

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE
RESISTÊNCIA A *Myzus persicae* (Sulzer)
(Hemiptera: Aphididae) E NA PROTEÇÃO DE
PLANTAS DE BATATA INGLESA
CULTIVADAS EM SISTEMA ORGÂNICO**

FLÁVIA BATISTA GOMES

2007

FLÁVIA BATISTA GOMES

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A
Myzus persicae (Sulzer) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA
PROTEÇÃO DE PLANTAS DE BATATA INGLESA
CULTIVADAS EM SISTEMA ORGÂNICO**

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”.

Orientador

Prof. Dr. Jair Campos Moraes

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

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

Gomes, Flávia Batista

Influência do silício na indução de resistência a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) e na proteção de plantas de batata inglesa cultivadas em sistema orgânico / Flávia Batista Gomes. - Lavras : UFLA, 2005.

74 p. : il.

Orientador: Jair Campos Moraes.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Silício. 2. Resistência induzida. 3. Pulgão. 4. Cultivo orgânico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.21

FLÁVIA BATISTA GOMES

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A
Myzus persicae (Sulzer) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA
PROTEÇÃO DE PLANTAS DE BATATA INGLESA
CULTIVADAS EM SISTEMA ORGÂNICO**

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 23 de fevereiro de 2007

Dr. Alcides Moino Júnior	UFLA
Dr. Alexander Machado Auad	EMBRAPA
Dr. Custódio Donizete dos Santos	UFLA
Dr. Rogério Antônio Silva	EPAMIG

Prof. Jair Campos Moraes
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ao grande amor presente em minha vida
À força impulsionadora dos meus passos
Ao sorriso que ilumina e contagia
Ao pequeno grande Pedro Luiz

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, à Nossa Senhora e ao Anjo da Guarda pela proteção, força, luz, paciência e aceitação.

À Universidade Federal de Lavras através do Departamento de Entomologia pela oportunidade de cursar o doutorado e realizar este trabalho, que muito contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro a este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Jair Campos Moraes pela orientação, pela disponibilidade, pela confiança, pelos conhecimentos adquiridos e pela compreensão.

Ao meu co-orientador Prof. Custódio Donizete dos Santos pela ajuda, pelo tempo dispensado e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus professores, os mestres que me ensinaram e me inspiraram.

À banca examinadora pela participação em meu exame de qualificação e em minha defesa de tese pelos elogios, pelas sugestões, pelas críticas e por toda contribuição na minha formação como pesquisadora.

Às minhas companheiras e amigas de trabalho pela amizade, pelos momentos de discussão, pela boa vontade, pelo apoio, pelo companheirismo, pela ajuda na condução dos experimentos, pelas trocas de informação e pelo incentivo.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia, do Departamento de Química, do Departamento de Ciência dos Alimentos, do Departamento de Solos e do Centro de Indexação de Vírus da UFLA pelos serviços prestados, pela boa vontade, pela ajuda, pela compreensão e pelo carinho.

Aos meus pais Vânia e Toninho e aos meus queridos irmãos João Marcos e Maria Tereza pelo orgulho, pela força, pelo amor e pelos valores transmitidos que me fazem resistir e continuar mesmo quando está tudo muito difícil.

À minha família Guilherme e Pedro Luiz, meus amores, meus amigos, minha alegria, pela presença em minha vida.

Aos meus familiares pelo incentivo e pela torcida.

Aos meus queridos amigos que conquistei durante toda a minha vida, que muitas vezes me ouviram, me apoiaram, me ajudaram e me alegraram.

À todos vocês só tenho como agradecer com meu carinho, minha admiração e meu amor...muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6
ARTIGO 1- Silício: Elemento mineral indutor de resistência em batata inglesa a <i>Myzus persicae</i> (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae).....	11
Abstract.....	13
Resumo.....	14
Introdução.....	15
Material e Métodos.....	17
Resultados e Discussão.....	21
Referências Bibliográficas.....	26
Tabelas.....	31
ARTIGO 2- Efeito do silício e do inseticida imidaclopride na colonização de plantas pelo pulgão <i>Myzus persicae</i> (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa.....	36
Abstract.....	38
Resumo.....	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	42
Resultados e Discussão.....	44
Referências Bibliográficas.....	48
Tabelas.....	51
ARTIGO 3- Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico...53	53
Abstract.....	55
Resumo.....	56
Introdução.....	57
Material e Métodos.....	60
Resultados e Discussão.....	62
Referências Bibliográficas.....	66
Tabelas.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74

RESUMO

GOMES, Flávia Batista. **Influência do silício na indução de resistência a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) e na proteção de plantas de batata inglesa cultivadas em sistema orgânico.** 2007. 74 p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG.¹

O pulgão *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) é considerado praga chave da bataticultura, pois além de danificar diretamente as plantas através da extração contínua de seiva, é vetor de fitovírus. Este trabalho foi realizado para avaliar a influência do silício na indução de resistência a *M. persicae*; avaliar o efeito do silício e do inseticida imidaclopride na colonização da batateira por *M. persicae* e no desenvolvimento vegetativo desta cultura; e avaliar seu efeito na incidência de insetos-praga e na produtividade da cultura da batata inglesa em sistema orgânico. Foram realizados três experimentos, sendo que, no primeiro, foram testados quatro tratamentos: 1- testemunha, 2- adubação com silício via solo, 3- adubação com silício via foliar e 4- adubação com silício via solo + foliar. Verificou-se, neste experimento, que o silício, independentemente da forma de aplicação, não influenciou a preferência dos pulgões, porém diminuiu a taxa de crescimento populacional e a fecundidade das fêmeas, provavelmente devido à ação dos taninos e da lignina presente nas folhas da batateira. No segundo experimento foram testados cinco tratamentos: 1- testemunha, 2- silício, 3- inseticida imidaclopride na dosagem recomendada, 4- silício + imidaclopride na metade da dosagem recomendada e 5- imidaclopride na metade da dosagem recomendada. Pelos resultados deste experimento foi possível concluir que o silício pode diminuir a colonização das plantas pelo pulgão *M. persicae* devido ao seu efeito direto sobre a mortalidade das ninfas e/ou sobre a fecundidade dos pulgões; além disso, a metade da dosagem recomendada de imidaclopride praticamente impediu a colonização da batateira. O terceiro experimento foi realizado a campo, no qual foram testadas duas fontes de silício (ácido silícico e pó de rocha) e duas formas de aplicação (via solo e via foliar). O silício contribuiu significativamente para a redução das injúrias ocasionadas pelos insetos-praga *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), mas não influenciou a produtividade da cultura.

¹ **Comitê orientador:** Jair Campos Moraes - UFLA (Orientador.), Custódio Donizete dos Santos - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

GOMES, Flávia Batista. **Influence of silicon in the induction of resistance to *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) and in the protection of the potato plant cultivated in organic system.** 2007. 74 p. Thesis (Doctor in Entomology) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.¹

The aphid *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) is considered a key pest in the potato culture, hence it harms directly the plants by extraction of sap, is also a vector for phytovirus. This work was carried out to evaluate the influence of silicon in the induction of resistance to *M. persicae*; evaluate the effect of silicon and of insecticide imidacloprid in the colonization of the potato plants by *M. persicae* and in the vegetative development of this crop; e evaluate its effect in incidence of pest insects and in the productivity of potato in organic system. Three experiments were carried out, in the first one four treatments were tested : 1- control, 2- fertilization with silicon applied via soil, 3- fertilization with silicon applied via foliar and 4- fertilization with silicon applied via soil and foliar. It was verified in this experiment that the silicon, whatever was the form of application, did not influence the preference of the aphids, however influenced the aphids biology, probably due to the action of tannins and lignin in the potato leaves. In the second experiment five treatments were tested: 1- control, 2- silicon, 3- imidacloprid insecticide in the recommended dose, 4- silicon + imidacloprid at half the recommended dose and 5- imidaclopride at half the recommended dose. Through the results of this experiment it was possible to conclude that the silicon can reduce the colonization of the plants by the aphid *M. persicae* due to its direct effect above the mortality of the nymphs and/or above the fecundity of the aphids, furthermore, half the recommended dose of imidaclopride practically prevented the colonization of the potato plants. The third experiment was held in the field, in which two sources of silicon (acid silicic and rock powder) and two forms of application were tested (via soil and foliar). The silicon applicated via soil or foliar, contributed for the reduction of the injures caused by the pests insects *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), but did not affect the productivity of the culture.

¹ **Guidance committee:** Jair Campos Moraes - UFLA (advisor), Custódio Donizete dos Santos - UFLA (Co-advisor).

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as espécies hortícolas cultivadas, *Solanum tuberosum* L., a batata inglesa, é a mais importante economicamente para o Brasil e para o mundo. Essa solanácea tem seu centro de origem nos Andes, onde são cultivadas 8 espécies e existem mais de 200 espécies silvestres (Filgueira, 2002).

Na safra de 2006, o Brasil produziu 3,1 milhões de toneladas de batata em 140 mil hectares e o estado de Minas Gerais foi o maior produtor do país (Agrianual, 2007). Poucas são as culturas que desempenham papel tão importante como a bataticultura. Depois do trigo, arroz e milho, ela representa a maior fonte de subsistência da população, proporcionando, além da fécula, 2% de proteínas e 360 calorias em cada 100 gramas (Informativo ..., 1998). Além disso, apresenta grande importância social pela intensiva utilização de mão-de-obra, o que contribui significativamente para o mercado de trabalho (Mesquita et al., 1999).

Para garantir altas produtividades do batatal, a sanidade da lavoura é muito importante, principalmente no Brasil, um dos poucos países onde se planta batata o ano todo. Isso predispõe a cultura a altas densidades populacionais de insetos-praga e à incidência de doenças (Daniels & Pereira, 2004; Gadum et al., 2003).

No cultivo convencional de batata inglesa a sanidade é mantida com o uso intensivo de produtos fitossanitários, sendo também utilizada grande quantidade de agroquímicos, que representam a maior parte dos gastos com insumos nesta cultura, podendo ultrapassar 46% do custo de produção (Agrianual, 2007). Inúmeros problemas ambientais são atribuídos à utilização de agrotóxicos, dentre eles a contaminação do solo e da água, a presença de resíduos nos alimentos e prejuízos à saúde dos trabalhadores rurais (Darolt, 2007). No controle de insetos-praga o uso maciço de inseticidas também tem

conseqüências como a ressurgência e o aparecimento de novas pragas, surtos de pragas secundárias, efeito deletério em insetos polinizadores e inimigos naturais, além da seleção de indivíduos resistentes aos inseticidas (Gallo et al., 2002). Assim, a agricultura orgânica apresenta-se como um sistema de cultivo que valoriza os processos naturais e biológicos, preservando os recursos naturais e garantindo a produção de alimentos mais saudáveis e nutritivos (Darolt, 2001; Souza & Resende, 2003).

Atualmente, o Brasil ocupa a segunda posição mundial em termos de área manejada organicamente (6,5 milhões de hectares), sendo 900 mil hectares destinados à agropecuária orgânica e o restante, ao extrativismo sustentável. Em 2006, 75% da produção orgânica brasileira foi exportada, gerando em torno de US\$ 1 bilhão (Instituto..., 2007).

O cultivo da batata inglesa no sistema orgânico enfrenta o mesmo entrave do cultivo convencional, isto é, a garantia da sanidade. Em termos financeiros, apresenta viabilidade econômica e relação benefício/custo superior ao sistema convencional (Darolt et al., 2003).

Dentre as pragas causadoras de danos à cultura de batata inglesa, *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) é uma importante espécie de pulgão, polífaga e cosmopolita, relacionado a cerca de 500 espécies de plantas hospedeiras, pertencentes a 50 famílias (Blackman & Eastop, 2000). Apresenta preferência alimentar pelas folhas maduras, alimentando-se na epiderme abaxial das mesmas. É uma espécie que nos trópicos apresenta-se como anolocíclica e possui reprodução partenogenética telítoca (Gallo et al., 2002). Além de debilitar as plantas devido à grande quantidade de seiva extraída, que diminui o crescimento vegetativo e o tamanho dos tubérculos (Petitt & Smilowitz, 1982), *M. persicae* é um importante inseto vetor de fitovírus. Dentre os vírus transmitidos às plantas de batata, os mais importantes são PLRV (*Potato Leafroll Virus*) e PVY (*Potato Virus Y*) (Souza-Dias, 1995).

A espécie *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), chamada vulgarmente de “vaquinha”, é considerada praga-chave ou praga secundária em várias culturas, principalmente leguminosas, cucurbitáceas e solanáceas (Gassen, 1989). Os adultos se alimentam das folhas, causando danos nas fases de brotação e emergência das hastes. Segundo Cranshaw & Radcliffe (1980), quando os adultos promovem uma desfolha em torno de 79% no início do ciclo da cultura da batata, as perdas na produção são significativas. Já as larvas, conhecidas como “larva-alfinete”, atacam as raízes e perfuram os tubérculos, depreciando-os para a comercialização (Gassen, 1989).

Inúmeras espécies vegetais cultivadas, e mesmo algumas plantas daninhas, apresentam suas folhas minadas por larvas de diversas espécies de diminutas moscas pertencentes ao gênero *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) (Nakano, 1993). Os prejuízos são causados por suas larvas, que minam as folhas das plantas à medida que se alimentam, diminuindo a área fotossintética e, conseqüentemente, diminuindo o peso e o tamanho dos tubérculos (Souza et al., 1998). Dentre suas plantas hospedeiras estão a batateira, o feijoeiro e algumas plantas daninhas, como a solanácea *Solanum americanum* Mill, conhecida vulgarmente como “maria-pretinha” (Pereira, 1999).

O controle químico de insetos-praga em batata inglesa é muito utilizado. Entretanto, além dos problemas ecotoxicológicos proporcionados pela sua utilização, a aplicação de inseticidas onera o custo de produção, visto que 13% do custo de produção de batata inglesa estão relacionados com este produto fitossanitário (Agriannual, 2007).

O imidaclopride é um inseticida registrado em mais de 70 países para aplicação foliar, no solo e para tratamento de sementes (Leicht, 1993). Pertence ao grupo dos neonicotinóides, atuando como agonista da acetilcolina na transmissão de impulsos nervosos, portanto um inseticida neurotóxico (Gallo et al., 2002). É particularmente efetivo no controle de pragas hemípteras como os

pulgões e, quando aplicado no plantio, apresenta atividade sistêmica em numerosas culturas (Gilles et al., 1997). Seu efeito tóxico direto e seu efeito como deterrente alimentar, quando utilizado em baixa dosagem, têm mostrado limitar a transmissão de vários fitovírus circulativos, incluindo o PLRV (Mowry, 2005).

A resistência de plantas a insetos é uma importante prática de manejo de pragas que se deve a fatores intrínsecos e genéticos das plantas, que são determinados por genes constitutivos ou induzíveis. A resistência induzida é o resultado da ativação de diferentes vias de defesa da planta que podem provocar mudanças tanto na qualidade como na quantidade de compostos do metabolismo secundário e de proteínas de defesa, acúmulo de espécies reativas de oxigênio, como também modificações na qualidade do alimento e reforço das barreiras estruturais da planta. Esses diferentes tipos de respostas podem ocorrer separadamente ou em combinações distintas, dependendo do agente indutor e da planta em questão. Muitos estudos de resistência de plantas a insetos monitoram a concentração de compostos de defesa das plantas ou a atividade de enzimas que participam de sua síntese (Vendramim & França, 2006). No processo de ativação das defesas das plantas pode ocorrer o aumento da atividade da peroxidase e da fenilalanina amônia-liase e também o aumento da concentração de compostos fenólicos como taninos e lignina (Bialczyk et al., 1999; Bowles, 1990; Ride, 1978).

Para que haja o desencadeamento do processo de indução de resistência é necessário que haja um indutor ou elicitor, que pode ser de natureza biótica ou abiótica (Dixon et al., 1994). Estudos têm apontado o silício como indutor de resistência a insetos (Correa et al., 2005; Gomes et al., 2005) e a patógenos (Ghanmi et al., 2004; Liang et al., 2005). Entretanto, a proteção que este elemento confere às plantas também pode ser devida ao seu acúmulo e polimerização na parede celular, que aumenta a rigidez dos tecidos e atua como

uma barreira mecânica à penetração e à alimentação dos insetos (Goussain et al., 2002; Yoshida et al., 1962).

O silício encontra-se na solução do solo, principalmente, como ácido silícico (H_4SiO_4) e, assim, é absorvido pelas raízes das plantas de forma passiva, acompanhando a absorção de água, ou de forma ativa (Ma et al., 2001). Depois de absorvido, a maior parte do silício é depositada na parede celular primariamente das células da epiderme (Jarvis, 1987). Com base na quantidade de silício acumulado nos tecidos vegetais, as plantas podem ser classificadas em acumuladoras, intermediárias e não acumuladoras, sendo a batata inglesa uma espécie não acumuladora (Ma et al., 2001). Segundo esses autores, as diferenças de absorção são devidas às características das raízes das plantas. Apesar de ser o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, os solos tropicais muitas vezes apresentam baixa capacidade de fornecimento de silício às plantas, pois são extremamente intemperizados, ácidos, cultivados sucessivamente e com alto potencial de lixiviação (Brady, 1992).

Entretanto, para utilização de indutores de resistência como um efetivo instrumento de manejo de pragas e doenças, devem ser avaliados os efeitos sobre o desempenho das plantas e, principalmente, sobre a produtividade agrícola (Piero et al., 2006).

Dessa forma, com este trabalho objetivou-se avaliar a influência do silício na indução de resistência a *M. persicae*; avaliar o efeito do silício e do inseticida imidaclopride na colonização da batateira por *M. persicae* e no desenvolvimento vegetativo desta cultura; e avaliar seu efeito na incidência de insetos-praga e na produtividade da cultura da batata inglesa em sistema orgânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2007 - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2007. 516 p.

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. The protective action of tannins against glasshouse whitefly in tomato seedlings. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 133, n. 2, p. 197-201, 1999.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2000. 482 p.

BOITEAU, G.; OSBORN, W. P. L.; DREW, M. E. Residual activity of imidacloprid controlling Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and three species of potato colonizing aphids (Homoptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 90, N. 2, p. 309-319, Apr. 1997.

BOWLES, D. J. Defense-related proteins in higher plants. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 59, p. 873-907, 1990.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soil**. New York: Macmillan, 1992. p. 79-200.

CRANSHAEW, W. S.; RADCLIFFE, E. B. Effect of defoliation on yield of potatoes. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 73, n. 1, p. 131-134, Feb. 1980.

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 whietfly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 429-433, May/June 2005.

DANIELS, J.; PEREIRA, A. S. Resistência de genótipos de batata ao vírus do enrolamento da folha da batata (PLRV) e ao vírus Y (PVY). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 521-524, 2004.

DAROLT, M. R. **A qualidade nutricional do alimento orgânico é superior ao convencional?** 2001. Disponível em:
<<http://www.planetaorganico.com.br/trabdarnut1.htm>> Acesso em: 25 jan. 2007.

DAROLT, M. R. **As principais correntes do movimento orgânico e suas particularidades.** 2007. Disponível em:
<<http://www.planetaorganico.com.br/trabdurolt.htm>> Acesso em: 25 jan. 2007.

DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. **Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum.** 2003. Disponível em:
<<http://www.planetaorganico.com.br/Daroltbatata.htm>> Acesso em: 25 jan. 2007.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2002. 402 p.

GADUM, J.; PINTO, C. A. B. P.; RIOS, M. C. D. Desempenho agrônômico e reação de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.) ao PVY. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1484-1492, 2003. Edição especial.

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

GASSEN, D. N. **Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil.** Passo Fundo: EMBRAPA CNTP/OCEPAR, 1989. 72 p. (EMBRAPA CNTP/OCEPAR. Série Documento, 13).

GHANMI, D.; McNALLY, D. J.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: a pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 64, n. 4, p. 189-199, Apr. 2004.

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

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

INSTITUTO BIODINÂMICO. **A agricultura orgânica no Brasil**. Disponível em: <http://www.ibd.com.br/artigos/agricultura_organica_Brasil.html> Acesso em: 25 jan. 2007.

INFORMATIVO ABAMIG. Pouso Alegre: Associação de Bataticultores do Estado de Minas Gerais, v. 1, n. 5, jun./jul. 1998.

JARVIS, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant soil**, Dordrecht, v. 97, n. 2/3, p. 429-437, 1987.

LEICHT, W. Imidacloprid - a chloronicotynyl insecticide. **Pesticide Outlook**, London, v. 4, p. 17-24, 1993.

LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; SI, J.; RÖMHELD, V. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, n. 5, p. 678-685, Oct. 2005.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.) **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

MESQUITA, H. A.; PAULA, M. B.; ALVARENGA, M. I. N.; REGINA, S. M. A cultura da batata e a preservação ambiental. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 21-23, 1999.

MOWRY, T. M. Insecticidal reduction of Potato leafroll virus transmission by *Myzus persicae*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 146, n. 1, p. 81-88, 2005.

NAKANO, O. Mosca-minadora: o caminho de prevenção. **Sinal Verde**, São Paulo, v. 6, n. 12, p. 8-9, 1993.

PEREIRA, D. I. P. **Controle químico e biológico da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera:Agromyzidae) na cultura da batata *Solanum tuberosum* L. na região Sul de Minas Gerais**. 1999. 85 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PETTIT, F. L.; SMILOWITZ, Z. Green peach aphid feeding damage to potato in various plant growth stages. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 75, n. 3, p. 431-435, June 1982.

PIERO, R. M.; KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F. Indução de resistência e a produtividade das culturas. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 263 p. 2006.

RIDE, J. P. The role of cell wall interactions in resistance to fungi. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 89, p. 302-306, Mar. 1978. Supplement.

SOUZA, J. C. de; SALGADO, L. O.; RIGITANO, R. L. de; REIS, P. R. Danos causados pela mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera:Agromyzidae) na cultura da batata *Solanum tuberosum* L., no plantio de inverno no Sul de Minas Gerais, e eficiência do aldicarb no seu controle. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 22-29, jan./mar. 1998.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.

SOUZA-DIAS, J. A. C. Viroses da batata e suas implicações na produção de batata-semente no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, São Paulo, v. 21, n. 3/4, p. 264-266, jul./dez. 1995.

VENDRAMIM, J. D.; FRANÇA, S. C. Indução de resistência a insetos. In: CAVALCANTI, L. S.; PIERO, R. M.; CIA, P. CAVALCANTI, L. S. et al. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2006. 263 p.

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

Artigo 1

Silício: Elemento Mineral Indutor de Resistência em Batata Inglesa a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)

(Preparado de acordo com as normas da revista “Neotropical Entomology”,
exceto as citações e referências bibliográficas)

FLÁVIA BATISTA GOMES¹
JAIR CAMPOS MORAES¹
CUSTÓDIO DONIZETE DOS SANTOS²
CRISTIANA SILVEIRA ANTUNES¹

¹ Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, C. postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil.

² Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras, C. postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil.

Silício: Elemento Mineral Indutor de Resistência em Batata Inglesa a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)

ABSTRACT- The aphid *Myzus persicae* (Sulzer) is an important pest of potato culture, harming directly due to the quantity of sap extracted and for being vector of the PVY and PLVR, important phytovirus. Therefore, this work was carried out to verify the action of the silicon as a resistance inducer of potato a *M. persicae*. It was used a completely randomized design, with 8 replications and 4 treatments (1- control; 2- fertilization via soil with 250mL silicic acid solution at 1%; 3- foliar fertilization with silicon acid at 1%; and 4- foliar fertilization with silicon acid at 1% and soil fertilization with 250mL silicic acid solution at 1%). All the treatments were applied 30 days after the explants emergence. After 15 days application of the treatments it was evaluated feeding preference and biological aspects of the aphids, quantification of the content of tannins and lignin present in the leaves, determination of the peroxidase in the leaves, and determination of the activity of the enzymes peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase. The results demonstrated that silicon fertilization did not affect the preference of the aphids; however it reduced the fecundity and the rate of population growth of the insects. The lignin percentage increased in the leaves of plants fertilized with silicon via soil and/or foliar and the percentage of tannins increased only in the leaves fertilized via soil and foliar. Therefore, silicon acted as a resistance inducer a *M. persicae* in potato.

KEY WORDS: silicic acid, aphids, induced resistance, IPM.

RESUMO- O pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) é importante praga da cultura da batata inglesa, causando danos diretos pela quantidade de seiva extraída e por ser vetor de PVY e PLVR, importantes fitovírus. Assim, este trabalho foi realizado para verificar a atuação do silício como indutor de resistência em batata inglesa a *M. persicae*. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições e 4 tratamentos (1- testemunha; 2- adubação via solo com 250mL de solução de ácido silícico a 1%; 3- adubação foliar com solução de ácido silícico a 1%; e 4- adubação foliar com solução de ácido silício a 1% e adubação via solo com 250mL de solução de ácido silícico a 1%). Todos os tratamentos foram aplicados 30 dias após a emergência das brotações. Após 15 dias da aplicação dos tratamentos avaliaram-se preferência, em teste com chance de escolha, e aspectos biológicos do pulgão; quantificação do teor de taninos e lignina presentes nas folhas; e determinação das atividades das enzimas peroxidase e fenilalanina amônia-liase. Os resultados demonstraram que a adubação silicatada não afetou a preferência dos pulgões, porém diminuiu a fecundidade e a taxa de crescimento populacional dos insetos. A porcentagem de lignina aumentou nas folhas das plantas adubadas com silício via solo e/ou foliar e a porcentagem de taninos aumentou apenas nas folhas das plantas adubadas via solo e foliar. Portanto, o silício atuou como indutor de resistência a *M. persicae* em batata inglesa.

PALAVRAS-CHAVE: ácido silícico, afídeos, resistência induzida, MIP.

A batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) é a hortaliça de maior importância econômica para o Brasil, sendo que Minas Gerais contribui com 32% da produção nacional, cerca de 3,1 milhões de toneladas colhidas em 140 mil hectares em 2006 (Agrianual, 2007). No Brasil, planta-se batata inglesa o ano todo, o que predispõe a cultura a grandes populações de insetos-praga (Gadum et al., 2003).

A espécie *Myzus persicae* (Sulzer), um afídeo cosmopolita e polífago (Blackman & Eastop, 2000), é considerada a mais importante para a cultura da batata inglesa (Radcliffe, 1982). Os danos causados pela alimentação desse pulgão são altamente dependentes da fenologia da planta. Em altas densidades causam murchamento das plantas, redução do crescimento vegetativo e redução da biomassa e do tamanho dos tubérculos (Petitt & Smilowitz, 1982). Além disso, *M. persicae* é um importante vetor de vírus de grande impacto econômico, como o PLRV (*Potato Leafroll Virus*) e o PVY (*Potato Virus Y*) (Souza-Dias, 1995).

O silício, absorvido do solo na forma de ácido silícico, é depositado na parede celular com efeitos benéficos para as plantas. É capaz de aumentar o teor de clorofila das folhas, o metabolismo das plantas, a tolerância das plantas aos estresses ambientais como frio, calor, seca, desbalanço nutricional e toxicidade a metais, além de reforçar a parede celular e aumentar a resistência contra patógenos e insetos (Epstein, 2001).

O mecanismo pelo qual o silício exerce seu efeito protetor ao ataque de patógenos e insetos é ainda controverso (Ghanmi et al., 2004; Goussain et al., 2005). A proteção conferida às plantas pelo silício pode ser devida ao seu acúmulo e polimerização nas células, formando uma barreira mecânica que dificulta o ataque de insetos-praga e patógenos (Yoshida et al., 1962). A função do silício como reforço da resistência mecânica foi questionada por Samuels et al. (1991) e Menzies et al. (1991). Segundo Chérif et al. (1992), o silício está

relacionado com reações específicas de defesa das plantas. Gomes et al. (2005) sugeriram que o silício atua como elicitador do mecanismo de resistência induzida em plantas de trigo.

As plantas podem apresentar mudanças fisiológicas e morfológicas em resposta a herbivoria ou outro tipo de estresse, sendo conhecidas como respostas induzidas. Quando estas respostas reduzem a sobrevivência do herbívoro, sua reprodução ou preferência pela planta hospedeira, ocorre a resistência induzida (Karban & Myers, 1989). O uso de elicitores capazes de reduzir a herbivoria por insetos tem potencial no controle de pragas como tática coadjuvante no manejo integrado de pragas, podendo diminuir o uso de inseticidas que, hoje, representa 13% do custo de produção da batata inglesa (Agrianual, 2007).

Dessa forma, o objetivo neste trabalho foi verificar se o silício atua como elicitador da resistência induzida ao pulgão *M. persicae* em plantas de batata inglesa.

Material e Métodos

Os bioensaios foram realizados nos laboratórios dos Departamentos de Entomologia e de Química da Universidade Federal de Lavras - UFLA, no período de dezembro de 2005 a abril de 2006.

Cultivo da batata inglesa e criação dos pulgões. Uma batata-semente cultivar Vivaldi foi plantada em vaso contendo 5Kg de substrato (latossolo vermelho-escuro) adubado conforme análise de solo (Malavolta, 1980). As plantas foram cultivadas em câmara climatizada com temperatura regulada em $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante o dia e 20°C durante a noite, fotofase de 10 horas e umidade relativa de $60\pm 10\%$. Os pulgões *M. persicae* foram criados em plantas de pimentão.

Tratamentos. Quatro tratamentos foram testados: 1- testemunha; 2- adubação via solo com 250mL de solução de ácido silícico a 1%, ao redor das hastes das plantas; 3- adubação foliar com solução de ácido silícico a 1% até o escorrimento da calda; e 4- adubação foliar com solução de ácido silício a 1% até o escorrimento da calda e adubação via solo com 250mL de solução de ácido silício a 1%, ao redor das hastes das plantas. Todos os tratamentos foram aplicados 30 dias após a emergência das hastes.

Teste de preferência com chance de escolha. Foi realizado 15 dias após a aplicação dos tratamentos, em sala climatizada com temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. Um folíolo de cada tratamento foi retirado das plantas e colocado em placa de Petri de 20cm de diâmetro. Os folíolos foram colocados equidistantes entre si, sobre ágar a 2% e, a seguir, 20 pulgões adultos foram liberados no centro da placa. Após a liberação dos insetos, as placas foram fechadas com filme plástico perfurado com alfinetes e viradas para baixo. Foi feita a contagem do número de adultos e ninfas presentes em cada folíolo 24, 48

e 72 horas após a liberação dos afídeos, sendo que as ninfas foram retiradas após a contagem.

Desenvolvimento dos pulgões. Este bioensaio foi iniciado com ninfas de 24 horas de vida, individualizadas em placas de Petri de 7cm de diâmetro. Em cada placa foi colocado um folíolo, das plantas correspondentes aos tratamentos, sobre ágar a 2% e uma ninfa. As placas foram fechadas com filme plástico perfurado com alfinetes e viradas para baixo. As placas foram mantidas em câmara climatizada com temperatura regulada a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. O desenvolvimento dos pulgões foi acompanhado diariamente até a morte dos insetos. Cada repetição foi representada por duas placas. Foram determinadas a taxa de crescimento populacional (r_m) (Wyatt & White, 1977), a duração do período pré-reprodutivo, a duração do período reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total (número de ninfas por fêmea) e a fecundidade diária (número de ninfas por fêmea por dia).

Determinação dos teores de taninos e de lignina. A determinação dos teores de taninos e de lignina presentes nas folhas da batateira foi realizada pelo Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Na quantificação de taninos, o extrato foi obtido segundo Deshpande et al. (1986) e a determinação foi realizada pelo método colorimétrico de Folin-Denis, conforme AOAC (1990). A determinação do teor de lignina foi realizada pelo método de van Soest (1967).

Atividade enzimática. Para determinação da atividade da peroxidase foi utilizada a metodologia proposta por Silva (2002), com modificações. Para obtenção do extrato enzimático, em 0,2g de folhas maceradas em nitrogênio líquido foram adicionados 10mL de tampão fosfato-potássio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, pH 6,1.

Após uma hora a 4°C em agitação orbital, a solução foi centrifugada a 13000g, por 15 minutos, a 4°C. Os sobrenadantes foram utilizados como extrato. Foram utilizados, para a reação, 2,6mL de tampão fosfato-potássio 0,05 mol.L⁻¹ pH 6,1; 0,1mL de peróxido de hidrogênio 2% (v/v); 0,3mL de guaiacol 1% (v/v) e 0,1mL do extrato enzimático. As leituras foram feitas a cada segundo, durante 2 minutos, em espectrofotômetro calibrado para o comprimento de onda de 470 nm. Uma unidade de atividade foi definida como o incremento de 0,1 unidade de absorbância por minuto nas condições do ensaio.

Para a quantificação da atividade da fenilalanina amônia-liase foi utilizada a metodologia proposta por Data & Quevedo (1984) com modificações. O extrato enzimático foi preparado utilizando 1g de folhas maceradas em nitrogênio líquido, 5mL de tampão tris-HCL 0,1 mol.L⁻¹, pH 8,8, e 0,1g de polivinilpirrolidona insolúvel. O tampão continha 10⁻³ mol.L⁻¹ de EDTA e 10⁻² mol.L⁻¹ de β-mercaptoetanol. Após uma hora a 4°C em agitações periódicas, a solução foi centrifugada a 1500g durante 5 minutos a 4°C. Os sobrenadantes foram usados como extrato. Foram utilizados, para a reação, 0,2mL tampão tris-HCl 0,5 mol.L⁻¹, pH 8,8; 1,4mL de água destilada; 0,2mL de L-fenilalanina 0,1 mol.L⁻¹ e 0,2mL do extrato enzimático. Os tubos com a mistura de reação foram incubados em banho-maria a 37°C, por cinco períodos de tempo (0, 30, 60, 90, 120 minutos), utilizando-se 0,5mL de ácido perclórico 2 mol.L⁻¹ para interromper a reação. As leituras foram feitas em espectrofotômetro calibrado para o comprimento de onda de 280 nm. Uma unidade de atividade foi definida como 1μmol de ácido trans-cinâmico formado por minuto nas condições do ensaio.

Estatística. Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos e 8 repetições; porém, no teste de preferência com chance de escolha foi utilizado o delineamento em blocos casualizados e os dados obtidos foram transformados para $\sqrt{X+0,5}$. Cada parcela foi composta por 2 vasos, sendo um vaso utilizado para as análises bioquímicas e o teste de preferência com chance de escolha e o outro, para avaliar o desenvolvimento dos pulgões. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Teste de preferência com chance de escolha. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos em relação ao número de ninfas (Tabela 1) e ao número de adultos (Tabela 2) presentes nos folíolos de batata inglesa. Costa & Moraes (2006), testando tratamentos semelhantes, verificaram que a adubação silicatada também não afetou a preferência do pulgão-verde *Schizaphis graminum* em trigo (*Triticum aestivum* L.). Contudo, Moraes et al. (2005) observaram que plantas de milho (*Zea mays* L.) adubadas com silicato de sódio não foram preferidas pelo pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* em relação às plantas que não foram adubadas com silício. De maneira semelhante, em trigo, Basagli et al. (2003) observaram que o número de ninfas do pulgão-verde *S. graminum* presentes na testemunha foi duas vezes maior que em plantas de trigo adubadas com silício.

Desenvolvimento dos pulgões. Dentre os parâmetros biológicos avaliados, a duração do período pré-reprodutivo, a duração do período reprodutivo e a longevidade não foram influenciados pela adubação silicatada (Tabela 3). Contudo, em plantas da testemunha a taxa de crescimento populacional (r_m) foi cerca de 40% maior que nas plantas adubadas com silício via foliar e/ou via solo. A adubação silicatada também afetou a fecundidade dos pulgões, visto que, nas plantas que receberam aplicação de silício, houve uma redução em torno de 50% na fecundidade (Tabela 3). Também Costa & Moraes (2006) observaram que a duração dos períodos pré-reprodutivo e reprodutivo de *S. graminum* não foi afetada pela adubação silicatada via solo e/ou foliar em trigo. Entretanto, a aplicação de silício, em trigo, tem contribuído para a redução do número de ninfas de *S. graminum* em até 80%, a taxa de crescimento populacional (r_m) em torno de 25% e a longevidade dos pulgões (Costa & Moraes, 2006; Gomes et al., 2005).

Teores de taninos e de lignina. Na combinação da adubação silicatada via foliar e via solo, as plantas apresentaram a maior porcentagem de taninos (1,91%) do que os demais tratamentos, sendo 1,71% na testemunha, 1,58% quando as plantas foram adubadas com silício via foliar e 1,55% com silício via solo (Tabela 4). Contudo, em soja, a aplicação de silício via solo causou redução na porcentagem de taninos presentes nas folhas (Ferreira, 2006).

Já o teor de lignina foi maior nas plantas que foram adubadas com silício, sendo de 6,34% nas plantas com adubação silicatada via foliar, 6,33% nas plantas com adubação silicatada via solo, 6,45% nas plantas com adubação via solo e foliar e apenas 4,81% nas plantas não adubadas (Tabela 4). Aumentos do teor de lignina nos tecidos foliares de plantas de café (*Coffea arabica* L.), adubadas com silicato de sódio ou de cálcio, também foram observados por Santos (2002). Contudo, Ferreira (2006) não observou aumento no teor de lignina em plantas de soja (*Glycine max* L.) adubadas com silício.

Atividade enzimática. A atividade da peroxidase (POX) foi aumentada pela utilização do silício via solo e/ou via foliar em relação à testemunha. As plantas que foram adubadas via solo e pulverizadas com a solução de ácido silícico apresentaram a maior atividade da peroxidase (107,50 u.g de peso fresco⁻¹) e as plantas que não foram adubadas com silício apresentaram a menor atividade (68,12 u.g de peso fresco⁻¹) (Tabela 5). As plantas que foram adubadas com solução de ácido silícico via solo ou via foliar apresentaram atividade intermediária, respectivamente de 80,62 e 82,50 u.g de peso fresco⁻¹ (Tabela 5). Gomes et al. (2005) também observaram o aumento da atividade da POX devido à adubação silicatada em folhas de trigo. A peroxidase participa de vários processos fisiológicos de grande importância, como a lignificação. Nesse processo, fenóis sofrem oxidação pela ação do peróxido de hidrogênio catalizada

pela peroxidase. Depois de oxidados, os fenóis sofrem polimerização para formação de lignina (Strack, 1997).

Em relação à fenilalanina amônia-liase (FAL), a adubação silicatada não afetou sua atividade (Tabela 5). Estes resultados confirmam os encontrados por Gomes et al. (2005), nos quais o silício não aumentou a atividade da FAL em folhas de trigo. A fenilalanina amônia-liase catalisa a deaminação do aminoácido fenilalanina para formação dos fenilpropanóides, moléculas precursoras dos compostos fenólicos (Strack, 1997), portanto é a enzima-chave na síntese de fenóis (Chaman et al., 2003). Os compostos fenólicos são compostos químicos originados do metabolismo secundário das plantas e de grande importância ecológica, visto que atuam na proteção das plantas contra herbívoros e contra patógenos (Strack, 1997). O aumento da atividade da FAL é freqüentemente associado ao aumento da concentração de fenilpropanóides. Na rota metabólica responsável pela síntese dos fenilpropanóides, os hidroxicinamatos oriundos da ação da FAL sobre o aminoácido fenilalanina alimentam várias vias metabólicas, que geram diferentes compostos como lignina, flavonóides, fitoalexinas e taninos. Assim, pode ocorrer o aumento da concentração de determinado composto fenólico e a atividade da FAL se manter inalterada (Kofalvi & Nassuth, 1995). Porém, Kamida et al. (2000) verificaram que a indução de resistência em sorgo, que leva ao aumento de fitoalexinas, não aumentou a atividade da FAL.

A qualidade da planta hospedeira (componentes como carbono, nitrogênio e metabólitos secundários) pode afetar diretamente a fecundidade de insetos herbívoros em escala individual e populacional (Awmack & Leather, 2002). Os metabólitos secundários produzidos pelas plantas podem ser tóxicos ou deterrentes aos herbívoros, causando limitação nutricional (Bialczyk et al., 1999). Segundo Swain (1977), o grupo mais importante de compostos secundários defensivos são os taninos, devido à sua habilidade de formar

complexos com as proteínas e, assim, atuar como deterrente alimentar. A síntese e o acúmulo de taninos nos tecidos foliares são muito importantes na indução de resistência das plantas aos insetos herbívoros, sendo a síntese regulada por fatores ambientais como composição mineral (Bialczyk et al., 1998). Grayer et al. (1992) atribuíram a diminuição da fecundidade do pulgão *Aphis craccivora* em amendoim (*Arachis hypogaeae* L.) à presença de taninos nas folhas e Bialczyk et al. (1999) verificaram uma correlação negativa entre a densidade populacional da mosca-branca *Trialeurodes vaporariorum* com o conteúdo de taninos presente em plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.).

Porém, pelos resultados obtidos nesta pesquisa pode-se observar que a lignina foi mais efetiva que os taninos, visto que o teor de taninos só aumentou nas plantas adubadas com silício via solo e foliar, provavelmente pela maior quantidade de silício fornecida para estas plantas. Já o teor de lignina aumentou nas plantas adubadas com silício independentemente da forma de aplicação, provavelmente contribuindo para a redução da taxa de crescimento populacional e da fecundidade dos pulgões. A lignina é um polímero complexo depositado na parede celular e responsável pelo enrijecimento da parede e pelo aumento da resistência ao ataque de agentes externos (Strack, 1997). A lignificação das células estabelece uma barreira mecânica à penetração, tornando a parede celular mais resistente ao ataque de enzimas hidrolíticas e aumentando sua resistência à difusão de toxinas (Ride, 1978).

Os mecanismos de resistência de plantas a insetos podem ocorrer por antixenose, que afeta o reconhecimento ou a preferência pela planta, e por antibiose, que reduz a performance do herbívoro (Painter, 1958). Estes dois mecanismos de resistência são frequentemente independentes e atuam de forma diferenciada na planta e no inseto (Thompson, 1988; Tiffin, 2000). Considerando que o silício não afetou a preferência dos pulgões pela planta hospedeira, os resultados sugerem que o mecanismo de resistência relacionado

com a adubação silicatada em plantas de batata inglesa a *M. persicae* provavelmente é a antibiose, visto que o silício diminuiu a fecundidade dos afídeos.

Portanto, pelos resultados encontrados pode-se sugerir que o silício atua como elicitor da resistência induzida a *M. persicae* em batata inglesa, apesar de essas plantas serem classificadas como não acumuladoras desse mineral (Ma et al., 2001).

Embora o uso agrícola de elicitores de resistência como o silício, que seja capaz de reduzir o ataque de insetos-praga, deva estar sujeito a uma criteriosa e cuidadosa análise custo/benefício, a redução no número de aplicações de produtos fitossanitários na cultura certamente proporcionaria redução de custos de produção e benefícios ambientais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsas e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2007 - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2007. 516 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, 1990.

AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 817-844, 2002.

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

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. Modification of tannin concentration by abiotic factors in *Lycopersicon esculentum* Mill. Seedlings. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart, v. 105, n. 3, p. 264-273, May 1998.

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. The protective action of tannins against glasshouse whitefly in tomato seedlings. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 133, n. 2, p. 197-201, Sept. 1999.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2000. 482 p.

CHAMAN, M. E.; COPAJA, S. V.; ARGANDONÁ, V. H. Relationships between salicylic acid content, phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity, and resistance of barley to aphid infestation. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 8, p. 2227-2231, Apr. 2003.

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

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 834-839, Nov./Dec. 2006.

DATA, E. S.; QUEVEDO, M. A. Pruning techniques affecting the root quality of cassava at harvest and subsequent storage. **Tropical root crops: postharvest physiology and processing**. 1984. p. 127-143.

DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SALUNKE, D. K. **Tannin analysis of food products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 24, n. 4, p. 401-449, 1986.

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

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

GADUM, J.; PINTO, C. A. B. P.; RIOS, M. C. D. Desempenho agrônômico e reação de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.) ao PVY. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1484-1492, 2003. Edição especial.

GHANMI, D.; McNALLY, D. J.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: a pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 64, n. 4, p. 189-199, Apr. 2004.

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

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

GRAYER, R. J.; KIMMINS, F. M.; PADGHAM, D. E.; HARBORNE, J. B.; RAO, D. V. R. Condensed tannin levels and resistance of groundnuts (*Arachis hypogaea*) against *Aphis craccivora*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 31, n. 11, p. 3795-3800, Nov. 1992.

KAMIDA, H. M.; PASCHOLATI, S. F.; BELLATO, C. M. Influência de *Saccharomyces cerevisiae* na expressão gênica da fenilalanina amônia-liase em tecido de sorgo protegido contra *Colletotrichum sublineolum*. **Summa Phytopathologica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 74-77, jan./mar. 2000.

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

KOFALVI, S. A.; NASSUTH, A. Influence of wheat streak mosaic virus infection on phenylpropanoid metabolism and the accumulation of phenolics and lignin in wheat. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 47, n. 6, p. 365-377, Dec. 1995.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed) **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001, 403 p.

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

MENZIES, J. G.; EHRET, D. M.; GLASS, A. D. M.; HELMER, T.; KOCH, S.; SEYWERD, F. The effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* (Shlect. Fr.) Poll. on *Cucumis sativus* L. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, n. 1, p. 84-88, Jan. 1991.

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.

PAINTER, R. H. Resistance of plants to insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 3, p. 367-390, 1958.

PETITT, F. L.; SMILOWITZ, Z. Green peach aphid feeding damage to potato in various plant growth stages. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 75, n. 3, p. 431-435, June, 1982.

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

RIDE, J. P. The role of cell wall interactions in resistance to fungi. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 89, p. 302-306, Mar. 1978. Supplement.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). **Canadian Journal of Botany**, Montreal, v. 69, n. 1, p. 140-146, Jan. 1991.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Acluster analysis method for gruping means in the analysis of varianicis. **Biometrics**, Washigton, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

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

SOUZA-DIAS, J. A. C. Viroses da batata e suas implicações na produção de batata-semente no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 21, n. 3/4, p. 264-266, jul./dez. 1995.

STRACK, D. Phenolic metabolism. In: DEY, P. M.; HARBORNE, J. B. (Ed.). **Plant biochemistry**. London: Academic Press, 1997. p. 387-416.

SWAIN, T. The effect of plant secondary products on insect plant co-evolution. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 479-501, 1977.

TIFFIN, P. Are tolerance, avoidance, and antibiosis evolutionarily and ecologically equivalent responses of plants to herbivores? **American Naturalist**, Chicago, v. 155, n. 1, p. 128-138, Jan. 2000.

THOMPSON, J. N. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. **Entomology Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 3-24, Apr. 1988.

VAN SOEST, P. J. 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.

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

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

TABELA 1. Número de ninfas (média \pm erro padrão) de pulgões *M. persicae* nos folíolos de plantas de batata inglesa tratadas com silício (Si) após 24, 48 e 72 horas da liberação.

Tratamentos	Número de ninfas por folíolo		
	Tempo (horas)		
	24	48	72
Testemunha	2,06 \pm 0,09	2,06 \pm 0,21	2,02 \pm 0,42
Adubação foliar com Si	2,20 \pm 0,17	2,13 \pm 0,36	2,20 \pm 0,27
Adubação via solo com Si	2,13 \pm 0,21	2,05 \pm 0,28	2,06 \pm 0,33
Adubação foliar + solo com Si	1,95 \pm 0,18	1,97 \pm 0,36	1,91 \pm 0,51

Médias não significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

TABELA 2. Número de adultos (média \pm erro padrão) de pulgões *M. persicae* em folíolos de plantas de batata inglesa tratadas com silício (Si) após 24, 48 e 72 horas da liberação.

Tratamentos	Número de adultos por folíolo		
	Tempo (horas)		
	24	48	72
Testemunha	4,12 \pm 0,37	4,12 \pm 0,38	3,87 \pm 0,34
Adubação foliar com Si	5,25 \pm 0,61	5,12 \pm 0,63	4,87 \pm 0,42
Adubação via solo com Si	4,75 \pm 0,47	4,25 \pm 0,39	4,37 \pm 0,42
Adubação foliar + solo com Si	4,00 \pm 0,45	4,12 \pm 0,49	3,75 \pm 0,41

Médias não significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

TABELA 3. Duração dos períodos pré-reprodutivo (Ppr) e reprodutivo (Pr), taxa de crescimento populacional (r_m), fecundidade diária (Fd), fecundidade total (Ft) e longevidade (Lg) (média \pm erro padrão) de *M. persicae* em folíolos de plantas de batata inglesa tratadas com silício (Si).

Tratamentos	Ppr (dias)*	Pr (dias)*	r_m **	Fd**	Ft**	Lg (dias)*
Testemunha	6,50 \pm 0,09	10,81 \pm 0,34	0,37 \pm 0,01 a	4,71 \pm 0,35 a	43,40 \pm 2,58 a	17,31 \pm 0,32
Adubação foliar com Si	7,31 \pm 0,11	12,50 \pm 0,30	0,24 \pm 0,01 b	2,08 \pm 0,11 b	26,88 \pm 1,73 b	19,81 \pm 0,33
Adubação via solo com Si	7,25 \pm 0,15	10,87 \pm 0,35	0,30 \pm 0,01 b	2,40 \pm 0,12 b	23,88 \pm 1,23 b	19,38 \pm 0,76
Adubação foliar + solo com Si	7,50 \pm 0,07	11,50 \pm 0,25	0,25 \pm 0,01 b	1,84 \pm 0,07 b	20,38 \pm 0,46 b	19,00 \pm 0,30

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

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

TABELA 4. Teores (%) de taninos e de lignina (média \pm erro padrão) em folíolos de plantas de batata inglesa tratadas com silício (Si).

Tratamentos	Taninos (%)	Lignina (%)
Testemunha	1,71 \pm 0,02 b	4,81 \pm 0,04 b
Adubação foliar com Si	1,58 \pm 0,02 b	6,34 \pm 0,05 a
Adubação via solo com Si	1,55 \pm 0,01 b	6,33 \pm 0,06 a
Adubação foliar + solo com Si	1,91 \pm 0,04 a	6,45 \pm 0,08 a

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

TABELA 5. Atividade das enzimas peroxidase (POX) e fenilalanina amônia-liase (PAL) (média ± erro padrão) em folíolos de plantas de batata inglesa tratadas com silício (Si).

Tratamentos	POX** (u.g de peso fresco ⁻¹)	FAL* (u.g de peso fresco ⁻¹)
Testemunha	68,12 ± 1,25 c	0,051 ± 0,001
Adubação foliar com Si	80,62 ± 1,13 b	0,087 ± 0,001
Adubação via solo com Si	82,50 ± 1,64 b	0,047 ± 0,005
Adubação foliar + solo com Si	107,50 ± 0,87 a	0,042 ± 0,001

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

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

Artigo 2

Efeito do silício e do inseticida imidaclopride na colonização de plantas pelo pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa.

(Preparado de acordo com as normas da revista “Neotropical Entomology”, exceto as citações e referências bibliográficas)

FLÁVIA BATISTA GOMES¹

JAIR CAMPOS MORAES¹

GLEICE APARECIDA ASSIS¹

¹Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, C. postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil.

Efeito do Silício e do Inseticida Imidaclopride na Colonização de Plantas pelo
Pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) e no Desenvolvimento
Vegetativo de Batata Inglesa

ABSTRACT- The aphid *Myzus persicae* (Sulzer) is a key pest of potato culture, which productivity depends on insecticides for its control. This work was carried out to verify the effect of silicon and of the imidacloprid in the colonization of the plants by *M. persicae* and its possible positive reflexes in the development of the potato. 5 treatments were tested, with 7 replications: 1- control; 2- silicic acid at 1%; 3- imidacloprid in the recommended dose; 4- silicic acid at 1% and imidacloprid at half the recommended dose and 5- imidacloprid at half the recommended dose. Twenty days after planting, the plants were infested with 10 adult aphids. After 20 days of infestation, they were evaluated the number of nymphs and of adult aphids; the height, the diameter, the number of leaves, the fresh and dried weigh of the plants. The plants treated with insecticides were few colonized by the aphids and those with silicon presented lower infestation in relation to the control. In relation to the height, to the diameter and to the weighs, there was no significant difference between the treatments, however the control presented least number of leaves. Therefore, silicon reduced the colonization of the potato by *M. persicae* and the use of half the dose of insecticide was equally efficient to prevent the colonization, making silicated fertilization one more strategy to be tested in the integrated management of potato plant pests.

KEY WORDS: silicic acid, aphids, chemical control, neonicotinoid, plant resistance.

RESUMO- O pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) é considerado praga chave da cultura da batata inglesa, cuja produtividade depende do uso de inseticidas para o seu controle. Este trabalho foi conduzido para verificar o efeito do silício e do imidaclopride na colonização de plantas por *M. persicae* e seus possíveis reflexos positivos no desenvolvimento de batata inglesa. Foram testados 5 tratamentos, com 7 repetições: 1- testemunha; 2- ácido silícico a 1%; 3- imidaclopride na dosagem recomendada; 4- ácido silícico a 1% e imidaclopride na metade da dosagem recomendada; e 5- imidaclopride na metade da dosagem recomendada. Após 20 dias do plantio, as plantas foram infestadas com 10 pulgões adultos. Avaliaram-se, após 20 dias da infestação, o número de ninfas e de adultos de pulgões, a altura, o diâmetro, o número de folhas e o peso fresco e seco das plantas. As plantas tratadas com o inseticida foram pouco colonizadas pelos pulgões e aquelas com silício apresentaram menor infestação em relação à testemunha. Em relação à altura, ao diâmetro e aos pesos, não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém a testemunha apresentou menor número de folhas. Assim, o silício diminuiu a colonização da batata por *M. persicae* e o uso da metade da dosagem do inseticida foi igualmente eficiente para impedir a colonização, tornando a adubação silicatada mais uma tática a ser testada no manejo integrado de pragas da batateira.

PALAVRAS-CHAVE: ácido silícico, afídeos, controle químico, neonicotinóide, resistência de plantas.

O pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) é uma espécie polífaga, mundialmente distribuída, que possui mais de 500 espécies de plantas hospedeiras, incluindo muitas culturas de importância agrícola (Blackman & Eastop, 2000). Dentre essas culturas, destaca-se a batata inglesa, uma solanácea que é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no mundo e é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil e para Minas Gerais, responsável pela maior produção do país, 981 mil toneladas (Agrianual, 2007). O cultivo de batata inglesa nos trópicos é um dos que mais sofre com problemas fitossanitários. Além dos danos diretos causados pela sucção contínua de seiva, *M. persicae* é considerado o mais importante vetor do PLRV (*Potato Leafroll Virus*) e do PVY (*Potato Virus Y*) (Lara et al., 2004).

Além do alto custo dos inseticidas que onera o custo de produção, o uso intensivo desses produtos fitossanitários no controle de pulgões, desde 1950, tem levado ao desenvolvimento de vários mecanismos de resistência dos insetos aos principais grupos de inseticidas (Devonshire et al., 1998). Contudo, inseticidas neonicotinóides, um grupo desenvolvido recentemente, são efetivos contra *M. persicae* (Foster et al., 2003). O imidaclopride é um inseticida do grupo dos neonicotinóides registrado em mais de 70 países para aplicação foliar, via solo, e também para tratamento de sementes (Nauen et al., 1998).

O silício é um nutriente vegetal que não preenche todos os critérios a partir dos quais um elemento químico é considerado essencial para as plantas e, assim, é considerado como elemento benéfico ou útil às plantas (Nojosa et al., 2006). O silício é encontrado na solução do solo e absorvido pelas plantas como ácido silícico, transportado através do xilema e depositado como sílica amorfa ou pode formar estruturas silicificadas, os fitólitos (Raven, 2001).

Dentre as respostas ao fornecimento de silício destacam-se a diminuição do acamamento, o aumento da resistência ao estresse hídrico, ganhos de

produtividade e aumento da resistência das plantas ao ataque de pragas e doenças (Nojosa et al., 2006).

Com este experimento objetivou-se avaliar o efeito do silício e do inseticida imidaclopride na colonização de plantas pelo pulgão *M. persicae* e seus possíveis reflexos positivos no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, no período de dezembro de 2006 a janeiro de 2007.

Cultivo da batateira e criação dos insetos. Foi plantada uma batata-semente, cultivar Emeraude, em vaso com capacidade para 2 Kg de substrato (latossolo vermelho-escuro). A adubação foi feita de acordo com a preconizada para a cultura (Malavolta, 1980) mediante análise de solo. As plantas foram cultivadas em uma gaiola confeccionada de tecido organza com as seguintes dimensões: 3m de comprimento, 1m de altura e 1m de largura. Esta gaiola foi mantida em casa-de-vegetação sob condições naturais. A umidade foi mantida por meio de irrigação conforme a necessidade do solo. Os pulgões *M. persicae* foram criados em plantas de pimentão, em sala climatizada com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas.

Tratamentos. Foram testados cinco tratamentos: 1- testemunha; 2- adubação via solo com 200mL de solução de ácido silícico a 1%; 3- aplicação via solo de 0,252mg de imidaclopride, diluídos em 200mL de água; 4-adubação via solo com 200mL de solução de ácido silício a 1% e 0,126mg de imidaclopride, diluídos em 200mL de água; e 5- aplicação via solo de 0,126mg de imidaclopride, diluídos em 200mL de água. Os produtos, depois de diluídos, foram aplicados diretamente no solo, ao redor das hastes das plantas. Na testemunha foram aplicados 200mL de água. Os tratamentos foram aplicados após a emergência das hastes, uma semana após o plantio da batata-semente.

Colonização das plantas. Após 20 dias da aplicação dos tratamentos as plantas foram desbastadas, deixando-se apenas uma haste por vaso, e em seguida infestadas com 10 pulgões adultos. As avaliações foram feitas 20 dias após a liberação dos pulgões, pela contagem de pulgões adultos e de ninfas presentes em cada haste.

Desenvolvimento vegetativo das plantas. Para avaliar o desenvolvimento vegetativo das plantas foram realizadas aferições de altura, diâmetro, peso fresco e peso seco das hastes e número de folhas por haste. A altura foi medida com uma trena e o diâmetro, com paquímetro. Para determinação do peso fresco as plantas foram cortadas rente ao solo, colocadas em sacos de papel e pesadas. Em seguida, as plantas foram colocadas em estufa a 60°C até peso constante e pesadas novamente para a determinação do peso seco.

Estatística. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos e 7 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de significância, sendo que os dados de contagem foram transformados para $\sqrt{X+0,5}$.

Resultados e Discussão

Colonização das plantas pelos pulgões. Em relação ao número de ninfas presentes em cada planta, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. A testemunha apresentou um número muito maior de ninfas que os demais tratamentos (220,86 por haste). Foram encontradas, neste tratamento, mais que o dobro de ninfas nas plantas adubadas com silício (94,57 ninfas por haste). Nas plantas com aplicação do imidaclopride, na dose recomendada ou em metade desta dose, o número de ninfas foi quase nulo (Tabela 1). Para o número de adultos não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos testemunha e o com silício, sendo de 31,14 e 26,14, respectivamente. Os tratamentos com o inseticida imidaclopride apresentaram reduzido número de adultos (Tabela 1).

O menor número de ninfas nas plantas com silício em relação às plantas não tratadas pode ser devido ao efeito desse elemento na fecundidade dos pulgões e/ou na mortalidade direta de ninfas. Em trigo, Costa & Moraes (2006) também observaram que a aplicação de silício diminuiu o número de ninfas colocadas por *Schizaphis graminum* em até 80% e a taxa de crescimento populacional (r_m), em torno de 25%. Já Correa et al. (2005) observaram o efeito negativo da adubação com silício via solo e/ou via foliar na sobrevivência ninfal de *Bemisia tabaci* biótipo B em plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.).

A qualidade nutricional da planta hospedeira pode afetar diretamente a fecundidade de insetos herbívoros em escala individual e populacional, sendo que a qualidade nutricional está relacionada com os teores de carbono e nitrogênio presente nas plantas, e também com metabólitos secundários tóxicos ou deterrentes aos herbívoros (Awmack & Leather, 2002; Bialczyk et al., 1999). É provável que o silício tenha atuado como indutor da síntese de compostos de defesa nas plantas, como os taninos e/ou outras moléculas defensivas (Gomes et al., 2005).

Todavia, não foi observado efeito conjunto do silício com o inseticida imidaclopride, como a interação inseticida lufenuron e silício para *Spodoptera frugiperda* (Neri et al., 2005). A ausência de pulgões nas plantas, mesmo com a metade da dose do inseticida, pode ser devida ao efeito letal do imidaclopride (Foster et al., 2003) ou à sua ação como fagodeterrente, que afeta a movimentação e o comportamento alimentar de pulgões, particularmente em concentrações sub-letais (Boiteau & Osborn, 1997; Nauen, 1995). Além do controle de *M. persicae*, a utilização de baixa dosagem de imidaclopride pode ser eficiente na prevenção da transmissão do PLRV (Mowry, 2005; Mowry & Ophus, 2002).

A possibilidade de redução da dose de inseticida no controle de insetos-praga proporcionaria inúmeros benefícios, principalmente a diminuição do gasto com inseticidas que, no Brasil, representa 13% do custo de produção de batata inglesa (Agriannual, 2007), e a contribuição para o manejo da resistência de insetos a inseticidas, que é um dos grandes entraves em programas de controle de pragas envolvendo o uso de produtos químicos.

Desenvolvimento vegetativo das plantas. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos testados em relação à altura, ao diâmetro e ao peso fresco e seco das plantas de batata inglesa. Entretanto, as plantas testemunha apresentaram menor número de folhas em relação aos demais tratamentos (Tabela 2).

As folhas constituem a parte mais importante da planta com relação à quantidade de CO₂ fixada pela fotossíntese, um processo fisiológico que resulta no acúmulo de matéria seca (Ritchie et al., 1994). Assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas podem ser afetados pela quantidade de matéria seca acumulada pela planta. A produção de matéria seca está diretamente relacionada com a quantidade de luz absorvida e aumenta à medida que a área foliar também

aumenta. Entretanto, a quantidade de matéria seca produzida depende não somente da quantidade de radiação recebida pela planta, mas também da eficiência na utilização dessa energia (Shibles & Weber, 1966). Dessa forma, pode-se concluir que aumento da área foliar nem sempre significa aumento na quantidade de matéria seca produzida pelas plantas.

O silício acumula nos tecidos de suporte e sustentação do caule, fortalecendo substancialmente a estrutura da planta (Plucknett, 1971). Porém, este efeito não foi observado nas plantas de batata inglesa porque não houve aumento no diâmetro das hastes. Dentre os benéficos relacionados à adubação silicatada podem ser mencionados o aumento do peso seco da parte aérea e das raízes e a importância do silício para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Epstein, 1994). Entretanto, a aplicação de ácido silícico não influenciou o tamanho, o diâmetro e o peso seco das plantas de batateira, mas aumentou o número de folhas de maneira semelhante ao inseticida imidaclopride, possivelmente devido a alguma alteração no metabolismo das plantas, fato que deve ser investigado em outras pesquisas. Em milho (*Zea mays* L.) também não se observaram aumentos no tamanho e no peso fresco das plantas adubadas com silício, porém observou-se maior diâmetro do caule de plantas tratadas com silício (Neri, 2006).

De maneira geral, pode-se concluir que o silício é um elemento mineral capaz de diminuir a colonização das plantas pelo pulgão *M. persicae*, tornando a adubação silicatada mais uma tática a ser testada no manejo integrado de pragas da batateira. Além disso, a utilização da metade da dosagem recomendada do imidaclopride impediu significativamente a colonização das plantas, o que é muito interessante para reduzir a quantidade do inseticida e seus efeitos adversos, quando for necessária a sua utilização.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsas e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2007 - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2007. 516 p.

AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 817-844, 2002.

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. The protective action of tannins against glasshouse whitefly in tomato seedlings. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 133, n. 2, p. 197-201, Sept. 1999.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide**, 2. ed. Chichester: Wiley, 2000. 482 p.

BOITEAU, G.; OSBORN, W. P. L. Behavioural effects of imidacloprid, a new nicotinyl insecticide, on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Homoptera, Aphididae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 129, n. 2, p. 241-249, Mar./Apr. 1997.

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 whietfly *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) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 834-839, Nov./Dec.2006.

DEVONSHIRE, A.; FIELD, L.; FOSTER, S.; MOORES, G.; WILLIAMSON, M. , et al. The evolution of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. **Biological Sciences**, Boulder, p. 1677-1684, 1998.

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

FOSTER, S. P.; DENHOLM, I.; THOMPSON, R. Variation in response to neonicotinoid insecticides in peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 59, n. 2, p. 166-173, Feb. 2003.

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

LARA, F. M.; CORBO, A.; FIGUEIRA, L. K.; STEIN, C. P. Resistência de genótipos de batata ao pulgão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 775-779, dez. 2004.

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

MOWRY, T. M. Insecticidal reduction of *Potato leafroll virus* transmission by *Myzus persicae*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 146, n. 1, p. 81-88, 2005.

MOWRY, T. M.; OPHUS, J. D. Effects of sub-lethal imidacloprid levels on potato leafroll virus transmission by *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 103, n. 3, p. 249-255, June 2002.

NAUEN, R. Behaviour modifying effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Myzus persicae* with special reference to an antifeeding response. **Pesticide Science**, Sussex, v. 44, n. 2, p. 145-153, June 1995.

NAUEN, R.; KOOB, B.; ELBERT, A. Antifeedant effects of sublethal dosages of imidacloprid on *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 88, n. 3, p. 287-293, Sept. 1998.

NERI, D. K. P. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fich.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com**

inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). 2006. 68 p. Tese (Doutorado em Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

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

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

RAVEN, J. A. Silicon transport at the cell and tissue level. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture.** The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

RITCHIE, P. M.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, GO. **How a soybean plants develops.** Ames: Iowa State University of Science and Techonology, Cooperative Extension Service, 1994. 20 p. (Special Report, 53).

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Acluster analysis method for gruping means in the analysis of varianicis. **Biometrics**, Washigton, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 55-59, Jan./Feb. 1966.

TABELA 1. Número de ninfas e adultos (média \pm erro padrão) de pulgões *M. persicae* em plantas de batata inglesa tratadas com silício e imidaclopride. Lavras - MG, 2007.

Tratamentos	Nº ninfas por haste	Nº adultos por haste
Testemunha	220,86 \pm 27,39 a	31,14 \pm 2,90 a
Silício	94,57 \pm 9,22 b	26,14 \pm 4,49 a
Imidaclopride (252g.ha ⁻¹)	0,71 \pm 0,14 c	0,43 \pm 0,11 b
Silício + Imidaclopride (126g.ha ⁻¹)	0,00 \pm 0,00 c	0,00 \pm 0,00 b
Imidaclopride (126g.ha ⁻¹)	0,28 \pm 0,07 c	0,85 \pm 0,17 b

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

TABELA 2. Altura, diâmetro, número de folhas, peso fresco e peso seco (média ± erro padrão) de plantas de batata inglesa tratadas com silício e imidaclopride. Lavras - MG. 2007.

Tratamentos	Altura (cm)*	Diâmetro (cm)*	Nº de folhas	Peso fresco (g)*	Peso seco (g)*
Testemunha	12,21 ± 0,53	0,66 ± 0,02	11,00 ± 0,62 b	16,23 ± 1,04	1,57 ± 0,10
Silício	12,93 ± 0,31	0,66 ± 0,01	15,14 ± 0,32 a	14,63 ± 0,71	1,57 ± 0,11
Imidaclopride (252g.ha ⁻¹)	13,57 ± 0,55	0,64 ± 0,02	14,00 ± 0,39 a	15,29 ± 0,72	1,43 ± 0,07
Silício + Imidaclopride (126g.ha ⁻¹)	15,57 ± 0,39	0,76 ± 0,01	16,14 ± 0,22 a	20,97 ± 0,63	2,14 ± 0,07
Imidaclopride (126g.ha ⁻¹)	15,07 ± 0,44	0,67 ± 0,01	15,00 ± 0,44 a	16,65 ± 0,96	1,71 ± 0,10

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

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

Artigo 3

Adubação com Silício como Fator de Resistência a Insetos-praga e
Promotor de Produtividade em Cultura de Batata Inglesa em Sistema Orgânico

(Preparado de acordo com as normas da revista “Neotropical Entomology”,
exceto as citações e referências bibliográficas)

FLÁVIA BATISTA GOMES¹

JAIR CAMPOS MORAES¹

¹Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, C. postal 3037, CEP
37200-000, Lavras (MG), Brasil.

Adubação com Silício como Fator de Resistência a Insetos-praga e
Promotor de Produtividade em Cultura de Batata Inglesa em Sistema Orgânico

ABSTRACT- The organic cultivation of potato presents economical viability, however it faces problems in relation to the maintenance of sanity. This work was carried out to verify the effect of the silicon fertilization on the incidence of pest insects and in the productivity of potato in organic system. Five treatments were tested, with four replications: 1- control; 2- fertilization applied via soil with silicic acid, in the dose corresponding to $0,35\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$; 3- fertilization applied via foliar with solution of silicic acid at 0,35%; 4- fertilization applied via soil with rock powder, in the dose corresponding to $2\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$; 5- fertilization applied via foliar with rock powder solution of at 2%. The treatments were applied 20 days after the plantation of the seed potato. The incidence of pest insects was monitored by means of the determination of the number of foliar lesions caused by *Diabrotica speciosa* (Germar) and the number of leaves mined by *Liriomyza* spp. The diameter and the height of the plants and the productivity was determined. It was verified whether the plants fertilized with silicon, whatever was the form of application and the source used, presented least number of leaves injuries in relation to the control ones. However, it was not possible to verify the effect of the fertilization with silicon on the development and productivity of the culture.

KEY WORDS: silicon, organic potato, resistance, pest control.

RESUMO- O cultivo orgânico de batata inglesa apresenta viabilidade econômica, porém enfrenta problemas em relação à manutenção da sanidade. Este trabalho foi realizado para verificar o efeito da adubação com silício na incidência de insetos-praga e na produtividade da cultura da batata inglesa em sistema orgânico. Foram testados 5 tratamentos com 4 repetições: 1- testemunha; 2- adubação via solo com ácido silícico, na dose correspondente a $0,35t.ha^{-1}$; 3- adubação via foliar com solução de ácido silícico a 0,35%; 4- adubação via solo com pó de rocha, na dose correspondente a $2t.ha^{-1}$; 5- adubação via foliar com solução de pó de rocha a 2%. Os tratamentos foram aplicados 20 dias após o plantio da batata-semente. Foi monitorada a incidência de insetos-praga por meio da determinação do número pulgões, de lesões foliares provocadas por *Diabrotica speciosa* (Germar) e de folíolos minados por *Liriomyza* spp.. Determinaram-se, ainda, a altura e o diâmetro das plantas e a produtividade. Verificou-se que as plantas adubadas com silício, independentemente da forma de aplicação e da fonte utilizada, apresentaram menor número de injúrias foliares em relação àquelas da testemunha. Contudo, não foi constatado o efeito da adubação com silício no desenvolvimento e produtividade da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: silício, batata orgânica, resistência, controle de pragas.

O processo de modernização da agricultura, ocorrido principalmente a partir dos anos 50, desvalorizou os processos naturais e biológicos e priorizou a automecânica, os adubos sintéticos e os agrotóxicos (Souza & Resende, 2003). Os problemas ambientais proporcionados por este modelo de agricultura tais como: ressurgência e aparecimento de novas pragas; surtos de pragas secundárias; eliminação de insetos polinizadores e inimigos naturais; e desenvolvimento de resistência dos insetos aos inseticidas, são evidentes no manejo de pragas (Gallo et al., 2002).

Neste contexto, a prática de uma agricultura sustentável que preserve os recursos naturais e otimize a produtividade tem se tornado cada vez mais necessária, destacando-se o sistema orgânico de produção. A agricultura orgânica tem apresentado um crescimento mundial expressivo, principalmente em área plantada e oferta de produtos (Souza & Resende, 2003). O mercado de produtos orgânicos tem crescido a uma taxa média de 30% ao ano, existindo, porém, exemplos de crescimentos mais expressivos que superam 100% ao ano. Atualmente, o Brasil ocupa a segunda posição mundial em termos de área manejada organicamente (6,5 milhões de hectares), sendo 900 mil hectares destinados à agropecuária orgânica e o restante ao extrativismo sustentável. Da produção orgânica brasileira, 75% são exportados gerando, em 2006, cerca de US\$ 1 bilhão (Instituto..., 2007).

Nos últimos 30 anos a produção brasileira de batata inglesa cresceu 70%. A batata é um item importante na dieta alimentar brasileira, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, sendo a olerícola mais importante para o Brasil e para o mundo. No cultivo da batateira normalmente utilizam-se grandes quantidades de fertilizantes químicos e produtos fitossanitários (IAPAR, 2000). Os agroquímicos representam a maior parte dos gastos com insumos dessa cultura, representando 46% do custo de produção (Agrianual, 2007). O sistema orgânico de produção de batata inglesa apresenta uma menor produtividade em relação ao

convencional, mas uma viabilidade econômica e relação benefício/custo superiores ao sistema convencional. Entretanto, o cultivo orgânico de batata inglesa depende da sanidade da cultura em relação a pragas e doenças para obtenção de melhores produtividades (Darolt et al., 2003).

Dentre as pragas potenciais da cultura da batata destacam-se o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer), que além de succionar a seiva das plantas, podendo diminuir o crescimento vegetativo da batateira e o tamanho do tubérculos, é vetor de fitovírus (Petitt & Smilowitz, 1982; Souza-Dias, 1995); o coleóptero *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824), chamado vulgarmente de “vaquinha”, cujos adultos se alimentam das folhas, causando danos nas fases de brotação e emergência das hastes, o que pode acarretar perdas significativas na produção (Cranshaw & Radcliffè, 1980); as larvas, conhecidas como “larvas-alfinete”, que atacam as raízes e perfuram os tubérculos, depreciando-os para a comercialização (Gassen, 1989); e a mosca minadora *Liriomyza* spp., cujas larvas minam as folhas das plantas, diminuindo a área fotossintética e reduzindo o peso e o tamanho dos tubérculos (Souza et al., 1998).

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

Dessa forma, com este trabalho objetivou-se verificar o efeito da adubação com silício na incidência de insetos-praga e na produtividade da cultura de batata inglesa em sistema orgânico.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, na época das águas, no setor de Horticultura da Universidade Federal de Lavras, no período de outubro/2006 a janeiro/2007. O solo, em área destinada ao cultivo orgânico, foi preparado por meio de uma aração e uma gradagem.

A batata-semente, cultivar Éden, foi plantada em sulcos espaçados de 0,8m e 0,25m entre plantas. Cada parcela era constituída por quatro linhas de 3m, sendo a área útil as duas linhas centrais, deixando-se 0,4m de cada lado como bordadura.

A adubação foi realizada com composto orgânico, incorporado no sulco de plantio, na dose equivalente a $30\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Foram realizadas capinas manuais, sendo a primeira capina realizada juntamente com a amontoa, 30 dias após o plantio.

Tratamentos. Foram testados os seguintes tratamentos: 1- testemunha; 2- adubação via solo com ácido silícico, na dosagem correspondente a $0,35\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($0,35\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de SiO_2); 3- adubação via foliar com solução de ácido silícico a 0,35%; 4- adubação via solo com pó de rocha (Biocksil[®], contendo 17,43% de SiO_2 , 9,82% de S, 1,31% de CaO, 0,18% de MgO, 0,16% de Fe_2O_3 e 0,10% de P_2O_5), na dosagem correspondente a $2\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($0,35\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de SiO_2); e 5- adubação via foliar com solução de pó de rocha a 2%.

Os tratamentos via solo foram aplicados 20 dias após o plantio, diluídos em água, e após uma semana, incorporados junto às linhas das plantas. Na aplicação via foliar, o silício foi diluído em água, nas respectivas concentrações, e pulverizado nas plantas até o escorrimento da calda. Esta operação foi realizada semanalmente, iniciando-se uma semana após a emergência das hastes até a fase final de tuberização, no total de oito aplicações.

Monitoramento dos insetos-praga. Aos 30, 60 e 80 dias foi monitorada a presença do pulgão *M. persicae* por meio de amostragens, contando-se os pulgões presentes em cinco plantas, ao acaso, por parcela.

Para verificar as injúrias foliares causadas por *Diabrotica speciosa* (Germ.), aos 30 dias após a emergência das hastes foi realizada uma amostragem contando-se as lesões presentes na terceira folha de cinco plantas por parcela. Aos 60 dias foi realizada a contagem de folíolos minados pela mosca-minadora *Liriomyza* spp.

Determinação da altura e do diâmetro das plantas. Aos 60 dias foram determinados a altura das plantas, com auxílio de uma trena, e o diâmetro das hastes, utilizando-se um paquímetro, em cinco plantas escolhidas aleatoriamente por parcela.

Avaliação da produtividade. A cultura foi conduzida até o final do ciclo e, após a colheita, os tubérculos foram lavados e pesados, sendo a produtividade calculada em tonelada por hectare.

Estatística. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que os de contagem de insetos foram transformados em $\sqrt{X+0,5}$. As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Monitoramento de insetos-praga. Não foi observada, no batatal, a ocorrência de *M. persicae*, possivelmente pela alta precipitação ocorrida na região durante o cultivo (Tabela 2). Problemas com ataque de pulgões em batata inglesa estão relacionados com fatores climáticos, que influenciam sua dinâmica populacional (Bertels et al., 1971). A chuva ocorrida durante o cultivo da batateira pode ter desempenhado efeito supressivo sobre a população de pulgões, afetando sua movimentação e vôo (Carvalho et al., 2002; Pinto et al., 2000).

Em relação ao número de lesões foliares ocasionadas por *D. speciosa* foi observado, na testemunha, um número cerca de duas vezes maior que nas plantas adubadas com silício, as quais não diferiram significativamente entre si (Tabela 1). As plantas que não receberam silício (testemunha) também apresentaram maior número de folíolos minados por *Liriomyza* spp. em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Goussain et al. (2002) verificaram que a aplicação foliar de silicato de sódio em plantas de milho causou aumento da mortalidade e do canibalismo de lagartas *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) devido ao aumento da deposição de silício na parede celular das folhas, formando, possivelmente, uma barreira mecânica capaz de aumentar a dureza dos tecidos foliares e desgastar acentuadamente as mandíbulas das lagartas e, portanto, dificultar sua alimentação. Também a aplicação de silicato de potássio em crisântemo aumentou a resistência das plantas ao ataque da mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess), diminuindo significativamente a emergência de adultos nas plantas tratadas com silício (Parrela & Costamagna, 2006).

O silício, além de atuar como barreira mecânica, pode agir como elicitador do processo de indução de resistência, aumentando a atividade de enzimas relacionadas com a defesa das plantas de trigo, a peroxidase, a polifenoloxidase e a fenilalanina amônia-liase (Gomes et al., 2005).

A utilização do silício, independentemente da forma de aplicação e da fonte utilizada, aumentou a resistência das plantas de batata inglesa a *D. speciosa* e a *Liriomyza* spp., possivelmente devido ao seu acúmulo e polimerização na parede celular, aumentando a rigidez dos tecidos foliares e dificultando a alimentação, e/ou à indução de moléculas defensivas como taninos e lignina, entre outras substâncias de defesa.

Anomalias fisiológicas. Dentre as anomalias fisiológicas freqüentes da batata inglesa, observou-se a ocorrência do chamado embonecamento, anomalia caracterizada por um crescimento secundário que ocasiona formatos grotescos e desvaloriza o tubérculo para a comercialização. Esta anomalia é causada por variações no teor de água no solo, como ocorre em batatais não irrigados no plantio das águas, temperatura elevada no solo e excesso de nitrogênio (Filgueira, 2002).

Altura e diâmetro das plantas. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para altura e diâmetro das hastes das plantas (Tabela 3). Contudo, em milho, a aplicação de silício não afetou a altura das plantas, mas aumentou o diâmetro do caule (Neri, 2006).

O silício é um elemento mineral que, depois de absorvido pelas plantas, polimeriza-se e acumula na parede celular da epiderme (Jarvis, 1987) e dos tecidos de suporte e sustentação, fortalecendo significativamente a estrutura da planta devido ao fortalecimento do caule (Plucknett, 1971). Dentre os benefícios proporcionados pela adubação com silício destaca-se sua influência positiva no crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, este efeito não foi observado no crescimento e desenvolvimento das plantas de batata inglesa, talvez porque elas não sejam consideradas acumuladoras de silício (Ma et al., 2001).

Produtividade da cultura. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em relação à produção de tubérculos (Tabela 4). Contudo, resultados de aumentos de produtividade pela aplicação de silício foram observados em cana-de-açúcar (Korndörfer et al., 2002) e em arroz (Carvalho-Pupatto et al., 2004).

Na ausência de estresses ambientais ou nutricionais, a aplicação de silício no solo pode não trazer benefícios às plantas, como o verificado na produção de arroz em solução nutritiva (Silva & Bohnen, 2003). Neste experimento, os benefícios proporcionados pela adubação silicatada em relação ao crescimento e à produtividade podem não ter sido observados devido à baixa incidência de insetos-praga na cultura em razão do excesso de chuvas. Além disso, os efeitos benéficos da adubação silicatada em relação ao crescimento, desenvolvimento e produtividade estão, quase sempre, correlacionados com espécies vegetais classificadas como acumuladoras de silício, incluindo nesta categoria o arroz, a cana-de-açúcar e as gramíneas forrageiras, sendo a batata inglesa classificada como não-acumuladora (Ma et al., 2001).

Por outro lado, considerando o silício como sendo um elicitor do processo de resistência induzida, pode-se constatar que o custo metabólico para síntese de compostos de defesa não alterou a produtividade da cultura de batata inglesa, a qual foi acima da média nacional (22 t/ha) (Agrianual, 2007).

A aplicação de silício, mesmo em condições adversas de temperatura e precipitação, contribuiu para a redução das injúrias de dois importantes desfolhadores, *D. speciosa* e *Liriomyza* spp., e não influenciou a produtividade da cultura da batateira em sistema orgânico. Entretanto, torna-se necessária a condução de outras pesquisas para se obterem subsídios que possam viabilizar a recomendação desta tática de manejo em cultivos de batata inglesa no sistema orgânico.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsas e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2007 - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2007. 516 p.

BERTELS, A.; FERREIRA, E. CASAGRANDE, W. Problemas de vetores de vírus da batata e seu combate nas condições do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 291-306, 1971.

CARVALHO, L. M.; BUENO, V. H. P.; MARTINEZ, R. P. Levantamento de afídeos alados em plantas hortícolas em Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 523-532, maio/jun. 2002.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, dez. 2004.

CRANSHAEW, W. S.; RADCLIFFE, E. B. Effect of defoliation on yield of potatoes. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 73, n. 1, p. 131-134, Feb. 1980.

DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. **Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum**. 2003. Disponível em:
<<http://www.planetaorganico.com.br/Daroltbatata.htm>> Acesso em: 25 jan. 2007.

DÉLANO-FRIER, J. P.; MARTÍNEZ-GALLARDO, N. A.; MARTÍNEZ-DE LA VEGA, O.; SALAS-ARAIZA, M. D.; VARGAS, P.; BORODANENKO, A. The effect of exogenous jasmonic acid on induced resistance and productivity in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) is influenced by environmental conditions. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 5, p. 1001-1034, May 2004.

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

FAWE, A.; MENZIES, J. G.; CHERIF, M.; BÉLANGER, R. R. silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2002. 402 p.

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

GASSEN, D. N. **Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA CNTP/OCEPAR, 1989. 72 p. (EMBRAPA CNTP/OCEPAR. Série Documento, 13).

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

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

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Agronegócio do Paraná: perfil e caracterização das demandas das cadeias produtivas**. Londrina: IAPAR, 2000. p. 109-114. (IAPAR. Documento, 24).

INSTITUTO BIODINÂMICO. **A agricultura orgânica no Brasil**. Disponível em: <http://www.ibd.com.br/artigos/agricultura_organica_Brasil.html> Acesso em: 25 jan. 2007.

JARVIS, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant soil**, Dordrecht, v. 97, n. 2/3, p. 429-437, 1987.

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

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

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

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

PARRELLA, M. P.; COSTAMAGNA, T. The addition of potassium silicate to the fertilizer mix to suppress *Liriomyza* leafminers attacking chrysanthemums. **Bulletin-OILB/SROP**, Dijon, v. 29, n. 4, p. 159-162, 2006.

PETTIT, F. L.; SMILOWITZ, Z. Green peach aphid feeding damage to potato in various plant growth stages. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 75, n. 3, p. 431-435, June 1982.

PINTO, R. M.; BUENO, V. H. P.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. Flutuação populacional de afídeos (Hemiptera: Aphididae) associados à cultura da batata, *Solanum tuberosum* L., no plantio de inverno em Alfenas, sul de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 649-657, dez. 2000.

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

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

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

SOUZA-DIAS, J. A. C. Viroses da batata e suas implicações na produção de batata-semente no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 21, n. 3/4, p. 264-266, jul./dez. 1995.

SOUZA, J. C. de; SALGADO, L. O.; RIGITANO, R. L. de; REIS, P. R. Danos causados pela mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Diptera:Agromyzidae) na cultura da batata *Solanum tuberosum* L. , no plantio de inverno no Sul de Minas Gerais, e eficiência do aldicarb no seu controle. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 22-29, jan./mar. 1998.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.

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

TABELA 1. Número de lesões foliares (média \pm erro padrão) causadas por *Diabrotica speciosa* e número de folíolos minados (média \pm erro padrão) por *Liriomyza* spp em plantas de batata inglesa adubadas com silício. Lavras - MG. 2006.

Tratamentos	N ^o de lesões por planta ocasionadas por <i>D. speciosa</i>	N ^o de folíolos minados por planta por <i>Liriomyza</i> spp
Testemunha	5,00 \pm 0,17 a	1,75 \pm 0,13 a
Ácido silícico via solo	2,60 \pm 0,17 b	0,50 \pm 0,14 b
Ácido silícico via foliar	2,50 \pm 0,26 b	1,00 \pm 0,20 b
Pó de rocha via solo	2,85 \pm 0,24 b	0,25 \pm 0,13 b
Pó de rocha via foliar	2,45 \pm 0,21 b	0,50 \pm 0,14 b

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

TABELA 2. Dados meteorológicos: temperatura (média mensal), umidade relativa (média mensal) e precipitação (mensal acumulada) de outubro/2006 a janeiro/2007, ocorridos durante a condução do experimento*. Lavras - MG. 2007.

Meses	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
	Média	Máxima	Mínima		
Outubro	21,2	27,3	16,9	77,9	108,5
Novembro	21,3	28,0	17,4	77,1	261,0
Dezembro	22,8	28,5	18,7	79,1	220,1
Janeiro	21,9	27,6	18,7	85,7	554,9

*Fonte: Estação meteorológica da UFLA (2007).

TABELA 3. Altura e diâmetro (média \pm erro padrão) das plantas de batata inglesa adubadas com silício. Lavras - MG. 2006.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
Testemunha	54,40 \pm 1,77	0,75 \pm 0,02
Ácido silícico via solo	63,55 \pm 1,15	0,94 \pm 0,02
Ácido silícico via foliar	60,80 \pm 1,47	0,83 \pm 0,04
Pó de rocha via solo	60,30 \pm 1,45	0,96 \pm 0,03
Pó de rocha via foliar	62,45 \pm 1,28	0,91 \pm 0,03

Médias não significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

TABELA 4. Produtividade (média \pm erro padrão) do cultivo de batata inglesa adubada com silício em sistema orgânico. Lavras - MG. 2007.

Tratamentos	Produtividade (t.ha ⁻¹)
Testemunha	23,40 \pm 2,14
Ácido silícico via solo	23,67 \pm 1,58
Ácido silícico via foliar	25,21 \pm 2,80
Pó de rocha via solo	26,33 \pm 2,57
Pó de rocha via foliar	25,03 \pm 2,50

Médias não significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O silício atuou como indutor de resistência em batata inglesa e foi capaz de diminuir a colonização das plantas pelo pulgão *M. persicae*. Foi notável o efeito deste elemento sobre a fecundidade dessa espécie de afídeo, sugerindo um possível envolvimento do silício no mecanismo de resistência por antibiose.

Além disso, a adubação silicatada diminuiu as injúrias de *D. speciosa* e *Liriomyza* spp. nas folhas da batateira a campo. Considerando que a batata inglesa é uma cultura não-accumuladora de silício, os resultados foram satisfatórios, mesmo em condições climáticas adversas (altas temperaturas e precipitação excessiva) na fase de tuberização, o que provavelmente interferiu na incidência de insetos, tornando necessária uma nova avaliação.

Contudo, a utilização do silício não deve ser considerada uma técnica única capaz de controlar insetos-praga, e sim uma tática que pode ser utilizada no MIP, que além de colaborar para diminuir a densidade populacional de insetos-praga, pode proporcionar benefícios para as plantas cultivadas. No contexto atual, é muito importante o desenvolvimento da agricultura associado também a questões ambientais, com ganhos econômicos, ecológicos e sociais, um dos grandes desafios deste século.