

CROP PROTECTION

Uso de Silício como Indutor de Resistência em Batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)

FLÁVIA B. GOMES¹, JAIR C. MORAES¹, CUSTÓDIO D. DOS SANTOS² E CRISTIANA S. ANTUNES¹

¹Depto. Entomologia; ²Depto. Química
Univ. Federal de Lavras, C. postal 3037, 37200-000, Lavras, MG

Neotropical Entomology 37(2):185-190 (2008)

Use of Silicon as Inductor of the Resistance in Potato to *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)

ABSTRACT - The aphid *Myzus persicae* (Sulzer) is an important pest of potato and causes direct harm, due to the quantity of sap extracted and for being vector of important phytovirus. This work was carried out to evaluate the action of silicon as a resistance inducer of potato to *M. persicae*. Four treatments were tried: foliar fertilization with silicon acid at 1%; soil fertilization with 250 ml silicic acid solution at 1%; foliar fertilization with silicon acid at 1% + soil fertilization with 250 ml silicic acid solution at 1%; and a control. The treatments were applied thirty days after the explants emergence. Fifteen days after the application of the treatments, feeding preference and some biological aspects of the aphids were evaluated. After, the content of tannins and lignin present in the leaves and the activity of the enzymes peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase were also determined. The silicon fertilization did not affect the preference of the aphids; however it reduced 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 plus foliar. The silicon acted as a resistance inducer to *M. persicae* in potato.

KEY WORDS: Silicic acid, aphid, induced resistance, IPM

RESUMO - O pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) é uma importante praga da batateira, causando danos diretos pela quantidade de seiva extraída e por ser vetor de importantes fitovírus. Este trabalho foi realizado para verificar a atuação do silício como indutor de resistência em batata a *M. persicae*. Foram utilizados quatro tratamentos: adubação foliar com solução de ácido silícico a 1%; adubação via solo com 250 ml de solução de ácido silícico a 1%; adubação foliar com solução de ácido silício a 1% + adubação via solo com 250 ml de solução de ácido silícico a 1%; e a testemunha. Os tratamentos foram aplicados trinta dias após a emergência das brotações. Após quinze dias da aplicação dos tratamentos avaliou-se a preferência e alguns aspectos biológicos do pulgão. Posteriormente foi feita a quantificação do teor de taninos e de lignina presentes nas folhas e a determinação das atividades das enzimas peroxidase e fenilalanina amônia-liase. 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 + foliar. O silício atuou como indutor de resistência a *M. persicae* em batata.

PALAVRAS-CHAVE: Ácido silícico, afídeo, resistência induzida, MIP

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

O pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) é um inseto cosmopolita e polífago (Blackman & Eastop 2000), considerado como uma das mais importante para a cultura da batata (Radcliffe

1982). Os danos causados pela alimentação desse afídeo são altamente dependentes da fenologia da planta. Em altas densidades causam murchamento das plantas e reduções no crescimento vegetativo, na produção de biomassa e no 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 podendo trazer efeitos benéficos

para as plantas. É capaz de aumentar o teor de clorofila das folhas e 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 Menzies et al. (1991) e Samuels 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 elicitor do mecanismo de resistência induzida em plantas de trigo.

As plantas podem apresentar mudanças fisiológicas e morfológicas em resposta à herbivoria ou outro tipo de estresse, sendo conhecidas como respostas induzidas. Quando essas respostas reduzem a sobrevivência do herbívoro, sua reprodução ou preferência pela planta hospedeira, ocorre a resistência induzida (Karban & Myers 1989). Considerando-se os elevados gastos com inseticidas que hoje representam 13% do custo de produção da batata (Agriannual 2007), o uso de elicitores capazes de reduzir a herbivoria por insetos apresenta potencial como coadjuvante no manejo integrado de pragas.

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

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

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

Teste de preferência. Quinze dias após a aplicação dos tratamentos foi realizado um teste de preferência com chance

de escolha, em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12h. Um folíolo de cada tratamento foi retirado das plantas e colocado em placa de Petri (20 cm). Os folíolos foram colocados de forma equidistante 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 24h, 48h e 72h após a liberação dos afídeos, sendo as ninfas retiradas após as contagens. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e oito repetições.

Desenvolvimento dos pulgões. Este bioensaio foi iniciado com ninfas de 24h de vida, individualizadas em placas de Petri (7 cm). Em cada placa foi colocado um folíolo por tratamento 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 para $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12h. O desenvolvimento dos pulgões foi acompanhado diariamente até a morte dos mesmos. 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). Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos e oito repetições.

Determinação dos teores de taninos e de lignina. A determinação dos teores de taninos e de lignina presentes nas folhas das plantas de batata foi realizada pelo Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Na quantificação de taninos, o extrato foi obtido segundo a metodologia de Deshpande et al. (1986) e a determinação foi realizada pelo método colorimétrico de Folin-Denis, conforme AOAC (1990). O teor de lignina foi determinado pelo método de Van Soest (1967). Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos e oito repetições.

Atividade enzimática. Para determinação da atividade da peroxidase foi utilizada a metodologia proposta por Silva (2002), com modificações. Para obtenção do extrato enzimático, em 0,2 g de folhas maceradas em nitrogênio líquido foram adicionados 10 ml de tampão fosfato-potássio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, pH 6,1. Após 1h a 4°C em agitação orbital, a solução foi centrifugada a 13000 g, por 15 min, a 4°C . Os sobrenadantes foram utilizados como extrato. Para a reação foram utilizados 2,6 ml de tampão fosfato-potássio $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ pH 6,1; 0,1 ml de peróxido de hidrogênio 2% (v/v); 0,3 ml de guaiacol 1% (v/v) e 0,1 ml do extrato enzimático. As leituras foram feitas a cada segundo, durante 2 min, 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 et al.

(1984) com modificações. O extrato enzimático foi preparado utilizando-se 1g de folhas maceradas em nitrogênio líquido, 5 ml de tampão tris-HCL 0,1 mol.L⁻¹, pH 8,8, e 0,1 g de polivinilpirrolidona insolúvel. O tampão continha 10⁻³ mol.L⁻¹ de EDTA e 10⁻² mol.L⁻¹ de β-mercaptoetanol. Após 1h, em agitações periódicas a 4°C, a solução foi centrifugada a 1500 g durante 5 min a 4°C. Os sobrenadantes foram usados como extrato. Para a reação foram utilizados 0,2 ml tampão tris-HCL 0,5 mol.L⁻¹, pH 8,8; 1,4 ml de água destilada; 0,2 ml de L-fenilalanina 0,1 mol.L⁻¹ e 0,2 ml 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 min), utilizando-se 0,5 ml 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 1 μmol de ácido trans-cinâmico formado por minuto nas condições

do ensaio. Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos e oito repetições.

Análise estatística. Quando necessário os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{X+0,5}$, sendo posteriormente submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de significância. Cada parcela foi composta por dois 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.

Resultados e Discussão

Teste de preferência. Não foi observada diferença significativa entre as médias dos tratamentos com relação ao número de ninfas (Tabela 1) e ao número de adultos (Tabela 2) presentes nos folíolos das plantas de batata. Costa & Moraes (2006), testando tratamentos semelhantes, também verificaram que a adubação silicatada também não afetou a preferência do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) em trigo. Contudo, Moraes *et al.* (2005) observaram que plantas de milho adubadas com silicato de sódio foram menos preferidas por *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) 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 do que nas plantas adubadas com silício.

Desenvolvimento dos pulgões. Dentre os parâmetros biológicos avaliados, a duração dos períodos pré-reprodutivo e reprodutivo e a longevidade não foram influenciados pela adubação silicatada (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. Observou-se que nas plantas da testemunha a taxa de crescimento populacional (r_m) foi 50% maior que nas plantas adubadas com silício via foliar e 25% maior que nas plantas adubadas com silício via solo e via foliar + solo. A adubação silicatada também afetou a fecundidade dos pulgões, constatando-se que, nas plantas que receberam aplicação de silício, houve uma redução próxima a 50% na fecundidade (Tabela 3). Em experimentos com trigo, a aplicação de silício tem contribuído para a redução do número de ninfas de *S. graminum* em até

Tabela 1. Número médio (\pm EP) de ninfas de *M. persicae* por folíolo de plantas de batata tratadas com silício após 24h, 48h e 72h da liberação.

Tratamento	Tempo (h)		
	24	48	72
Testemunha	2,1 \pm 0,09	2,1 \pm 0,21	2,0 \pm 0,42
Adubação foliar	2,2 \pm 0,17	2,1 \pm 0,36	2,2 \pm 0,27
Adubação via solo	2,1 \pm 0,21	2,1 \pm 0,28	2,1 \pm 0,33
Adubação foliar + solo	2,0 \pm 0,18	2,0 \pm 0,36	1,9 \pm 0,51

As médias não foram significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Tabela 2. Número médio (\pm EP) de adultos de *M. persicae* por folíolo de plantas de batata tratadas com silício após 24h, 48h e 72h da liberação.

Tratamento	Tempo (h)		
	24	48	72
Testemunha	4,1 \pm 0,37	4,1 \pm 0,38	3,9 \pm 0,34
Adubação foliar	5,3 \pm 0,61	5,1 \pm 0,63	4,9 \pm 0,42
Adubação via solo	4,8 \pm 0,47	4,3 \pm 0,39	4,4 \pm 0,42
Adubação foliar + solo	4,0 \pm 0,45	4,1 \pm 0,49	3,8 \pm 0,41

As médias não foram significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Tabela 3. Médias (\pm EP) de períodos pré-reprodutivo (Ppr) e reprodutivo (Pr), taxa de crescimento populacional (r_m), fecundidade diária (Fd), fecundidade total (Ft) e longevidade (Lg) de *M. persicae* em folíolos de plantas de batata tratadas com silício.

Tratamento	Ppr (dias) ¹	Pr (dias) ¹	r_m ²	Fd ²	Ft ²	Lg (dias) ¹
Testemunha	6,5 \pm 0,09	10,8 \pm 0,34	0,4 \pm 0,01 a	4,7 \pm 0,35 a	43,4 \pm 2,58 a	17,3 \pm 0,32
Adubação foliar	7,3 \pm 0,11	12,5 \pm 0,30	0,2 \pm 0,01 b	2,1 \pm 0,11 b	26,9 \pm 1,73 b	19,8 \pm 0,33
Adubação via solo	7,3 \pm 0,15	10,9 \pm 0,35	0,3 \pm 0,01 b	2,4 \pm 0,12 b	23,9 \pm 1,23 b	19,4 \pm 0,76
Adubação foliar + solo	7,5 \pm 0,07	11,5 \pm 0,25	0,3 \pm 0,01 b	1,8 \pm 0,07 b	20,4 \pm 0,46 b	19,0 \pm 0,30

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

²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$).

80%, a taxa de crescimento populacional (r_m) em torno de 25% e a longevidade dos pulgões (Gomes *et al.* 2005, Costa & Moraes 2006).

Teores de taninos e de lignina. Na combinação da adubação silicatada via foliar e via solo, as plantas apresentaram a maior percentagem de taninos (1,9%), comparativamente à testemunha 1,7% e às adubações via foliar e via solo (1,6%) (Tabela 4). Contudo, em soja, a aplicação de silício via solo causou redução na percentagem de taninos presentes nas folhas (Ferreira 2006).

Os teores de lignina foram maiores nas plantas que foram adubadas com silício, com médias de 6,3% nas plantas com adubação silicatada via foliar e via solo e de 6,5% nas plantas com adubação via foliar + solo, contra 4,8% nas plantas não adubadas (Tabela 4). Aumentos do teor de lignina nos tecidos foliares de plantas de café, adubadas com silicato de sódio ou de cálcio, também foram observados por Botelho *et al.* (2005). Contudo, Ferreira (2006) não observou aumento no teor de lignina em plantas de soja 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 com a solução de ácido silícico via foliar + solo apresentaram a maior atividade da peroxidase (107,50 u.g de peso fresco⁻¹) comparativamente àquelas 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.

Tabela 4. Teores médios (\pm EP) de taninos e de lignina em folíolos de plantas de batata tratadas com silício.

Tratamento	Taninos (%)	Lignina (%)
Testemunha	1,7 \pm 0,02 b	4,8 \pm 0,04 b
Adubação foliar	1,6 \pm 0,02 b	6,3 \pm 0,05 a
Adubação via solo	1,6 \pm 0,01 b	6,3 \pm 0,06 a
Adubação foliar + solo	1,9 \pm 0,04 a	6,5 \pm 0,08 a

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

Tabela 5. Médias (\pm EP) de atividade das enzimas peroxidase (POX) e fenilalanina amônia-liase (PAL) em folíolos de plantas de batata tratadas com silício.

Tratamento	POX ¹ (u.g de peso fresco ⁻¹)	FAL ² (u.g de peso fresco ⁻¹)
Testemunha	68,12 \pm 1,25 c	0,051 \pm 0,001
Adubação foliar	80,62 \pm 1,13 b	0,087 \pm 0,001
Adubação via solo	82,50 \pm 1,64 b	0,047 \pm 0,005
Adubação foliar + solo	107,50 \pm 0,87 a	0,042 \pm 0,001

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$).

²Médias não significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$).

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 a formação de lignina (Strack 1997).

Em relação à fenilalanina amônia-liase (FAL), a adubação silicatada não afetou sua atividade (Tabela 5). Esses resultados corroboram os encontrados por Gomes *et al.* (2005), onde 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). Esse fenóis são compostos químicos originados do metabolismo secundário das plantas e com importância ecológica, visto que atuam na proteção das plantas contra herbívoros e contra patógenos (Strack 1997). O aumento da atividade da FAL é frequentemente 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 deterrentes alimentares. A síntese e o acúmulo de taninos nos tecidos foliares são muito importantes na indução de resistência das plantas aos insetos herbívoros, podendo ser regulada por fatores ambientais como composição mineral (Bialczyk *et al.* 1998). Grayer *et al.* (1992) atribuíram a diminuição da fecundidade do pulgão *Aphis craccivora* Koch em amendoim à presença de taninos nas folhas e Bialczyk *et al.* (1999) verificaram

uma correlação negativa entre a densidade populacional da mosca-branca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) com o conteúdo de taninos presente em plântulas de tomate.

Porém, pelos resultados obtidos nesta pesquisa pode-se observar que a lignina foi mais afetada que os taninos, visto que o teor destes só aumentaram nas plantas adubadas com silício via solo e foliar, provavelmente pela maior quantidade de silício fornecida para essas plantas. Já o teor de lignina aumentou nas plantas adubadas com silício independentemente da forma de aplicação, podendo ter contribuído para a reduções 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).

Dentre os mecanismos de resistência de plantas a insetos, a antixenose e a antibiose, podem ser independentes ou não, atuando 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 seja a antibiose, já que a presença do silício diminuiu a fecundidade dos afídeos.

Portanto, pelos resultados encontrados no trabalho, sugere-se que o silício atua como elicitador da resistência induzida a *M. persicae* em batata, 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 ainda exija criteriosa e cuidadosa análise do custo/benefício, a redução no número de aplicações de produtos fitossanitários na cultura, poderia proporcionar significativa redução de custos de produção, além de oferecer benefícios ambientais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, 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

- Agrianual 2007: Anuário de agricultura brasileira. FNP Consultoria & Comércio, São Paulo, 2007, 516p.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of analysis. 15th. ed., Washington, v.2, 1298p.
- Awmack, C.S. & S.R. Leather. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 817-844.
- Basagli, M.A.B., J.C. Moraes, G.A. de Carvalho, C.C. Ecole & R.C.R. Gonçalves-Gervásio. 2003. Effect of sodium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop. Entomol.* 32: 659-663.
- Bialczyk, J., Z. Lechowski & A. Libik. 1998. Modification of tannin concentration by abiotic factors in *Lycopersicon esculentum* Mill. Seedlings. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz.* 105: 264-273.
- Bialczyk, J., Z. Lechowski & A. Libik. 1999. The protective action of tannins against glasshouse whitefly in tomato seedlings. *J. Agric. Sci.* 133: 197-201.
- Blackman, R.L. & V.F. Eastop. 2000. Aphids on the world's crops. An identification and information guide. Chichester, Wiley, 482p.
- Botelho, D.M.S, E.A. Pozza; A.A.A. Pozza, J.G. de Carvalho, C.E. Botelho & P.E. de Souza. 2005. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. *Fitopatol. Bras.* 30: 582-588.
- Chaman, M.E., S.V. Copaja & V.H. Argandonã. 2003. Relationships between salicylic acid content, phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity, and resistance of barley to aphid infestation. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2227-2231.
- Chérif, M., N. Benhamou, J.G. Menzies & R.R. Bélanger. 1992. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 41: 411-425.
- Costa, R.R. & J.C. Moraes. 2006. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. *Neotrop. Entomol.* 35: 834-839.
- Data, E.S., M.A. Quevedo & L.A. Gloria. 1984. Pruning techniques affecting the root quality of cassava at harvest and subsequent storage, p.127-143. In I. Uritani & E.D. Reyes (eds.), *Tropical root crops: Postharvest physiology and processing*. Tokyo, Japan Scientific Societies Press, 328p.
- Deshpande, S.S., M. Cheryan & D.K. Salunke. 1986. Tannin analysis of food products. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 24: 401-449.
- Epstein, E. 2001. Silicon in plants: Facts vs concepts, p.1-15. In L.E. Datnoff, G.H. Snyder & G.H. Korndörfer (eds.), *Silicon in agriculture*. The Netherlands, Elsevier Science, 403p.
- Ferreira, R.S. 2006. Influência do silício na indução de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 40p.
- Gadum, J., C.A.B.P. Pinto & M.C.D. Rios. 2003. Desempenho agrônomico e reação de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.) ao PVY. *Ciênc. Agrotecnol.* 27: 1484-1492.
- Ghanmi, D., D.J. McNally, N. Benhamou, J.G. Menzies & R.R. Bélanger. 2004. Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: A pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 64: 189-199.

- Gomes, F.B., J.C. Moraes, C.D. Santos & M.M. Goussain. 2005. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Sci. Agric.* 62: 547-551.
- Goussain, M.M., E. Prado & J.C. Moraes. 2005. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop. Entomol.* 34: 807-813.
- Grayer, R.J., F.M. Kimmins, D.E. Padgham, J.B. Harborne & D.V.R. Rao. 1992. Condensed tannin levels and resistance of groundnuts (*Arachis hypogaea*) against *Aphis craccivora*. *Phytochemistry* 31: 3795-3800.
- Kamida, H.M., S.F. Pascholati & C.M. Bellato. 2000. Influência de *Saccharomyces cerevisiae* na expressão gênica da fenilalanina amônia-liase em tecido de sorgo protegido contra *Colletotrichum sublineolum*. *Summa Phytopathol.* 26: 74-77.
- Karban, R. & J.H. Myers. 1989. H. Induced plant responses to herbivory. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20: 331-348.
- Kofalvi, S.A. & A. Nassuth. 1995. Influence of wheat streak mosaic virus infection on phenylpropanoid metabolism and the accumulation of phenolics and lignin in wheat. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 47: 365-377.
- Ma, J.F., Y. Miyake & E. Takahashi. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants, p.17-39. In L.E. Datnoff, G.H. Snyder & G.H. Korndörfer (eds.), *Silicon in agriculture*. The Netherlands, Elsevier Science, 403p.
- Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 251p.
- Menzies, J.G., D.M. Ehret, A.D.M. Glass, T. Helmer, S. Koch & F. Seywerd. 1991. The effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* (Shlect. Fr.) Poll. on *Cucumis sativus* L. *Phytopathology* 81: 84-88.
- Moraes, J.C., M.M. Goussain, G.A. Carvalho & R.R. Costa. 2005. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. *Ciênc. Agrotecnol.* 29: 761-766.
- Petitt, F.L. & Z. Smilowitz. 1982. Green peach aphid feeding damage to potato in various plant growth stages. *J. Econ. Entomol.* 75: 431-435.
- Radcliffe, E.B. 1982. Insect pests of potato. *Annu. Rev. Entomol.* 27: 173-204.
- Ride, J.P. 1978. The role of cell wall interactions in resistance to fungi. *Ann. Appl. Biol.* 89: 302-306.
- Samuels, A.L., A.D.M. Glass, D.L. Ehret & J.G. Menzies. 1991. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). *Can. J. Bot.* 69: 140-146.
- Scott, A.J. & M.A. Knott. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variances. *Biometrics* 30: 507-512.
- Silva, L.H.C.P. 2002. Resistência sistêmica ativada pelo acibenzolar-s-metil contra doenças em tomateiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 89p.
- Souza-Dias, J.A.C. 1995. Viroses da batata e suas implicações na produção de batata-semente no estado de São Paulo. *Summa Phytopathol.* 21: 264-266.
- Strack, D. 1997. Phenolic metabolism, p.387-416. In P.M. Dey & J.B. Harborne (eds.), *Plant biochemistry*. London, Academic Press, 554p.
- Swain, T. 1977. The effect of plant secondary products on insect plant co-evolution. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28: 479-501.
- Tiffin, P. 2000. Are tolerance, avoidance, and antibiosis evolutionarily and ecologically equivalent responses of plants to herbivores? *Am. Nat.* 155: 128-138.
- Thompson, J.N. 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomol. Exp. Appl.* 47: 3-24.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forage. *J. Anim. Sci.* 26: 119-128.
- Wyatt, I.J. & P.F. White. 1977. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. *J. Appl. Ecol.* 14: 757-766.
- Yoshida, A.S., Y. Ohnishi & K. Kitagishi. 1962. Histochemistry of silicon in rice plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 8: 107-111.

Received 27/III/07. Accepted 28/II/08.