



**CONTROLE DOS NEMATÓIDES DE GALHAS
(*Meloidogyne* spp.) E DO CISTO (*Heterodera glycines*)
COM SILICATOS**

EDUARDO SOUZA FREIRE

2007

EDUARDO SOUZA FREIRE

**CONTROLE DOS NEMATÓIDES DE GALHAS (*Meloidogyne* spp.) E DO
CISTO (*Heterodera glycines*) COM SILÍCATOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Vicente Paulo Campos

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

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

Freire, Eduardo Souza.

Controle dos nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.) e do cisto (*Heterodera glycines*) com silicato / Eduardo Souza Freire. – Lavras : UFLA, 2007.

90 p.: il.

Orientador: Vicente Paulo Campos.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Nematóide. 2. Silício. 3. Manejo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-595.182

EDUARDO SOUZA FREIRE

**CONTROLE DOS NEMATÓIDES DE GALHAS (*Meloidogyne spp*) E DO
CISTO (*Heterodera glycines*) COM SILÍCATO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2007

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes

UFLA

Prof. Dr. Eduardo Alves

UFLA

Prof. Vicente Paulo Campos
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A minha querida sobrinha, Ellen Silva Freire; ao meu pai, Edilço Souza Freire, á
minha mãe, Paula de Oliveira Freire; ao meu irmão, Evandro Souza Freire e á
minha cunhada, Lucilva Pereira da Silva.

OFEREÇO

Aos amigos do Plano Maior, pelo amparo imprescindível neste e em todos os
trabalhos da vida, meus votos de eterna gratidão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras pela grande oportunidade.

Ao Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela chance de realização do mestrado e pela concessão da bolsa de estudos.

Aos docentes e funcionários do departamento, pelo companheirismo e contribuições.

Ao orientador Prof. Dr. Vicente Paulo Campos, por toda a força, generosidade e exemplo de vida oferecido ao longo dos anos. As vitórias conquistadas na vida universitária devo a sua pessoa.

Ao co-orientador, Prof. Dr. Luis Antônio Augusto Gomes, pelas sugestões dadas a este trabalho e a sincera prestatividade em todos os momentos.

Aos responsáveis e funcionários da empresa HortiAgro, representadas em especial pelas pessoas do Sr. Vicente, Sr. Paulo e Nah, por a toda ajuda conferida.

Ao Prof. Dr. Eduardo Alves, pelo apoio conferido desde do meu ingresso no mestrado e agora como avaliador deste trabalho.

Aos especiais amigos do Laboratório de Nematologia, Maria de Fátima Muniz, José Mauro Castro, Fernando Rocha, Cléber Maximiniano, Marcos Dutra, Alex Botelho, Renata Canuto e Vanessa Andaló que, com a amizade, conselhos, ajuda e companheirismo, muito ajudaram neste período de vida.

Ao laboratorista e grande amigo Tarlei Luiz de Paula que nunca mediu forças a nos ajudar. Seja com idéias ou trabalho, esteve sempre presente.

Às estagiárias Lillian Costa, Maria Clara Carli e Márcia Oliveira, por toda dedicação e carinho ao longo destes anos.

A secretária Renata Kelly, pela paciência e prestatividade aos meus pedidos de ajuda.

Aos amigos que nos ajudaram na condução deste trabalho direta ou indiretamente: Nilmar Reis, Nilda Fedeli, Amanda Pádua, Lucilva Silva, Daniel Leite, Aline do Carmo, Bruno Moreti, Grazieli Frotas, Ricardo Borges, Fernanda Corbeira, Ricardo Cavalcanti e Luiz Maluf.

Aos companheiros de curso Ricardo, Liliana, Márcia, Leonardo, Hermínio, Carla e Cleilson.

A todos os familiares (tios, primos,...) que torceram pela nossa vitória, em especial: Marta Oliveira, Maria Bittencourt, Dinamar Oliveira, Itamar Castro, Dulce Berti, Valter Berti, Divalda Goulart e aos primos Marcelo Berti, Michely Bittencourt, Heitor Berti e Lucimara Castro.

À família conquistada em Lavras: Tullio Pádua, Silvana Pádua, Scheila Maia, Yvani Leite, Hugo Adelane, Maria José Pádua, Michelle Maia, Mariza Magalhães, Gilson Pádua, Angélica Maia, Gustavo Julião, Leandro Luz, Marcus Carneiro, Ana Cecília Pádua, D. Chica Pádua, Sr. Cláudio Pádua, Alexandre Alonso e muitos outros, meus sinceros agradecimentos e votos de paz em suas iluminadas vidas.

Ao Dr. Augusto José Silva e sua equipe, pela presença marcante nos momentos mais decisivos da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
Introdução geral.....	1
Referências Bibliográficas.....	4
ARTIGO 1: Efeito do silicato de cálcio e de potássio em fertirrigação no controle de <i>Meloidogyne incognita</i>.....	7
Resumo.....	8
Summary.....	10
Introdução.....	11
Material e métodos.....	13
Efeito da aplicação de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, para o controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em alface, em casa de vegetação.....	13
Efeito da aplicação de dose de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em alface em campo.....	15
Efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em tomateiros, em campo.....	16
Resultados e Discussão.....	18
Efeito da aplicação de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em alface, em casa de vegetação.....	18

Efeito da aplicação de dose de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em alface em campo.....	23
Efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em tomateiros no campo.....	30
Literaturas Citadas.....	34
ARTIGO 2: Efeito do silicato de cálcio e de potássio no controle de <i>Meloidogyne javanica</i> e <i>Meloidogyne incognita</i> em alface e pepino em casa de vegetação.....	37
Resumo.....	38
Abstract.....	40
Introdução.....	42
Material e métodos.....	44
Efeito da aplicação de silicato de cálcio e de potássio no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i> em pepino, em casa de vegetação.....	44
Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio aplicados na semeadura no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em alface em casa de vegetação.....	46
Efeito de silicato de potássio na mobilidade e na mortalidade de juvenis do segundo estágio de <i>Meloidogyne incognita</i>	47
Resultados e discussão.....	49
Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio aplicadas na semeadura no controle de <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i> , em pepino e de <i>M. incógnita</i> , em alface, em casa de vegetação.....	49
Efeito de silicato de potássio na mobilidade e na mortalidade de juvenis do segundo estágio de <i>Meloidogyne incognita</i>	58

Referências Bibliográficas.....	60
ARTIGO 3: Efeito de silicatos potássio e de cálcio no controle de <i>Heterodera glycines</i> e <i>Meloidogyne incognita</i> em soja.....	65
Resumo.....	66
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e métodos.....	71
Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio no controle de <i>Heterodera glycines</i> em soja em casa de vegetação.....	71
Efeito de doses de silicato de potássio aplicado na semeadura no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em soja, em tubo de ensaio.....	73
Efeito de doses de silicato de potássio na reprodução e na penetração de <i>M. incognita</i> em soja em ambiente controlado.....	74
Resultados e discussão.....	76
Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio no controle de <i>Heterodera glycines</i> em soja, em casa de vegetação.....	76
Efeito de doses de silicato de potássio aplicadas na semeadura no controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em soja em tubo de ensaio.....	82
Efeito de doses de silicato de potássio na reprodução e na penetração de <i>M. incognita</i> em soja em ambiente controlado.....	83
Referências Bibliográficas.....	88
Considerações Finais	90

RESUMO

FREIRE, Eduardo Souza. **Controle dos nematóides de galhas (*Meloidogyne spp.*) e do cisto (*Heterodera glycines*) com silicatos**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)* - Universidade Federal de Lavras, Lavras-M.G.

Sementes de alface, tomate, pepino e soja foram colocadas para germinar em substrato contendo diferentes doses de silicato de potássio (K) ou de cálcio (Ca), para uso em todos os ensaios realizados. Em campo, as mudas de alface e tomate, assim como as de alface em casa de vegetação, receberam K adicionalmente ou não, via fertirrigação. Nos ensaios em casa de vegetação com alface, pepino e soja, os silicatos foram aplicados apenas na sementeira. O inóculo empregado nos ensaios com alface e tomate foi *Meloidogyne incognita*. No ensaio com soja empregaram-se *M. incognita* e *H. glycines* e, no pepino, *M. javanica* e *M. incognita*. Para o ensaio *in vitro*, 150 juvenis do segundo estágio (J₂) de *M. incognita* foram colocados em placas de Petri contendo K nas doses de 0; 0,8; 1,6; 3,2 ou 6,4 mL.dm⁻³ de água e avaliaram-se a mobilidade e mortalidade. Soja foi semeada em tubos de ensaio com areia na dose de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL de K ou 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g de Ca, e posteriormente, infestados com 150 J₂ de *M. incognita*. Em outro teste, as sementes de soja foram semeadas em papéis de germinação embebidos em K, nas doses mencionadas. As mudas foram transplantadas para bandejas de isopor, sendo depois inoculadas com 150 J₂ de *M. incognita*. Em campo, com a aplicação via fertirrigação, Ca e de K em alface reduziram o número total de galhas e de ovos, galhas e ovos por grama de raiz. Já em tomateiros, a maior dose de Ca (4,0 g.dm³) reduziu o número de galhas e ovos, comparados às testemunhas e demais doses em fertirrigação ou não. No ensaio com alface em casa de vegetação, as três doses de silicato de Ca (1,0; 2,0 ou 4,0 g), comparadas com a testemunha, reduziram o número de galhas de *M. incognita*. Já a aplicação de K apenas reduziu o número de galhas nas doses de 0,8 e 1,6 mL.dm⁻³. Os silicatos aplicados apenas na sementeira (sem fertirrigação) ou adicionalmente via fertirrigação em alface em casa de vegetação, causaram redução significativa no número de galhas/g raiz e massa de ovos, comparados com as testemunhas. As plantas de pepino apresentaram redução no número de galhas e ovos de *M. javanica* quando tratadas com Ca e K. O silicato de potássio na maior dose (3,2 mL) diminuiu o número de galhas/sistema radicular e todas as doses diminuíram o número de ovos de *M. incognita*. O Ca aplicado no pepino, nas doses de 1,0 e 2,0 g, diminuiu o número total de galhas e ovos de *M. incognita*. Houve redução do número total de ovos

*Orientador: Vicente Paulo Campos - UFLA e Luiz Antônio Augusto Gomes – UFLA

/cistos e fêmeas de *H. glycines* do sistema radicular da soja com aplicações de Ca e K em casa de vegetação. Nos testes *in vitro*, apenas as maiores doses de K (3,2 e 6,4 mL) reduziram o número de J₂ móveis, contudo nenhuma dose aplicada causou mortalidade. Em tubo de ensaio, o número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular de soja decresceu com o aumento da dose de K. O número de ovos/sistema radicular e de ovos/g de raiz decresceu a partir da aplicação da dose de 1,6 mL em soja semeada em papel de germinação.

ABSTRACT

FREIRE, Eduardo Souza. **Control of root knott nematodes (*Meloidogyne* spp) and cyst (*Heterodera glycines*) with silicates**. 2007. 91p. Dissertation (Master's Degree in Phytopatology)* – Federal University Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.

Seeds of lettuce, tomato, cucumber and soybean were placed to germinate in substrate containing different doses of potassium silicate (K) or calcium silicate (Ca) to be used in all assays. In field tests, seedling of lettuce and tomato received more K or not by fertirrigation as well as lettuce in greenhouse. In assays with lettuce, cucumber and soybean the silicates were applied at seeding only. The inoculum used in lettuce and tomato assays was *M. incognita*. In the assay with soybean *M. incognita* and *H. glycines* were used. In cucumber assay were used *M. incognita* and *M. javanica*. For the *in vitro* assay, 150 second stage juveniles (J₂) of *M. incognita* were placed in Petri dishes containing K at dose of 0, 0,8; 1,6; 3,2 or 6,4 mL.dm⁻³ of water and mobility and mortality were assessed. Soybean was sown in glass tubes filled with sand plus dose of K (0; 0,8; 1,6 or 3,2 mL.dm⁻³) or Ca (0, 1,0; 2,0 or 4,0 g.dm³). In another test, seeds of soybean were sown in germinating tissue paper soaked with doses of K. the seedlings were transplanted to seeding trays and inoculated with 150 J₂ of *M. incognita*. The field test with fertirrigation, calcium and potassium silicates caused reduction of total number of galls and eggs and galls and eggs per gram of lettuce roots. On tomatoes, the highest dose of calcium silicate (4,0 g.dm³) reduced the number of galls and eggs when compared to the control and to the other doses by fertirrigation or not. On lettuce, the silicates applied only at sowing (without fertirrigation) or at sowing plus fertirrigation in greenhouse caused significant reduction on number of galls and egg masses compared to control plants without application of any chemical. Cucumber plants showed reduction on number of galls and eggs of *M. javanica* when treated with calcium and potassium silicates. Only the highest dose of 3,2 mL of potassium silicate decreased the total number of galls per root system of *M. incognita* roots but all doses reduced egg number. Calcium silicate applied in cucumber at doses of 1,0 and 2,0 g decreased the total number of galls and eggs of *M. incognita*. There was a reduction of the total of number of eggs/cyst and *H. glycines* females of soybean root system with application of Ca and K in the greenhouse. On test tubes the number of eggs of *m. incognita* per soybean root system decreased, with the increase of K dose. The number of eggs/root system and

* Adviser: Vicente Paulo Campos – UFLA e Luiz Antônio Augusto Gomes - UFLA

eggs per g of root decreased from application of 1,6 mL on when soybean was sown on germination paper.

INTRODUÇÃO GERAL

Os nematóides são uma das mais antigas formas de vida existentes neste planeta e desenvolveram diversificado hábito alimentar. Nesse grupo destacam-se os fitonematóides, os quais se alimentando de plantas, causam nelas perdas na produção desde um por cento até perda total, dependendo da densidade populacional, da suscetibilidade da cultivar e das condições ambientais (Tihohod, 2000). Nas hortaliças, em geral, calcula-se 11% de redução na produção mundial (Feldmesser, 1971; Mc Sorley, 1987). Contudo, a perda global chega a 12,3%, segundo Sasser & Freckman (1987).

A produção economicamente viável de alimentos tem sido possível devido à disponibilidade de diversas táticas de controle, como a desinfestação física do solo através do calor, a dissecação, a inundação, e as quarentenas (Brown & Kerry, 1987). Os custos na implantação de determinada tática de controle e os riscos de danos ao meio limitam o uso de algumas delas, em algumas regiões ou países. Neste grupo destacam-se os nematicidas, os quais, além do alto custo, causam poluição ambiental e apresentam riscos de contaminação aos aplicadores e permanência de resíduos nos produtos comercializados. Dessa forma, é dinâmica a busca de alternativas de controle que minimizam ou eliminam os riscos ao ambiente, ao alimento e ao homem. Nas últimas décadas, tem-se buscado o aumento da resistência de plantas a fitodoenças por meio de indutores químicos (ácido salicílico, ácido 2,6 – dicloroisonicotínico, acibenzolar-S-metil, ácido salicílico, entre outros) e biológicos (microrganismos não patogênicos, componentes da célula vegetal ou esporos inativados de microrganismos patogênicos) (Silva & Resende, 2001).

Neste contexto, o silício exerce o papel de indutor químico de resistência de plantas, já que não constitui elemento essencial para o crescimento vegetal (Mengel & Kirkby, 1987), mas reduz a incidência e a severidade de doenças, principalmente em culturas acumuladoras de silício, como é o caso do arroz (Rodrigues & Datnoff, 2005).

As doenças causadas por fungos têm sido as mais pesquisadas em várias culturas como morango, tomate, trigo, etc. (Miyake & Takahashi, 1978; Miyake & Takahashi, 1985; Miyake & Takahashi, 1986).

Os silicatos de cálcio, potássio e sódio têm reduzido a incidência e a severidade das diversas doenças fúngicas como *Pythium ultimum* em pepineiros (Chérif *et al.*, 1992), *Uncinula necator* (oídio) em videiras (Bowen *et al.*, 1992) e *Magnaporthe grisea* (bruzone) em arroz (Seebold, 1998).

O mecanismo de ação do silício na redução da incidência e da severidade também tem sido investigado (Marschner, 1995; Santos, 2002). Pozza *et al.* (2004) observaram acúmulo de silício nas paredes das células da epiderme e nas cutículas das folhas de cafeeiro, cuja planta foi tratada com silicato de cálcio e a doença causada por *Cercospora coffeicola* teve a severidade reduzida em 63,2%.

Swain & Prasad, (1988) observaram que, em cultivares de arroz mais resistentes ao nematóide *Meloidogyne graminicola*, havia maior acúmulo de sílica nos seus tecidos em crescimento, o que não ocorre em variedades susceptíveis.

No Brasil, Dutra (2004) estudou silício no controle de fitonematóides em feijoeiro, tomateiro e cafeeiro. A aplicação de silicato de cálcio em plantas de café não afetou a penetração de *M. exigua*. Entretanto, reduziu o número de galhas em feijão e tomate causadas por *M. incognita* e *M. javanica*, mas nem sempre reduziu o número de ovos de *M. exigua* em cafeeiro.

A eficácia do silício na redução de danos causados pelos nematóides de galhas precisa ser investigada em outras culturas, incluindo pesquisas no campo.

Dessa forma, objetivou-se, neste trabalho, estudar o efeito de silicato de cálcio e potássio em diversas doses e épocas de aplicação, no controle de *Meloidogyne* spp., em diversas culturas e de *Heterodera glycines*, em soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWEN, P.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; SAMUELS, L.; GLASS, A. D. M. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. *Journal of American Society for Horticultural Science, Alexandria*, v. 117, n. 6, p. 906-912, Nov. 1992.

BROWN, R. H.; KERRY, B. R. Principles and practice of nematode control in crops. New York: Academic Press Australia, 1987. p.447.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMU, N.; BÉLANGER, R. R. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology, London*, v. 41, n. 5, p. 371-375, Nov. 1992.

DUTRA, M. R. Controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp) com silicatos, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FELDMESSER, J. Estimated crop losses from plant parasitic nematodes in the United States. Committee on Crop Losses, Society of Nematologist, Beltsville, USA, 1971.

MARSCHINER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 887 p.

McSORLEY, R. Bibliography of estimated crop losses in the United States due to plant parasitic nematodes. *Annals of Applied Nematology*, Lakeland, v. 1, p. 6-12, 1987.

MENGEL, K. E.; KIRKBY, G. A. Further elements of importance. In: *Principles of plant*. 4. ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. p. 573-588.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 32, n. 2, p. 321-326, June 1986.

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

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

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; BOTELHO, D. M. S. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 185-188, mar./abr. 2004.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon and rice disease management. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.30, n.5, p.457-469, Sept./Oct. 2005.

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

SEEBOLD, K. W. The influence of silicon fertilization on the development and control of blast, caused by *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr, in upland rice. 1998. 230 p. Tese (Ph.D. in Plant Pathology) - University of Florida, Gainesville, FL.

SILVA, L. H. C. P. S.; RESENDE, M. L. V. Resistência induzida em plantas contra patógenos. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. (Ed.). Manejo integrado de doenças e pragas em hortaliças. Lavras, MG: UFLA, 200. 345 p.

SWAIN, B. N.; PRASAD, J. S. Influence of silica content in the roots of rice varieties on the resistance to root-knot nematode. *Indian Journal of Nematology*, New Delhi, v. 18, n. 2, p. 360-361, 1988.

TIHOHOD, D. *Nematologia agrícola aplicada*. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 372p.

ARTIGO 1

Efeito do silicato de cálcio e potássio em fertirrigação no controle de *Meloidogyne incognita**

(Preparado de acordo com as normas da Revista “Nematologia
Brasileira”)

EDUARDO SOUZA FREIRE¹, VICENTE PAULO CAMPOS¹, LUIZ
ANTONIO AUGUSTO GOMES², FERNANDO DA SILVA ROCHA¹,
LILIAN SIMARA ABREU SOARES COSTA¹ & MARIA CLARA
CARLI¹

*Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à
Universidade Federal de Lavras/UFLA para a obtenção do título de
Mestre. Apoio financeiro: FAPEMIG

¹Universidade Federal de Lavras, UFLA, Departamento de Fitopatologia,
C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG, fax (035) 3829-1489. E-mail:
esfreire26@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Lavras, UFLA, Departamento de Fitotecnia,
C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG, fax (035) 3829-1782. E-mail:
laagomes@ufla.br

Artigo aceito em ____ / ____ / 2007.

Resumo: Freire, E.S.; Campos, V.P.; Gomes, L.A.G.; Rocha, F.S.; Costa, L.S.A.S. & M.C. Carli, 2007. Efeito do silicato de cálcio e potássio em fertirrigação no controle de *Meloidogyne incognita*.

Alface cv. Regina 71 foi semeada em bandejas de isopor com substrato contendo dose de 1,6 mL de silicato de potássio; ou 2,0 g de silicato de cálcio, ou 0,32 g de carbonato de cálcio, ou 1,08 g de sulfato de potássio misturado por dm^3 de substrato agrícola Plantmax®, além da testemunha que não recebeu nenhum sal e sendo mantidas em casa de vegetação. Aos 14 dias após a semeadura foi transplantada uma muda por vaso e, aos 19 dias, os vasos foram infestados com 500 juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne incognita*. A cada sete dias após o transplante, metade das repetições foi irrigada com preparado comercial SupaPotássio®, na concentração de $12 \text{ mL} \cdot \text{dm}^{-3}$ água. A avaliação ocorreu dez dias após a inoculação de *M. incognita*. Para os ensaios de campo, alface ou tomate foi também semeado em bandejas de isopor com substrato contendo, para a alface, 0,8; 1,6 ou 3,2 mL de silicato de potássio; ou 1,0; 2,0; ou 4,0 g de silicato de cálcio; e para o tomate 1,0; 2,0 ou 4,0 g de silicato de cálcio, além das testemunhas. A área experimental foi toda plantada com mudas de alface e tomate infestadas por *M. incognita*, quatro meses antes de se estabelecer o ensaio para homogeneizar o inóculo na área. As mudas de tomate e de alface após 14 dias da germinação foram transplantadas para o campo. A parcela foi constituída de oito plantas úteis. Metade delas recebeu silício por fertirrigação a cada sete dias na dose de 0,5 L/há, em plantas de alface e a cada 14 dias na dose de 1,0 L/ha de silicato de potássio, para os tomateiros. Todos os ensaios tiveram as parcelas organizadas em blocos ao acaso, porém, em parcela subdividida. As avaliações aconteceram aos 25 e 50, dias no ensaio com alface e aos 35 dias com tomate. Os silicatos aplicados apenas na semeadura (sem fertirrigação) ou adicionalmente, via fertirrigação em alface em casa de vegetação, causaram redução significativa no número de galhas/g raiz e massa de ovos, comparados com as plantas que não receberam nenhum composto químico. Em campo, com a aplicação via fertirrigação, silicato de cálcio e de potássio em alface reduziram o número total de galhas e de ovos, galhas e ovos por grama de raiz. Já em tomateiros, a maior dose de silicato de cálcio (4,0

g.dm⁻³) reduziu o número de galhas e ovos, comparados às testemunhas e demais doses em fertirrigação ou não.

Palavras-chave: silício, fitonematóides, controle biológico, alface e tomateiro.

Summary: Freire, E.S.; Campos, V.P.; Gomes, L.A.G.; Rocha, F.S.; Costa, L.S.A.S. & M.C. Carli, 2007. Effect of calcium and potassium silicate in fertirrigation to control *Meloidogyne incognita*

Lettuce cultivar Regina 71 was cultivated in seeding trays with substrate containing dose of 1,6 mL of potassium silicate; or 2,0 g of calcium silicate; or 0,32 g of calcium carbonate; or 1,08 g of potassium sulfate mixed in a liter of agricultural substrate Plantmax®, besides the control plants without any salt. The plants were kept in greenhouse. At 14 days after sowing one seedling was transplanted per pot and after 19 days the pots were infested by 500 second stage juveniles (J₂) of *Meloidogyne incognita*. Every 7 days after transplantation half of replicates were irrigated with SupraPotássio® at concentration of 12 mL.dm⁻³ of water. Ten days after inoculation, the number of galls was evaluated. At forty days the number eggs and egg masses of *M. incognita* were also assessed. For field test, the lettuce and tomato were also cultivated in seeding trays with substrate containing, for lettuce, 0,8; 1,6 or 3,2 mL of potassium silicate; or 1,0; 2,0 or 4,0 g of calcium silicate; and, for tomato, 1,0; 2,0 or 4,0 g of calcium silicate besides control. The experimental area was planted with infected seedlings of lettuce or tomato by *M. incognita*, four months before establishing the experiment to standardize the inoculum in the area. The lettuce and tomato seedlings just after germination were transplanted to the field. Each replicate had eight plants and half of them received silicon on fertirrigation every seven days at dose of 0,5 L/ha, for lettuce plants, and every 14 days at dose of 1,0 L/ha of potassium silicates for tomato. Evaluations occurred at 25 and 50 days on the test with lettuce and tomato and 35 days with tomato. The experiment was set up in randomized block design by split plot. On lettuce, the silicates applied only at sowing (without fertirrigation) or at sowing plus fertirrigation in greenhouse caused significant reduction on number of galls and egg masses compared to control plants without application of any chemical. The field test with fertirrigation, calcium and potassium silicates caused reduction of total number of galls and eggs and galls and eggs per gram of lettuce roots. On tomatoes, the highest dose of calcium silicate (4,0 g.dm⁻³) reduced the number of galls and eggs when compared to the control and to the other doses by fertirrigation or not.

Key works: silicate, root-knot nematodes, biocontrol, lettuce, tomato.

Introdução

A produção economicamente viável de alimentos tem sido possível devido à disponibilidade de diversas táticas no controle de fitopatógenos (Brown & Kerry, 1987). Entretanto, os custos na implementação das táticas e os riscos de danos ao meio ambiente limitam seu uso em algumas regiões ou países. Neste grupo destacam-se os nematicidas, os quais, além do alto custo, causam poluição ambiental trazem riscos de contaminação aos aplicadores eo perigo permanência de resíduos nos produtos comercializados. Estes fatores tem levado à busca de alternativas de controle que possam minimizá-los e maximizar os lucros, como a aplicação de silício.

O silício é o segundo elemento mais abundante da natureza, superado apenas pelo oxigênio e representa cerca de 25,7% da crosta terrestre (Raij & Camargo, 1973).

Algumas espécies vegetais absorvem silício em quantidade superior a de alguns macronutrientes (Rodrigues & Datnoff, 2005), sendo preciso descobrir o seu papel além do nutricional. A absorção ocorre na forma de ácido monossilícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$) (Jones & Handreck, 1967), podendo acumular-se nos tecidos das plantas, representando entre 0,1% e 10% da matéria seca das mesmas.

O silício exerce o papel de indutor químico de resistência de plantas, não se constituindo elemento essencial para o crescimento vegetal (Mengel & Kirkby, 1987). Ele reduz a incidência e a severidade de doenças, principalmente em culturas acumuladoras de silício, como é o caso do arroz e cana-de-açúcar (Rodrigues & Datnoff, 2005). Em

patógenos foliares, a aplicação do silício via foliar tem imposto barreira à penetração e à colonização. Wagner (1940) observou relação direta entre a deposição de ácido silícico nos sítios de infecção de míldio e o grau de resistência da planta.

Nas enfermidades causadas por nematóides endoparasitas sedentários, em que o sucesso do parasitismo está associado à formação de células nutridoras, eficazes na alimentação do parasita durante seu ciclo de vida, parte do processo elicitor ou de recepção pela membrana celular da planta ou mesmo todo ele, podem ser alterados pela presença do silício (Hussey & Davis, 2004). Dutra (2004) demonstrou redução do número de galhas e de ovos de *M. exigua* e de *M. javanica* em cafeeiros e tomateiros utilizando silicato de cálcio e potássio.

O uso do silício em forma de silicato pelo agricultor pode ser uma alternativa para diminuir custos e riscos ao meio ambiente no controle de doenças. Contudo, pesquisas precisam ser intensificadas principalmente com fitonematóides. Dessa forma, objetivou-se estudar o efeito de doses de silicato de cálcio e ou potássio, bem como sua aplicação, via fertirrigação, no controle de *M. incognita* em tomate e alface.

Material e Métodos

Efeito da aplicação de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação no controle de *Meloidogyne incognita* em alface, em casa de vegetação

Foi misturado, em substrato agrícola Plantmax®, silicato de cálcio, na dose de $2,0 \text{ g.dm}^{-3}$ de substrato ou silicato de potássio, na dose de $1,6 \text{ mL.dm}^{-3}$ de substrato. As testemunhas receberam dose equivalente de carbonato de cálcio (0,32g) ou sulfato de potássio (1,08g), além de uma que não recebeu nenhum sal. A seguir, as misturas foram colocadas em células de bandeja de isopor com capacidade de 128 unidades e semeadas com alface cv. Regina 71. Após a emergência, fez-se o desbaste deixando-se uma planta por célula. Aos 14 dias após a semeadura, cada muda foi transplantada para o centro de um vaso de PVC com 1 L da mistura areia, solo e esterco (2:1:1) esterilizada, formando a unidade experimental.

Para a inoculação empregaram-se juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne incognita* eclodidos a partir de ovos extraídos de tomateiros (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados em casa de vegetação pela técnica de Hussey & Barker (1973) e colocados em câmara de eclosão em estufa, a 28°C . Os J_2 foram recolhidos depois de 48 e 72 horas, sendo a primeira coleta (24 horas) descartada.

Quinhentos J_2 de *M. incognita* foram inoculados, por muda de alface, por vaso, aos cinco dias após o transplântio. A cada sete dias após o transplântio, metade das repetições, incluindo os tratamentos (silicato de cálcio e potássio) e as testemunhas, foi irrigada com preparado comercial

SupaPotássio®, na concentração de 12 mL/L água, tendo cada vaso recebido 5 mL desta solução. A aplicação foi feita com pipeta automática de 5 mL. A outra metade da parcela não recebeu nenhuma adição de silício após a semeadura.

O ensaio foi estabelecido em blocos ao acaso com duas fontes de silício (silicato de cálcio e potássio), três testemunhas (carbonato de cálcio, sulfato de potássio e sem adição de sais) em parcela subdividida do fator de fertirrigação, com e sem silicato de potássio, com quatro repetições.

Aos 10 dias após a inoculação, quatro vasos de cada tratamento, além das testemunhas, foram colhidos para avaliação do número de galhas e de J_2 dentro das raízes. Para contagem de J_2 , as raízes das mudas foram separadas do substrato em água parada, sendo contado o número de galhas e pesadas. A seguir, foram coloridas por vermelho bordeaux, conforme técnica descrita por Rocha *et al.* 2005, montadas em lâminas de vidro reticulado, sendo estimado, no microscópio de objetiva invertida o número de J_2 dentro da raiz.

Aos 40 dias após a inoculação, foram colhidas raízes dos demais vasos de cada tratamento, lavadas as raízes, avaliados o peso da massa verde, o número de massa de ovos e realizada a coloração de massa de ovos, pela técnica de Rocha *et al.* (2005), tendo sido estimado seu número por sistema radicular. A seguir, as raízes foram cortadas em pedaços de 0,5 cm e foram extraídos os ovos, de acordo com a técnica de Hussey & Barker (1973). O número de ovos em caixa de contagem foi estimado em microscópio de objetiva invertida.

Na análise dos dados, empregou-se o programa Sisvar, versão 4.6. As médias foram comparadas, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de *Meloidogyne incognita* em alface, em campo

Na Fazenda Palmital, da empresa HortiAgro, em Ijaci, MG, foram formados canteiros com 1,20 m de largura e 30 m de comprimento e demarcadas as parcelas de 1,5 m por 1,20 m. Em todas as parcelas, mudas de alface produzidas em bandejas de isopor e inoculadas com 500 J₂/célula de *M. incognita* foram plantadas no espaçamento de 30 cm entre plantas, quatro meses antes do estabelecimento do experimento, visando à homogeneização e à manutenção do inóculo na área.

Antes da instalação do experimento produziram-se mudas de alface a partir da semeadura da cultivar Regina 71 em bandejas de isopor de 128 células com substrato agrícola misturado com as doses de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL de silicato de potássio, ou 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g de silicato de cálcio, ou 1,08 g de sulfato de potássio, ou 0,32 g de carbonato de cálcio.

Na instalação do ensaio, as covas foram abertas com 30 cm de distância e transplantada uma muda de alface com 14 dias a partir da semeadura e do tratamento das dosagens estabelecidas. Cada parcela continha 20 mudas e foi dividida constituindo a unidade experimental, com 10 plantas, sendo quatro plantas úteis. Metade da parcela recebeu silicato de potássio (SupaPotássio®) na fertirrigação a cada sete dias, na

dose de 0,5 L/ha. A outra metade não recebeu nenhuma aplicação de silício após o transplântio.

As parcelas foram organizadas em blocos ao acaso, porém subdivididas com quatro repetições.

Aos 25 dias após o transplântio em cada subparcela, foram colhidos dois sistemas radiculares, lavados em baldes com água cuidadosamente. A seguir, foi obtido o peso da massa verde da raiz e contado o número de galhas.

Aos 50 dias após o transplântio, foram colhidos os outros dois sistemas radiculares da subparcela. As raízes foram lavadas em água parada sendo avaliado o peso do sistema radicular. A seguir, as raízes foram cortadas em pedaços de 0,5 cm e os ovos foram extraídos pela técnica de Hussey & Barker, 1973. No microscópio de objetiva invertida, foi estimado o número de ovos por sistema radicular, em caixa de contagem.

Na análise dos dados também se usou o programa Sisvar versão 4.6 e as médias foram agrupadas e diferenciadas pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão polinomial.

Efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação no controle de *Meloidogyne incognita* em tomateiro no campo

O experimento foi também montado na Fazenda Palmital da empresa HortiAgro (Ijaci – MG). Foram feitos canteiros de 30 m de

comprimento por 1,20 m de largura e plantadas mudas de alface infestadas com *M. incógnita*, em covas espaçadas de 0,60 cm.

As mudas de tomate foram produzidas a partir da sementeira em bandejas de isopor de 72 células com substrato agrícola misturado com doses de 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g de silicato de cálcio ou 0,32 g de carbonato de cálcio.

Covas foram abertas e adubadas com fertirrigação e, em cada uma, foi colocada uma muda de tomate com 21 dias a partir da sementeira em substrato misturado com a dose do tratamento equivalente. Cada parcela continha 14 mudas, sendo oito delas consideradas parcela útil. A parcela foi dividida constituindo-se a unidade experimental com quatro plantas úteis. Metade da parcela recebeu o preparado comercial SupraPotássio® dissolvido em água à base de silicato de potássio, a cada 14 dias, na concentração de 1 L/ha. A outra metade não recebeu nenhuma aplicação de silício após o transplante.

As parcelas foram organizadas em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas para o fator fertirrigação com silicato de potássio com quatro repetições.

Aos 35 dias após o transplante, em cada subparcela foram colhidas amostras de duas plantas de cada tratamento. Foi avaliado o peso da massa verde das raízes, extraídos os ovos pela técnica de Hussey & Barker, 1973 e estimado o número de ovos por sistema radicular.

Os dados foram analisados pelo mesmo programa empregado no ensaio anterior e as médias diferenciadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão polinomial.

Resultados e Discussão

Efeito da aplicação de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de *Meloidogyne incognita* em alface, em casa de vegetação

Aos 10 dias após a inoculação de *M. incognita*, os produtos aplicados apenas na semeadura (sem fertirrigação), ou adicionalmente via fertirrigação, promoveram redução significativa no número de galhas em alface, nos tratamentos com silicato de cálcio (Ca1) e de potássio (K1), em comparação com as plantas que não receberam nenhum composto químico (testemunhas- Ca0 e K0). A aplicação de sulfato de potássio (TK) com ou sem fertirrigação não diminuiu o número de galhas. Contudo, a aplicação de carbonato de cálcio (TCa) reduziu o número de galhas na mesma intensidade ($P \leq 0,05$) comparado com Ca1, com ou sem fertirrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de silicato de potássio (K1) e de cálcio (Ca1), carbonato de cálcio (TCa), sulfato de potássio (TK), comparados com a testemunha (sem adição de qualquer sal – Ca0 e K0), aos 10 dias após a inoculação, no número de galhas de *Meloidogyne incognita*, por grama de raiz de alface com aplicação adicional de silicato de potássio, por fertirrigação ou não.

Tratamentos	Com Fertirrigação	Sem Fertirrigação
TK	25,54 d	29,98 c
TCa	15,61 b	11,90 a
Ca0	21,30 c	23,64 b
Ca1	17,47 b	13,84 a
K0	21,30 c	23,64 b
K1	9,10 a	12,60 a
CV (%)	8,30	8,21

Médias seguidas por letras distintas em coluna diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

O número de J₂ dentro das raízes não diferiu entre os tratamentos.

Na reprodução de *M. incognita* em alface avaliada aos 40 dias após a inoculação, o número de ovos totais e ovos por grama de raiz de alface foram mais baixos ($P \leq 0,05$) quando se aplicou Ca1 ou K1 (com fertirrigação) em comparação com os demais tratamentos. A aplicação de carbonato de cálcio (TCa) não diminuiu o número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular, comparado com Ca1 ou Ca0 (Tabela 2). Quando se avaliou massa de ovos por sistema radicular de alface ocorreu interação significativa, porém, sempre nas plantas que receberam Ca1 e

K1 com ou sem fertirrigação, a redução do número de massa de ovos foi significativamente maior, quando comparada a todos os demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 2. Efeito de silicato de potássio (K1) e de cálcio (Ca1), carbonato de cálcio (TCa), sulfato de potássio (TK), comparados com a testemunha (sem adição de qualquer sal – Ca0 e K0), no número total de ovos de *Meloidogyne incognita* e ovos por grama de raiz de alface, aos 40 dias após a inoculação.

Tratamentos	Ovos/Sistema radicular	Ovos/g raiz
TK	2800,00 c	57,32 d
TCa	1418,75 b	30,20 b
Ca0	1500,00 b	40,98 c
Ca1	716,25 a	14,12 a
K0	1500,00 b	40,98 c
K1	1000,00 a	20,05 a
CV(%)	17,10	10,54

Médias seguidas por letras distintas diferem em coluna entre si, pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Efeito de silicato de potássio (K1) e de cálcio (Ca1), carbonato de cálcio (TCa), sulfato de potássio (TK), comparados com a testemunha

(sem adição de qualquer sal – Ca0 e K0) no número de massa de ovos de *Meloidogyne incognita* por sistema radicular de alface com aplicação adicional de silicato de potássio, por fertirrigação ou não, aos 40 dias após a inoculação.

TRATAMENTOS	COM	SEM
	FERTIRRIGAÇÃO	FERTIRRIGAÇÃO
TK	10,75 b	11,25 b
TCa	10,37 b	11,00 b
Ca0	14,00 c	15,75 c
Ca1	4,12 a	3,25 a
K0	14,00 c	15,75 c
K1	5,37 a	3,75 a
CV (%)	20,25	24,62

Médias seguidas por letras distintas em coluna diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

O mesmo número de J₂ dentro de raízes, em todos os tratamentos e testemunhas, indica que a penetração não é afetada pelo silicato. Dutra, 2004, também não encontrou diferenças na penetração de J₂ entre plantas de feijoeiros inoculadas com *M. incognita* ou *M. javanica* tratadas com silicato de cálcio, quando comparadas com a testemunha (sem silício). Entretanto, ao que tudo indica, a formação do sítio de alimentação, provavelmente, é afetada pelo silicato de cálcio e de potássio, já que o número de galhas foi reduzido aos 10 dias após a inoculação (Tabela 1).

A reprodução de *M. incognita* foi reduzida pela aplicação de silicatos de cálcio e potássio (Tabelas 2 e 3). Desta forma, ao que tudo

indica, o silício afeta o desenvolvimento pleno das células gigantes possibilitando à fêmea menor acesso aos nutrientes necessários à sua reprodução. Os mecanismos pelos quais o silício pode conferir resistência à determinada doença podem ser barreiras estruturais, como o acúmulo desse elemento na parede das células da epiderme (Epstein, 1999) ou por ativar barreiras químicas e bioquímicas da planta (Bélanger *et al.*, 2003; Rodrigues *et al.*, 2003). Botelho *et al.*, 2005, trabalhando com silicato de cálcio, encontraram redução da intensidade de cercosporiose em mudas de cafeeiro.

A aplicação de cálcio sob a forma de carbonato de cálcio também reduziu a formação de galhas (Tabela 1). O cálcio entra na formação da parede celular aumentando sua rigidez, podendo prevenir desordens fisiológicas na planta (Rains, 1976; Christiansen & Foy, 1979). Em frutos, o cálcio tem um papel especial na manutenção da estrutura da parede celular, pois interage com a pectina, formando pectato de cálcio, proporcionando uma textura mais firme (Poovaiah, 1986). Nas raízes de alface, o cálcio pode ter concorrido para a formação de paredes nas células sincíticas induzidas pelo J₂, reduzindo o número de células sem parede celulares, que formam as galhas.

Efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio e de potássio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de *Meloidogyne incognita* em alface em campo

Apenas os tratamentos que receberam aplicação adicional de silicato via fertirrigação apresentaram diferenças significativas. Nestes casos, para todas as doses de silicato de cálcio e de potássio aplicadas na semeadura, houve redução ($P \leq 0,05$) do número total de galhas e de galhas por grama de raiz de alface, aos 25 dias após o transplante, em relação às plantas que não receberam silicato (Figuras 1 e 2). Entretanto, a maior dose de cálcio ($4 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ substrato) aumentou o número total de galhas e galhas/g raiz, comparada à dose de $2,0 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ de substrato (Figuras 1A e 1B), o que não aconteceu com as doses de silicato de potássio utilizadas (Figura 2A e 2B).

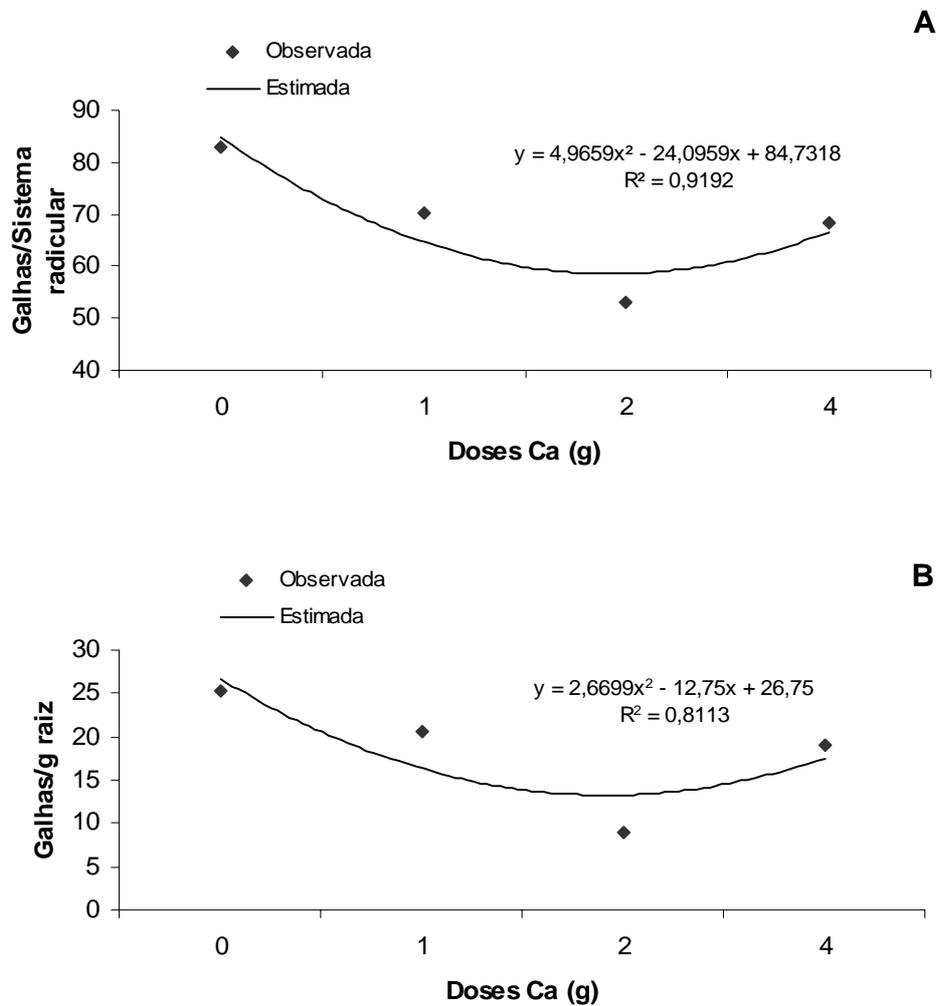


Figura 1. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) no número total de galhas (A) e galhas por grama (g) de raiz (B) de alface fertirrigadas com silicato de potássio, comparadas com a testemunha aos 25 dias após o transplântio no campo.

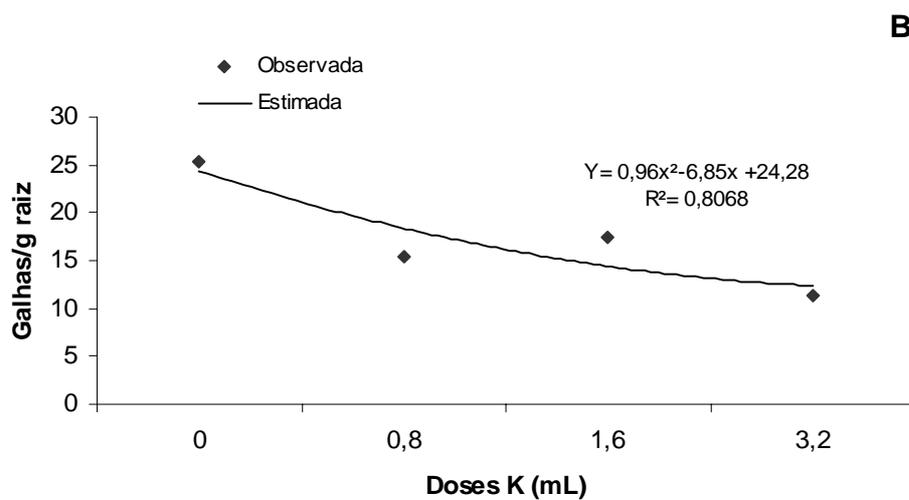
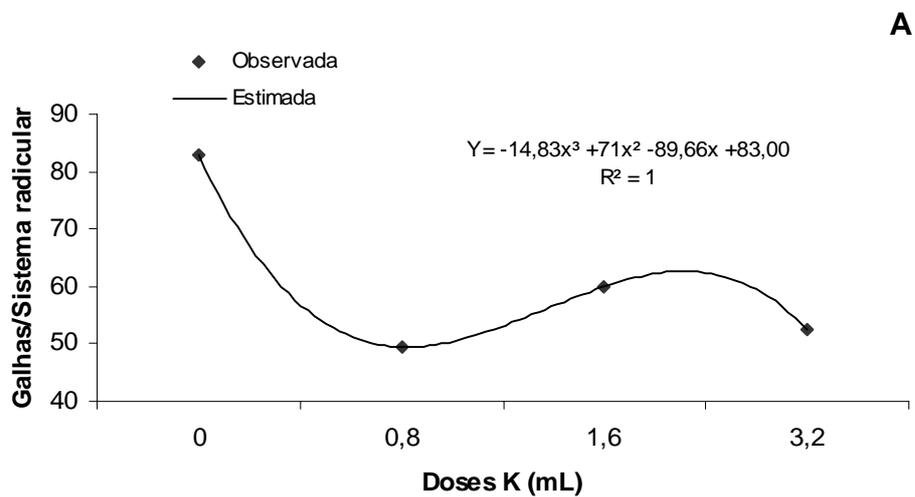


Figura 2. Efeito de doses de silicato de potássio (K) no número total de galhas (A) e galhas por grama (g) de raiz (B) de alfaces fertirrigadas com silicato de potássio, comparadas com a testemunha aos 25 dias após o transplântio no campo.

Na reprodução de *M. incognita* avaliada aos 50 dias após o transplântio, também apresentaram diferenças significativas apenas os tratamentos que receberam silicato adicionalmente, via fertirrigação. Para todas as doses de silicato de cálcio e potássio aplicadas na semeadura, houve redução ($P \leq 0,05$) do número total de ovos e ovos/g raiz, sendo a dose de silicato de potássio de $3,2 \text{ mL.dm}^{-3}$ e a de cálcio de $2,5 \text{ g.dm}^{-3}$ de substrato as melhores (Figuras 3 e 4). Entretanto, a dose mais elevada de silicato de cálcio ($4,0 \text{ g.dm}^{-3}$) aumentou o número total de ovos e ovos/g raiz, comparada com a dose 2 g.dm^{-3} (Figura 3A e 3B).

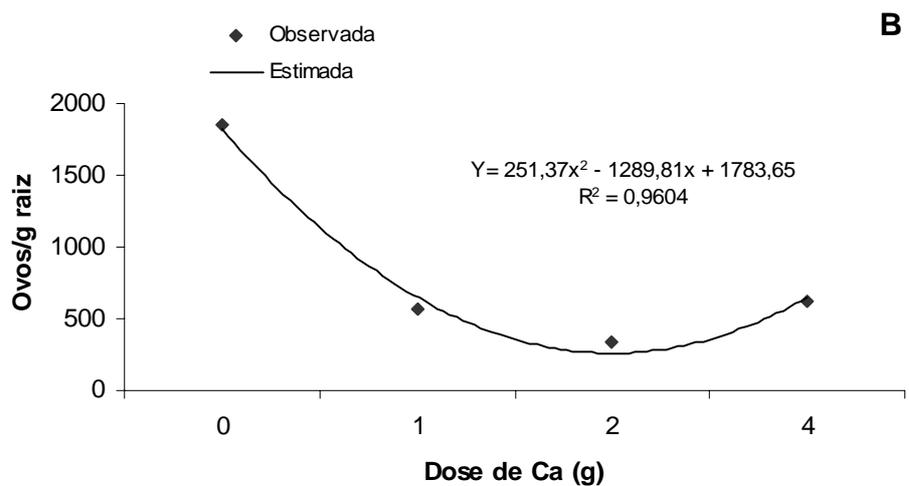
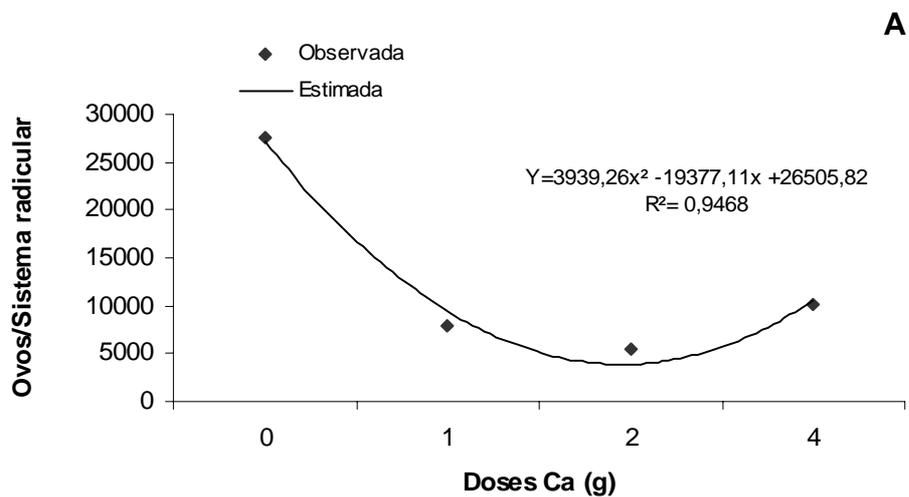


Figura 3. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) no número total de ovos (A) e ovos por grama (g) de raiz (B) de alface aos 50 dias após o transplante, com aplicação adicional de silicato de potássio por fertirrigação, comparadas com a testemunha.

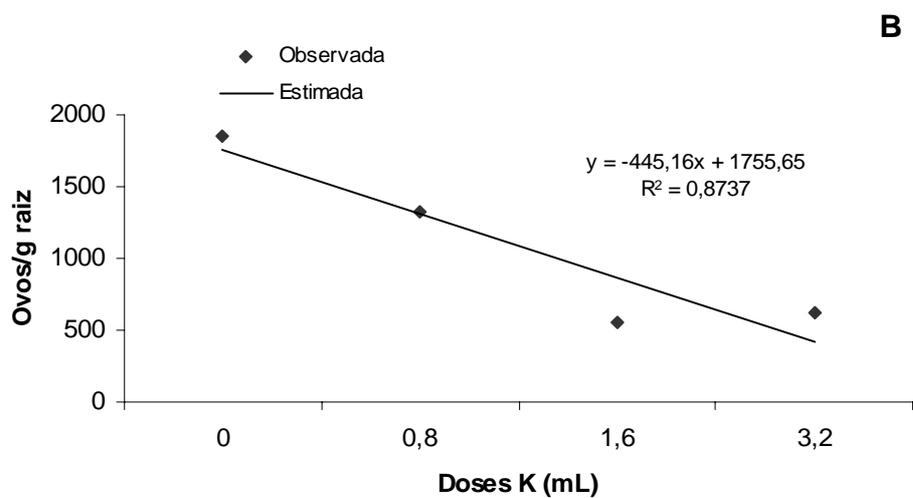
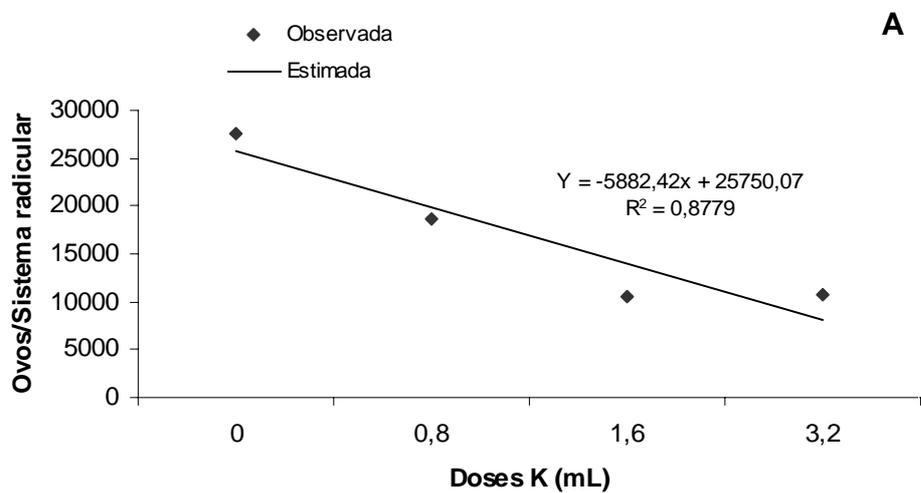


Figura 4. Efeito de doses de silicato de potássio (K) no número total de ovos (A) e ovos por grama (g) de raiz (B) de alface, aos 50 dias após o transplântio, com aplicação adicional de silicato de potássio por fertirrigação, comparadas com a testemunha.

A redução de galhas e de ovos de *M. incognita* por ambas as fontes (Ca e K) que receberam silício via fertirrigação (Figuras 1, 2, 3 e 4), demonstra ser necessária uma reaplicação do produto no campo, devido à perda por lixiviação ou pelo próprio crescimento da planta (há a necessidade de suplementação por ser um elemento estrutural na planta, portanto, imóvel), demandando maior quantidade de silício.

O aumento do número de galhas e galhas/g raiz, ovos e ovos/g raiz na última dose de silicato de cálcio demonstra uma provável fitotoxidez do produto, causando redução no sistema radicular ou danos as raízes novas, diminuindo os locais de infecção pelo nematóide e o total de silício absorvido pela planta (Figuras 1 e 2). Resultado semelhante foi encontrado por Dutra (2004), avaliando galhas e ovos por sistema radicular em tomateiros tratados com $4,0 \text{ g.dm}^{-3}$ de substrato silicato de cálcio em casa de vegetação.

A redução do número de galhas e de ovos de *M. incognita* na alface no campo (Figuras 1A, 2A, 3A e 4A) demonstra que o sinal veiculado na substância excretada pelo J₂ entre a parede e a membrana celular, no momento do parasitismo da célula, não foi totalmente ou parcialmente traduzido pela planta. Assim afetou a disponibilidade de nutrientes dentro da célula sincítica, ou mesmo, não formou algumas células gigantes. Em doenças causadas por fungos em plantas, os silicatos também têm reduzido a incidência e/ou severidade das enfermidades. Samuels *et al.* (1991) trabalhando com pepino, demonstraram redução do crescimento das colônias de oídio com aplicação de 100 mg.kg^{-1} de silicato de potássio. Pozza *et al.* (2004), em testes para controle da cercosporiose em plantas de café (var. Catuaí) tratadas com silicato de

cálcio, na dose de 1,0 g/kg de substrato, constataram redução de 63,2% nas folhas lesionadas e de 43% no total de lesões por planta, em relação à testemunha.

Efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio na semeadura e de silicato de potássio na fertirrigação, no controle de *Meloidogyne incognita* em tomateiros no campo

Apenas a maior dose de silicato de cálcio (4,0 g.dm⁻³) reduziu (P≤0,05) o número de galhas de *M. incognita*, comparada com as testemunhas (TCa e Ca0) e demais doses em fertirrigação ou não (Tabela 4 e Figura 5).

Tabela 4. Efeito de silicato de cálcio (Ca) e carbonato de cálcio (TCa), comparados com a testemunha (sem adição de qualquer sal – Ca0), no número de galhas de *Meloidogyne incognita* por sistema radicular de raiz de tomateiro, com aplicação adicional de silicato de potássio, por fertirrigação ou não.

Tratamentos	Com Fertirrigação	Sem Fertirrigação
Ca0	668,50 c	331,25 b
Ca dose 1,0 g	607,25 c	353,25 b
Ca dose 2,0 g	369,25 b	335,25 b
Ca dose 4,0 g	263,00 a	250,25 a
TCa	362,25 b	486,00 c
CV (%)	20,82	20,89

Médias seguidas por letras distintas em coluna diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

Na reprodução de *M. incognita*, a maior dose de silicato de cálcio, 4,0 g.dm⁻³, reduziu o número de ovos por sistema radicular apenas quando o silicato de potássio foi aplicado pela fertirrigação, em comparação com as demais doses. Em parcelas sem fertirrigação, todas as doses diferiram das testemunhas, mas não entre si (Tabela 5 e Figura 6).

Tabela 5. Efeito de silicato de cálcio (Ca) e carbonato de cálcio (TCa), comparados com a testemunha (sem adição de qualquer sal – Ca0) no número de ovos de *Meloidogyne incognita*, por sistema radicular de tomateiro com aplicação adicional, por fertirrigação ou não.

Tratamentos	Com Fertirrigação	Sem Fertirrigação
Ca0	23841,25 b	52400,00 b
Ca dose 1,0 g	67062,50 d	44705,00 a
Ca dose 2,0 g	35335,00 c	39800,00 a
Ca dose 4,0 g	12190,00 a	37338,75 a
TCa	67700,00 d	53183,50 b
CV (%)	10,60	11,19

Médias seguidas por letras distintas em coluna diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

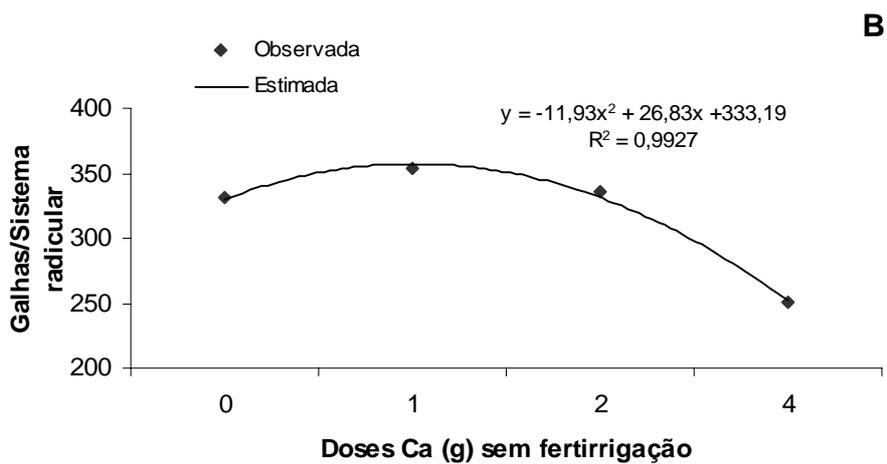
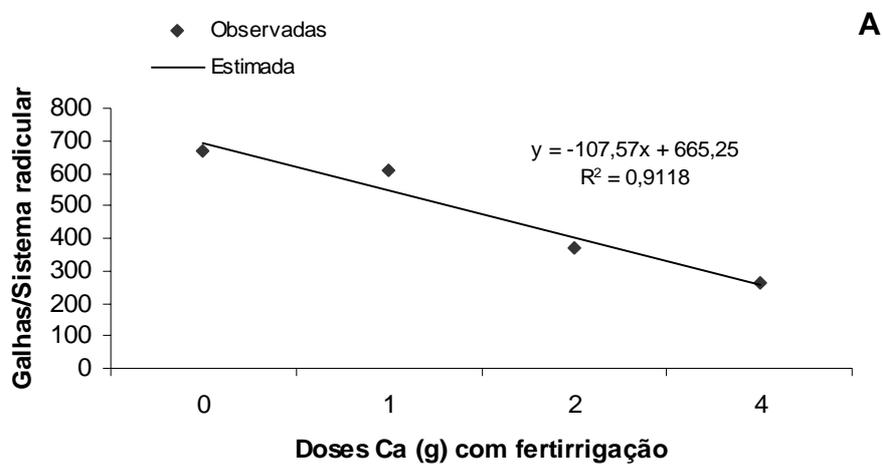


Figura 5. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) no número total de galhas por sistema radicular em tomateiros, com aplicação adicional de silicato de potássio, por fertirrigação (A) ou não (B), comparados com a testemunha (dose zero).

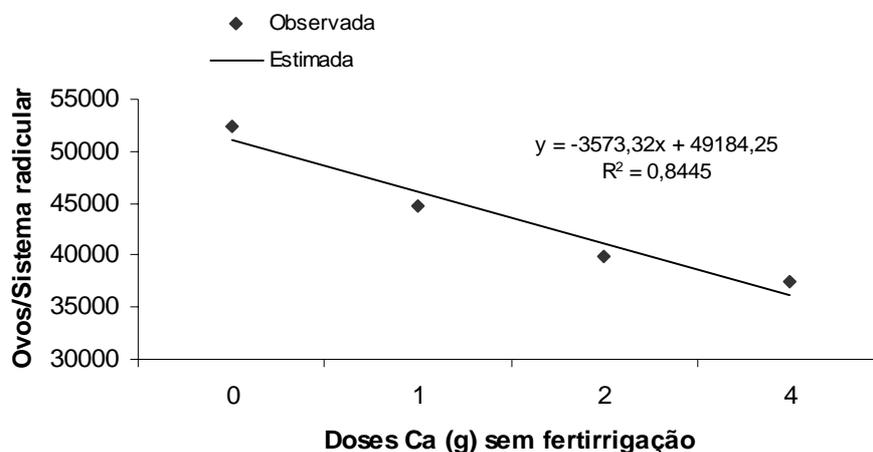


Figura 6. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) no número total de ovos por sistema radicular em tomateiros, sem aplicação adicional de silicato por fertirrigação, comparados com a testemunha (dose zero).

O tomateiro é excelente hospedeiro para *M. incognita* sendo empregado na produção de inóculo para pesquisas, proporcionando assim maior sucesso na infectividade do J₂ nos seus tecidos. Apenas a dosagem mais elevada proporcionou efeito significativo na redução de galhas e ovos de *M. incognita* via fertirrigação (Tabelas 4 e 5). Por outro lado, o efeito significativo das três doses testadas de silicato de cálcio sem fertirrigação, na reprodução de *M. incognita* (Tabela 5), decorreu da maior reprodutividade na testemunha, mas a redução no número de galhas só ocorreu na maior dose, acompanhada pela fertirrigação.

Dessa forma, na cultura do tomateiro no campo, apenas a dose de silicato de cálcio 4,0 g.dm⁻³ de substrato aplicado na semeadura e, adicionalmente, via fertirrigação deve ser recomendada.

Literatura Citada

BÉLANGER, R. R.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G. Mineral nutrition in the management of plant diseases. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, p. 402-412, 2003.

BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 582-588, nov. /dez. 2005.

BROWN, R. H.; KERRY, B. R. Principles and practice of nematode control in crops. New York: Academic Press Australia, 1987. p. 447.

CHRISTIANSEN, M. N.; FOY, C. D. Fate and function of calcium in tissue. **Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 10, n. 1/2, p. 427-442, 1979.

DUTRA, M. R. **Controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne spp*) com silicatos, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum Mill*) e cafeeiro (*Coffea arabica L.*)**. 2004 110 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

HUSSEY, R. S.; DAVIS, E. L. Nematode esophageal glands and plant parasitism. In: CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. **Nematology, advances and perspectives**. 2004. v. 1, p. 258.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. , including a new technique. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 57, n. 12, p. 1025-1028, 1973.

MENGEL, K. E.; KIRKBY, G. A. Further elements of importance. In: **Principles of plant**. 4. ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. p. 573-588.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; BOTELHO, D. M. S. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 185-188, mar. /abr. 2004.

POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 16, n. 1, p. 86-89, Jan. 1986.

RAIJ, B. Van; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 32, n. 11, p. 223-236, jul. 1973.

RAINS, D. W. Mineral metabolism. In: BONNER, J.; VARNER, J. E. **Plant biochemistry**. New York: Academic Press, 1976. p. 561-597.

ROCHA, F. S.; MUNIZ, M. F. S.; CAMPOS, V. P. Coloração de fitonematóides com corantes usados na indústria alimentícia brasileira. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 293-297, dez. 2005.

RODRIGUES, F. A.; BENHAMOU, N.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; BÉLANGER, R. R. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, n. 5, p. 535-546, May 2003.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon and rice disease management. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 457-469, Sept. /Oct. 2005.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 4, n. 5, p. 485-492, June 1991.

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

WAGNER, H. K. Die Bedeutung der Kieselsäure für das Wachsthum einiger Kulturpflanzen, ihren Nährstoffhaushalt und ihre Anfälligkeit gegen echte Mehltaupilze. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 12, p. 427-479, 1940.

ARTIGO 2

Efeito do silicato de potássio e cálcio no controle de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* em alface e pepino em casa de vegetação*

(Preparado de acordo com as normas da revista Summa
Phytopathologyca)

Eduardo Souza Freire^{1,2}, Vicente Paulo Campos², Luiz Antônio Augusto
Gomes³, Lílian Simara Abreu Soares Costa², Alex Oliveira Botelho², &
Renata Canuto²

*Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à
Universidade Federal de Lavras/UFLA para a obtenção do título de
Mestre.

¹ Bolsista da FAPEMIG

² Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, C.P.
3037, CEP 37200-000, Lavras, MG. E-mail: esfreire26@yahoo.com.br

³ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, C.P. 3037,
CEP 37200-000, Lavras, MG,. E-mail: laagomes@ufla.br

Data de chegada: .../.../2007. Aceito para publicação em: .../.../....

Autor (a) para correspondência: Eduardo Souza Freire.

RESUMO

Freire, E.S.; Campos, V.P.; Gomes, L.A.G.; Costa, L.S.A.S.; Botelho, A.O. & Canuto, R. 2007. Efeito do silicato de potássio e cálcio no controle de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incógnita*, em alface e pepino, em casa de vegetação. **Summa Phytopathologica**.

Em substrato agrícola contendo dose de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL de silicato de potássio; ou 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g de silicato de cálcio foi semeado pepino cv. Caipira, em bandejas de isopor de 128 células. Aos dez dias após a semeadura, foi transplantada uma muda por vaso contendo mistura de solo e areia (2:1). Aos 15 dias, os vasos foram infestados com 500 juvenis do segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne incognita* ou *M. javanica* e, aos 55 dias, avaliaram-se número de galhas e ovos. Já na alface cv. Regina 71 utilizaram-se as mesmas dosagens do silicato de cálcio e potássio, tendo como testemunhas adicionais a aplicação de 0,32 g de carbonato de cálcio, ou 1,08 g de sulfato de potássio. Aos 14 dias após a semeadura as mudas foram transplantadas e, aos 19 dias, receberam 500 J₂ de *M. incognita* por vaso. A avaliação ocorreu 40 dias após a inoculação, estimando-se o número de galhas por

sistema radicular. Todos os ensaios tiveram delineamento inteiramente casualizado. Para o ensaio *in vitro*, 150 J₂ de *M. incognita* foram colocados em placas de Petri contendo silicato de potássio na dose de 0,8; 1,6; 3,2 ou 6,4 mL.dm⁻³ de água, além da água como testemunha. Vinte e quatro e 48 horas depois foram avaliadas a mobilidade e a mortalidade dos J₂. As plantas de pepino apresentaram redução no número de galhas e de ovos de *M. javanica* quando tratadas com silicato de cálcio e potássio. O silicato de potássio na maior dose (3,2 mL) diminuiu o número de galhas/sistema radicular e todas as doses diminuíram o número de ovos de *M. incognita*. O silicato de cálcio aplicado, em pepino nas doses de 1,0 e 2,0 g, diminuiu o número total de galhas e ovos de *M. incognita*. No ensaio com alface, as três doses de silicato de cálcio, quando comparadas com a testemunha, reduziram o número de galhas de *M. incognita*, por sistema radicular. Já a aplicação de silicato de potássio apenas reduziu o número de galhas nas doses de 0,8 e 1,6 mL.dm⁻³. Nos testes *in vitro*, apenas as maiores doses de silicato de potássio (3,2 e 6,4 mL) reduziram o número de J₂ móveis, contudo, nenhuma dose aplicada causou mortalidade.

Palavras-chave: silício, nematóides de galhas, controle biológico.

ABSTRACT

Freire, E.S.; Campos, V.P.; Gomes, L.A.G.; Costa, L.S.A.S.; Botelho, A.O. & Canuto, R. 2007. Effect of potassium and calcium silicates on the control of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* of lettuce and cucumber in greenhouse. *Summa Phytopathologica*.

Agricultural substrate containing dose 0; 0,8; 1,6 or 3,2 mL of potassium silicate; or 0; 1,0; 2,0 or 4,0 g of calcium silicate was sowed with cucumber cv. Caipira in seeding trays with 128 cells. At 10 days after sowing one seedling was transplanted per pot. At 15 days, each pot was infested with 500 second stage juveniles (J₂) of *M. incognita* or *M. javanica*, and at 55 days, were evaluated, number of galls and eggs. On lettuce cv. Regina 71 assay were used the same dosage of calcium and potassium silicates having as additional control the application of 0,32 g of calcium carbonate, or 1,08 g of potassium sulfate. At 14 days after sowing, the seedlings were transplanted. Nineteen days later, the seedlings were inoculated with 500 J₂ of *M. incognita* per pot. The evaluation occurred 40 days after inoculation by estimating the number of galls per root system. All experiments were randomized designed. For *in*

in vitro test 150 J₂ of *M. incognita* were placed in Petri dish containing potassium silicate at dosage of 0,8; 1,6; 3,2 or 6,4 mL per L of water, besides water as control. At 24 and 48 hours later the mobility and mortality of J₂ were evaluated. Cucumber plants showed reduction on number of galls and eggs of *M. javanica* when treated with calcium and potassium silicates. Only the highest dose of 3,2 mL of potassium silicate decreased the total number of galls per root system of *M. incognita* roots but all doses reduced egg number. Calcium silicate applied in cucumber at doses of 1,0 and 2,0 g decreased the total number of galls and eggs of *M. incognita*. On lettuce, three doses of calcium silicate reduced the total number of galls of *M. incognita* when compared to control. When potassium silicate was applied only the dose of 0,8 e 1,6 mL.dm⁻³ reduced the total number of galls of *M. incognita* in lettuce. *In vitro* tests, only higher doses of potassium silicate, 3,2 and 6,4 mL.dm⁻³, reduced the number of mobile J₂, but none caused mortality.

Key works: silicon, root knot nematodes, biocontrol.

Os nematóides habitam a Terra há milhões de anos, constituindo uma das mais antigas formas de vida existentes neste planeta e desenvolvendo diversificado hábito alimentar. Nesse grupo destacam-se os fitoparasitas, que causam perdas de, aproximadamente, 12,3% na produção agrícola, podendo chegar a 100 bilhões de dólares no mundo (Sasser & Freckman, 1987), o que se traduz em prejuízos para o produtor e elevação dos preços para o consumidor.

Apesar de não constituir elemento essencial para o crescimento vegetal (Mengel & Kirkby, 1987; Fawe *et al.*, 1998, Rodrigues *et al.*, 1998), o silício tem sido estudado no controle de muitas doenças fúngicas e em diversas culturas (Berni, 2001; Berni & Prabhu, 2003; Pozza *et al.*, 2004; Seebold *et al.*, 2004; Botelho *et al.*, 2005; Moraes *et al.*, 2006). A eficiência do controle de doenças nas plantas parece ser maior nas plantas acumuladoras de silício, como arroz (Datnoff *et al.*, 1991; Datnoff *et al.*, 1997). Swain & Prasad, (1988) observaram, em cultivares de arroz resistentes a *Meloidogyne graminicola*, maior acúmulo de sílica nos seus tecidos em crescimento, o que não ocorria em cultivares susceptíveis. A aplicação de silício aumentou a resistência do arroz contra brusone, além

de ter aumentado a qualidade e a quantidade dos grãos na colheita (Seebold *et al.*, 2000).

No Brasil, Dutra (2004) estudou o efeito do silício no controle de *M. exigua* do cafeeiro e *M. incognita* e *M. javanica* em plantas de feijão e tomate, não observando impedimento à penetração do juvenil do segundo estágio (J₂), mas sim na redução de galhas e ovos.

A forma de silício que a planta absorve é o ácido monossilícico (Jones & Handreck, 1967). As pesquisas sobre a aplicação de silício em plantas têm sido feitas com silicatos porque são mais finos, otimizando a absorção. Datnoff *et al.* (1991) afirmam que quanto menor a textura do material (silicato), maior a absorção do silício pela folha e menor a severidade da brusone e da mancha parda no arroz irrigado.

A eficácia do silício ainda precisa ser investigada no controle de fitonematóides em várias culturas. Dessa forma, objetivou-se, neste trabalho estudar o efeito de silicato de potássio na mobilidade e mortalidade de J₂ de *M. incognita*, além do efeito de diversas doses de silicato de cálcio e ou potássio no controle dos nematóides de galhas em alface e pepino, em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em pepino em casa de vegetação

Foram misturadas doses de silicato de potássio de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL.dm⁻³; ou silicato de cálcio 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g.dm⁻³ de substrato agrícola Plantmax®, constituindo oito tratamentos. Este substrato foi colocado em bandejas de isopor de 128 células e nele foi semeado pepino cv. Caipira. Dez dias após a semeadura, cada muda foi transplantada para vasos plásticos de 1 L, contendo substrato constituído de solo, areia e esterco (2:1:1). O experimento foi conduzido em casa de vegetação e organizado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições para cada tratamento.

Os J₂ foram obtidos a partir de tomateiros (*L. esculentum* cv Kada) cultivados em casa de vegetação por 3 meses e infestados com cultura pura de *M. incognita* ou *M. javanica*. As raízes foram lavadas cuidadosamente e cortadas em pedaços de 1 cm. A seguir, foram trituradas em liquidificador, por 20 segundos, em solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, seguindo-se a técnica de Hussey & Barker (1973),

modificada por Boneti & Ferraz (1981). O clareamento da suspensão de ovos foi feito colocando-se, aproximadamente 3g, de caulim por tubo, de acordo com a técnica de Coolen & D'Herde (1972). Os ovos retidos na peneira de 0,025 mm foram recolhidos em béquer de 200 mL, utilizando-se pisseta contendo água destilada. Para a obtenção dos J₂, utilizou-se uma câmara de eclosão formada com tela e papel de espessura fina, colocados num funil de vidro esterilizado a 28°C. Os J₂ foram recolhidos depois de 48 e 72 horas, sendo a primeira coleta de 24 horas descartada.

Cinco dias após o transplântio, cada planta recebeu a inoculação de 500 J₂ de *M. incognita* ou *M. javanica*.

Aos quarenta dias posteriores à inoculação, as plantas foram retiradas dos vasos e separadas a parte aérea do sistema radicular. As raízes foram lavadas em água parada e foi contado o número de galhas. A seguir, as raízes foram cortadas em pedaços de 0,5 cm e colocadas em solução 1% de hipoclorito e extraídos os ovos de acordo com a técnica de Hussey e Barker (1973). O número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular foi estimado em microscópio de objetiva invertida.

A análise estatística do experimento foi realizada no programa Sisvar, versão 4.6, do qual foi obtida análise de variância e, na

comparação das médias, utilizou-se o teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão polinomial.

Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio aplicados na semeadura no controle de *Meloidogyne incognita* em alface em casa de vegetação

As mudas de alface foram produzidas a partir da semeadura da cultivar Regina 71, em bandejas de isopor de 128 células com substrato agrícola Plantmax® misturado com as doses de 0; 0,8; 1,6; ou 3,2 mL de silicato de potássio ou 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g de silicato de cálcio. As testemunhas receberam dose equivalente de carbonato de cálcio (0,32g) ou sulfato de potássio (1,08g). Após a germinação, fez-se o desbaste, deixando-se uma planta por célula. Aos 14 dias após a semeadura, cada muda foi transplantada para o centro de um vaso de PVC com 1 L da mistura constituída de areia e solo (2:1), formando a unidade experimental. O experimento foi montado na casa de vegetação do Laboratório de Nematologia da UFLA e organizado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições para cada tratamento. Cinco dias

após o transplântio, as plantas receberam 500 J₂ de *M. incognita* oriundos de ovos obtidos de tomateiros infestados e cultivados em casa de vegetação.

Aos 40 dias após a inoculação, avaliou-se o número de galhas por sistema radicular.

Na análise dos dados, também se usou o programa Sisvar versão 4.6 e as médias foram agrupadas e diferenciadas pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão polinomial.

Efeito de silicato de potássio na mobilidade e na mortalidade de juvenis do segundo estágio (J₂) *Meloidogyne incognita*

Para a obtenção dos J₂ de *M. incognita* utilizou-se câmara de eclosão, sendo os mesmos recolhidos após 48 e 72 horas. A seguir, o número de J₂ foi estimado em microscópio de objetiva invertida. Com pipeta automática de 5 mL, 150 J₂ foram colocados em placas de Petri contendo silicato de potássio, nas doses de 0,8; 1,6; 3,2 ou 6,4 mL/L de água, e em água como testemunha. O ensaio foi organizado em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. As placas

com a suspensão de nematóides em água e ou silício foram armazenadas em estufa, a 28°C, 80% de umidade e fotoperíodo de 12 horas. Após 24 horas, avaliou-se a mobilidade dos nematóides. Foram considerados inativos os J₂ que apresentavam o corpo retilíneo ou retorcido. Em seguida, foram vertidos sobre peneira de 0,025 mm, lavados e recolhidos em água. Daí, foram transferidos novamente para placas de Petri, as quais foram mantidas, por 24 horas, nas mesmas condições. Após este tempo, quantificou-se o número de J₂ imóveis, os quais foram considerados mortos.

Os dados foram analisados pelo mesmo programa empregado no ensaio anterior e as médias diferenciadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio aplicadas na semeadura no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, em pepino e de *M. incógnita*, em alface, em casa de vegetação

As plantas de pepino apresentaram redução de galhas e ovos de *M. javanica* por sistema radicular com o aumento das doses aplicadas. As doses 1,6 e 3,2 mL de silicato de potássio reduziram significativamente galhas e ovos, com a melhor dose sendo 3,2 mL.dm⁻³ de substrato (Figuras 1A e 1B). A aplicação do silicato de cálcio reduziu o número de galhas e de ovos de *M. javanica*, tendo a dose 2,0 g sido melhor do que 4,0 g de silicato de cálcio, para o número de galhas. Na redução do número de ovos de *M. javanica*, a melhor dose foi 4,0 g.

Na infestação de *M. incognita* em pepino, apenas a maior dose de K testada (3,2 mL.dm⁻³ de substrato) reduziu significativamente ($P \leq 0,05$) o número de galhas, comparada com as demais doses e a testemunha. Entretanto, o número de ovos foi decrescente com o aumento da dose de silicato de potássio (Figura 3). Dessa forma, a melhor dose de silicato de potássio para o controle de *M. incognita* em pepino foi de 3,2 mL.dm⁻³ de

substrato. Por outro lado, a aplicação de silicato de cálcio reduziu o número de galhas e de ovos de *M. incognita* por sistema radicular apenas nas doses de 1,0 e 2,0 g, constituindo-se nas melhores doses no controle deste patógeno (Figura 4).

A aplicação de silicato de cálcio em alface reduziu o número de galhas causadas por *M. incognita* nas três doses testadas comparados com a testemunha (Tabela 1). Já a aplicação de silicato de potássio reduziu significativamente apenas nas doses 0,8 e 1,6 mL o número de galhas (Figura 5). O carbonato de cálcio (TCa) e o sulfato de potássio (TK) não reduziram o número de galhas, comparados com as testemunhas K0 e Ca0 (Tabela 1).

Ao que tudo indica, a redução do número de galhas em pepino e alface, provavelmente, deve-se ao efeito do silício afetando o processo de tradução do sinal proporcionado por substâncias produzidas na glândula dorsal do nematóide, diminuindo a eficácia da sua resposta na formação do sítio de alimentação e reduzindo o número de células gigantes. Já na reprodução de *M. javanica* e *M. incognita* em pepino, a redução no número de ovos foi devido à diminuição da capacidade nutricional das fêmeas em células gigantes deficitárias em nutrientes, indicando que

algum processo na formação destas células foi afetado pelos silicatos. Dutra (2004) também encontrou redução de ovos por sistema radicular de *M. incognita* e *M. javanica*, em plantas de feijoeiro em câmara climatizada, com a aplicação de silicato de cálcio na dose de 4 g.dm⁻³ de substrato.

Como em pepino e alface, a maior dose (4,0 g.dm⁻³) de silicato de cálcio não foi a melhor na redução no número de galhas tanto em *M. incognita* como em *M. javanica*. Ao que tudo indica esta dose causa toxidez as raízes, reduzindo ou inibindo a absorção de outros nutrientes essenciais à planta. O pepino é considerado planta intermediária na absorção de silício, ou seja, a planta apresenta uma quantidade considerável de silício, quando a concentração do meio é alta (Miyake & Takahashi, 1985). Contudo, não se sabe, ainda se isso ocorre na alface. Prado & Natale (2005) observaram que a aplicação do silicato de cálcio a partir da dose de 1,35 g/vaso diminuiu a concentração de micronutrientes como o Cu, Fe, Mn, Zn e o B na parte aérea e raízes, em mudas de maracujazeiros.

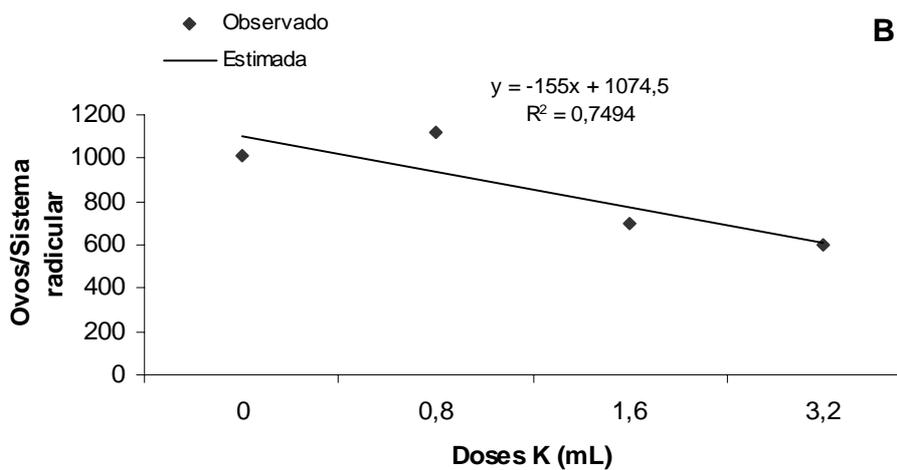
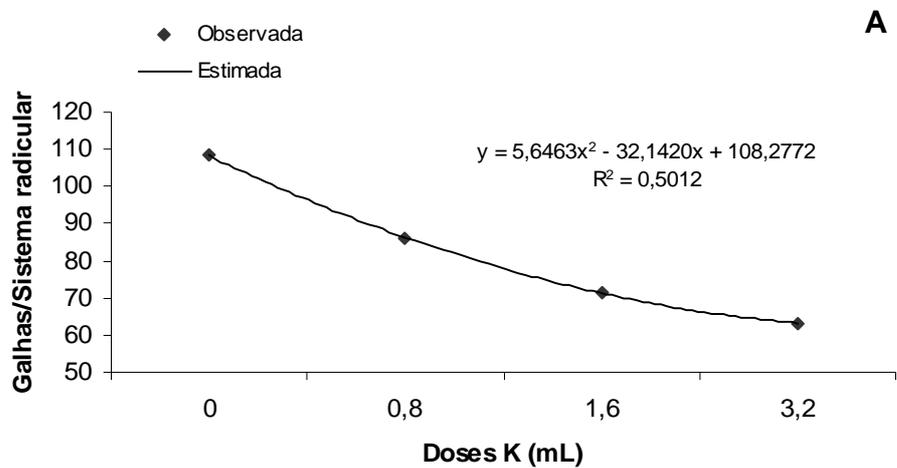


Figura 1. Efeito de doses de silicato de potássio (K), em mL.dm⁻³ de substrato, no número total de galhas (A) e de ovos (B) de *Meloidogyne javanica*, por sistema radicular do pepino, comparadas com a testemunha (dose 0).

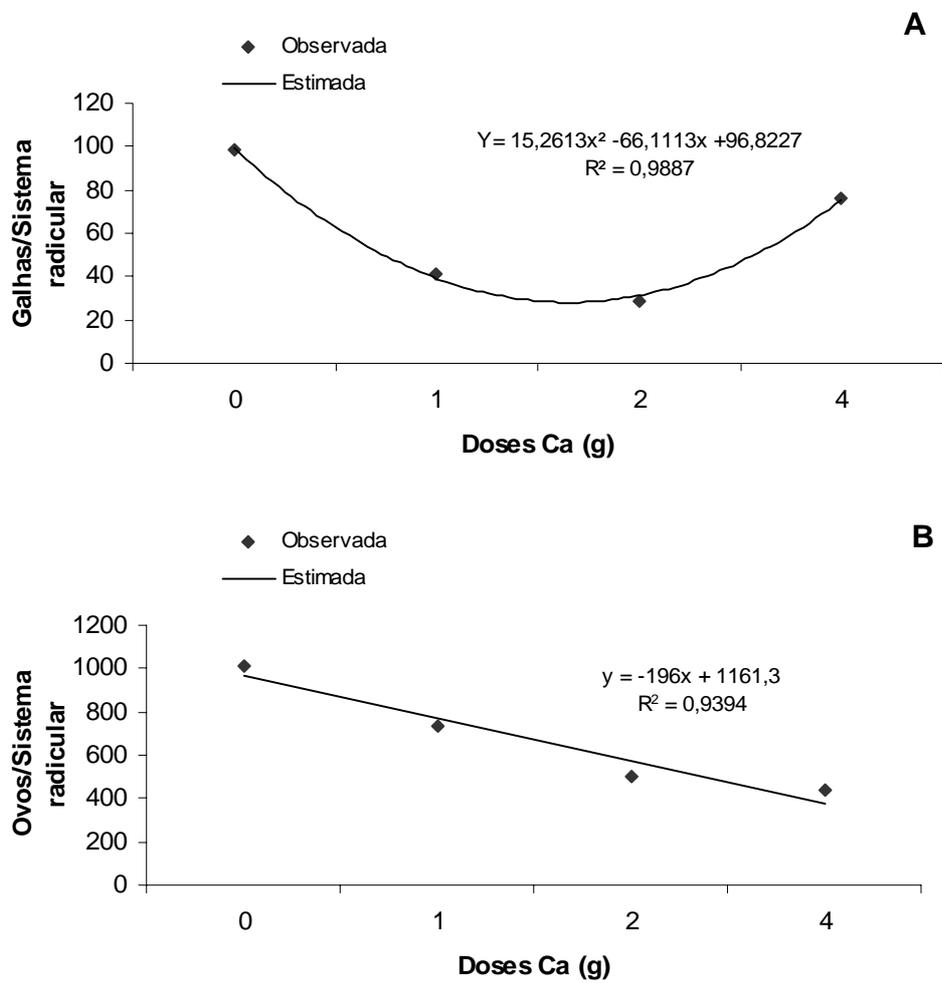


Figura 2. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca), em g.dm^{-3} de substrato, no número total de galhas (A) e de ovos (B) de *Meloidogyne javanica*, por sistema radicular do pepino, comparadas com a testemunha (dose 0).

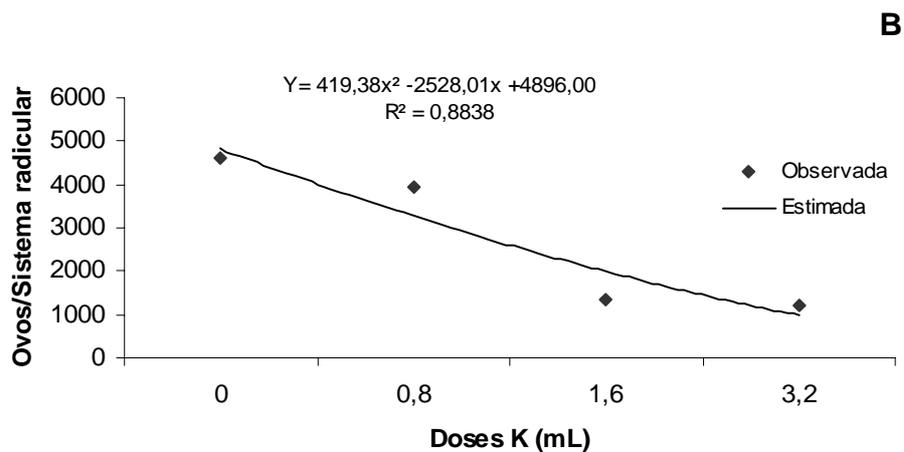
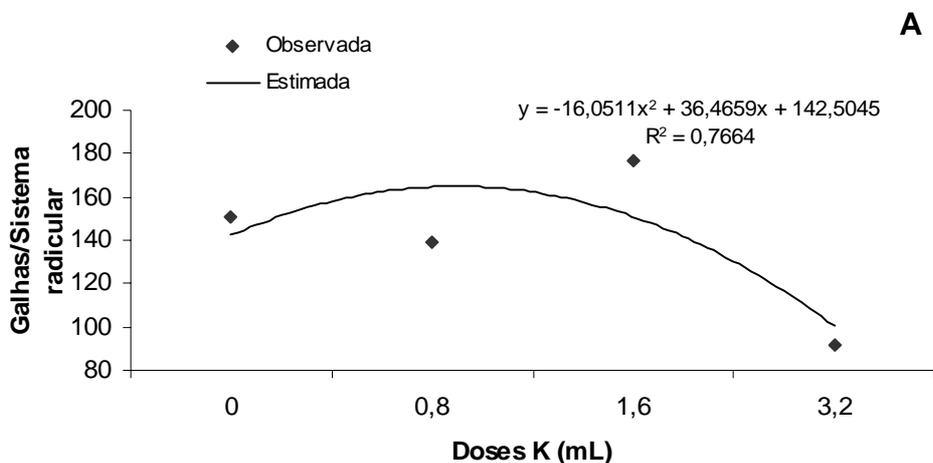


Figura 3. Efeito de doses de silicato de potássio (K), em mL.dm⁻³ de substrato, no número galhas (A) e de ovos (B) de *Meloidogyne incógnita*, por sistema radicular de pepino, comparadas com a testemunha (dose 0).

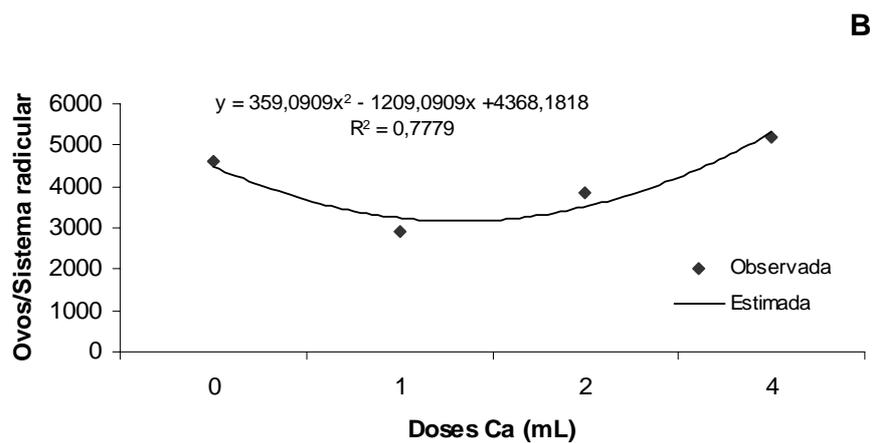
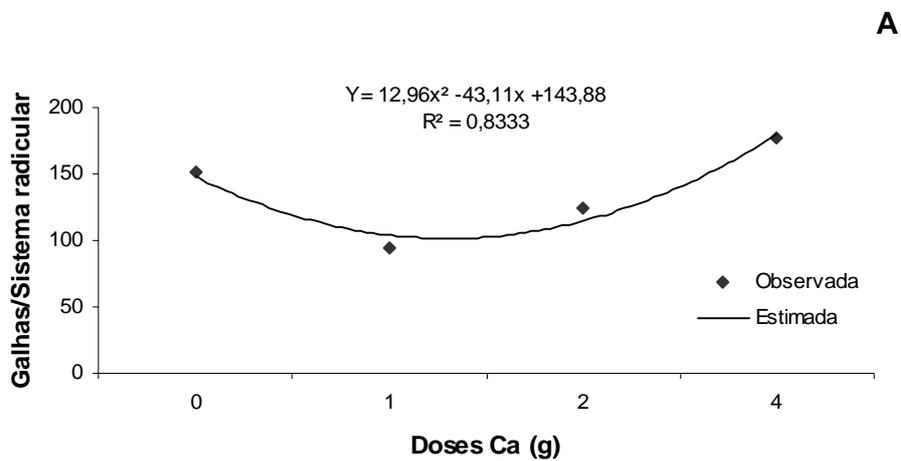


Figura 4. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca), em $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ de substrato, no número total de galhas (A) e ovos (B) de *Meloidogyne incógnita*, por sistema radicular de pepino, comparadas com a testemunha (dose 0).

Tabela 1. Efeito de silicato de potássio (K 0,8, K 1,6 e K 3,2) e de cálcio (Ca 1, Ca 2 e Ca 4), carbonato de cálcio (TCa) e sulfato de potássio (TK), comparados com a testemunha (sem adição de qualquer sal – Ca0 e K0) no número total de galhas de *Meloidogyne incognita* em alface.

Tratamentos	Galhas/ Sistema radicular
TCa	90,00 d
Ca0	80,75 c
Ca1	48,50 a
Ca2	59,75 b
Ca4	60,75 b
TK	78,00 c
K0	80,75 c
K0,8	60,75 b
K1,6	51,00 a
K3,2	95,00 d
CV (%)	7,84

Médias seguidas por letras distintas coluna diferem em entre si, pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

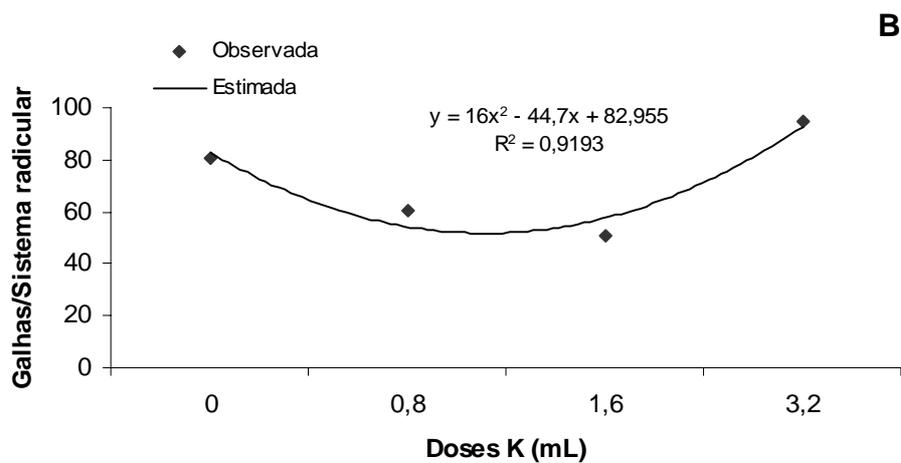
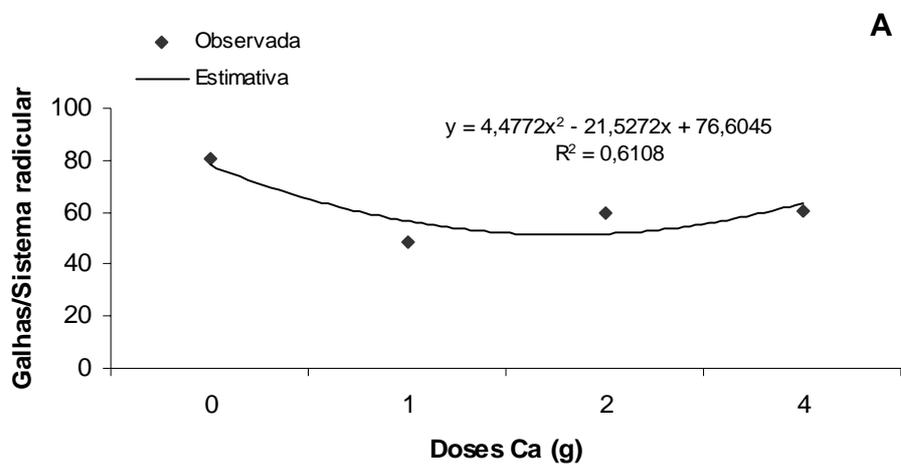


Figura 5. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca), em g.dm^{-3} de substrato e potássio (K), em mL.dm^{-3} de substrato, no número total de galhas de *Meloidogyne incognita* em alface, comparadas com a testemunha (dose 0).

Efeito de silicato de potássio na mobilidade e na mortalidade de *Meloidogyne incognita*

Apenas os J₂ estocados em solução de silicato de potássio nas doses 3,2 e 6,4 mL.dm⁻³ de água, tiveram sua mobilidade reduzida (P≤0,05), quando comparados à testemunha (água), chegando a 16,6% e 23% de redução. Os demais tratamentos não diferiram da testemunha (Tabela 2). Entretanto, nenhuma das doses de silicato causou mortalidade significativa em relação à testemunha (água) (Tabela 2).

A redução de mobilidade dos nematóides pelas maiores doses de silicato foi um efeito nematostático reversível, pela maior pressão osmótica do meio sem efeito deletério ao J₂. Faria (2003), trabalhando com filtrados de bactérias obtidas de lodo de esgoto, observou alta imobilidade temporária de J₂ de *M. javanica* e baixa mortalidade. Por outro lado, Rocha (2003) observou que a exposição dos J₂ de *M. incognita* em Aldicarbe 50 ppm causou imobilização e aumentou a mortalidade do J₂, afetando também a penetração desses J₂ nas raízes de soja.

Tabela 2. Efeito de doses de silicato de potássio (K) na mobilidade (24 horas) e na mortalidade (48 horas) de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita*.

Tratamentos	Mobilidade (%)	Mortalidade (%)
Testemunha (água)	94,80 c	10,40 a
K dose 0,8 mL	97,40 c	8,00 a
K dose 1,6 mL	96,00 c	4,60 a
K dose 3,2 mL	77,00 a	11,40a
K dose 6,4 mL	83,40 b	9,60 a
CV (%)	3,64	3,84

Médias seguidas por letras distintas em coluna diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNI, R. F. Efeito da cinza da casca do arroz no controle da brusone nas folhas do arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 71-78, jan. /jun. 2001.

BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 195-201, fev. 2003

BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 553, out. 1981.

BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 582-588, nov./dez. 2005.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue.** Ghent, State: Agriculture Research Center, 1972. 77 p.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 525-531, Sept. 1997.

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

DUTRA, M. R. **Controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp) com silicatos, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-M. G.

FARIA, C. M. D. R. **Efeito de lodo de esgoto em nematóides de galhas.** 2003. 116p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. , including a new technique. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 57, n. 12, p. 1025-1028, Dec. 1973.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v. 19, n. 1, p. 107-149, 1967.

MENGEL, K. E.; KIRKBY, G. A. Further elements of importance. In: **Principles of plant**. 4. ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. p. 573-588.

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

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 69-75, jan. /fev. 2006.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; BOTELHO, D. M. S. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 185-188, mar. /abr. 2004.

ROCHA, F. S. **Fatores biológicos e químicos que afetam a eclosão, mobilidade, mortalidade e parasitismo de juvenil de segundo estágio de *Meloidogyne incognita***. 2003. 207 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H.; RUSH, M. C.; SEEBOLD, K. W.; LISCOMBRE, S. D. Effects of calcium silicate and resistance on the development of sheath blight in rice. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 1998, Reno. **Proceedings...** Reno: Agricultural Experiment Station, 1998. p. 142.

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

SEEBOLD, K. W. Jr.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHAREK, T. A.; SNYDER G. H. Effects of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast in upland rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 3, p. 253-258, Aug. 2004.

SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA, F. J; VICTORIA, F. J. C.; KUCHAREK, T. A.; SNIYDER, G. H. Effect of Silicon Rate and Host Resistance on Blast, Scald, and Yield of Upland Rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 8, p. 871-876, Mar. 2000.

SWAIN, B. N.; PRASAD, J. S. Influence of silica content in the roots of rice varieties on the resistance to root-knot nematode. **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v. 18, n. 2, p. 360-361, 1988.

ARTIGO 3

Efeito de silicatos de potássio e de cálcio no controle de *Heterodera glycines* e de *Meloidogyne incognita* em soja

(Preparado de acordo com as normas da revista “Fitopatologia Brasileira”)

Eduardo Souza Freire¹, Vicente Paulo Campos¹, Renata da Silva Canuto¹,
Fernando da Silva Rocha¹, Esdras Henrique das Silva¹ & Cléber
Maximiniano¹

¹Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, UFLA,

C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG, e-mail:

esfreire26@yahoo.com.br

(Aceito para publicação em ___/___/2007)

Autor para correspondência: Eduardo Souza Freire

FREIRE, E.S., CAMPOS, V.P., CANUTO, R.S., ROCHA, F.S., SILVA, E.H. & MAXIMINIANO, C. Efeito de silicatos de potássio e cálcio no controle do nematóide do cisto (*Heterodera glycines*) e do nematóide de galhas (*Meloidogyne incognita*) em soja. Fitopatologia Brasileira. 2007.

RESUMO

Sementes de soja foram semeadas em bandejas de isopor com substrato, contendo um dos seguintes tratamentos: 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL de silicato de potássio, ou 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g de silicato de cálcio, em casa de vegetação. Aos sete dias após a semeadura, cada muda foi transplantada para vasos de barro. Aos 11 dias, as plantas foram inoculadas com 500 juvenis do segundo estágio (J₂) de *H. glycines*. No outro ensaio, foram estudadas as mesmas doses de silicato de potássio, em tubos de ensaio com areia. As plântulas de soja nos tubos foram infestadas com 150 J₂ de *M. incognita*. Para o ensaio em ambiente controlado, sementes de soja foram distribuídas em papéis de germinação embebidos com silicato de potássio, nas doses de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL.dm⁻³ de água e armazenadas em incubadora com fotoperíodo. A seguir, as mudas foram transplantadas para bandejas de isopor. Três dias depois, foram inoculadas com 150 J₂ de *M. incognita*. Houve redução do número total de ovos/cistos e fêmeas de *H. glycines* do sistema radicular da soja com aplicações de silicato de cálcio e potássio em casa de vegetação. Em tubo de ensaio, o número de ovos de *M.*

incógnita, por sistema radicular de soja, decresceu com o aumento da dose de silicato de potássio. O número de ovos/sistema radicular e de ovos/g de raiz decresceu a partir da aplicação da dose de 1,6 mL de silicato de potássio em soja semeada em papel de germinação.

Palavras-chave adicionais: silício, nematóide do cisto, nematóide das galhas.

ABSTRACT

Soybean was sown in seeding trays with substrate containing one of the following treatments: 0; 0,8; 1,6 or 3,2 mL of potassium silicate or 0; 1,0; 2,0 or 4,0 g of calcium silicate in greenhouse. At 7 days after sowing, each seedling was transplanted per pot. At 11 days the pots were infested with 500 second stage juveniles (J₂) of *H. glycines*. On another test, it was studied the same potassium silicate doses, using glass tubes with sand. The soybean plants were infested with 150 J₂ of *M. incognita*. For experiment on controlled environment, soybean seeds were distributed on germination papers soaked with potassium silicate at dose 0; 0,8; 1,6 or 3,2 mL.dm⁻³ of water and stored in incubator with light period of 12 hours followed by seedling transplantation to seeding trays. Three days later they were infested with 150 J₂ of *M. incognita*. There was a reduction of the total number of eggs/cyst and *H. glycines* females of soybean root system with application of calcium and potassium silicates in greenhouse. On test tubes the number of eggs of *M. incognita* per soybean root system decreased, with the increase of potassium silicate dose. The number of eggs/root system and eggs per g of root decreased from application of 1,6 mL of potassium silicate when soybean was sown on germination paper.

Additional keywords: silicon, cyst nematodes, root-knot nematodes

INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das mais importantes na agricultura brasileira, tendo fechado o ano de 2006 com uma produção recorde de 53,4 milhões de toneladas e com perspectiva de crescimento de 2,7%, para 2007 (Valor Online, 2007). Estes números consolidam a posição do país, como um dos maiores produtores no mundo. Contudo, esta cultura vem sofrendo graves prejuízos, devido ao ataque de nematóides em todo o Brasil. As espécies de nematóides *Heterodera glycines* e *Meloidogyne incognita* são as mais importantes para a soja, devido às perdas que proporcionam. *H. glycines* provoca prejuízos que variam entre 15% a 25%, dependendo da região em que a cultura está instalada. Na safra de 1995/1996, o Brasil possuía 11,7 milhões de hectares infestados com este nematóide. Os prejuízos chegam a US\$ 300 milhões por ano no país, sendo US\$ 61 milhões só no estado de Minas Gerais, com 235 mil toneladas perdidas (Embrapa Soja, 1997). Em vista deste problema, faz-se necessário o uso cada vez mais intensivo de produtos químicos procurando o controle deste patógeno, o que acaba encarecendo o custo de produção e causando riscos de danos ao meio-ambiente. Com isso, a busca de meios alternativos e que sejam viáveis para aplicação na agricultura são insistentemente pesquisados. Um deles é o emprego de silício no controle de patógenos.

Mesmo não sendo um elemento essencial às plantas (Mengel & Kirkby, 1987), o silício tem demonstrado eficácia no controle de doenças fúngicas (Datnoff *et al.*, 1997; Berni, 2001; Berni & Prabhu, 2003; Seebold Jr. *et al.*, 2004; Pozza *et al.*, 2004; Botelho *et al.*, 2005; Lopes, 2006; Moraes *et al.*, 2006). Sua absorção pela planta é significativa e é capaz de se translocar das raízes para a parte aérea (Miyake & Takahashi, 1985). A capacidade de absorção de silício na soja é classificada como intermediária, quando a concentração do elemento no meio é alta. Este mecanismo de acumulação radicular contribui para controlar e manter estáveis os níveis elevados de silício na parte aérea da soja e pode ter envolvimento no controle de fitopatógenos.

Pesquisas com café e feijão têm demonstrado eficácia do controle de *Meloidogyne* spp. com o uso de silício (Dutra, 2004). Na soja, entretanto, o uso de silício não tem sido pesquisado, visando ao controle de fitonematóides. Dessa forma, objetivou-se estudar o efeito de doses de silicato de cálcio e potássio no controle de *H. glycines* e de *M. incógnita*, em soja.

MATERIAIS E MÉTODOS

Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio no controle de *Heterodera glycines* em soja em casa de vegetação

Sementes de soja foram plantadas em bandejas de isopor de 128 células com substrato agrícola Plantmax®, contendo dose de silicato de potássio: 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL.dm⁻³ ou de silicato de cálcio: 0; 1,0; 2,0 ou 4,0 g.dm⁻³ de substrato em casa de vegetação. Após uma semana, cada muda foi transplantada para vaso de barro de cinco litros com areia e solo (2:1). O experimento foi organizado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Os ovos de *H. glycines* foram obtidos de uma população mantida em casa de vegetação com plantas de soja cv. Doko cultivadas em vasos de barro. As fêmeas e cistos de *H. glycines* foram extraídos, utilizando-se jatos de água nas raízes de soja em peneiras de 0,850 e 0,250 mm. Também foram retiradas amostras de 100 cm³ de solo dos vasos e colocadas em 1-2 L de água seguindo-se de agitação vigorosa. A suspensão foi passada em peneiras de 0,850 sobre 0,180 mm. O conteúdo retido na peneira de 0,180 mm foi transferido para um conjunto de peneiras de 0,180, 0,075 e 0,025 mm e os cistos foram rompidos com bastão de vidro. Os ovos retidos na peneira de 0,025 mm foram recolhidos em béquer e a suspensão foi limpa, colocando-se, aproximadamente, 3 g de caulim em cada tubo e centrifugando-se de acordo com a técnica de Coolen &

D'Herde (1972). Para a obtenção dos juvenis do segundo estágio (J_2) montou-se uma câmara de eclosão formada com tela e papel de espessura fina, colocados num funil de vidro, a 28°C. Plantas de soja foram envolvidas em papel de filtro e colocadas dentro da câmara de eclosão, para que as raízes pudessem liberar exsudato promotor do estímulo à eclosão. Colocou-se a câmara de eclosão em incubadora com fotoperíodo de 12 horas, 80% de umidade e temperatura de 28°C. Os J_2 foram recolhidos depois de 48 e 72 horas, sendo a primeira coleta, com 24 horas, descartada. O número de J_2 foi estimado em microscópio de objetiva invertida.

Quatro dias depois do transplante, as plantas foram inoculadas com 500 J_2 de *H. glycines* e mantidas em casa de vegetação.

Aos quarenta dias após a inoculação, realizou-se a contagem do somatório do número de cistos e fêmeas e de ovos por sistema radicular. Para isto, as raízes da soja foram lavadas em água corrente, em peneiras sobrepostas de 0,850 e 0,180 mm. O conteúdo retido na peneira de 0,180 mm foi recolhido e, nele, realizado a leitura de cistos em lupa. Após as leituras, os cistos foram macerados, com bastão de vidro, em peneiras sobrepostas de 0,180, 0,075 e 0,025 mm, para a extração de ovos de *H. glycines*. O número de ovos por sistema radicular foi estimado em microscópio de objetiva invertida. Também foi estimado o número de cistos e ovos dos cistos encontrados no solo.

Efeito de doses de silicato de potássio aplicado na semeadura no controle de *Meloidogyne incognita* em soja, em tubo de ensaio

Solução de silicato de potássio nas doses de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL foi colocada em tubo de ensaio contendo areia. Sementes de soja cv. Doko foram semeadas nestes tubos e armazenadas em incubadora com fotoperíodo de 12 horas, 80% de umidade e temperatura de 28°C, por três dias. Para a obtenção do inoculo, foram utilizados ovos extraídos de tomateiros cultivados em cultura pura de *M. incognita* em casa de vegetação, pela técnica de Hussey & Barker (1973) e colocados em câmara de eclosão, a 28°C. Coletaram-se os J₂ eclodidos entre 48 e 72 horas para utilização no ensaio. Cento e cinquenta J₂ de *M. incognita* foram inoculados por plântula de soja, por tubo, três dias após a semeadura. Os tubos foram organizados em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições por tratamento.

Aos oito dias após a inoculação, coletaram-se quatro plântulas de cada tratamento e suas raízes foram lavadas, cuidadosamente, em balde com água parada e coloridas para contagem dos J₂ no interior das raízes de soja. A técnica consiste em colocar as raízes em solução de hipoclorito de sódio, a 1,5%, por seis minutos e, a seguir, lavá-las em água corrente, por 30 segundos, visando eliminar resíduos de hipoclorito de sódio. As raízes foram transferidas para tubos de vidro, onde foram mergulhadas em uma solução corante. Para o preparo desta solução, foram misturados 5 g de suco artificial sabor uva Qsuco® e 250

mL de ácido láctico em 750 mL de água destilada. Para a diluição, utilizaram-se 5 mL de água destilada para cada 1 mL da solução inicial. Os tubos de vidro contendo as raízes em solução corante foram imersos, durante dois minutos, em água quente, em banho-maria. A seguir, os tubos foram colocados em temperatura ambiente por, no mínimo, 5 horas para resfriamento. As raízes foram transferidas para solução de glicerina e água destilada (1:1) por, no mínimo, duas horas. Em seguida, as raízes foram distribuídas em lâminas de vidro reticulado com glicerina pura e estimado o número de J_2 dentro da raiz no microscópio de objetiva invertida.

Vinte e um dias após a inoculação, quantificou-se o número de ovos/sistema radicular em microscópio de objetiva invertida.

Efeito de doses de silicato de potássio na reprodução e na penetração de *M. incognita* em soja cultivada em ambiente controlado

Trinta sementes de soja cultivar Doko foram distribuídas em papéis de germinação embebidos com silicato de potássio, nas doses de 0; 0,8; 1,6 ou 3,2 mL por litro de água. As sementes foram cobertas com outro papel de germinação também embebido com as mesmas doses de silicato. Foram, então, enrolados em forma de canudo, presos nas extremidades com goma elástica e depositados em bandejas de plástico. Foram armazenadas em incubadora, com fotoperíodo de 12 horas, 80% de umidade e temperatura de 28°C, por três dias.

A seguir, transplantaram-se as plântulas para substrato agrícola Plantmax® em bandejas de isopor de 72 células, onde foram organizadas em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Três dias após o transplântio, ocorreu a infestação com 150 J₂ de *M. incognita* por célula, obtidos através de câmara de eclosão.

Aos 21 dias após a inoculação, as raízes das plantas foram pesadas e realizou-se a contagem do número de J₂ e ovos por sistema radicular e ovos por grama de raiz, extraídos pela técnica de Hussey & Barker (1973).

Na análise dos dados de todos os ensaios, empregou-se o programa Sisvar versão 4.6. As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito de doses de silicato de cálcio e de potássio no controle de *Heterodera glycines* em soja, em casa de vegetação

O número total de cistos por sistema radicular da soja decresceu com as aplicações de 0,8 e 1,6 mL de silicato de potássio por dm^{-3} de substrato. Contudo, quando se aplicou a dose $3,2 \text{ mL} \cdot \text{dm}^{-3}$, o número de cisto não diferiu da testemunha (0). Nenhuma dosagem aplicada de silicato de cálcio reduziu ($P \leq 0,05$) o número de cisto por sistema radicular da soja (Figuras 1 e 2).

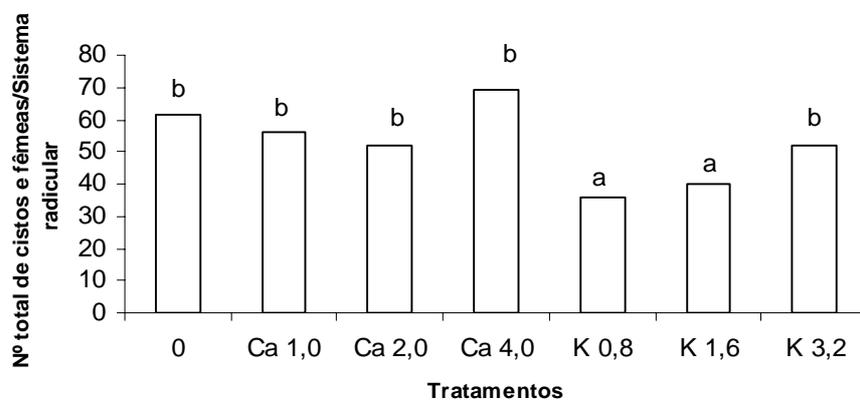


Figura 1. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) e de potássio (K) comparadas com a testemunha em número total de cistos por sistema radicular. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

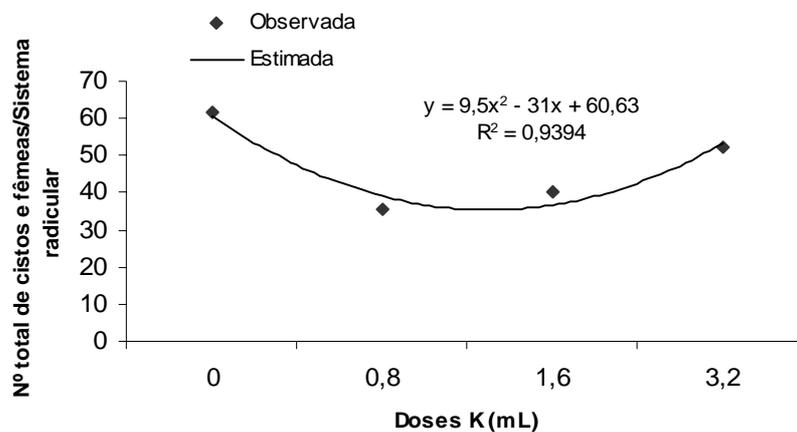


Figura 2. Efeito de doses de silicato de potássio (K) no número total de cistos de *Heterodera glycines*, por sistema radicular, comparadas com a testemunha em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação.

Quando se avaliou o número de ovos por cisto mais fêmeas de *H. glycines* por sistema radicular da soja, a aplicação de silicato de cálcio e potássio reduziu este número, mas a aplicação das doses 4,0 g de Ca e 3,2 mL de silicato de potássio proporcionou número de ovos/sistema radicular semelhante à testemunha ($P \leq 0,05$). As doses que promoveram maior redução no número de ovos/sistema radicular foram 1,90 g de silicato de cálcio e 1,20 mL de silicato de potássio, conforme a curva que mais se ajustou aos dados (Figuras 3 e 4). Também o número de ovos por cisto de *H. glycines* extraídos do solo decresceu com as aplicações de silicato de cálcio (Figura 5) e de potássio. Entretanto, a

menor dose de silicato de potássio não proporcionou diferença significativa entre o número de ovos/cisto do solo da testemunha (Figura 6).

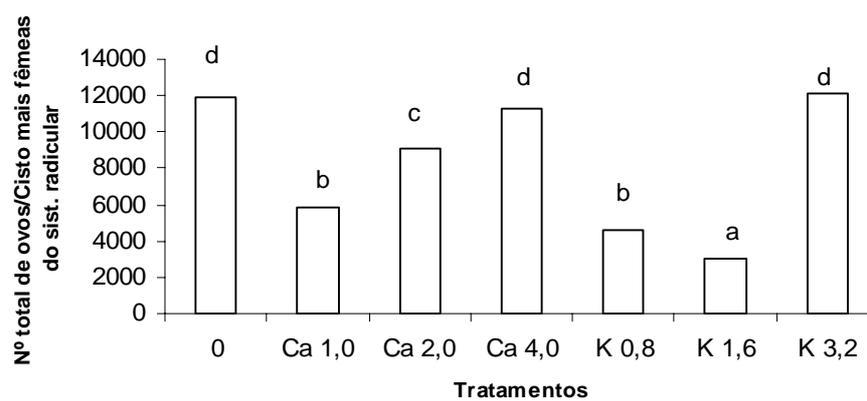


Figura 3. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) e de potássio (K), comparados com a testemunha, no número total de ovos por cisto, mais fêmeas de *Heterodera glycines* do sistema radicular. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

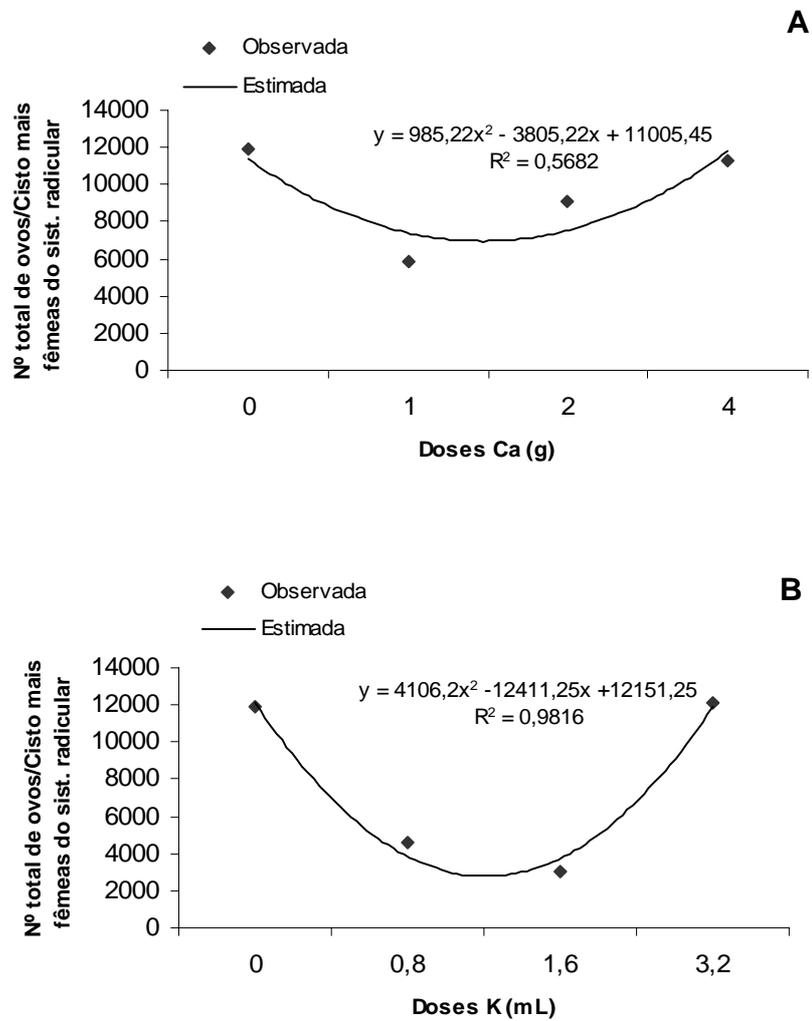


Figura 4. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) (A) e de potássio (K) (B) no número de total de ovos extraídos de cistos mais fêmeas do sistema radicular de *Heterodera glycines*, comparados com a testemunha (Ca 0 e K 0), em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação.

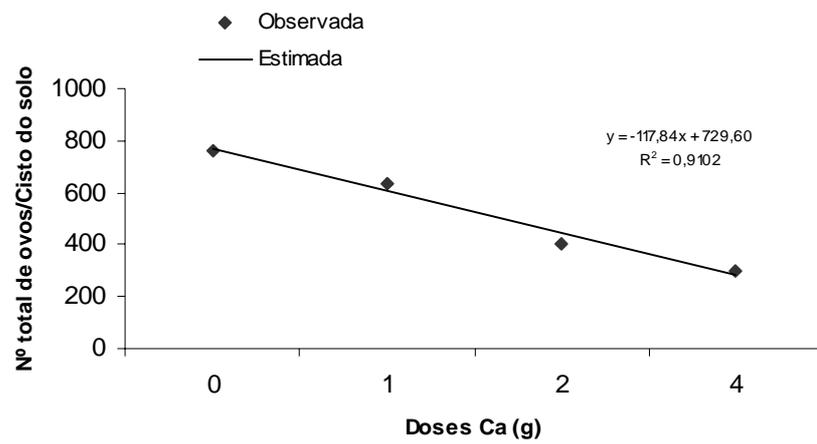


Figura 5. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) no número total de ovos extraídos de cistos do solo de *Heterodera glycines*, comparadas com a testemunha (0), em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação.

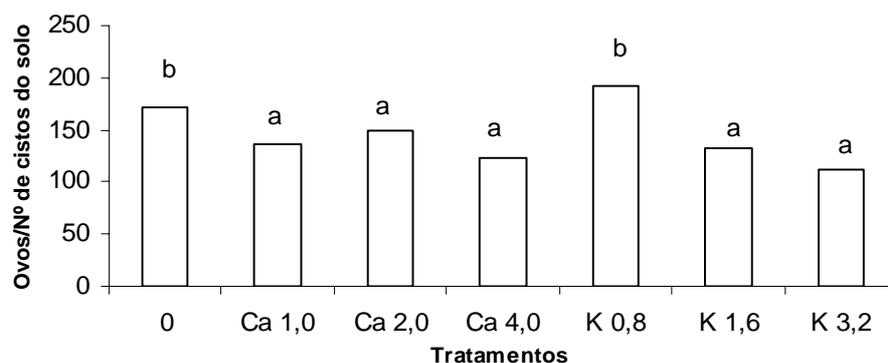


Figura 6. Efeito de doses de silicato de cálcio (Ca) e de potássio (K) comparados com a testemunha em ovos por número de cistos de *Heterodera glycines* do solo. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott, 1974, a 5% de probabilidade.

A redução do número de cistos pelas aplicações de silicato de potássio, ao que tudo indica, deve-se à interferência deste elemento na recepção do sinal pela membrana da célula da planta (Hussey & Davis, 2004), diminuindo o número de sincítias. Entretanto, a maior absorção de silicato de potássio na dose mais elevada pode ter revertido esse efeito. Por outro lado, as aplicações de silicato de cálcio não afetaram o número de cistos formados, porém, reduziu o número de ovos por cisto, indicando que as sincítias formadas foram deficitárias na nutrição dos juvenis e fêmeas de *H. glycines*, fato que também ocorreu com

aplicações de silicato de potássio (Figuras 1, 3 e 5). A redução de ovos produzidos por *M. exigua*, *M. javanica* e ou *M. incógnita*, em café, feijão e tomate, por aplicação de silicato de cálcio e ou potássio, foi relatada por Dutra (2004).

Efeito de doses de silicato de potássio aplicadas na semeadura da soja no controle de *Meloidogyne incognita* em tubo de ensaio

Em tubo de ensaio com areia, a penetração de J₂ de *M. incognita* não foi afetada, quando comparada com a testemunha. Entretanto, a reprodução de *M. incognita*, expressa em número de ovos por sistema radicular, decresceu com o aumento da dose de silicato de potássio, chegando a reduzir em 90% na maior dose (3,2 mL.dm⁻³), quando comparada com a testemunha (Figura 7). Dutra, 2004, também não constatou efeito na penetração de J₂ de *M. incognita* e *M. javanica* na aplicação de silicato de cálcio na dose testada (4,0 g.dm⁻³ de substrato), mas obteve redução de até 41% no número de ovos em plantas de feijão. Contudo, Lima (1998), trabalhando com o silicato de potássio em soja, observou aumento da resistência ao cancro da haste, com redução em até 90% das lesões nas plantas.

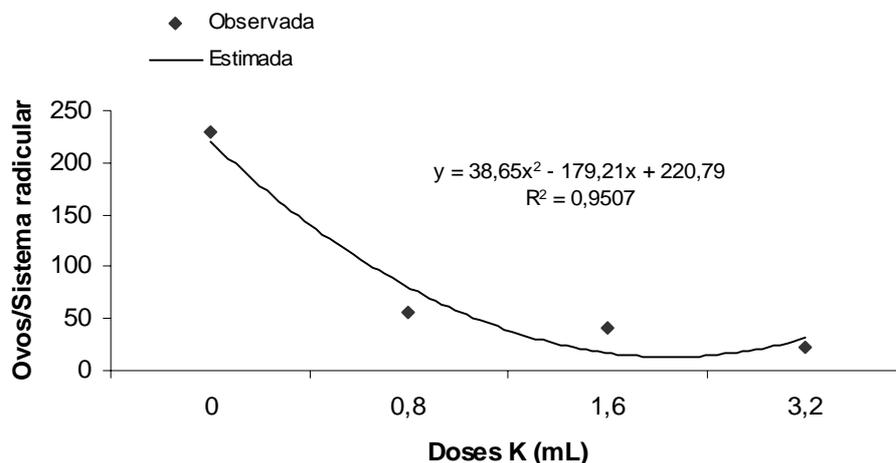
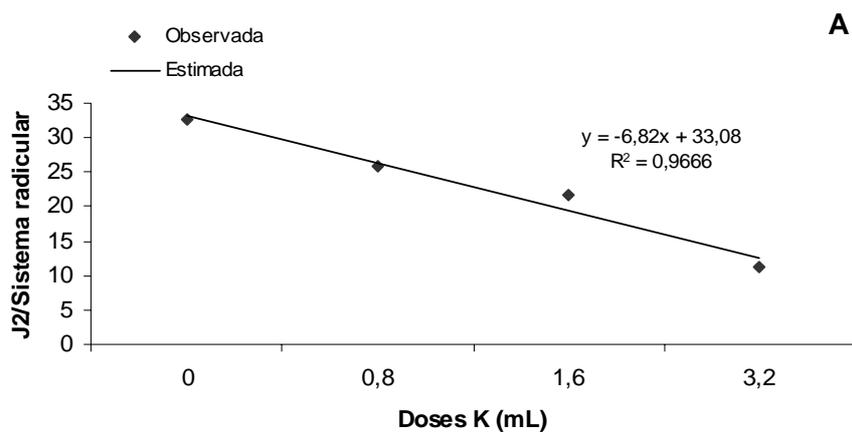


Figura 7. Efeito de doses de silicato de potássio (K) no número de total de ovos, por sistema radicular de *Meloidogyne incognita*, comparadas com a testemunha em plântulas de soja.

Efeito de doses de silicato de potássio na reprodução e napanetração de *Meloidogyne incognita* em soja cultivada em ambiente controlado

A soja germinada em papel embebido com silicato de potássio proporcionou redução na penetração de J₂ de *M. incognita*, com o aumento da dose de silicato (Figura 8A). O número de ovos por sistema radicular e de ovos por grama de raiz decresceu a partir da aplicação da dose de 1,6 mL.dm⁻³ de silicato de potássio, porém, a aplicação da primeira dose (0,8 mL) não diferiu da testemunha (Figuras 8B e 8C). A redução na penetração do J₂ provavelmente, se

deve à alta concentração de silício alcançada nas raízes em formação devido ao processo de germinação em papel embebido, caracterizando uma condição bem artificial, diferente da germinação da semente em substrato com o silicato. A redução na penetração refletiu na redução no número de ovos, pois menor número de fêmeas foi formado no final do ciclo, com o aumento da dosagem de silicato de potássio. Nascimento *et al.* (2005) pulverizaram plantas de soja com silicato de potássio na concentração de 60 g/L e obtiveram redução de 34% na severidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.).



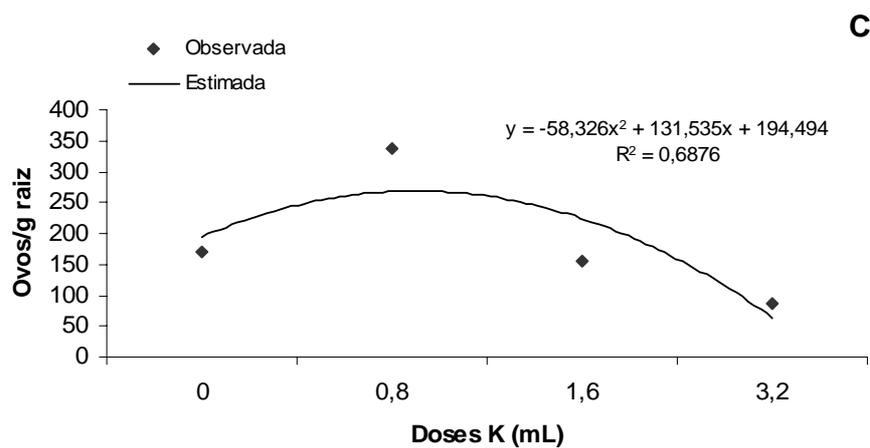
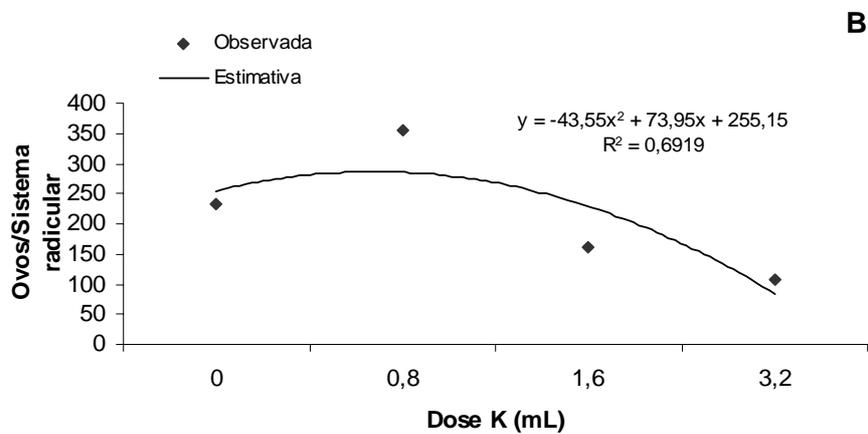


Figura 8. Efeito de doses de silicato de potássio (K) na penetração de juvenis do segundo estágio (A), número de total de ovos (B) e de ovos por grama de raiz (C) de *Meloidogyne incógnita*, comparadas com a testemunha em plantas de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNI, R. F. Efeito da cinza da casca do arroz no controle da brusone nas folhas do arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 71-78, jan./jun. 2001.

BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 195-201, fev. 2003

BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 582-588, nov./dez. 2005.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent, State: Agriculture Research Center, 1972. 77 p.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 525-531, Sept. 1997.

DUTRA, M. R. **Controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp) com silicatos, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMBRAPA SOJA, **Nova variedade resiste ao nematóide do cisto**. 1997. Disponível em: <www.embrapa.br/noticias>. Acesso em: 22 jan. 2007.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 57, n. 12, p. 1025-1028, Dec. 1973.

HUSSEY, R. S.; DAVIS, E. L. Nematode esophageal glands and plant parasitism. In: CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. **Nematology, advances and perspectives**. 2004. V. 1, p.258.

LIMA, M. T. G. de. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. *sp. meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycines Max* (L.) Merrill]**. 1998. 58 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

LOPES, F. C. A. **Efeito de fontes de silício no controle de *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici* em tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill.)**. 2006. 62 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

MENGEL, K. E.; KIRKBY, G. A. Further elements of importance. In: **Principles of plant**. 4. ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. p. 573-588.

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

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, O. B. Efeitos de doses de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 69-75, jan./fev. 2006.

NASCIMENTO, J. F.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Effect of potassium silicate combine or not with systemic or protector fungicides on the control of asian soybean rust. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2005. p.121.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; BOTELHO, D. M. S. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 185-188, mar./abr. 2004.

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

SEEBOLD JR, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHAREK, T. A. Effect of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast in upland rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 3, p. 253-258, Mar. 2004.

VALOR ONILINE, **Safra de trigo deve dobrar em 2007**, 2007. Disponível em: <www.valoronline.com.br>. Acesso em: 20 jan. 2007.

CONCLUSÕES FINAIS

- Além da aplicação na semeadura, faz-se necessário o uso de aplicações adicionais de silício nas plantas.
- A dose de 3,2 mL de silicato de potássio reduziu em 80% a reprodução de *Meloidogyne incognita* em alfaces no campo.
- A aplicação de 4,0g de silicato de cálcio em tomateiros no campo reduziu em 50% a reprodução de *M. incognita*.
- Houve redução em 60% no número de ovos de *M. incognita* em pepineiros (casa de vegetação) tratados ou com o silicato de potássio na dose 3,2 mL ou com silicato de cálcio na dose 1,0 g.dm⁻³ de substrato. Em *M. javanica* houve redução na mesma intensidade, mas quando aplicado 2,0 g de silicato de cálcio.
- *Heterodera glycines* teve sua reprodução controlada em 75% com a aplicação de silicato de potássio na dose 1,6 mL.dm⁻³ de substrato em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação.
- O silício não apresentou propriedades nematicida, quando testados em *M. incognita*, e não afetou significativamente a mobilidade do nematóide (em média, 20%).
- Nos testes realizados, não se observou interferência do silício na penetração dos nematóides, nas raízes das plantas cultivadas em casa de vegetação e campo. Contudo, em laboratório, quando as sementes germinaram em papel embebido com silício, houve controle em até 75% na penetração.