou ASM proporcione aumento nos teores de lignina e fenóis nas plantas de algodão colorido, induzindo resistência ao pulgão *Aphis gossypii*. A fim de testar esta hipótese, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a resistência de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício e ASM, ao pulgão *A. gossypii*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Em sala climatizada tipo Fitotron (temperatura diurna de $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ e noturna de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas), foram distribuídos, aleatoriamente, sobre bancada, vasos de polietileno com capacidade para dois quilos de substrato, composto de solo e esterco de curral curtido, na proporção de 3:1. Cada vaso recebeu seis sementes de algodão das cultivares BRS Safira, BRS Verde e BRS Rubi (obtidas da Embrapa Algodão), mantendo-se quatro plantas para o ensaio de biologia. Para a determinação dos teores de lignina e fenóis, foi realizado um segundo desbaste, antes da aplicação dos tratamentos, deixando-se as duas plantas mais vigorosas. Diariamente, as plantas foram irrigadas, a fim de suprir suas necessidades hídricas. Utilizou-se delineamento inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial de 3 (cultivares BRS Verde, BRS Safira e BRS Rubi) x 3 (silício, ASM e testemunha), com dez repetições.

As soluções de ácido silícico a 2%, na dosagem equivalente a $3\text{t SiO}_2/\text{ha}$ (300mL de $\text{SiO}_2/2\text{kg}$ de solo) e de ASM a 0,2% (Bion[®] 500 WG, que contém 50% de acibenzolar-S-methyl), foram aplicadas quando existiam pelo menos duas folhas completamente expandidas. A solução de ácido silícico foi aplicada no solo ao redor do caule das plantas. O ASM foi aplicado por meio de pulverizador manual, até o escorrimento da calda. Os vasos que constituíram o

controle sem aplicação dos produtos (testemunha) receberam apenas água via solo.

4.1 Criação de *A. gossypii*

Em laboratório, indivíduos de *A. gossypii*, coletados em algodoeiro a campo, foram multiplicados em folhas de algodão. As folhas foram lavadas em água corrente e colocadas em solução de hipoclorito a 1%, por cinco minutos. Posteriormente, foram acondicionadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo uma lamina de ágar-água a 1%, para manter a turgescência da folha. As placas foram vedadas com tecido de *voil* preso com elástico e mantidas em câmara climatizada, à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. As folhas foram substituídas à medida que apresentavam coloração amarelada e sinais de ressecamento. A cultivar BRS Cedro, não utilizada nos experimentos, foi utilizada para a criação de manutenção de *A. gossypii*.

4.2 Biologia de *A. gossypii*

Seis dias após a aplicação dos produtos indutores, três fêmeas adultas, no período reprodutivo, retiradas de folhas de algodão da criação de manutenção, foram transferidas para placas de Petri de 5 cm de diâmetro, contendo um disco foliar de 3 cm de diâmetro, de algodão, correspondente a cada tratamento. Os discos foram fixados, com a parte abaxial voltada para cima, em uma lâmina de ágar/água a 1%. As placas, vedadas com filme de PVC perfurado com alfinete para evitar a umidade excessiva no interior, foram mantidas em câmaras climatizadas, a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Os discos foliares foram trocados de quatro em quatro dias, ou quando se encontravam amarelecidos, sendo uma placa por repetição.

Decorridas 24 horas da infestação com os pulgões adultos, estes foram removidos, juntamente com as ninfas. Apenas uma ninfa/placa foi deixada nos

discos foliares, para as seguintes avaliações: mortalidade ninfal, duração dos períodos ninfal, pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo e número total de ninfas produzidas e longevidade.

4.3 Teores de lignina e fenóis

Após seis dias da aplicação dos indutores, a parte aérea das plantas correspondentes a cada tratamento e dez repetições foi coletada e acondicionada em sacos de papel. O material foi desidratado em estufa (60°C) até peso constante e, logo em seguida, foi moído, etiquetado e enviado ao Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciências dos Alimentos da UFLA, para a determinação dos teores de fenóis e lignina. Foram utilizados os métodos de Folin-Denis, conforme AOAC (1990), para a determinação de fenóis e o de Van Soest (1967) para lignina.

4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de significância. A mortalidade no período ninfal foi calculada pelo teste de qui-quadrado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Biologia de *A. gossypii*

Não houve interação significativa entre cultivares e indutores. No entanto, ao avaliar isoladamente os fatores, observaram-se diferenças significativas somente para indutores. Com a aplicação de ASM observou-se aumento na duração do período ninfal e menor número total de ninfas, quando comparado com o silício e a testemunha (Tabela 1).

TABELA 1 Médias (\pm EP) de períodos ninfal (PN), pré-reprodutivo (PPR), reprodutivo (PR), pós-reprodutivo (PPOR) e longevidade (LG), em dias e número total de ninfas (NTN) de *A. gossypii* em discos foliares de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício ou ASM (T=25 \pm 2°C, UR=70 \pm 10% e fotofase de 12 horas)

Tratamento	PN ²	PPR ¹	PR ¹	PPOR ¹	LG ¹	NTN ²
Cultivar						
Verde	6,7 \pm 0,35	0,4 \pm 0,17	13,8 \pm 1,11	1,2 \pm 0,20	14,3 \pm 1,23	21,8 \pm 2,42
Safira	6,7 \pm 0,42	0,6 \pm 0,18	10,5 \pm 1,29	1,0 \pm 0,26	11,6 \pm 1,42	14,3 \pm 2,27
Rubi	6,3 \pm 0,37	0,6 \pm 0,21	11,3 \pm 1,55	1,4 \pm 0,23	12,7 \pm 1,54	15,2 \pm 2,50
Indutor						
ASM	7,7 \pm 0,34 a	0,9 \pm 0,32	10,3 \pm 1,44	1,2 \pm 0,26	11,0 \pm 1,58	9,9 \pm 1,44 b
Silício	6,5 \pm 0,49 b	0,5 \pm 0,15	12,4 \pm 1,25	1,1 \pm 0,20	13,5 \pm 1,31	17,9 \pm 2,17 a
Testemunha	5,9 \pm 0,29 b	0,4 \pm 0,13	12,4 \pm 1,28	1,3 \pm 0,23	13,6 \pm 1,31	20,9 \pm 2,60 a

¹Médias não significativas pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

²Médias seguidas de letras diferentes por coluna diferem, pelo teste de Scott & Knott ($p \leq 0,05$).

A mortalidade dos insetos no período ninfal foi similar em todas as cultivares estudadas. Contudo, observou-se 40% de mortalidade de ninfas de *A. gossypii* alimentadas nas plantas tratadas com ASM (Tabela 2).

TABELA 2 Mortalidade média (%), no período ninfal, de *A. gossypii* em discos foliares de cultivares de algodoeiro colorido, tratada com silício ou ASM (T=25±2°C, UR=70±10% e fotofase de 12 horas)

Tratamento	Mortalidade ninfal	Valor p*	X ²
Cultivar			
Verde	10,00 a	0,2359	2,89
Safira	16,67 a		
Rubi	26,67 a		
Indutor			
Silício	3,33 b	0,0004	15,66
ASM	40,00 a		
Testemunha	10,00 b		

*Teste de Qui-quadrado.

Os resultados apresentados nesta pesquisa são semelhantes aos observados por Costa & Moraes (2006) que, ao aplicarem ASM em plantas de trigo, verificaram redução no número médio de ninfas e na taxa de crescimento do pulgão *S. graminum*. A aplicação de ASM também afetou negativamente a biologia da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), pela redução da oviposição, aumento do ciclo biológico e da mortalidade na fase de ninfa em pepino (Correa et al., 2005) e pela redução na oviposição de *B. tabaci* em plantas de algodão branco convencional, tratadas com esse produto (Inbar et al., 2001). Boughton et al. (2006) observaram, como

no presente trabalho, redução na fecundidade total e na taxa de crescimento da população do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), em plantas de tomate tratadas com ASM.

Assim, esses trabalhos evidenciam os efeitos positivos do ASM no controle de insetos-praga, que podem estar ligados ao aumento das substâncias de defesa nas plantas tratadas, capazes de prolongar o desenvolvimento e reduzir o número de ninfas produzidas por *A. gossypii*, bem como causar maior mortalidade na fase ninfal.

Pelos resultados (Tabelas 1 e 2), pode-se inferir que a aplicação de silício em algodoeiro colorido não induziu mecanismos de resistência a *A. gossypii*, provavelmente devido ao fato de o algodoeiro ser considerado planta não acumuladora de silício, não formando uma camada de sílico-cutícula suficiente para impedir a inserção dos estiletes de *A. gossypii* nas plantas de algodão.

De acordo com Massey et al. (2006), insetos sugadores são menos afetados pelo aumento de silício nas plantas do que os mastigadores, pois os estiletes desses insetos são capazes de transpor a barreira formada pelo acúmulo de silício nas plantas.

Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Ranger et al. (2009), que não observaram efeitos do silício no período pré-reprodutivo e na sobrevivência do pulgão *M. persicae* em plantas de *Zinnia elegans* (Asteraceae). Apenas a fecundidade foi reduzida, indicando um pequeno aumento na resistência dessa planta a *M. persicae*, quando tratada com silício. No entanto, Carvalho et al. (1999) e Costa & Moraes (2006) verificaram efeito do silício no desenvolvimento de *S. graminum* em plantas de trigo e sorgo, respectivamente, tratadas com silício. A fecundidade de pulgões *M. persicae* também foi reduzida em plantas de batata (não acumuladora) que receberam adubação silicatada (Gomes et al., 2008). Segundo Camargo et al. (2008b), em *Pinus*, a adubação com silício também afetou o desenvolvimento de *Cinara atlantica* (Wilson)

(Hemiptera: Aphididae). Portanto, o efeito do silício depende da planta e da espécie de inseto estudados.

5.2 Teores de lignina e fenóis

Ao avaliar o teor médio de lignina em folhas das cultivares de algodão colorido, observou-se interação significativa entre os fatores, ou seja, as cultivares tratadas e não tratadas com os diferentes indutores apresentaram diferentes porcentagens de lignina em sua composição (Tabela 3). Quando as cultivares não foram tratadas (testemunha), verificou-se que a cv. Rubi apresentou maior teor de lignina do que as demais cultivares. No entanto, a aplicação de silício e de ASM promoveu aumento no teor de lignina na cultivar Verde, em relação à testemunha.

TABELA 3 Teor médio (%) de lignina (\pm EP) em folhas de diferentes cultivares de algodão colorido, tratadas com silício e ASM

Cultivar	ASM	Silício	Testemunha
Verde	12,70 \pm 0,15 a A	12,80 \pm 0,24 a A	10,90 \pm 0,17 b B
Safira	10,80 \pm 0,22 c B	11,50 \pm 0,26 b A	10,70 \pm 0,15 b B
Rubi	11,90 \pm 0,21 b A	10,90 \pm 0,21 b B	12,10 \pm 0,23 a A

CV (6,32%)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O teor médio de fenóis foi semelhante em todas as cultivares sem tratamento (testemunha) e com aplicação de ASM. Contudo, a aplicação de silício proporcionou um aumento significativo de fenóis na cv. Verde, quando comparada com as cultivares Safira e Rubi e com ASM e testemunha (Tabela 4).

TABELA 4 Teor médio (%) de fenóis (\pm EP) em folhas de diferentes cultivares de algodão colorido, tratadas com silício e ASM

Cultivar	ASM	Silício	Testemunha
Verde	2,00 \pm 0,04 a B	2,50 \pm 0,06 a A	2,00 \pm 0,03 a B
Safira	2,30 \pm 0,10 a A	2,10 \pm 0,07 b A	2,00 \pm 0,07 a A
Rubi	2,30 \pm 0,07 a A	2,20 \pm 0,21 b A	2,00 \pm 0,06 a A

CV (15,63%)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Esses resultados comprovam os obtidos por Gomes et al. (2008), que verificaram aumento dos teores de fenóis e lignina devido à aplicação de silício em plantas de batata, mostrando que o silício induz aumento de substâncias de defesa nas plantas.

Portanto, pode-se sugerir que o efeito do ASM ao pulgão *A. gossypii* não está relacionado com o teor de fenóis nas plantas de algodão colorido. Além disso, os aumentos significativos dos teores de lignina e fenóis nas plantas de algodão colorido, proporcionados pela aplicação de silício, não foram suficientes para afetar a biologia e a mortalidade de *A. gossypii*.

6 CONCLUSÕES

- As cultivares de algodão colorido avaliadas não afetam a biologia de *A. gossypii*.
- A aplicação de silício proporciona aumentos significativos nos teores de fenóis e de lignina na cv. Verde.
- O ASM aumenta o teor de lignina na cv. Verde e induz resistência às plantas de algodão colorido ao pulgão *A. gossypii*.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington, 1990. v.2, 1298p.

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-aphid *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.32, n.3, p.659-663, Mar. 2003.

BOUGHTON, A.J.; HOOVER, K.; FELTON, G.W. Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.120, n.3, p.175-188, Sept. 2006.

CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; OLIVEIRA, E.B. de; IEDE, E.T. Resistência induzida ao pulgão-gigante-do-pinus (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda* adubadas com silício. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.927-932, out./dez. 2008a.

CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; OLIVEIRA, E.B. de; PENTEADO, S. do R.C.; CARVALHO, R.C.Z. de. Efeito da aplicação do silício em plantas de *Pinus taeda* L., sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlântica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p.1767-1774, nov./dez. 2008b.

CARVALHO, S.P.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorgum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.28, n.3, p.505-510, maio/jun. 1999.

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, Mar. 2005.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.6, p.834-839, nov./dez. 2006.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; ANTUNES, C.S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-S-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.393-397, mar./abr. 2007.

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 and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, June 1999.

FRIEDRICH, L.; LAWTON, K.; RUESS, W.; MASNER, P.; SPECKER, N.; RELLA, M.G.; MEIER, B.; DINCHER, S.; STAUB, T.; UKNESS, 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, Oct. 1996.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D. dos; ANTUNES, C.S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37, n.2, p.185-190, mar./abr. 2008.

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

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, Jan. 2001.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **Cotton**: review of the world situation. Washington, 2008. 61p.

KEEPING, M.G.; KVEDARAS, O.L. Silicon as a plant defence against insect herbivory: response to Massey, Ennos and Hartley. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.77, n.3, p.631-633, Mar. 2008.

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, Sept. 1994.

LYON, G.D.; NEWTON, A.C. Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies? **Plant Pathology**, Honolulu, v.46, n.5, p.636-641, Nov. 1997.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.11, n.8, p.392-397, Aug. 2006.

MASSEY, F.P.; ENNOS, A.R.; HARTLEY, S.E. Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.75, n.2, p.595-603, Feb. 2006.

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.

RANGANATHAN, S.; SUVARCHALA, V.; RAJESH, Y.B.R.D.; SRINIVASA PRASAD, M.; PADMAKUMARI, A.P.; VOLETI, S.R. Effects of silicon sources on its deposition, chlorophyll content, and disease and resistance in rice. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v.50, n.4, p.713-716, Apr. 2006.

RANGER, C.M.; SINGH, A.P.; FRANTZ, J.M.; CAÑAS, L.; LOCKE, J.C.; REDING, M.E.; VORSA, N. Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.38, n.1, p.129-136, Jan. 2009.

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, Mar. 1974.

SLOSSER, J.E.; PINCHAK, W.E.; RUMMEL, D.R. A review of known and potential factors affecting the population dynamics of the cotton aphid. **Southwestern Entomologist**, Weslaco, v.14, n.3, p.302-313, Sept. 1989.

SOEST, P.J. van. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.26, n.1, p.119-128, Jan. 1967.

VENANCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L.; PERES, N.A.R. Novos fungicidas: II., famoxadone e indutores de resistência. In: LUZ, W.C. da; FERNANDES, J.M.C.; PRESTES, A.M.; PICININI, E.C. (Org.). **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo: RAPP, 2000. v.8, p.59-92.

CAPITULO 3

Efeito associado de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)

1 RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito associado do silício, acibenzolar-S-methyl (ASM) e cultivares de algodão no comportamento de *A. gossypii* foram realizados ensaios de não-preferência com pulgões ápteros e alados. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3 (cv. BRS Verde, BRS Safira e BRS Rubi) x 3 (silício, ASM e testemunha), com treze repetições. Foram testados ácido silícico, via solo, na dosagem equivalente a 3t de SiO₂/ha, e aplicação foliar de ASM a 0,2%. Para o teste de livre escolha para pulgão áptero, após 14 dias da aplicação dos indutores, colocaram-se seções foliares dos tratamentos em placas de Petri, formando uma arena onde foram liberados 24 pulgões adultos no centro. Para o teste com pulgão alado, após 14 dias da aplicação dos indutores, com o auxílio de um sugador, esses pulgões foram coletados da criação de manutenção e liberados aleatoriamente nas plantas cultivadas em câmara climatizada (T=25±2°C, fotofase de 12h e UR=70±10%). Nos dois testes as avaliações foram realizadas 24, 48 e 72 horas após a liberação dos pulgões, contando-se o número de adultos e ninfas presentes nas seções foliares e plantas de algodão. Nas três avaliações foi possível observar que as cultivares Verde e Rubi foram menos infestadas por *A. gossypii* em relação à Safira, o número de *A. gossypii* foi maior na cv. Rubi tratada com silício que na testemunha e ASM. Contudo, o ASM reduziu a infestação de pulgões ápteros na cv. Safira, em relação à testemunha e ao silício, mostrando ser um produto promissor no controle de pulgões.

2 ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect associated to silicon, acibenzolar-S-methyl (ASM) and cotton cultivars on the behavior of *A. gossypii* non-preference assays with apterous and winged aphids were conducted. The treatments were distributed in a 3 (cv. BRS Verde, BRS Safira and BRS Rubi) x 3 (silicon, ASM and control) factorial outline, with thirteen repetitions. Silicic acid was tested, via soil, at the dosage equivalent to 3t of SiO₂/ha, and foliar application of 0.2% ASM. For the apterous aphid free choice test, after 14 days of the inductor applications, foliar sections of the treatments were placed in Petri dishes, forming an arena where 24 adult aphids were liberated in the center. For the test with winged aphids, after 14 days of the inductor application, with the aid of a sucker, those aphids were collected from the rearing maintenance and randomly liberated among the plants cultivated in an acclimatized chamber (T=25±2°C, 12 h photofase and RH 70±10%). In the two tests the evaluations were conducted at 24, 48 and 72 hours after the liberation of the aphids, counting the number of adults and nymphs present on the foliar sections and cotton plants. In the three evaluations it was possible to observe that cultivars Verde and Rubi was less infested by *A. gossypii* in relation to the Safira, the number of *A. gossypii* was higher in the cv. Rubi treated with silicon than in the control and ASM. However, ASM reduced the infestation of apterous aphids in the cv. Safira, in relation to the control and silicon, showing to be a promising product in the control of aphids.

3 INTRODUÇÃO

Em praticamente todos os países produtores de algodão, os insetos-praga e as doenças são considerados os principais fatores que contribuem para a redução da produção (Wu e Guo, 2005). Dentre aqueles que infestam as plantas, o *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), também conhecido como pulgão-do-algodoeiro, é um dos mais comuns e prejudiciais, ocorrendo logo após a germinação e permanecendo até o fim do ciclo da cultura, em várias cultivares de algodoeiro (Arantes et al., 1998; Furtado et al., 2009).

Na cultura algodoeira, os inseticidas ainda são a ferramenta mais utilizada para o controle de insetos-praga. Entretanto, não devem ser considerados como único recurso, mas sim como um componente de um conjunto de medidas de manejo (Fernandes et al., 2008). Métodos de controle que visam diminuir a utilização de inseticidas são cada vez mais pesquisados. Dentre eles estão a adubação à base de silício (Costa & Moraes, 2006) e a utilização de alguns compostos de natureza sintética, como o acibenzolar-S-methyl, que podem induzir resistência às plantas (Costa et al., 2007).

O silício, apesar de não ser considerado elemento essencial para a nutrição vegetal, tem proporcionado benefícios às plantas, tais como diminuição do acamamento, estímulo ao crescimento e à produção e proteção contra estresse abiótico e biótico, como o ataque de insetos-praga (Epstein, 1994 e 1999; Ranganathan et al., 2006). A proteção conferida às plantas pelo silício pode ser devido à barreira mecânica que se forma pelo acúmulo e polimerização do silício nas células e/ou à indução de compostos secundários, os quais podem afetar o comportamento e a biologia dos insetos (Datnoff et al., 1991; Gomes et al., 2005 e 2008; Ranger et al., 2009).

O acibenzolar-S-methyl (ASM), quando comparado ao ácido salicílico (AS) e ao ácido 2,6-dicloroisonicotínico (INA), é o mais potente indutor de

resistência em plantas, pois pode levar à ativação de genes que codificam a resistência contra agentes bióticos (insetos ou patógenos). Não apresenta fitotoxidez em vegetais (Görlach et al., 1996; Kunz et al., 1997, Costa & Moraes, 2006) e é facilmente translocado pelos tecidos da planta (Friedrich et al., 1996).

Os trabalhos com esses produtos têm demonstrado resultados promissores. Camargo et al. (2008) verificaram influência do silício na preferência e na reprodução do pulgão *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae), em *Pinus taeda*. Em sorgo e em trigo, foi possível observar que a aplicação de silício reduziu a preferência e a reprodução de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) (Carvalho et al., 1999, Basagli et al., 2003). A eficiência do ASM na redução da oviposição e no desenvolvimento da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) foi observada por Inbar et al. (2001) e Correa et al. (2005). O ASM também reduziu a preferência de *S. graminum* por plantas de trigo tratadas com esse produto (Costa & Moraes, 2006). Contudo, os estudos utilizando esses produtos alternativos no controle de pulgões são bastante escassos, principalmente na cultura algodoeira.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito associado de silício, acibenzolar-S-methyl e cultivares de algodão no comportamento de *A. gossypii*, no intuito de se obter mais informações a respeito da ação desses produtos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características gerais

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e em sala climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos, no Departamento

de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. Em vasos de polietileno com capacidade para dois litros de substrato, composto por terra e esterco na proporção de 3:1, foram plantadas seis sementes de algodão por vaso, das cultivares BRS Safira, BRS Verde e BRS Rubi. Dois desbastes foram realizados antes da aplicação dos tratamentos, deixando-se as duas plantas mais vigorosas para o teste com pulgão áptero e uma planta/vaso para o teste com pulgão alado. Diariamente, as plantas, dispostas de forma aleatória sobre bancadas, foram irrigadas, a fim de suprir suas necessidades hídricas. A solução de ácido silícico a 2%, na dosagem de 300 ml/2kg de solo, equivalente a 3t SiO₂/ha, foi aplicada no solo ao redor do caule das plantas. O produto Bion a 0,2%, que possui 50% de acibenzolar-S-methyl (ASM), foi aplicado utilizando-se um pulverizador manual, até o escorrimento da calda. A aplicação dos produtos ocorreu quando existiam duas folhas completamente expandidas. Os vasos que constituíram o controle (testemunha) receberam água.

O ensaio com pulgão áptero foi montado em delineamento em blocos casualizados e o com pulgão alado, em delineamento inteiramente ao acaso, ambos com nove tratamentos distribuídos em esquema fatorial 3 (silício, ASM e testemunha) x 3 (cultivares: BRS Verde, BRS Rubi e BRS Safira), com treze repetições.

4.2 Criação de *A. gossypii*

Em laboratório, indivíduos de *A. gossypii* coletados em algodoeiro a campo foram multiplicados em folhas de algodão da cultivar BRS Cedro. As folhas foram lavadas em água corrente e colocadas em solução de hipoclorito a 1%, por cinco minutos. Posteriormente, foram acondicionadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo uma lâmina de ágar-água a 1%, para manter a turgescência da folha. As placas foram vedadas com tecido de *voil*, preso com elástico e mantidas em câmara climatizada à temperatura de 25±2°C e fotofase

de 12 horas. As folhas foram substituídas à medida que apresentavam coloração amarelada e sinais de ressecamento. Dessa criação foram retirados os pulgões para liberação em plantas de algodão semeadas em vasos distribuídos em casa de vegetação, para a obtenção e a multiplicação de pulgão alado.

4.3 Teste com chance de escolha para pulgão áptero

Após 14 dias da aplicação dos produtos, com o auxílio de uma tesoura, uma folha por vaso foi destacada e colocada em saco de papel, com identificação do tratamento e repetição correspondentes. No laboratório, essas folhas foram lavadas em água corrente e, em seguida, ficaram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por cinco minutos. Depois de secas, foram recortadas seções foliares de 6 cm de comprimento e 0,60 cm de largura, que foram fixadas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, sobre uma camada de ágar a 1% e cobertas com filme de PVC perfurado com alfinete. Cada placa continha uma seção foliar de cada um dos nove tratamentos, dispostos em círculo, formando uma arena. No centro de cada placa foram liberados 24 pulgões adultos. As placas foram mantidas em câmara climatizada, à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. As avaliações foram realizadas 24, 48 e 72 horas da liberação dos pulgões, pela contagem de adultos e de ninfas presentes em cada seção foliar.

4.4 Teste com chance de escolha para pulgão alado

Em sala climatizada no Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos (temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas), os vasos com uma planta, correspondente a cada tratamento, foram dispostos aleatoriamente em bancada. Após quatorze dias da aplicação dos produtos, com o auxílio de um sugador, 519 pulgões alados, provenientes de plantas de algodão da criação de manutenção, foram liberados aleatoriamente no interior da sala

climatizada. Após 24, 48 e 72 horas da liberação dos pulgões, foi realizada a contagem de pulgões adultos e de ninfas presentes nas plantas.

4.5 Análise estatística

Os dados da não-preferência de pulgões ápteros foram transformados para $\sqrt{X+0,5}$ e os do teste com pulgão alado foram transformados para $\sqrt{X+1}$. Ambos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote computacional SISVAR. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teste com chance de escolha para pulgão áptero

Nas três avaliações, às 24, 48 e 72 horas após a liberação dos pulgões, foram observadas interações significativas entre as cultivares de algodão colorido e os indutores de resistência. A aplicação de acibenzolar-S-methyl (ASM) não causou diferenças significativas entre as cultivares, porém, o silício reduziu o número de pulgões na cv. Verde em relação à ‘Safira’ e à ‘Rubi’, nas quais o número de pulgões foi semelhante. Na testemunha, as cultivares Verde e Rubi foram menos infestadas que a cv. Safira. Na cultivar Verde, não foi possível observar diferenças significativas entre os indutores, mas, na cv. Safira, a aplicação de ASM reduziu a infestação pelo pulgão em comparação ao silício e à testemunha, que apresentaram resultados semelhantes. Já na cv. Rubi, o ASM foi semelhante à testemunha, contudo, diferiu do silício, que promoveu aumento no número de pulgões nesta cultivar. De maneira geral, a produção de ninfas seguiu o mesmo padrão observado para os adultos (Tabelas 1, 2 e 3). Os resultados das avaliações às 48 e 72 horas após a liberação dos pulgões foram

semelhantes aos de 24 horas, tanto para adultos como para ninfas (Tabelas 1, 2 e 3), mostrando que não houve mudança no comportamento de *A. gossypii* em relação ao período de avaliação.

TABELA 1 Média (\pm erro padrão) de adultos ápteros e de ninfas de *Aphis gossypii* em seções foliares de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício e ASM, 24 horas após a liberação (T=25 \pm 2°C, UR=70 \pm 10% e fotofase de 12 horas)

Cultivar	ASM	Silício	Testemunha
Adultos			
Verde	1,23(\pm 0,30) a A	2,08(\pm 0,59) b A	2,23 (\pm 0,60) b A
Safira	0,77(\pm 0,23) a B	4,38(\pm 0,54) a A	5,15 (\pm 0,75) a A
Rubi	1,31(\pm 0,29) a B	3,69(\pm 0,64) a A	2,00 (\pm 0,39) b B
F = 4,53 (valor de $p = 0,0021$)			
Ninfas			
Verde	2,08(\pm 0,62) a A	3,46(\pm 1,30) b A	2,23(\pm 0,89) b A
Safira	0,62(\pm 0,24) a B	5,54(\pm 0,90) a A	6,23(\pm 1,25) a A
Rubi	1,38(\pm 0,42) a B	7,15(\pm 1,09) a A	3,08(\pm 0,64) b B
F = 4,98 (valor de $p = 0,0011$)			

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

TABELA 2 Média (\pm erro padrão) de adultos ápteros e de ninfas de *Aphis gossypii* em seções foliares de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício e ASM, 48 horas após a liberação (T=25 \pm 2°C, UR=70 \pm 10% e fotofase de 12 horas)

Cultivar	ASM	Silício	Testemunha
Adultos			
Verde	1,31(\pm 0,21) a A	2,23(\pm 0,53) b A	2,38(\pm 0,62) b A
Safira	0,85(\pm 0,19) a B	4,69(\pm 0,67) a A	4,46(\pm 0,68) a A
Rubi	1,38(\pm 0,27) a B	3,62(\pm 0,65) a A	2,15(\pm 0,45) b B
F = 3,52 (valor de $p = 0,0099$)			
Ninfas			
Verde	3,31(\pm 0,69) a A	5,54(\pm 1,70) a A	4,15(\pm 1,49) b A
Safira	1,31(\pm 0,31) a B	9,15(\pm 1,58) a A	10,92(\pm 2,31) a A
Rubi	1,85(\pm 0,36) a B	7,46(\pm 1,35) a A	4,15(\pm 1,13) b B
F = 4,04 (valor de $p = 0,0045$)			

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

TABELA 3 Média (\pm erro padrão) de adultos ápteros e de ninfas de *Aphis gossypii* em seções foliares de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício e ASM, 72 horas após a liberação (T =25 \pm 2°C, UR=70 \pm 10% e fotofase de 12 horas)

Cultivar	ASM	Silício	Testemunha
Adultos			
Verde	1,38(\pm 0,37) a A	2,46(\pm 0,58) b A	2,31(\pm 1,15) b A
Safira	0,62(\pm 0,27) a B	4,46(\pm 0,65) a A	3,92(\pm 0,46) a A
Rubi	1,62(\pm 0,27) a B	3,54(\pm 0,49) a A	2,31(\pm 0,57) b B
F = 3,93 (valor de $p = 0,0053$)			
Ninfas			
Verde	3,08(\pm 0,76) a A	4,54(\pm 1,01) b A	3,85(\pm 1,15) b A
Safira	1,23(\pm 0,41) a B	9,00(\pm 1,04) a A	7,00(\pm 1,30) a A
Rubi	2,77(\pm 0,56) a B	6,77(\pm 1,14) a A	4,38(\pm 1,48) b B
F = 3,56 (valor de $p = 0,0095$)			
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).			

A não preferência do *A. gossypii* por cultivares tratadas com ASM pode estar relacionada a substâncias deterrentes produzidas pelas plantas induzidas por esse composto. Esses resultados se assemelham aos obtidos por Inbar et al. (2001), que verificaram que o ASM induziu aumentos significativos nos níveis da atividade da enzima peroxidase 1,3-glucanase, que pode ter reduzido a

oviposição de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) em folhas de algodoeiro cv. Acala SJ2, indicando uma resistência localizada em plantas tratadas com ASM. Também Correa et al. (2005) verificaram acentuada redução da preferência para oviposição de *B. tabaci* em plantas de pepino pulverizadas com acibenzolar-S-methyl. Para o pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo, Costa et al. (2007), como no presente trabalho, observaram a não preferência dos insetos para seções foliares de plantas tratadas com ASM e silício.

5.2 Teste com chance de escolha para pulgão alado

Após 24 horas da liberação dos pulgões alados, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e nem interação entre eles. Portanto, os pulgões *A. gossypii* alados não apresentaram comportamento de preferência pelas diferentes cultivares de algodão colorido, tratadas ou não com ASM ou silício e também para a produção de ninfas. Nas plantas tratadas com ASM foram encontrados, em média, 1,28 adulto alado e 1,46 ninfa; nas tratadas com silício, 1,51 adulto alado e 2,49 ninfas e, nas plantas que só receberam água, foram encontrados 1,08 adulto e 1,26 ninfa.

Para o número médio de *A. gossypii* (adultos e ninfas) presente nas plantas após 48 horas da liberação, não foram observadas diferenças significativas. Os números de pulgões adultos alados e de ninfas presentes nas plantas tratadas com ASM foram de 0,74 e 1,44, respectivamente. Nas plantas tratadas com silício ocorreram, em média, 0,90 pulgões alados e 1,18 ninfa e, na testemunha, o número de pulgões adultos alados e de ninfas presentes nas plantas foi de 0,44.

No entanto, na avaliação realizada após 72 horas, verificou-se maior número de pulgões alados presentes nas plantas da cultivar Rubi, quando tratadas com silício, em comparação ao ASM e à testemunha. Mas, a cultivar

Rubi não diferiu significativamente das outras cultivares quando receberam aplicação de silício, mostrando que não houve influência do silício na preferência do pulgão *A. gossypii* alado por cultivares de algodão de fibras coloridas.

TABELA 4 Média (\pm erro padrão) de adultos alados de *A. gossypii* em plantas de cultivares de algodão colorido, submetidas à aplicação de silício e ASM, 72 horas após a liberação ($T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $UR=70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas)

Cultivar	ASM	Silício	Testemunha
Verde	0,31($\pm 0,17$) a A	0,31($\pm 0,17$) a A	0,08($\pm 0,08$) a A
Safira	0,23($\pm 0,17$) a A	0,62($\pm 0,27$) a A	0,38($\pm 0,14$) a A
Rubi	0,15($\pm 0,10$) a B	0,85($\pm 0,27$) a A	0,31($\pm 0,17$) a B

F = 3,27 (valor de $p = 0,0416$)

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

Após 72 horas da liberação dos pulgões alados, não foram observadas diferenças significativas dos indutores de resistência para o número de ninfas produzidas por *A. gossypii*, sendo, em média das cultivares, 0,36 (ASM), 0,38 (silício) e 0,08 (testemunha) ninfas por planta.

Pelos resultados dos testes com pulgões ápteros ou alados pode-se inferir que a aplicação de silício no algodoeiro não induziu mecanismos de não preferência a *A. gossypii*, devido, possivelmente, ao fato de essa planta não

formar uma barreira mecânica de defesa que dificulta a alimentação do inseto. Em batata inglesa, a aplicação de silício, apesar de ter causado efeitos negativos na biologia do pulgão *Myzus persicae*, apresentou resultados de não preferência semelhantes aos desta pesquisa (Gomes et al., 2008). Entretanto, em poáceas, na qual ocorre deposição de sílica formando uma dupla camada de sílica, mecanismos de não-preferência foram observados para diferentes espécies de pulgões em plantas de milho, pinus e trigo (Moraes et al., 2005; Costa et al., 2007; Camargo et al., 2008).

De maneira geral, pode-se afirmar que a aplicação de silício em algodoeiro de fibras coloridas não afeta a preferência de *A. gossypii*. Contudo, o produto sintético acibenzolar-S-methyl mostrou-se promissor e poderia contribuir para a redução de infestação das plantas por pulgões.

6 CONCLUSÕES

- O pulgão *A. gossypii* apresenta não preferência por cultivares de algodão de fibras coloridas.
- O silício não afeta a preferência de *A. gossypii* em algodoeiro.
- O acibenzolar-S-methyl induz mecanismo de não preferência ao pulgão *A. gossypii* áptero na cultura do algodão.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, N.E.; PENNA, J.C.V.; SILVA, C.M. Algodão: principais pragas da cultura e seu manejo. In: ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SEMENTES DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Guia técnico algodão e soja**. Belo Horizonte, 1998. p.34-71.

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-aphid *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.32, n.3, p.659-663, May/June 2003.

CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; OLIVEIRA, E.B.; IEDE, E.T. Resistência induzida ao pulgão-gigante-do-pinus (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda* adubadas com silício. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.927-932, out./dez. 2008.

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**, Londrina, v.28, n.3, p.505-510, maio/jun. 1999.

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, maio/jun. 2005.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.6, p.834-839, nov./dez. 2006.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; ANTUNES, C.S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-S-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.393-397, mar./abr. 2007.

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**, Quebec, v.75, n.7, p.729-732, July 1991.

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 and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, June 1999.

FERNANDES, F.L.; FERNANDES, M.E.S.; CHEDIAK, M.; TOME, H.V.V.; GONTIJO, P.C. Impacto de inseticidas e acaricidas sobre organismos não alvos. In: ZAMBOLIM, L.; PICAÑO, M.C.; SILVA, A.A. da; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; JESUS JÚNIOR, W.C. de (Org.). **Produtos fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2008. v.1, p.575-606.

FRIDRICH, L.; LAWTON, K.; RUESS, W.; MASNER, P.; SPECKER, N.; RELLA, M.G.; MEIER, B.; DINCHER, S.; STAUB, T.; UKNESS, 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.61-67, Jan. 1996.

FURTADO, R.F.; SILVA, F.P.; LÂVOR, M.T.F.C.; BLEICHER, E. Susceptibilidade de cultivares de *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch a *Aphis gossypii* Glover. **Revista de Ciências Agronômicas**, Lourenço Marques, v.40, n.3, p.461-464, 2009.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D. dos; ANTUNES, C.S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37, n.2, p.185-190, mar./abr. 2008.

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

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, Oct. 1996.

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, Jan. 2001.

KUNZ, W.; SCHURTER, R.; MAETZKE, T. The chemistry of benzothiadiazole plant activators. **Pesticide Science**, Oxford, v.50, n.4, p.275-282, Aug. 1997.

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

RANGANATHAN, S.; SUVARCHALA, V.; RAJESH, Y.B.R.D.; SRINIVASA PRASAD, M.; PADMAKUMARI, A.P.; VOLETI, S.R. Effects of silicon sources on its deposition, chlorophyll content, and disease and resistance in rice. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v.50, n.4, p.713-716, Apr. 2006.

RANGER, C.M.; SINGH, A.P.; FRANTZ, J.M.; CAÑAS, L.; LOCKE, J.C.; REDING, M.E.; VORSA, N. Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.38, n.1, p.129-136, Jan. 2009.

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, Mar. 1974.

WU, K.M.; GUO, Y.Y. The evolution of pest management practices in China. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.50, p.31-52, Jan. 2005.

CAPÍTULO 4

Tolerância de algodoeiro colorido tratado com silício e acibenzolar-S-methyl a *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)

1 RESUMO

O pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) é um inseto-praga que causa danos principalmente no início do ciclo do algodoeiro. Neste trabalho foram pesquisados os efeitos do silício e acibenzolar-S-methyl (ASM), na presença e ausência de *A. gossypii*, sobre o desenvolvimento de plantas de algodão colorido. As cultivares de algodão colorido foram semeadas em vasos e individualmente infestadas com 25 pulgões ápteros, 13 dias após a aplicação dos indutores. O silício foi aplicado na dosagem equivalente a 3t/ha e o ASM na solução 0,2%. Diariamente foram retiradas as ninfas produzidas e repostos os pulgões adultos mortos ou desaparecidos a fim de manter a densidade de 25 pulgões/planta. Após 21 dias da infestação foram avaliados a altura da planta, o diâmetro do caule, a massa seca da parte aérea e da raiz. Adotou-se o DIC em esquema fatorial 3 (silício, ASM e testemunha) x 3(cultivares Verde, Safira e Rubi x 2 (com e sem pulgões) e dez repetições. Verificou-se que a altura das plantas foi reduzida pela presença do pulgão e que a cv. Verde apresentou maior desenvolvimento em comparação com Safira e Rubi. As variáveis estudadas foram afetadas negativamente pela aplicação do ASM, porém não se observou efeito do silício no desenvolvimento das plantas. O número de pulgões repostos nas plantas de algodão não diferiu significativamente entre cultivares e indutores. Pode-se concluir que as plantas de algodão são afetadas pelo pulgão *A. gossypii* e pela aplicação de ASM e o silício não causa efeitos no desenvolvimento dessas plantas.

2 ABSTRACT

The aphid *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) it is an insect-pest that causes damage mainly at the beginning of the cotton plant cycle. In this work the effects of silicon and acibenzolar-S-methyl (ASM) were researched, in the presence and absence of *A. gossypii*, on the development of colored cotton plants. Cultivars of colored cotton were sown in vases and individually infested with 25 apterous aphids, 13 days after the application of the inductors. The silicon was applied at the dosage equivalent to 3t/ha and ASM in a 0.2% solution. Daily, the produced nymphs were removed and the dead adult or disappeared aphids restored in order to maintain the density of 25 aphids/plant. After 21 days of the infestation the plant height, stem diameter, aerial and root part dry matter were appraised. A CRD was adopted in 3, (silicon, ASM and control) x 3 (Verde, Safira and Rubi cultivars x 2 factorial outline (with and without aphids) and ten repetitions. It was verified that the plant height was reduced by the aphid presence and that the cv. Verde presented higher development in compared to the Safira and Rubi. The studied variables were affected negatively by the application of ASM, however the effect of the silicon was not observed in the development of the plants. The number of aphids restored in the cotton plants did not differ significantly among cultivars and inductors. It can be concluded that the cotton plants are affected by the *A. gossypii* aphid and by the application of ASM and the silicon does not cause effects on the development of those plants.

3 INTRODUÇÃO

Produtos como fibras, fios, tecidos e confecções, obtidos a partir do algodão de fibras coloridas, têm sido bastante procurados, tanto no mercado interno como externo, em especial nos países da Europa. A fim de desenvolver novas cultivares de algodão naturalmente colorido, programas de melhoramento genético foram iniciados, ao mesmo tempo, no Brasil, nos Estados Unidos e em Israel, há mais de 15 anos. No Brasil, o programa foi conduzido pela Embrapa Algodão, sediada em Campina Grande, Paraíba, utilizando plantas derivadas por seleção do algodão arbóreo mocó (*Gossypium hirsutum* L. raça *Marie galante* Hutch.) (Beltrão et al., 2003). A principal vantagem do emprego da fibra colorida é a eliminação do uso de corantes na fase de acabamento do tecido, o que reduz o impacto ambiental do processo de tingimento, sendo apropriado para a produção de tecidos ecológicos e orgânicos (Souza, 2000).

O algodão de fibras coloridas é atacado pelos mesmos insetos-praga que atacam o algodão convencional (Beltrão et al., 2003), sendo o pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) uma das espécies mais comuns. Além de inocularem vírus, esses afídeos causam danos pela liberação do *honeydew*, que atrai formigas e contribui para o desenvolvimento de fumagina, que prejudica a respiração e a fotossíntese das folhas. Quando ocorrem na fase final da cultura, depreciam a qualidade da fibra pela produção excessiva de *honeydew*, afetando sua utilização industrial (Santos et al., 2003).

Para o controle de pulgões, o plantio de cultivar resistente pode ser eficaz e prático. Contudo, o mecanismo de resistência por tolerância é o mais difícil de quantificar, envolvendo, basicamente, uma comparação de certo número de insetos e do dano subsequente na planta. Esse mecanismo de

resistência depende exclusivamente da planta e não atua sobre o inseto (Reese et al., 1994² citado por Fonseca et al., 2004).

Por outro lado, o grau de resistência de plantas contra insetos pode ser aumentado pela aplicação de indutores de resistência. Estudos têm demonstrado que a aplicação de indutores, como silício e/ou acibenzolar-S-methyl (ASM), promove aumento na proteção da planta contra estresses abióticos e bióticos, devido à barreira mecânica formada pela deposição de sílica nos tecidos foliares e nos tricomas, e também pela produção de compostos fenólicos de defesa (Inbar et al., 2001; Gomes et al., 2008). No entanto, pouco se sabe sobre o desenvolvimento do algodoeiro, quando tratado com esses produtos.

Esta pesquisa foi realizada no intuito de se obter mais informações sobre os efeitos do silício e do ASM, na presença e na ausência do pulgão *A. gossypii*, no desenvolvimento de plantas de algodão colorido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, com as cultivares de algodão colorido BRS Verde, BRS Safira e BRS Rubi.

Inicialmente, determinou-se o número de pulgões necessários para provocar um dano significativo na altura das plantas, de acordo com metodologia modificada de Cruz & Vendramim (1998). Para o ensaio definitivo, seis sementes de cada cultivar foram plantadas em vasos com capacidade para 2

² REESE, J.C.; SCHWENKE, J.R.; LAMONT, P.S.; ZEHR, D.D. Importance and quantification of plant tolerance in crop pest management programs for aphids: greenbug resistance in sorghum. **Journal of Agricultural Entomology**, Clemson, v.11, n.3, p.255-270, 1994.

kg de substrato, composto de terra e esterco de curral, na proporção de 3:1. Após a emergência, realizaram-se dois desbastes, deixando-se uma planta por vaso. Cada vaso foi coberto por uma gaiola confeccionada com tecido de organza sustentado por quatro suportes de madeira enterrados no substrato do vaso e com as extremidades do tecido fechadas com elástico. As gaiolas (60 cm x 36 cm) foram dispostas aleatoriamente sob bancada.

Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3 indutores (testemunha, silício e ASM) x 3 cultivares (BRS Verde, BRS Rubi e BRS Safira) x 2 pulgões (com e sem infestação) e dez repetições.

Quinze dias após a emergência das plantas, foram aplicadas as soluções de ácido silícico a 2%, na dosagem equivalente a 3 t de SiO₂/ha (300ml SiO₂/2kg de solo) e do ASM a 0,2%, do produto comercial Bion 500[®] WG. A solução de ácido silícico foi aplicada no solo ao redor do caule das plantas e a do ASM, realizada por meio de pulverizador manual até o escorrimento da calda. Os vasos que constituíram a testemunha receberam água.

Treze dias após a aplicação de silício e ASM, metade dos vasos de cada tratamento foi infestada com a densidade de 25 pulgões adultos e ápteros/planta, enquanto, na outra metade, não foi feita liberação de pulgões, permitindo-se comparar o desenvolvimento da planta na presença e na ausência do afídeo. Após a infestação, foram realizadas observações diárias em cada planta, retirando-se as ninfas produzidas e fazendo-se reposição de pulgões adultos mortos ou desaparecidos, a fim de se manter a população inicial. Foi realizada contagem do número de pulgões adultos repostos/tratamento, a fim de avaliar o efeito dos indutores no pulgão.

Aos 21 dias da liberação dos pulgões, quando foi possível observar uma diferença na altura das plantas infestadas e não infestadas, foi avaliada a altura das plantas (distância entre a sua base e o ápice) e o diâmetro do caule, a 5 cm do solo. Posteriormente, as plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas

em sacos de papel e colocadas em estufa, a 60°C, até a estabilização da massa, determinando-se a massa seca da parte aérea. A seguir, para a determinação da massa seca das raízes, o substrato dos vasos foi despejado sobre uma peneira de plástico e, por meio de jatos de água, as raízes foram separadas e colocadas sobre papel filtro para retirar o excesso da umidade. A determinação da massa seca foi semelhante à da parte aérea.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo os de número de pulgões repostos transformados em $\sqrt{X+0,5}$, antes da análise de variância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que não houve efeito da interação entre fatores infestação com pulgões, cultivares e indutores de resistência. Entretanto, foi possível verificar efeitos isolados desses fatores para algumas características da planta.

Ao avaliar a influência da infestação das plantas com o pulgão, observou-se efeito significativo sobre a altura, que foi reduzida pela presença de *A. gossypii* nas plantas de algodão colorido, em comparação com as plantas que não foram infestadas com o pulgão. As outras variáveis estudadas não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Vendramin & Nakano (1981), que verificaram redução na altura das plantas de algodão branco cv. IAC-17, devido à presença de *A. gossypii*. Porém, estes autores observaram que o pulgão *A. gossypii* foi capaz de reduzir o peso da matéria seca das plantas de algodão, o que não foi verificado no presente trabalho.

TABELA 1 Média (\pm EP) da altura, do diâmetro, da massa seca da parte aérea (MSA) e da massa seca da raiz (MSR) de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício ou acibenzolar-S-methyl (ASM), infestadas ou não com o pulgão *Aphis gossypii*, aos 21 dias após infestação em casa de vegetação (temperatura = 27,7°C, umidade relativa = 60,8%). Lavras, MG

Pulgão	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA (g)	MSR (g)
Sem	59,2 \pm 1,04 a *	5,8 \pm 0,12	7,0 \pm 0,00	1,2 \pm 0,06
Com	46,1 \pm 1,22 b	6,1 \pm 0,14	7,0 \pm 0,00	1,3 \pm 0,06
Cultivar				
Verde	54,7 \pm 1,80	6,4 \pm 0,16 a**	8,0 \pm 0,00 a**	1,4 \pm 0,08 a**
Safira	52,0 \pm 2,14	5,9 \pm 0,16 ab	7,0 \pm 0,00 ab	1,2 \pm 0,07 b
Rubi	51,2 \pm 1,49	5,5 \pm 0,14 b	6,0 \pm 0,00 b	1,2 \pm 0,06 b
Indutor				
Silício	57,0 \pm 1,65 a **	6,3 \pm 0,15 a**	8,0 \pm 0,00 a**	1,4 \pm 0,06 a**
ASM	46,2 \pm 1,84 b	5,5 \pm 0,16 b	6,0 \pm 0,00 b	1,0 \pm 0,07 b
Testemunha	54,9 \pm 1,39 a	6,1 \pm 0,15 a	8,0 \pm 0,00 a	1,4 \pm 0,07 a

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na coluna para pulgão, cultivar ou indutor, diferem estatisticamente entre si, pelos testes F (*) ou Tukey (**), ambos a $p \leq 0,05$.

Na avaliação das diferentes cultivares, verificou-se que o diâmetro e a massa seca da parte aérea da cv. Safira foram semelhantes aos das cultivares Verde e Rubi, e que a altura não diferiu significativamente entre as cultivares. No entanto, a cultivar Verde foi a que apresentou maior diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e da raiz, quando comparada com a cultivar Rubi

(Tabela 1). Essas diferenças estão relacionadas às características agronômicas próprias das cultivares. Estudos de várias culturas evidenciaram diferenças entre as cultivares com relação a essas características (Faria Júnior et al., 2009; Moraes et al., 2009).

Quando as plantas de algodão colorido receberam aplicações dos indutores, verificou-se que o ASM reduziu significativamente todos os parâmetros avaliados em comparação com a testemunha e o silício. Entre o silício e a testemunha, não houve diferença significativa no desenvolvimento das plantas de algodão (Tabela 1).

Na Tabela 2 observa-se que não houve influência das cultivares e dos indutores no número de pulgões repostos nas plantas.

TABELA 2 Número total de pulgões repostos nas diferentes cultivares de algodão colorido, tratadas e não tratadas com silício ou acibenzolar-S-methyl (ASM), mantendo-se a densidade de 25 pulgões adultos/planta, em casa de vegetação (temperatura = 27,7°C, umidade relativa = 60,8%). Lavras, MG

Cultivar	Nº de pulgões repostos*
Verde	48,33±3,64
Safira	46,47±3,67
Rubi	51,13±3,89
Indutor	
Silício	45,27±3,79
ASM	54,73±3,16
Testemunha	45,93±3,78

*Médias não significativas, pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

A redução do crescimento do algodoeiro colorido, causada pela aplicação de ASM, pode ser devido à influência de algum composto na parede celular que afeta a alongação celular. Segundo Boudet (1998), a inibição no crescimento está associada à influência da deposição de lignina sobre a extensibilidade da parede celular primária, afetando a alongação celular.

Diferente do que ocorreu no presente trabalho, Boughton et al. (2006) e Cavalcanti et al. (2006) não verificaram efeito significativo no crescimento de plantas de tomate devido à aplicação de ASM. Costa et al. (2007) não observaram efeito do ASM na massa seca da parte aérea de plantas de trigo, como ocorrido no presente trabalho.

O acúmulo de silício nos tecidos de suporte e sustentação do caule fortalece substancialmente a estrutura da planta, o que causa um aumento no diâmetro (Plucknett, 1971). Porém, esse efeito não foi observado nas plantas de algodão colorido, diferindo da pesquisa em plantas de milho, acumuladora de silício, na qual foi possível verificar um aumento do diâmetro devido à aplicação de silício (Neri et al., 2006).

Entre outros benefícios relacionados à adubação silicatada está o aumento da fitomassa da parte aérea e da raiz, além de desempenhar importante papel no crescimento e no desenvolvimento das plantas (Epstein, 1994, 1999). Contudo, esses benefícios não foram observados nas plantas de algodão colorido, provavelmente devido ao fato de o algodoeiro ser considerado uma planta não acumuladora de silício.

Os resultados do presente trabalho são semelhantes aos encontrados em plantas de batata inglesa (Gomes et al., 2008; 2009), em plantas de trigo (Costa et al., 2007) e arroz (Silva & Bohnem, 2001; Tokura et al., 2007), nas quais não houve influência do silício.

No presente trabalho, foram encontrados resultados diferentes para altura de planta, em relação aos encontrados por Cunha et al. (2005), os quais

verificaram efeito negativo da adubação silicatada para a variável altura de plantas de algodão colorido e branco, sendo observado um decréscimo de 4,4 cm com o aumento dos níveis de silício no solo, para a cultivar BRS 201. Essa diferença demonstra que o silício pode causar efeito na altura das plantas, dependendo de alguns fatores, como a dose e a fonte de silício utilizada.

6 CONCLUSÕES

- O pulgão *A. gossypii* afeta a altura das plantas de algodão de fibras coloridas.
- O ASM afeta as plantas, porém, o silício não causa quaisquer efeitos no desenvolvimento do algodoeiro colorido.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRÃO, N.E.M.; PEREIRA, J.R.; CARDOSO, G.D.; SOARES, L.S. **Sistema de produção para o algodão colorido BRS 200 Marrom para a agricultura familiar no Cerrado do Mato Grosso, com ênfase para a adubação**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2003. 8p. (Circular Técnica, 71).
- BOUDET, A.M. A new view of lignification. **Trends in Plant Science**, London, v.3, n.2, p.67-71, Feb. 1998.
- BOUGHTON, A.J.; HOOVER, K.; FELTON, G.W.; HOOVER, K.; FELTON, G.W. Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.120, n.3, p.175-188, Sept. 2006.
- CAVALCANTI, F.R.; RESENDE, M.L.V.; ZACARONI, A.B.; RIBEIRO JUNIOR, P.M.; COSTA, J. de C.B.; SOUZA, R.M. Acibenzolar-S-Metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.372-380, jul./ago. 2006.
- COSTA, R.R.; MORAES, J.C.; ANTUNES, C.S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-S-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.393-397, mar./abr. 2007.
- CRUZ, I.; VENDRAMIM, J.D. Tolerância como mecanismo de resistência de sorgo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.27, n.1, p.141-148, jan./fev. 1998.
- CUNHA, P.F.F. de C.; MADEIROS, L.B.; ALVES, W. de A.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M.; LACERDA, M.D. de; FEITOSA, J.V. Cultivo de algodão herbáceo com adubação de escória siderúrgica: avaliação de crescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2005. 1 CD-ROM.
- 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 Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, June 1999.

FARIA JÚNIOR, L.A.; CARVALHO, J.G.; PINHO, P.J.; BASTOS, A.R.R.; FERREIRA, E.V.O. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1034-1040, jul./ago. 2009.

FONSECA, R.A.; CRUZ, I.; CARVALHO, C.F.; SOUZA, B. Resistência de genótipos de sorgo ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae): III., efeito no desenvolvimento da planta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.585-592, maio/jun. 2004.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; ASSIS, G.A. Silício e imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1209-1213, set./out. 2008.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; NERI, D.K.P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.18-23, jan./fev. 2009.

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, Jan. 2001.

MORAES, J.C.; FERREIRA, R.S.; COSTA, R.R. Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1260-1264, set./out. 2009.

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

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

SANTOS, T.M.; BOIÇA-JUNIOR, A.L.; SOARES, J.J. Influencia de tricomas do algodoeiro sobre os aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentada com *Aphis gossypii* Glover. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.243-254, jun. 2003.

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

SOUZA, M.C.M. Produção de algodão orgânico colorido: possibilidade e limitações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.30, n.6, p.91-98, dez. 2000.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; ALOVISI, A.A. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.1, p.9-16, fev. 2007.

VENDRAMIM, J.D.; NAKANO, O. Avaliação de danos de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Homoptera: Aphididae) no algodoeiro cultivar 'IAC-17'. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.10, n.1, p.89-96, mar. 1981.

CAPÍTULO 5

Avaliação dos efeitos da aplicação de silício e de acibenzolar-S-methyl, em algodoeiro de fibras coloridas, no desenvolvimento de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e de seu inimigo natural *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae)

1 RESUMO

O pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), um dos principais insetos-praga do algodoeiro, é predado pela joaninha *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae). O objetivo dessa pesquisa foi estudar os efeitos da aplicação de silício e de acibenzolar-S-methyl em plantas de algodão colorido no desenvolvimento de *A. gossypii* e de seu inimigo natural *C. sanguinea* em delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial 3 (cultivares) x 3 [silício, acibenzolar-S-methyl (ASM) e testemunha] e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A aplicação de ASM elevou a mortalidade do pulgão nas cultivares Verde e Rubi. Nessa cultivar o pulgão apresentou maior duração do período pré-reprodutivo comparado à cv. Verde. O silício reduziu a produção de ninfas nas cultivares Verde e Safira, mas não apresentou efeito indireto do silício nas características biológicas e na mortalidade de *C. sanguinea*. No entanto, a razão sexual desse predador foi maior nas plantas tratadas com silício e nas cultivares Safira e Rubi. O silício e o ASM podem ser uma alternativa para o manejo do pulgão *A. gossypii* em plantios de algodoeiro de fibras coloridas.

2 ABSTRACT

The aphid *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), one of the main insect-pests of the cotton plant, is hunted by the ladybug *Cycloneda sanguine* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae). The objective of this research was to study the effects of silicon and acibenzolar-S-methyl application in colored cotton plants on the development of *A. gossypii* and its natural enemy *C. sanguine* in a completely randomized design, with 3 (cultivars) x 3 [silicon, acibenzolar-S-methyl (ASM) and control] factorial outline and five repetitions. The data were submitted to the variance analysis and the averages compared by the Tukey test ($p < 0.05$). The application of ASM elevated the aphid mortality in the Verde and Rubi cultivars. In the Rubi cultivar, the aphid presented a longer pre-reproductive period duration compared to the cv. Verde. The silicon reduced the production of nymphs in the Verde and Safira cultivars, but it did not cause indirect effect on the biological characteristics and mortality of *C. sanguine*. However, the gender ratio of that predator was higher in the plants treated with silicon and in the Safira and Rubi cultivars. The silicon and ASM can be an alternative for *A. gossypii* aphid management in colored cotton plant plantations.

3 INTRODUÇÃO

O pulgão *Aphis gossypii* Glover 1877 (Hemiptera: Aphididae) é um dos insetos-praga mais comuns no algodoeiro (Ramalho, 1994; Wu & Guo, 2005). Esse afídeo, além de inocular vírus, produz o *honeydew*, que atrai formigas e contribui para o desenvolvimento de fumagina, o que prejudica a respiração e a fotossíntese das folhas (Slosser et al., 1989). Quando ocorrem na fase final da cultura, depreciam a qualidade da fibra e, pela produção excessiva de *honeydew*, afetam sua utilização industrial (Santos et al., 2003).

Sistemas de manejos utilizando o controle cultural, cultivares resistentes e o controle biológico têm sido recomendados para o controle do pulgão-do-algodoeiro (Iskber & Copland, 2002).

Os coccinelídeos, também denominados de joaninhas, se destacam entre os inimigos naturais mais relacionados com o controle biológico de pulgões (Obrycki & Kring, 1998). Muitas espécies de Coccinellidae são predadoras e auxiliam na regulação da população de insetos-praga em muitas culturas (Olkowski et al., 1990; Santa-Cecília et al., 2001). As joaninhas são um dos principais inimigos naturais de *A. gossypii*, principalmente *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) (Boiça Júnior et al., 2004).

Existem muitos fatores, como plantas hospedeiras de insetos-praga, que podem afetar a colonização, o desenvolvimento e a eficiência de inimigos naturais (Botrell et al., 1998). Plantas resistentes, principalmente por antibiose, podem alterar o crescimento populacional de pulgões, reduzindo sua atividade e alimentação, aumentando a razão predador/presa e evitando que a população dos insetos fitófagos alcance densidades nas quais o inimigo natural se torne ineficiente (Messina & Sorenson, 2001; Santos et al., 2003).

O grau de resistência de plantas contra insetos pode ser aumentado pela aplicação de silício ou de ASM. A aplicação de silício aumenta a proteção de

plantas contra estresses abióticos e bióticos, devido à barreira mecânica formada por sua sílica nos tecidos foliares e nos tricomas, e pela produção de compostos fenólicos de defesa (Inbar et al., 2001; Ma & Yamaji, 2006; Massey et al., 2006, Gomes et al., 2008,; Keeping & Kvedaras, 2008; Massey & Hartley, 2009; Ranger et al., 2009, Reynolds et al., 2009).

Alguns estudos têm demonstrado aumento da resistência em plantas hospedeiras tratadas com silício a insetos e outros artrópodes, podendo agir direta ou indiretamente no desenvolvimento desses insetos (Moraes et al., 2004; Kvedaras & Keeping, 2007; Hunt et al., 2008; Keeping et al., 2009). Recentes estudos mostram o potencial do silício agindo indiretamente no terceiro nível trófico, ao aumentar a atração de inimigos naturais dos insetos herbívoros (Kvedaras et al., 2009)

Já o ASM é considerado o primeiro representante de uma geração de protetores de plantas eficientes na indução de resistência (Lyon & Newton, 1997) de fácil translocação pelos tecidos da planta (Friedrich et al., 1996) de forma sistêmica (Oostendorp et al., 2001), podendo levar à ativação de genes que codificam a resistência de plantas (Kessmann et al., 1994).

A resistência induzida de plantas de algodão colorido ao pulgão *A. gossypii* poderá reduzir populações de insetos-praga, porém, seus efeitos na interação tritrófica (planta/inseto herbívoro/ inimigo natural) têm sido pouco estudados. Plantas resistentes podem reduzir ou aumentar a eficácia de inimigos naturais no controle de insetos-praga. Dessa forma, o objetivo foi avaliar os efeitos da aplicação de silício e de acibenzolar-S-methyl, em plantas de algodão colorido, no desenvolvimento de *A. gossypii* e de seu inimigo natural *C. sanguinea*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em sala climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos, no Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras. Seis sementes de algodão, por vaso de polietileno de capacidade 2 dois kg de substrato, composto por terra e esterco, na proporção de 3:1, foram plantadas, mantendo-se quatro plantas após o primeiro desbaste. O segundo desbaste foi realizado antes da aplicação dos tratamentos, deixando-se as duas plantas mais vigorosa. As plantas foram dispostas aleatoriamente sobre as bancadas e irrigadas diariamente, em casa de vegetação.

A biologia de *A. gossypii* foi estudada com dois indutores de resistência: o ácido silícico (SiO_2) e o acibenzolar-S-methyl (ASM). As soluções de ácido silícico a 2%, na dosagem equivalente a 3 t de SiO_2 /ha (300 mL de SiO_2 /2 kg de solo) e do ASM a 0,2% do produto comercial (Bion 500[®]), foram aplicadas quando existiam duas folhas completamente expandidas. A solução de ácido silícico foi aplicada no solo ao redor do caule das plantas e a do ASM, com pulverizador manual, até o escorrimento da calda. Os vasos da testemunha receberam água. A elevada mortalidade de *A. gossypii* pela aplicação de ASM não permitiu a avaliação de seu efeito no desenvolvimento da joaninha.

O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 (cultivares) x 3 (silício, ASM e testemunha), para mortalidade no período de ninfa do pulgão e 3 (cultivares) x 2 (com e sem silício), para os demais parâmetros. Cada tratamento teve cinco repetições, com parcelas compostas de duas unidades amostrais (vasos ou tubos).

4.1 Criação de *A. gossypii*

Em laboratório, indivíduos de *A. gossypii* coletados em algodoeiro a campo foram multiplicados em folhas de algodão. As folhas foram lavadas em água corrente e colocadas em solução de hipoclorito a 1%, por cinco minutos. Posteriormente, foram acondicionadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo uma lamina de ágar-água a 1%, para manter a turgescência da folha. As placas foram vedadas com tecido de *voil* preso com elástico e mantidas em câmara climatizada, à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. As folhas foram substituídas à medida que apresentavam coloração amarelada e sinais de ressecamento. Para a criação de manutenção de *A. gossypii* foi utilizada a cultivar BRS Cedro, não utilizada nos experimentos.

4.2 Criação de *C. sanguinea*

Cinco casais do predador foram individualizados em gaiolas de PVC de 10 cm de altura x 10 cm de diâmetro. As extremidades inferiores e superiores das gaiolas foram vedadas com filme de PVC e internamente revestidas com papel filtro para oviposição. Pulgões do campo foram oferecidos como presas aos coccinelídeos. O papel do revestimento interno das gaiolas foi substituído diariamente e as posturas colocadas em tubos de vidro (2,5 x 8,5 cm). Larvas recém-eclodidas de *C. sanguinea* foram alimentadas até a fase de pupa, com a mesma espécie de presa oferecida aos adultos.

4.3 Biologia de *A. gossypii* em casa de vegetação

Três fêmeas adultas no período reprodutivo de *A. gossypii* foram retiradas da criação de manutenção e liberadas em gaiola cilíndrica de plástico transparente, de 0,6 x 3,0 cm, seis dias após a aplicação dos indutores de resistência (Correa et al., 2005). Essas gaiolas foram fixadas às folhas, sendo colocada uma gaiola por vaso. As fêmeas foram retiradas 24 horas após a

liberação e deixadas três ninfas de primeiro instar por gaiola. Apenas um pulgão foi deixado por gaiola, quando iniciado o período reprodutivo (presença de ninfas). Diariamente, as ninfas foram contadas e retiradas com auxílio de um pincel.

Foram avaliados a mortalidade no período de ninfa; a duração dos períodos de ninfa, pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo; o número total de ninfas produzidas e a longevidade de *A. gossypii*.

4.4 Desenvolvimento de *C. sanguinea* alimentada com *A. gossypii* em casa de vegetação

As cultivares BRS Safira, BRS Verde e BRS Rubi foram semeadas individualmente em vasos de polietileno e infestadas, dez dias após a aplicação do silício, com pulgões adultos em número suficiente para a alimentação das joaninhas. Cada vaso foi colocado em gaiola de tecido de *voil* (60 cm x 36 cm) sustentado por quatro suportes de madeira enterrados no substrato do vaso e com as extremidades do tecido fechadas com elástico. As gaiolas foram mantidas sobre bancada em casa de vegetação. Uma larva de *C. sanguinea* recém-eclodida foi liberada, por planta, dez dias após a infestação com os pulgões.

A duração do período larval, de pré-pupa, pupa e de larva a adulto, a mortalidade no período larval e a razão sexual de *C. sanguinea* foram avaliadas.

4.5 Desenvolvimento de *C. sanguinea* alimentada com *A. gossypii* em laboratório

Duas plantas das cultivares BRS Safira, BRS Verde e BRS Rubi por vaso, em casa de vegetação, foram infestadas, dez dias após a aplicação do silício, com adultos de *A. gossypii*, no período reprodutivo. Os vasos foram mantidos aleatoriamente, em bancada coberta com tecido de *voil* formando uma

gaiola. Esses pulgões foram oferecidos *ad libitum* às larvas de *C. sanguinea*, em laboratório, dez dias após a infestação.

A larvas recém-emergidas da joaninha foram individualizadas em tubos de vidro (2,5 x 8,5 cm) vedados com filme de PVC perfurado com alfinete e mantidos em câmara climatizada, à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Pulgões das plantas tratadas e não tratadas com silício foram oferecidos *ad libitum* diariamente, durante toda fase jovem desse predador.

Foram avaliadas a duração dos períodos larval, de pré-pupa, pupa e de larva a adulto, a mortalidade no período larval e a razão sexual de *C. sanguinea*.

4.6 Viabilidade e número de ovos de *C. sanguinea* alimentada com *A. gossypii* em laboratório

Adultos recém-eclodidos de *C. sanguinea* foram separados em casais em gaiolas de tubo de PVC (10 x 10 cm), com as extremidades inferiores e superiores vedadas com filme de PVC. A parte interna das gaiolas foi revestida com papel filtro para oviposição. Pulgões de colônias presentes nas plantas tratadas e não tratadas com silício foram oferecidas *ad libitum*, diariamente, aos coccinelídeos.

Os casais de *C. sanguinea* permaneceram em câmara climatizada com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Diariamente, os ovos eram contados e, posteriormente, retirados e colocados em placa de teste do tipo *enzyme linked immunosorbent assay*, ou ELISA, para avaliar a viabilidade.

4.7 Análise estatística

Os dados foram transformados em arco-seno $\sqrt{x/100}$ para se avaliar a porcentagem de mortalidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Biologia de *A. gossypii* em casa de vegetação

Os fatores (indutores e cultivares) apresentaram interação com a mortalidade no período de ninfa. A mortalidade de pulgões criados nas plantas sem tratamento foi baixa e sem diferença entre as cultivares. As cultivares Verde e Rubi, tratadas com ASM, apresentaram mortalidade elevada do pulgão, comparável com silício e testemunha. O silício e a testemunha não causaram diferenças significativas entre as cultivares. No entanto, ASM promoveu elevada mortalidade de *A. gossypii* na cv. Verde e Rubi, diferindo significativamente da cv. Safira (Tabela 1).

A maior mortalidade de ninfas de *A. gossypii* pelo ASM, neste trabalho, pode estar ligada ao aumento de substâncias de defesa nas plantas tratadas, que são capazes de inibir a alimentação e reduzir o número de descendentes. Isso foi evidenciado pelos resultados obtidos por Inbar et al. (2001) que observaram redução da oviposição de mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), devido aos altos níveis de quitinases, peroxidase e β -1,3-glucanase em plantas de algodão branco convencional, tratadas com ASM. Esses resultados se assemelham aos encontrados por Boughton et al. (2006) que observaram efeito do ASM na redução da fecundidade total e na taxa de crescimento da população do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), em plantas de tomate.

TABELA 1 Porcentagem de mortalidade (média±EP) de ninfas de *Aphis gossypii* criadas em diferentes cultivares de algodão colorido, tratadas e não tratadas com silício e ASM, em casa de vegetação

Cultivar	Indutor de resistência		
	Silício	ASM	Testemunha
Verde	20,1±0,20 a B	89,9±9,80 a A	0,1±0,00 a B
Safira	0,1±0,00 a A	30,1±12,25 b A	0,1±0,00 a A
Rubi	10,1±10,00 a B	89,9±9,80 a A	0,1±0,00 a B

Médias seguidas da mesma letra minúscula por coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O desenvolvimento do pulgão do algodoeiro não mostrou diferença, sendo evidenciado apenas na duração do período pré-reprodutivo para as diferentes cultivares, tendo a cv. Rubi maior duração do período pré-reprodutivo que a cv. Verde (Tabela 2).

TABELA 2 Períodos de ninfa (PN), pré-reprodutivo (PPR), reprodutivo (PR), pós-reprodutivo (PPOR) e longevidade (LG), em dias (média ± EP), de *A. gossypii* em seções foliares de cultivares de algodão colorido, tratadas com silício, em casa de vegetação

Cultivar	PN ¹	PPR ²	PR ¹	PPOR ¹	LG ¹
Verde	6,4±0,62	1,2±0,44 b	19,4±3,91	5,0±1,58	25,7±4,25
Safira	5,8±0,47	2,0±0,21 ab	17,2±2,51	3,2±0,76	22,4±2,28
Rubi	5,1±0,56	2,6±0,44 a	14,4±2,48	2,6±0,66	18,8±2,86
Indutor					
Silício	5,7±0,47	1,9±0,34	13,1±2,04	4,5±1,40	18,5±2,20
Testemunha	5,8±0,46	2,1±0,33	20,5±2,37	3,0±0,46	25,6±2,66

¹Médias não significativas pelo teste de F ($p \leq 0,05$). ²Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O número total de ninfas produzidas mostrou interação entre os fatores. A produção de ninfas sem aplicação do silício (testemunha) não diferiu entre as cultivares, mas plantas com adubação silicatada tiveram reduzida produção de ninfas por *A. gossypii*, nas cultivares Verde e Safira, em comparação à cv. Rubi. O número total de ninfas produzidas foi inferior na cv. Safira, devido à aplicação de silício, comparada à testemunha, mas isso não ocorreu com as outras cultivares (Tabela 3).

TABELA 3 Número de ninfas (média \pm EP) produzidas por *Aphis gossypii* em cultivares de algodão colorido, tratadas e não tratadas com silício em casa de vegetação

Cultivar	Indutor	
	Silício	Testemunha
Verde	8,1 \pm 1,68 b A	11,7 \pm 1,55 a A
Safira	9,6 \pm 1,47 b B	16,2 \pm 2,97 a A
Rubi	19,8 \pm 3,37 a A	12,6 \pm 1,23 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados semelhantes foram verificados para *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) em *Zinnia elegans* (Asteraceae) para efeito do silício no período pré-reprodutivo e na sobrevivência desse pulgão que teve, apenas, a fecundidade reduzida (Ranger et al. 2009), o que indica pequeno aumento na resistência a *M. persicae*. De acordo com Massey et al. (2006), o aumento de silício nas plantas tem menor efeito nos insetos sugadores do que nos mastigadores. Entretanto, plantas de trigo e sorgo, que acumulam silício, apresentaram efeito desse mineral no desenvolvimento de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) (Carvalho et al., 1999; Costa & Moraes, 2006). A fecundidade de *M. persicae* foi reduzida em plantas de batata (não acumuladora) com adubação silicatada, como no presente trabalho (Gomes et al., 2008). Resultado semelhante foi observado para o desenvolvimento de *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae), o qual foi afetado pela adubação com silício em *Pinus* (Camargo et al., 2008).

5.2 Desenvolvimento de *C. sanguinea* alimentada com *A. gossypii* em casa de vegetação

O silício e as cultivares não afetaram o desenvolvimento, a duração dos períodos e a razão sexual de *C. sanguinea* alimentada com pulgões sobre plantas de algodão colorido, tratadas ou não com ácido silícico (Tabela 4). A mortalidade durante o período larval desse predador não foi, também, afetada na cv. Verde ($10,0 \pm 6,67\%$), na cv. Safira ($5,0 \pm 5,00\%$) e na cv. Rubi ($0,0\%$). Resultado semelhante foi observado para as joaninhas alimentadas com pulgões criados em plantas tratadas com silício ($3,3 \pm 3,33\%$) e na testemunha ($6,7 \pm 4,54\%$).

TABELA 4 Períodos larval (PL), pré-pupa (PPP), pupa (PP), larva a adulto (LA), em dias e razão sexual (RS) (média \pm EP) de *Cycloneda sanguinea* alimentada com pulgões *Aphis gossypii*, sobre cultivares de algodão colorido, com e sem silício em casa de vegetação

Cultivar	PL ¹	PPP ¹	PP ¹	LA ¹	RS ¹
Verde	10,0 \pm 0,29	1,7 \pm 0,13	5,0 \pm 0,15	17,5 \pm 0,24	0,5 \pm 0,11
Safira	10,1 \pm 0,23	1,6 \pm 0,19	5,8 \pm 0,19	17,4 \pm 0,15	0,6 \pm 0,14
Rubi	10,1 \pm 0,21	1,6 \pm 0,16	5,5 \pm 0,16	17,5 \pm 0,11	0,3 \pm 0,08
Indutor					
Silício	10,1 \pm 0,20	1,7 \pm 0,14	5,5 \pm 0,13	17,4 \pm 0,11	0,3 \pm 0,08
Testemunha	10,0 \pm 0,19	1,6 \pm 0,12	5,8 \pm 0,14	17,4 \pm 0,17	0,6 \pm 0,10

¹Médias não significativas pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

5.3 Desenvolvimento de *C. sanguinea* alimentada com *A. gossypii* em laboratório

A aplicação do silício e as diferentes cultivares não afetaram o desenvolvimento, a duração dos períodos e a mortalidade no período larval, de *C. sanguinea* alimentada com pulgões provenientes de algodão colorido com e sem silício (Tabela 5). A sobrevivência no período larval foi de 100% em todos os tratamentos, mostrando que o pulgão-do-algodoeiro em plantas, com ou sem aplicação de silício, proporcionaram, nutrição adequada às joaninhas (Tabela 5).

TABELA 5 Períodos larval (PL), pré-pupa (PPP), pupa (PP), de larva a adulto (LA), em dias e razão sexual (RS) (média±EP) de *Cycloneda sanguinea* alimentada com pulgões *Aphis gossypii* provenientes de cultivares de algodão colorido, com e sem silício, em laboratório (T = 25±2°C, UR = 70±10% e fotofase de 12 horas)

Tratamento	PL ¹	PPP ¹	PP ¹	LA ¹	RS ²
Cultivar					
Verde	6,4±0,18	1,1±0,14	3,5±0,11	11,1±0,25	0,3±0,11 b
Safira	7,3±0,77	0,7±0,11	3,6±0,14	10,8±0,16	0,8±0,08 a
Rubi	6,8±0,21	0,9±0,08	3,6±0,39	11,3±0,24	0,7±0,13 a
Indutor					
Silício	6,7±0,15	0,9±0,08	3,5±0,10	11,1±0,18	0,7±0,08 a
Testemunha	6,8±0,53	0,8±0,11	3,6±0,09	10,9±0,19	0,4±0,11 b

¹Médias não significativas pelo teste de F ($p \leq 0,05$). ²Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A razão sexual de *C. sanguinea* foi influenciada, com maior número de fêmeas, quando as joaninhas receberam pulgões criados nas cultivares Safira e Rubi, em comparação à cv. Verde. O número de fêmeas de *C. sanguinea* foi maior quando as joaninhas se alimentaram de pulgões criados nas plantas tratadas com silício (Tabela 5).

Pulgões *A. gossypii* de cultivares de algodoeiro de fibras brancas também não provocaram efeito indireto no desenvolvimento das fases imaturas de *C. sanguinea* (Boiça Júnior et al., 2004). Esses resultados são semelhantes aos verificados em trigo, uma planta acumuladora de silício, na qual não se observou efeito deletério na biologia de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com pulgões *S. graminum* criados em plantas tratadas com silicato de sódio (Moraes et al., 2004). Além disso, o silício pode aumentar a atratividade dos inimigos naturais (Kvedaras et al., 2009).

Reynolds et al. (2009) indicam efeitos positivos do silício na capacidade da planta em gerar resposta de defesa induzida, por agir não apenas no segundo mas também no terceiro nível trófico (por atrair predadores e parasitoides), tornando-se uma perspectiva animadora no manejo de insetos-praga.

5.4 Viabilidade e número de ovos de *C. sanguinea* alimentada com *A. gossypii* em laboratório

A viabilidade e o número de ovos de *C. sanguinea* foram semelhantes nas diferentes cultivares de algodão colorido. No entanto, a viabilidade de ovos, por razões ainda desconhecidas, foi maior em plantas com silício que no controle (Tabela 6).

TABELA 6 Viabilidade e número de ovos (média±EP) colocados, durante 30 dias, por *Cycloneda sanguinea* alimentada com pulgões *Aphis gossypii* provenientes de cultivares de algodão colorido, com e sem silício. (T = 25±2°C, UR = 70±10% e fotofase de 12 horas)

Silício	Número de ovos	Viabilidade de ovos
Com	319,3±25,15 a	70,9±2,99 a
Sem	275,5±33,83 a	57,1±5,49 b
Cultivar		
Verde	319,2±50,84 a	66,8±4,82 a
Safira	269,2±20,74 a	54,2±6,48 a
Rubi	303,9±33,83 a	71,0±5,00 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Plantas de algodão colorido, tratadas com silício e ASM, apresentaram aumento no grau de resistência ao pulgão-do-algodoeiro. Além disso, nenhum afeito adverso foi observado no inimigo natural *C. sanguinea*, pela aplicação de silício. Por isso, a utilização de silício e ASM pode ser uma alternativa para o manejo do pulgão *A. gossypii* em plantios de algodoeiro.

6 CONCLUSÕES

- O acibenzolar-S-methyl aumenta a mortalidade de ninfas de *A. gossypii* em plantas de algodão colorido.
- O silício aumenta a resistência de plantas de algodoeiro colorido ao pulgão *A. gossypii*.
- A aplicação do silício não afeta indiretamente o desenvolvimento de *C. sanguinea*.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; SANTOS, T.M.; KURANISHI, A.K. Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guérin-Men. alimentadas com *Aphis gossypii* Glover sobre cultivares de algodoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.2, p.239-244, mar./abr. 2004.

BOTRELL, D.G.; BARBOSA, P.; GOULD, F. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: a realistic strategy? **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.43, n.1, p.347-367, Jan. 1998.

BOUGHTON, A.J.; HOOVER, K.; FELTON, G.W. Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.120, n.3, p.175-188, Sept. 2006.

CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; OLIVEIRA, E.B.; PENTEADO, S.R.C.; CARVALHO, R.C.Z. Efeito da aplicação do silício em plantas de *Pinus taeda* L., sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlântica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p.1767-1774, nov./dez. 2008.

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**, Londrina, v.28, n.3, p.505-510, maio/jun. 1999.

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, May/June 2005.

COSTA, R.R.; MORAES, J.C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.6, p.834-839, nov./dez. 2006.

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

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D.; ANTUNES, C.S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.37, n.2, p.185-190, mar./abr. 2008.

HUNT, J.W.; DEAN, A.P.; WEBSTER, R.E.; JOHNSON, G.N.; ENNOS, A.R. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. **Annals of Botany**, London, v.102, n.4, p.653-656, Oct. 2008.

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, Jan. 2001.

ISIKBER, A.A.; COPLAND, M.J.W. Effects of various aphid foods on *Cycloneda sanguinea*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.102, n.1, p.93-97, Jan. 2002.

KEEPING, M.G.; KVEDARAS, O.L. Silicon as a plant defence against insect herbivory: response to Massey, Ennos and Hartley. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.77, n.3, p.631-633, Mar. 2008.

KEEPING, M.G.; KVEDARAS, O.L.; BRUTON, A.G. Epidermal silicon in sugarcane: cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.66, n.1, p.54-60, Apr. 2009.

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, Sept. 1994.

KVEDARAS, O.L.; AN, M.; CHOI, Y.S.; GURR, G.M. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. **Bulletin of Entomological Research**, Farham Royal, n.9, p.1-5, Sept. 2009.

KVEDARAS, O.L.; KEEPING, M.G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.125, n.1, p.103-110, Oct. 2007.

LYON, G.D.; NEWTON, A.C. Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies? **Plant Pathology**, Honolulu, v.46, n.5, p.636-641, Nov. 1997.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.11, n.8, p.392-397, Aug. 2006.

MASSEY, F.P.; ENNOS, A.R.; HARTLEY, S.E. Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.75, n.2, p.595-603, Feb. 2006.

MASSEY, F.P.; HARTLEY, S.E. Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivore. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.78, n.1, p.281-291, Sept. 2009.

MESSINA, F.J.; SORENSON, S.M. Effectiveness of lacewing larvae in reducing Russian wheat aphid populations on susceptible and resistant wheat. **Biological Control**, Orlando, v.21, n.1, p.19-26, Feb. 2001.

MORAES, J.C.; GOUSSAIN, M.M.; BASAGLI, M.A.B.; CARVALHO, G.A.; ECOLE, C.C.; SAMPAIO, M.V. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.5, p.619-624, Sept./Oct. 2004.

OBRYCKI, J.J.; KRING, T.J. Predaceous coccinellidae biological control. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.43, n.1, p.295-321, Jan. 1998.

OLKOWSKI, W.; ZHANG, A.; SIERS, P. Improved biocontrol techniques with lady beetles. **The IPM Practitioner Monitoring the Field of Pest Management**, London, v.12, n.10, p.1-12, Oct. 1990.

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.

RAMALHO, F.S. Cotton pest management: part 4: a Brazilian perspective. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.39, p.563-578, Jan. 1994.

RANGER, C.M.; SINGH, A.P.; FRANTZ, J.M.; CAÑAS, L.; LOCKE, J.C.; REDING, M.E.; VORSA, N. Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.38, n.1, p.129-136, Jan. 2009.

REYNOLDS, O.L.; KEEPING, M.G.; MEYER, J.H. Silicon: augmented of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.155, n.2, p.171-186, Aug. 2009.

SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R.C.R.; TORRES, R.M.S.; NASCIMENTO, F.R. Aspectos biológicos e consumo alimentar de larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.6, p.1273-1278, nov./dez. 2001.

SANTOS, T.M.; BOIÇA-JUNIOR, A.L.; SOARES, J.J. Influência de tricomas do algodoeiro sobre os aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentada com *Aphis gossypii* Glover. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.243-254, jun. 2003.

SLOSSER, J.E.; PINCHAK, W.E.; RUMMEL, D.R. A review of known and potential factors affecting the population dynamics of the cotton aphid. **Southwestern Entomologist**, Weslaco, v.14, n.3, p.303-313, Sept. 1989.

WU, K.M.; GUO, Y.Y. The evolution of pest management practices in China. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.50, p.31-52, Jan. 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho pode-se evidenciar que, dependendo das condições (laboratório ou casa de vegetação), o silício afeta a biologia do pulgão *A. gossypii*. Além disso, induz resistência no algodoeiro ao pulgão *A. gossypii* pelo aumento de substâncias de defesa, como lignina e fenóis, mas essa resistência induzida não está relacionada aos mecanismos de não preferência e tolerância.

Na interação tritrófica, o silício se mostra benéfico por não afetar indiretamente o inimigo natural *C. sanguinea*. O produto acibenzolar-S-methyl (ASM) induz resistência a *A. gossypii* por afetar sua biologia e aumentar o teor de lignina, que confere defesa às plantas, bem como por induzir mecanismo de não preferência ao pulgão, nas diferentes cultivares de fibras coloridas. No entanto, o uso do ASM requer cuidados, por afetar o desenvolvimento das plantas.