

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

CURSO DE AGRONOMIA

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA
REPRODUÇÃO DE *Heterodera glycines* Ichinohe 1952 NA CULTURA DA SOJA
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

VINÍCIUS DIAS

**MARIA AMELIA DOS SANTOS
(Orientadora)**

**Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, da Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.**

**Uberlândia – MG
Março – 2006**

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA
REPRODUÇÃO DO NEMATÓIDE *Heterodera glycines* NA CULTURA DA SOJA
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 30/03/2006

Prof^a. Dra. Maria Amelia dos Santos
(Orientadora)

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
(Membro da Banca)

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães
(Membro da Banca)

**Uberlândia – MG
Março – 2006**

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais Maria Rosa e Eraldo pelo apoio e estrutura na minha vida.

A todos os meus familiares.

Aos amigos da 31ª turma de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia.

À Professora Dra. Maria Amélia dos Santos pela orientação e grande disciplina na organização e condução do trabalho.

Ao Professor Dr. Gaspar Henrique Korndörfer pela atenção e direcionamento do trabalho.

À todos os funcionários dos laboratórios em que o trabalho foi conduzido, e em especial ao funcionário Aires Ney Gonçalves de Souza.

ÍNDICE

RESUMO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 O fitonematóide estudado.....	8
2.2 Níveis de danos do NCS.....	9
2.3 Silício na planta.....	11
2.4 Silício como redutor de doenças em plantas.....	12
2.5 Silício no controle de fitonematóides.....	13
2.6 Fontes de Silício.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Local do experimento.....	15
3.2 Instalação e delineamento.....	15
3.3 Análise química de solo.....	16
3.4 Obtenção do inóculo e inoculação do nematóide.....	17
3.5 Avaliações.....	18
3.5.1 Avaliação do nematóide.....	18

3.5.2 Silício nas folhas.....	19
3.5.3 Silício no solo.....	19
3.5.4 Cálcio e magnésio nas folhas.....	20
3.5.5 Cálcio e magnésio no solo.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 População de cistos de <i>Heterodera glycines</i>	24
4.2 Cálcio no solo.....	25
4.3 Cálcio na folha.....	27
4.4 Magnésio no solo.....	29
4.5 Magnésio na folha.....	31
4.6 Silício no solo.....	34
4.7 Número de cistos de <i>Heterodera glycines</i> x Silício no solo.....	36
4.8 Silício na folha.....	37
4.9 Número de cistos de <i>Heterodera glycines</i> x Silício na folha.....	40
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio na reprodução do nematóide cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe 1952 na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). A cultivar de soja utilizada foi a BRS-MG 46 - Conquista. Os tratamentos foram os seguintes: 0, 800, 1650 e 3300 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições em esquema fatorial 4x2, com 4 tratamentos de silicato de cálcio e magnésio na presença e ausência do fitonematóide. A aplicação do silicato foi concomitante à semeadura da soja e após 20 dias foi realizada a inoculação de *Heterodera glycines*. No período de florescimento da soja foram retiradas amostras foliares para posterior análise de cálcio, magnésio e silício. No final do experimento, aos 150 dias após a inoculação do fitonematóide, a soja foi colhida e foram feitas as seguintes avaliações: número de cistos de *Heterodera glycines* presentes no solo e raiz; teor de cálcio, magnésio e silício no solo. Com os resultados obtidos observaram-se que os teores de cálcio e silício no solo e na folha aumentaram com o aumento nas doses de silicato de cálcio e magnésio; os teores de magnésio no solo e na folha diminuíram com o aumento da dose de silicato de cálcio e magnésio aplicadas; o número de cistos de *Heterodera glycines* diminuiu com o aumento da dose de silicato aplicada. Portanto há um envolvimento do silício utilizado na redução da população do fitonematóide estudado. Estudos posteriores devem ser realizados para compreensão dos mecanismos envolvidos nesse processo.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* L.) é originária da China, entre a região setentrional e central. Da China, a soja foi levada para a Coréia e Japão, chegando ao ocidente no final do século XV e início do século XVI, porém, permanecendo apenas como curiosidade botânica, por muito tempo, vindo a se consolidar como cultura de grãos somente no final da primeira metade do século XX, até então era utilizada apenas como forrageira (MANARA, 1988).

A primeira referência da soja no Brasil data de 1882, no estado da Bahia, por Gustavo D' Utra, professor da Escola de Agronomia da Bahia. Porém somente em 1892, foram relatados dados experimentais pelo Instituto Agrônomo de Campinas (CÂMARA, 1998). Atualmente a cultura se consolida como a maior produtora de grãos do Brasil em uma área de 22,1 milhões de ha e deve atingir a produção de 56,1 milhões de toneladas na safra 2005/2006 (CONAB, 2006).

A expansão dessa leguminosa no Brasil sempre foi acompanhada pelo aumento do ataque de fitonematóides causando sérios prejuízos à cultura (ANTÔNIO, 1992). Dentre os principais fitonematóides relacionados à cultura da soja no Brasil está o nematóide cisto da

soja (NCS), *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, que se disseminou rapidamente após o seu primeiro relato na safra 1991/1992 do Brasil. (SILVA et. al., 1997).

A nutrição mineral da planta pode ser considerada como um fator ambiental que pode ser manipulado de modo relativamente fácil, tornando-se um componente importante de controle de doenças (MARSCHENER, 1995). Nesse aspecto, muitos trabalhos mostram o Si como um fator que influencia o grau de susceptibilidade de vários cereais, e também de várias dicotiledôneas ao ataque de fungos (BELANGER et al., 1995; JONES; HANDRECK, 1967; MENZIES; BELANGER, 1996).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de silicato de cálcio e magnésio na reprodução de *Heterodera glycines* em soja cultivada sob condições de casa de vegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O fitonematóide estudado

A doença causada pelo nematóide de cisto da soja *Heterodera glycines* Ichinohe 1952, foi observada primeiramente no Japão no ano de 1915, recebendo o nome de "nanismo amarelo". O ciclo de vida do nematóide varia de 21 a 24 dias, numa temperatura de 23 a 25°C, e assim podem ser formadas de 4 a 5 gerações durante a safra da soja. A longa persistência dos cistos no solo, aliada à severidade do parasitismo, induzindo elevadas perdas na produção, são características que tornam esse fitonematóide como um dos principais problemas fitossanitários para a soja (TIHOHOD, 2000).

O nematóide de cisto da soja (NCS) foi detectado no Brasil na safra 91/92 primeiramente nos municípios de Nova Ponte, no estado de Minas Gerais (LIMA et al., 1992) e Chapadão do Sul, no estado de Mato Grosso do Sul (MONTEIRO; MORAIS, 1992).

Têm-se como principais veículos de disseminação, máquinas e veículos dos próprios agricultores, ao se deslocarem de uma área para outra. O vento também foi fator importante, redistribuindo rapidamente o nematóide para propriedades agrícolas de regiões indenes (ANDRADE; ASMUS, 1997).

Os cistos que atuam como estruturas de sobrevivência, são resistentes aos fatores adversos do meio, como, temperatura, umidade e aeração do solo e ausência de plantas hospedeiras, podendo ficar viáveis no solo por longo período de tempo, por mais de 8 anos (TIHOHOD, 2000).

A partir do terceiro mês de cultivo da soja, tem-se um aumento muito rápido da população do patógeno, porém esse aumento é paralisado pouco antes da maturação fisiológica da cultura. No período da entressafra, a temperatura do solo favorece a atividade biológica de diversas espécies de fungos parasitos de ovos do NCS, contribuindo para sua redução populacional. A redução de juvenis no período da entressafra nas nossas condições ocorre principalmente na ausência de plantas remanescentes de soja (DUARTE et al., 1996).

2.2 Níveis de Danos do NCS

A detecção do NCS, na região Central do Brasil, caracterizou-se pela ocorrência de reboleiras, claramente definidas nas lavouras, onde as plantas apresentavam-se intenso subdesenvolvimento (LIMA et al, 1992; LORDELLO et al., 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992). As análises de solo dessas reboleiras revelaram a ocorrência de populações extremamente altas do NCS (MENDES; MACHADO, 1992; ANDRADE; ASMUS, 1995),

comparativamente bem maiores que as observadas em outros países produtores de soja. No entanto, em muitas outras áreas onde a densidade populacional de NCS é baixa ocorrem reduções significativas da produção sem que se observe a expressão típica de sintomas na parte aérea comum em áreas com altas populações do NCS (YOUNG, 1996).

Plantas de soja com ataques muito severos do NCS, apresentam sintomas típicos de clorose acentuada e intenso subdesenvolvimento da parte aérea. Huang et al. (1984) associam esses sintomas à deficiência de nitrogênio resultante da supressão da nodulação da bactéria simbiote *Bradyrhizobium japonicum* pelo nematóide. A supressão ocorreria pela interferência do nematóide no metabolismo da lecitina, que é fundamental para a ocorrência da ligação entre *B. japonicum* e as raízes de soja.

Além dos danos diretos à produção acima citados, podem-se somar outros em decorrência do menor desenvolvimento das plantas atacadas. Alston et al. (1991) observaram que populações iniciais de NCS moderadas a altas (a partir de 2.800 ovos/500 cm³ de solo) resultaram em plantas com uma arquitetura de folhas mais aberta, permitindo que uma maior quantidade de energia fotossinteticamente ativa atingisse a superfície do solo, ocasionando um aumento na biomassa de plantas daninhas.

2.3 Silício na planta

O silício é o segundo elemento mais abundante, em peso (acima de 28%), na crosta terrestre (TAKAHASHI, 1995). Entretanto, segundo Silva (1973); Elawd e Green (1979), o silício geralmente não é enquadrado no grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas. Porém em 2003 a partir do decreto de lei número 4954 (que regulamenta a lei 6894 de 16/01/1980), aprovado em 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004), que dispõe sobre a legislação de fertilizantes, o silício passou a ser considerado um micronutriente.

Esse elemento está envolvido em funções físicas de regulação da transpiração e capaz de formar uma barreira de resistência mecânica à invasão de patógenos para o interior da planta (EPSTEIN, 1999). Esse efeito da proteção mecânica é conferido principalmente através do depósito de Si na forma de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) na parede celular (cutícula).

Acompanhando a absorção da água, a sílica penetra na planta na forma de ácido monossilícico, H_4SiO_4 (YOSHIDA, 1975; TAKAHASHI, 1978). No interior da planta, 99% do silício acumulado encontra-se na forma polimerizada, a qual é sólida e insolúvel. O restante (menos de 1%), é encontrado sob forma coloidal e iônica. Depois de absorvida pelas raízes, a sílica transforma-se, polimeriza-se e acumula-se nos tecidos vegetais, incluindo células epidérmicas e órgãos de suporte. No arroz, por exemplo, o silício da epiderme polimeriza-se e acumula-se nas paredes celulares.

Korndorfer et al. (2000) citam que o Si no interior das plantas é considerado pouco móvel, sendo que o seu transporte, da raiz até a parte aérea, dá-se através do xilema, e depende da taxa de transpiração, como para todos os nutrientes.

O silício acumulado ao redor das paredes celulares e entre as cutículas da epiderme, exerce também importante função em estabelecer resistência a patógenos, principalmente por diminuir o acesso às enzimas de degradação, dificultando inclusive a penetração de hifas de fungos. Além disso, os corpos silicosos ajudam a manter as folhas em porte mais eretas e conseqüentemente aumenta a taxa de fotossíntese (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1986; TAKAHASHI, 1995).

2.4 Silício como redutor de doenças em plantas

Segundo Epstein (1999), os mecanismos de defesa nos quais o Si atua, são o acúmulo de lignina, compostos fenólicos e peroxidases. A lignina gera uma estrutura capaz de proteger e resistir ao ataque de patógenos. Fawe et al. (1998) identificaram uma proteção ativa induzida pelo Si dentro das células vegetais. Esses autores demonstraram que o Si inicia uma seqüência de reações que formam mecanismos de defesa bioquímicas na planta infectada de pepino. A maior absorção de Si proporciona uma proteção mecânica da epiderme capaz de reduzir a infecção de fitopatógenos.

Outra hipótese que relaciona o Si com o controle de doenças em plantas, é a formação de compostos fenólicos que seria ativada após aplicação de Si via foliar. Tanto os compostos fenólicos quanto o Si acumulam-se nos sítios de infecção, cuja causa ainda não está esclarecida. A mobilidade do Si e dos compostos fenólicos aumentaria, assim como

elevaria a formação de complexos que o Si formaria com os compostos fenólicos. A presença do Si solúvel na planta facilitaria o mecanismo de resistência ao ataque de patógenos devido à rápida deposição de lignina e compostos fenólicos nos sítios de infecção (MENZIES et al., 1991)

Com o objetivo de comprovar o efeito do Si no controle do cancro da haste em soja (*Phomopsis phaseoli* f. sp. *meridionalis*), Juliatti et al. (1996), trabalharam com aplicações de Si em casa de vegetação nas doses de 0, 200, 400, 600 e 800 kg . ha⁻¹ de SiO₂ (fonte de silicato de cálcio) e cultivares de soja com padrões diferenciados de resistência ao agente causal da doença. Concluíram que a altura de plantas, peso da parte aérea seca e do sistema radicular seco foram maiores conforme doses de silício aumentavam. Quanto à porcentagem de plantas mortas e o índice de doença (%), os valores foram decrescentes, quando se aumentou a dose de silício.

2.5 Silício no controle de fitonematóides

Garcia et al. (2004), utilizando feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv carioquinha) semeado em substrato com a presença de silicato de cálcio (4g . kg⁻¹ de substrato), observaram que o número de galhas foi reduzido em 46,7 % para *Meloidogyne incognita* e 54,7 % *Meloidogyne javanica*, quando comparado à testemunha. Quanto à produção de ovos pelas espécies *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*, a redução foi 41,6 e 32,9%, respectivamente, em plantas germinadas na presença de silício.

Freire et al. (2004), verificaram que o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) produzido em substrato, no qual foram aplicadas diferentes doses de silicato de cálcio por

quilograma de substrato agrícola (0; 0,5; 1; 2 e 4) e inoculadas com 100 J₂ de *Meloidogine javanica*, também por quilograma de substrato, reduziu a penetração de nematóides juvenis conforme as dose de silicato de cálcio aumentaram até 2,8 g/kg.

2.6 Fontes de Silício

Silicatos de cálcio e magnésio são empregados como fontes de Si (KORNDORFER; DATNOFF, 1995). As escórias básicas de siderurgia são essencialmente silicatos de cálcio, que podem ser utilizadas como corretivos de solos devido a sua basicidade. Piau (1995) cita vários trabalhos onde se utilizou escorias de siderurgia (silicatos de cálcio e magnésio).

As principais características de uma fonte de Si para fins agrícolas são: alto conteúdo de Si solúvel, facilidade para a aplicação mecanizada, baixo custo e ausência de potencial de contaminação do solo com metais pesados. Para suprir essas demandas, há necessidade de se investigar e identificar as fontes mais promissoras de Si disponíveis, capazes de fornecê-lo para as plantas, com as características acima mencionadas. Os silicatos de cálcio e magnésio, provenientes das escorias de produção do aço, desde que sem potencial de contaminação do solo, com metais pesados, podem atender perfeitamente essa demanda. Frequentemente, as altas temperaturas e insumos utilizados nos processos de aciaria libertam o Si, desde os estados mais cristalinos ate as formas mais reativas e portanto mais solúveis (KORNDORFER et al., 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, no período de 20 de dezembro de 2004 à 27 de junho de 2005.

3.2 Instalação e delineamento

Como substrato foi utilizado Neossolo quartzarênico órtico típico, coletado na região de Santa Vitória – MG. A adubação de base foi a seguinte: 500 kg/ha de cloreto de potássio; 500 kg/ha de sulfato de amônio; 500 kg/ha de superfosfato simples; 250 kg/ha de FTE BR 12 (micronutrientes). Todos os adubos, com exceção do FTE BR 12, foram colocados na dose de 0,375 g/vaso. O FTE BR 12 foi adicionado na dose de 0,1875 g/vaso.

Esse substrato foi fumigado com brometo de metila e colocado em vasos com capacidade de 1,5 kg de terra. Em cada vaso foram semeadas cinco sementes da cultivar de soja Conquista, a uma profundidade de 2 cm. As sementes utilizadas foram inoculadas com inoculante a base de turfa contendo aproximadamente 10^6 células de *Bradyrhizobium japonicum*/ ml. A dose do inoculante utilizado foi de 300 mL / 50 kg de sementes. Como o peso médio de 100 sementes da cultivar Conquista é de 15g, e foram utilizadas ao todo, 200 sementes, utilizou-se 0,20 mL do inoculante no experimento todo. Quando as plantas estavam com o 1º par de folhas definitivas, foi feito o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por vaso.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 com cinco repetições. Os tratamentos foram diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio e/ou calcário dolomítico com e sem nematóide: 3300 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico + 0 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio; 2500 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico + 800 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio; 1650 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico + 1650 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio; 0 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico + 3300 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio.

3.3 Análise química de solo

As análises químicas de solo foram feitas antes da instalação do experimento e no final do mesmo. Foi retirada uma amostra representativa de todo solo antes da instalação do experimento, no qual foi feita a análise completa de solo, incluindo macro e

micronutrientes mais matéria orgânica e enxofre. No final do experimento, foi retirada uma amostra por vaso, sendo analisados cálcio, magnésio e silício.

3.4 Obtenção do inóculo e inoculação do nematóide

Solo de vaso cultivado com soja para multiplicação de *H. glycines* foi utilizado para extração de cistos. Alíquota de 150 cm³ deste solo foi colocada em recipiente que continha 2L de água e os torrões foram desmanchados. A suspensão, após a homogeneização, permaneceu em repouso por 15s, e em seguida foi vertida, passando pelas peneiras sobrepostas de 20 e 100 mesh. O resíduo da peneira de 100 mesh foi recolhido com auxílio de jatos de água de uma pisseta, para um copo de Becker. Essa suspensão foi vertida para um funil contendo papel de filtro dobrado na forma cônica. Após a passagem de todo o líquido, o papel de filtro foi retirado do funil e aberto para retirada de cistos viáveis (cistos contendo ovos de nematóides). Os cistos viáveis separados foram colocados em uma tira de papel e, após ter ocorrido a coleta de todos os cistos, os mesmos foram colocados em uma peneira de 200 mesh e esmagados com o fundo de um tubo de ensaio. À medida que se fez o esmagamento, jatos de água de uma pisseta foram despejados para que os ovos liberados dos cistos passassem para a peneira de 500 mesh que estava abaixo da de 200 mesh. Após todo o esmagamento, o resíduo da peneira de 500 mesh foi recolhido para um copo de Becker. A suspensão de ovos foi calibrada com o auxílio de uma câmara de contagem de Peters no microscópio óptico, para conter 400 ovos/mL. Para cada vaso do experimento o volume da suspensão foi de 10 mL, fazendo assim um total de 4000 ovos/vaso, de uma

mistura das raças 1 e 14 de *Heterodera glycines*. No momento da inoculação foram feitos três furos em cada vaso, estando distante da haste da planta 3 cm. Usou-se uma pipeta de 10 mL e um Becker para a inoculação. Essa ocorreu 5 dias após o desbaste da soja.

3.5 Avaliações

3.5.1 Avaliação do nematóide

A parte aérea foi cortada e o sistema radicular separado do solo. As raízes foram passadas entre os dedos da mão para que as fêmeas se soltassem da raiz e caíssem passando pela peneira de 20 mesh, que estava acima da peneira de 100 mesh, e foram recolhidas desta última peneira com auxílio de jatos de água de uma pisseta, para um copo de Becker. A suspensão foi passada para um funil contendo papel de filtro, e após a passagem de toda a água, o papel de filtro foi aberto e colocado sob microscópio estereoscópio (lupa) para contagem de fêmeas.

Para assegurar que não houvesse perdas de fêmeas para o solo no momento de separação das raízes, e também para verificar se as primeiras fêmeas formadas já teriam morrido e tornaram cistos, uma alíquota de 150 cm³ de solo de cada vaso foi processada pela técnica do peneiramento e do papel de filtro para extração de cistos, como descrito anteriormente no item 3.4.

3.5.2 Silício nas folhas

A acumulação de silício nas folhas foi quantificada no início do período de florescimento da soja, utilizando-se o método descrito por Elliot e Snyder (1991). As folhas após lavadas em água destilada, foram colocadas em estufa a 65° C até que atingissem matéria seca com peso constante. A determinação foi feita em amostras de 0,1 g. Estas foram colocadas em tubos de polipropileno de 80 mL para digestão, tendo uma amostra em branco e outra padrão. Depois foram acrescentados 2 mL de H₂O₂ (30 % ou 130v) e realizou-se a mistura imediatamente por alguns segundos. Posteriormente, misturou-se 3 mL de NaOH (1: 1) e os tubos foram colocados na autoclave por 1h à temperatura de 123° C e pressão de 1,5 atm. Após a digestão do material, completou-se o volume para 50 mL, utilizando-se água destilada, deixando o material digerido em repouso. Uma alíquota de 5 mL do sobrenadante do extrato foi colocado em copo plástico, acrescentando-se 15 mL de água destilada. Em seguida foram adicionados 1 mL de HCl (1: 1 ou 50 %) e 2 mL de molibdato de amônio e procedeu-se uma leve agitação. A cor amarela apareceu em todas amostras contendo Si. Depois de 5 a 10 min, adicionou-se 2 mL de ácido oxálico, misturando-os levemente. A leitura foi feita em fotocolorímetro, após um intervalo de 2 min, pois a cor amarela é pouco estável.

3.5.3 Silício no solo

A determinação de silício no solo foi feita por colorimetria, após a extração do solo com cloreto de cálcio. Esse extrator é um sal que tem a capacidade de extrair o Si

"disponível" principalmente na solução do solo, podendo extrair algumas formas pouco polimerizadas.

A extração do Si foi feita com uma solução de cloreto de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$. Pesou-se 10 g de solo e colocou-se 100 mL da solução extratora em frasco plástico (150 mL). Os copos com as amostras foram colocados em agitador horizontal a 50 rpm por 1 h. Esperou-se decantar por 15 min e filtrou-se a suspensão. O resíduo ficou em repouso por um período superior a 12 h. No dia seguinte, pipetou-se uma alíquota de 10 mL do extrato decantado de cada amostra e colocou-se num copo de plástico de 50 mL.

Para as amostras padrões pipetou-se 0, 2, 5 e 10 mL da solução padrão de 20 mg L^{-1} de Si e colocou-as em balões de 100 mL. Completou-se o volume dos balões com água destilada. Retirou-se uma alíquota de 10 mL de cada padrão e colocou-se num copo de plástico de 50 mL.

Acrescentou-se aos copos plásticos dos padrões e das amostras 1 mL da solução sulfo-molíbdica (H_4SiO_4 - ácido orto-silícico, forma mais simples e solúvel de Si, reage com o molibdato desenvolvendo a cor amarela). Decorridos 10 min, foram acrescentados 2 mL da solução de ácido tartárico 200 mg L^{-1} (utilizado para complexar o P da solução).

Após 5 min, adicionou-se 10 mL da solução de ácido ascórbico em que a redução do Si transforma o complexo amarelo para a cor azul. Depois de 1 h fez-se a leitura em fotolorímetro UV-Visível no comprimento de onda de 660 nm (curva padrão).

3.5.4 Cálcio e magnésio nas folhas

As amostras foliares foram lavadas com solução de detergente biodegradável neutro a 0,1 %; HCl 0,1 N e água destilada. A água destilada foi usada em abundância, retirando-se o excesso de detergente. Posteriormente, passou-se para o HCl 0,1 N e enxaguou-se com água destilada à vontade.

Escorreu-se bem e colocou-se no saco de papel perfurado de tamanho adequado para que as amostras ficassem soltas facilitando assim a circulação de ar.

Em seguida colocou-se em estufa calibrada entre 65⁰ C a 70⁰ C com circulação de ar, até peso constante por aproximadamente 72 h. Moeu-se em moinho vegetal com malha número 20 colocando diretamente o material moído em saquinho de pipoca.

Pesou-se 0,5g do material moído e passou para tubos de digestão. Adicionaram-se 6 mL de ácido (HNO₃ + HCl 4 x 0,5 – extrato nitro-perclórico) e deixou-se em ataque durante a noite.

O bloco digestor foi levado para a capela, iniciando-se com 50 ° C por 15 min, depois com 75°C por mais 15 min, 120°C mais 30 minutos, 160° C até o desprendimento total de fumos avermelhados, 210°C até o desprendimento total de fumos brancos e o extrato atingir volume de 5 mL.

Após o resfriamento dos tubos, adicionou-se 50 mL de água destilada aquecida a 60°C aos mesmos que foram colocados em agitador de tubos e reservados em frascos de vidro de 100 mL durante uma noite para decantação de partículas suspensas. Foi realizada uma prova em branco.

Do extrato nítrico-perclórico, analisou-se Ca e Mg através de absorção atômica, seguindo a ordem: 0,5 mL do extrato, 22 mL de água destilada e 2,5 mL de óxido de lantânio. Passou-se para copos descartáveis pequenos, com capacidade de 40 mL. Fez-se a

leitura, incluindo a prova em branco. O óxido de lantânio 5% foi adicionado 8 horas antes da leitura.

3.5.5 Cálcio e magnésio no solo

Para cada amostra foram pesados 10 cm³ de TFSA (terra fina seca ao ar) em copo plástico com tampa, e adicionou-se 100 mL de solução KCl 1N. Agitou-se por 10 min num agitador horizontal 220 rpm. As amostras ficaram em repouso por um período de 16 h.

Para determinação de cálcio e magnésio das amostras, 1 mL do extrato foi transferido para copo descartável sendo um por amostra. Adicionou-se 9 mL de óxido de lantânio 0,5% , e em seguida foi feita a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica.

3.6 Análise estatística

A análise estatística foi feita utilizando-se dos testes de média e de análise de regressão do programa SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 População de cistos de *Heterodera glycines*

Houve uma tendência na redução na população de *Heterodera glycines* com o aumento da dose de silicato utilizada (Figura 1). Nas doses de 0 e 800 kg.ha⁻¹, uma provável explicação para o grande número de cistos de *Heterodera glycines*, é o possível grande valor da saturação de bases encontrada nesses tratamentos, devido à ação do calcário. Foi observado por Canevese (1996) e Garcia e Silva (1996b), em solos do cerrado brasileiro, que em áreas com saturação por base elevada, por grande quantidade de calcário. Possivelmente, o pH alto do solo condiciona dois fatores desfavoráveis a soja cultivada nessa condição: a redução na população de fungos antagonistas do NCS, reduzindo a taxa de controle natural, e a imobilização de alguns micronutrientes no solo, diminuindo a tolerância das plantas pelo comprometimento no seu desenvolvimento.

O fato de ocorrer a redução no número de cistos com a aplicação de silicato de cálcio e magnésio, pode ser explicado através de mecanismos de defesa que o silício atua

na planta e acúmulo de determinados compostos citados no item 2.4. Botelho et. al. (2004), observaram que o número de galhas, massa de ovos e ovos por sistema radicular foram reduzidos significativamente pela adição de silicato de cálcio no substrato, em ensaios conduzidos com plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e inoculadas com *Meloidogyne incognita* aos 15 e 30 dias após o transplantio das plântulas.

Os pontos presentes na figura, representam cada repetição do experimento. Utilizando-se a equação da regressão quadrática, encontra-se que em uma dose de silicato de 2046,75 kg.ha⁻¹ tem o menor número de cistos por vaso. A partir daí então, tem-se uma tendência de aumento da população, podendo ser atribuída a não absorção em altas doses do elemento silício pela planta de soja ou pelo excesso do elemento no solo e sua posterior perda ou lixiviação.

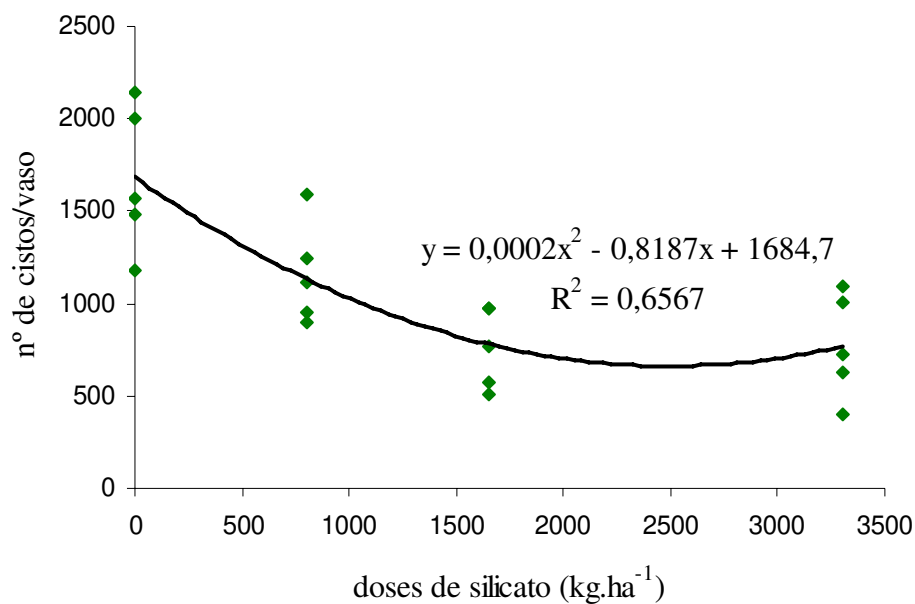


Figura 1 – População de cistos de *Heterodera glycines* raças 1 e 14 após 150 dias da inoculação em solo de vaso cultivado com a cultivar de soja Conquista

4.2 Cálcio no solo

A presença e ausência do fitonematóide influenciou significativamente o teor de cálcio no solo (Tabela 1). Essa diferença estatística apareceu nas doses de 0 e 3300 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio, ou seja na mínima e máxima dose do material aplicado, pode ter ocorrido uma menor resposta da planta ao elemento cálcio e esse elemento ter ficado mais disponível no solo.

Tabela 1 – Efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio, sobre teor de Ca no solo, em cmolc.dm^{-3} , em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

Doses de silicato de calcio e magnésio	Sem nematóide	Com nematóide	Média
-----kg . ha ⁻¹ -----	-----Ca, . cmolc.dm ⁻³ -----		
0	0,48 A*	0,93 B	0,71
800	1,11 A	1,16 A	1,14
1650	1,31 A	1,48 A	1,40
3300	1,63 A	2,23 B	1,92
Média	1,00	1,29	

C.V (%) = 15

* letras maiúsculas iguais nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A relação entre as doses de silicato utilizadas e o teor de cálcio encontrado no solo, pode ser percebida através da Figura 2.

O aumento no teor de cálcio no solo, com o aumento nas doses de silicato de cálcio e magnésio utilizadas (Figura 2), se deve ao fato de que o silicato de cálcio e magnésio possui 41% de CaO, enquanto que o calcário dolomítico utilizado no presente trabalho, possui 39%, apesar de os dois materiais apresentarem o mesmo comportamento no solo. Esse percentual é bem próximo e um outro fato que poderia explicar o aumento no teor de cálcio no solo, é a maior solubilidade do silicato em relação ao calcário. Percebe-se na figura que há um ajuste linear entre a dose utilizada e o teor do elemento encontrado no solo.

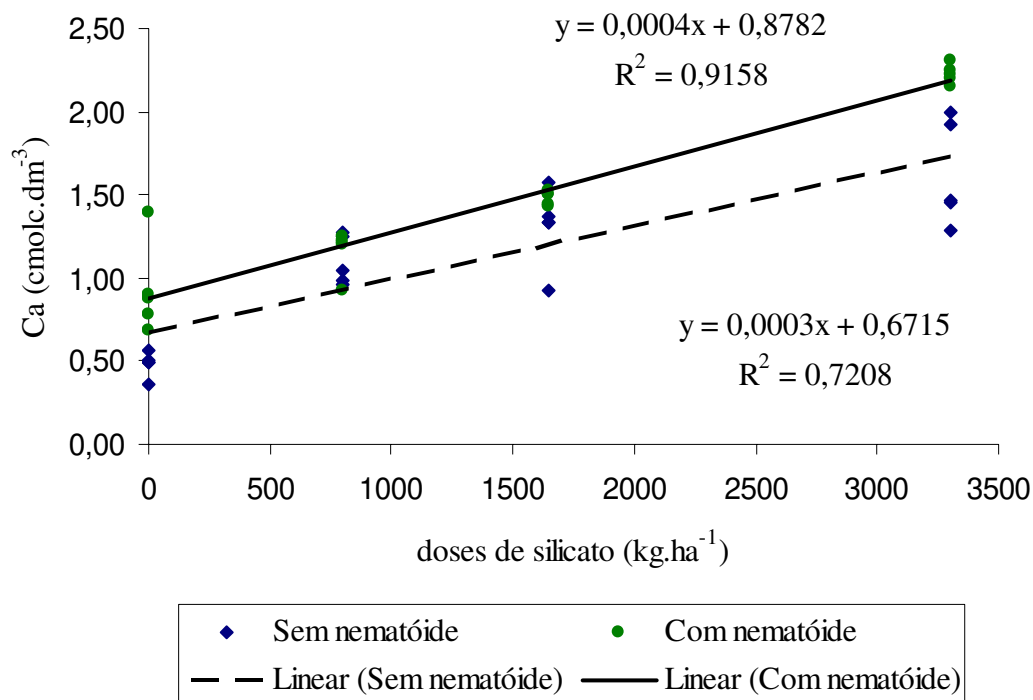


Figura 2 – Efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio, sobre teor de Ca no solo, em cmolc.dm^{-3} , em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.3 Cálcio na folha

A presença e ausência do fitonematóide influenciou significativamente os teores de cálcio nas folhas de soja (Tabela 2), somente na dose de 3300 kg.ha^{-1} de silicato de cálcio e magnésio. Essa influência pode ser explicada pelo fato de que no mesmo tratamento no item 4.2 (cálcio no solo), houve uma maior disponibilidade do elemento no solo na presença do nematóide, devido à menor absorção do elemento pela planta, notando-se aí o seu menor teor foliar.

Tabela 2 – Efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio sobre o teor de Ca, em g.kg^{-1} , em folhas de soja da cultivar Conquista infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

Doses de silicato de cálcio e magnésio	Sem nematóide	Com nematóide	Média
----- $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -----	-----Ca. g.kg^{-1} -----		
0	9,54 A*	9,18 A	9,36
800	9,58 A	9,24 A	9,41
1650	11,40 A	11,20 A	10,30
3300	16,66 B	12,38 A	14,52
Média	11,51	10,45	

C.V (%) = 19

* letras maiúsculas iguais nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Percebe-se na figura um ajuste linear, mostrando uma maior eficiência da planta em absorver o cálcio proveniente do silicato em relação do calcário. À medida que aumenta-se a dose de silicato de cálcio e magnésio, percebe-se uma tendência no aumento no teor de cálcio na folha, (Figura 3). A explicação para tal fato é a maior concentração de CaO do silicato em relação ao calcário, 41 e 39 % respectivamente. Além disso, a maior solubilidade do primeiro material em relação ao segundo, pode também ter influenciado no resultado encontrado. Porém é importante ressaltar que a figura nos dá uma noção apenas de tendência, não podendo afirmar que esse aumento linear no teor de cálcio nas folhas de soja, irá ocorrer em qualquer dose de silicato de cálcio e magnésio utilizada, já que o cálcio é um elemento muito móvel no solo e pouco móvel na planta e que poderá em altas doses aplicadas ter sua absorção pela planta comprometida devido á lixiviação intensa.

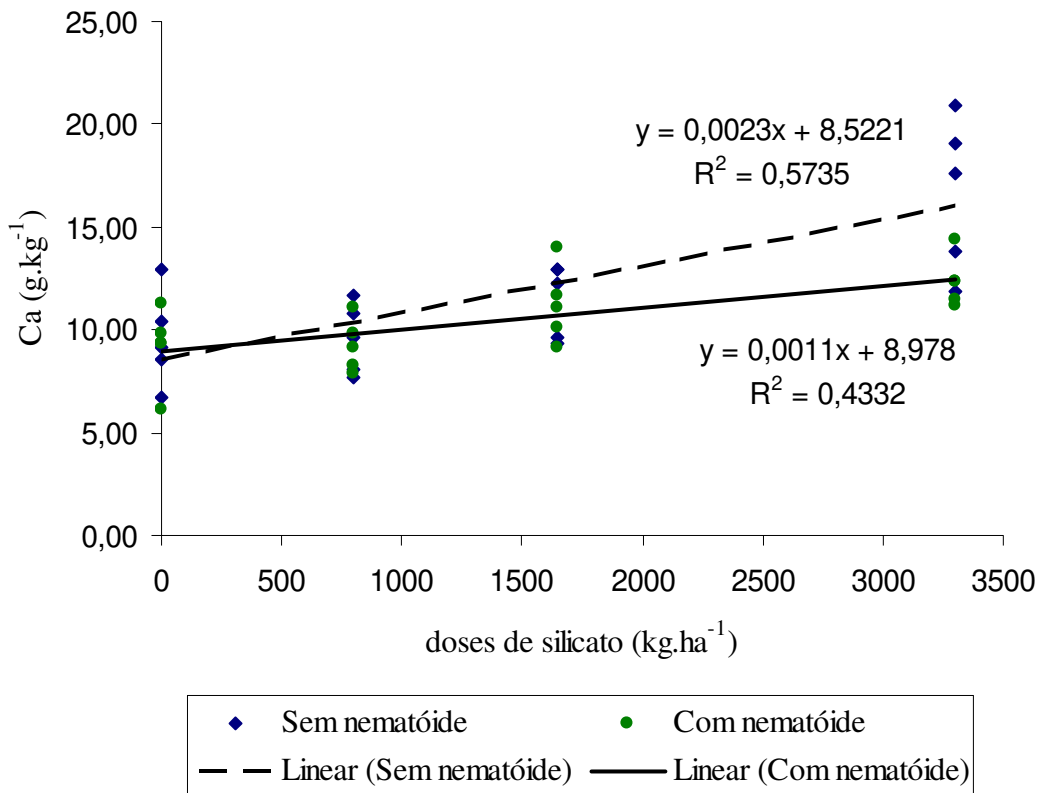


Figura 3 – Efeito de diferentes doses de silicato de cálcio de magnésio sobre o teor de Ca, em g.kg⁻¹, em folhas de soja da cultivar Conquista infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.4 Magnésio no solo

A presença ou ausência do nematóide não influenciou nos resultados obtidos quanto ao teor de magnésio no solo (Tabela 3). Portanto observa-se a tabela somente com as médias gerais, já que os teores não foram influenciados pela presença do fitopatígeno.

Tabela 3 – Efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio, sobre teor de Mg no solo, em cmolc.dm^{-3} , em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

Doses de silicato de cálcio e magnésio	Média
----- $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -----	----- Mg, cmolc.dm^{-3} -----
0	1,68
800	1,26
1650	1,05
3300	0,34
Média	

C.V (%) = 24

Diante dos resultados obtidos, pode-se inferir que a concentração de MgO do silicato de cálcio e magnésio e do calcário dolomítico utilizados, que são 11 e 13% respectivamente, influenciaram na redução dos teores de Mg no solo. À medida que aumentaram as doses de silicato de cálcio e magnésio diminuindo-se as doses de calcário dolomítico, observou-se uma redução significativa nos teores de Mg no solo (Figura 4). A equação exponencial nos dá uma idéia de que há uma tendência dessa redução em um determinado ponto se estabilizar e o aumento na dose de silicato não iria causar diminuição no teor de nutriente (Mg) no solo. Nota-se na figura que essa dose seria de aproximadamente 3000 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

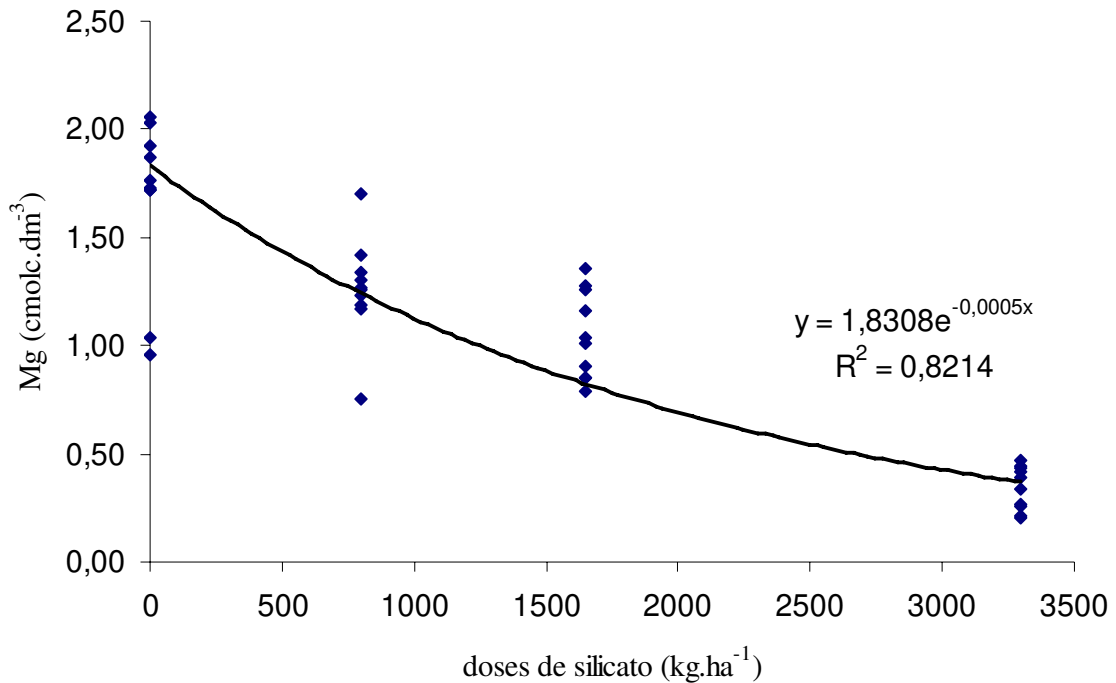


Figura 4 – Efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio, sobre teor de Mg no solo, em cmolc.dm⁻³, em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.5 Magnésio na folha

A presença e ausência do fitonematóide influenciou significativamente os teores de magnésio nas folhas de soja somente na dose de 1650 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio (Tabela 4). Nesse tratamento a planta de soja absorveu mais magnésio na presença do nematóide. Uma possível explicação para esse fato é que essa presença estimulou a planta a absorver maior quantidade de magnésio na dose citada, para suprir processos fisiológicos da planta devido ao parasitismo, e em outras doses maiores ou

menores, essa relação entre a dose empregada e o parasitismo não estaria influenciando na absorção do nutriente.

Tabela 4 – Efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio sobre o teor de Mg, em g.kg^{-1} , em folhas de soja da cultivar Conquista infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

Doses de silicato de cálcio e magnésio	Sem nematóide	Com nematóide	Média
----- $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -----	-----	Mg, g.kg^{-1} -----	-----
0	10,24 A*	10,36 A	10,30
800	7,72 A	7,88 A	7,80
1650	6,02 A	7,64 B	6,83
3300	3,98 A	3,72 A	3,85
Média	7,02	7,37	

C.V (%) = 15

* letras maiúsculas iguais nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

À medida que aumentou-se as doses de silicato de cálcio e magnésio, diminuiu-se significativamente o teor encontrado de Mg folhas, sendo notado tanto nos tratamentos com a presença e ausência do patógeno (Figura 5). Esse fato pode ser explicado pelo menor teor de MgO encontrado no silicato (11%). Como já dito com relação ao magnésio no solo, esse teor sendo menor que o encontrado no calcário dolomítico (13%) foi suficiente para essa redução, considerada significativa. Portanto, reduzindo-se a dose do material com maior teor desse nutriente, foram coerentes os resultados encontrados. Percebe-se na figura 5, que há uma tendência de redução nos teores de magnésio foliar até um nível muito baixo, no

qual se estabilizaria essa menor absorção mesmo aumentando-se a dose de silicato, segundo o ajuste exponencial obtido no gráfico.

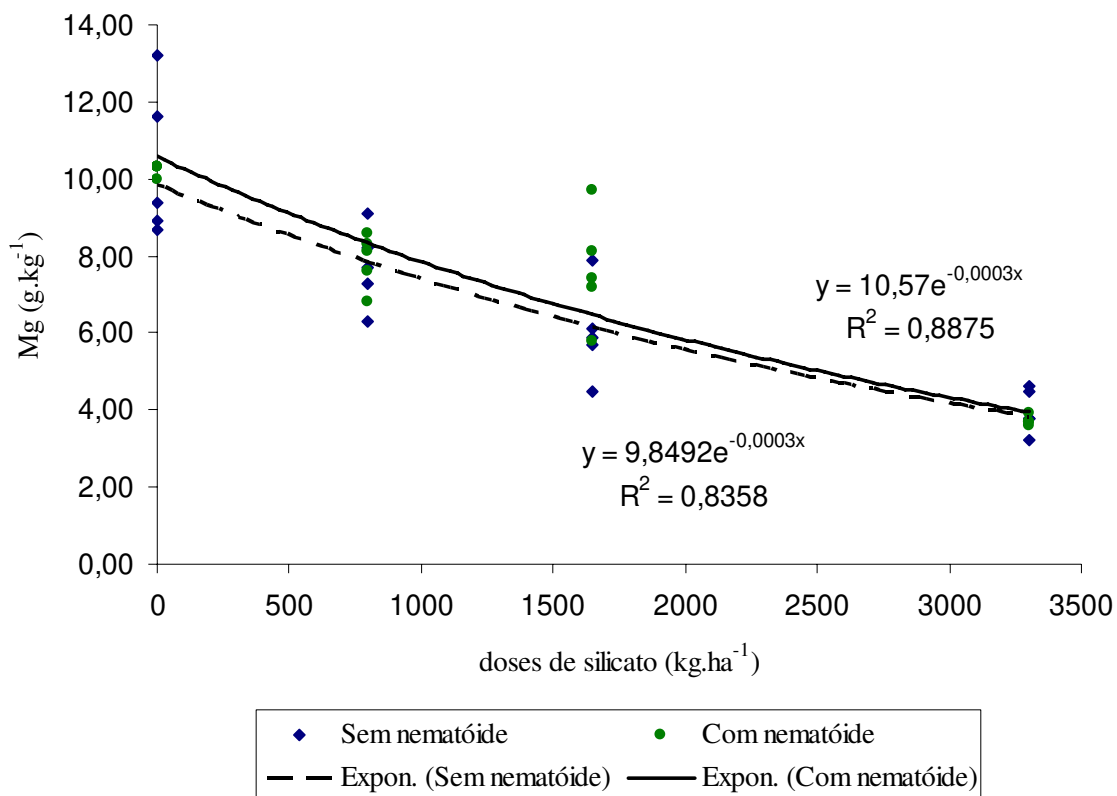


Figura 5 – Efeito de diferentes doses de silicato de cálcio de magnésio sobre o teor de Mg, em g.kg⁻¹, em folhas de soja da cultivar Conquista infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.6 Silício no solo

A presença ou ausência do nematóide não influenciou nos resultados obtidos quanto ao teor de silício no solo (Tabela 5). Portanto observa-se a tabela somente com as médias gerais, já que os teores não foram influenciados pela presença do fitopatógeno.

Tabela 5 - Efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio, sobre teor de Si no solo, em mg.dm^{-3} , em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

Doses de silicato de cálcio e magnésio	Média
----- kg.ha^{-1} -----	----- Si, mg.dm^{-3} -----
0	2,03
800	2,32
1650	2,62
3300	3,10
Média	

C.V (%) = 12

Com o aumento nas doses de silicato percebe-se um acréscimo nos teores de Si no solo (Figura 6). Esse ganho no teor de Si na solução, pode ser explicado pelo fato de que solos mais ácidos possuem maior disponibilidade de Si na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) (MALAVOLTA, 1980). Como no presente trabalho foi utilizado como corretivo além do recmix, o calcário, esse último apresenta reação mais rápida de correção da acidez (FORTES, 1993). Isso explica o fato de que os tratamentos que receberam maiores doses de silicato apresentarem maiores teores de Si na solução do solo.

Uma outra explicação para os valores encontrados é a concentração de SiO₂ dos dois materiais utilizados. Esse valor é de 0 e 23% para o calcário dolomítico e silicato de cálcio e magnésio, respectivamente. Portanto utilização de um material mais rico em determinado nutriente, implica em uma maior disponibilidade do mesmo na solução do solo.

Foi obtido um ajuste linear (Figura 6) para explicar o comportamento do silício no solo. Há uma tendência de acréscimo nesse teor à medida que aumenta-se a dose do silicato. Mesmo com essa tendência de ocorrer esse aumento, doses excessivas do silicato podem fazer com que a partir de um determinado ponto pode haver um certo “desperdício” do elemento e ele então poderia não ser encontrado na sua forma disponível (H₄SiO₄).

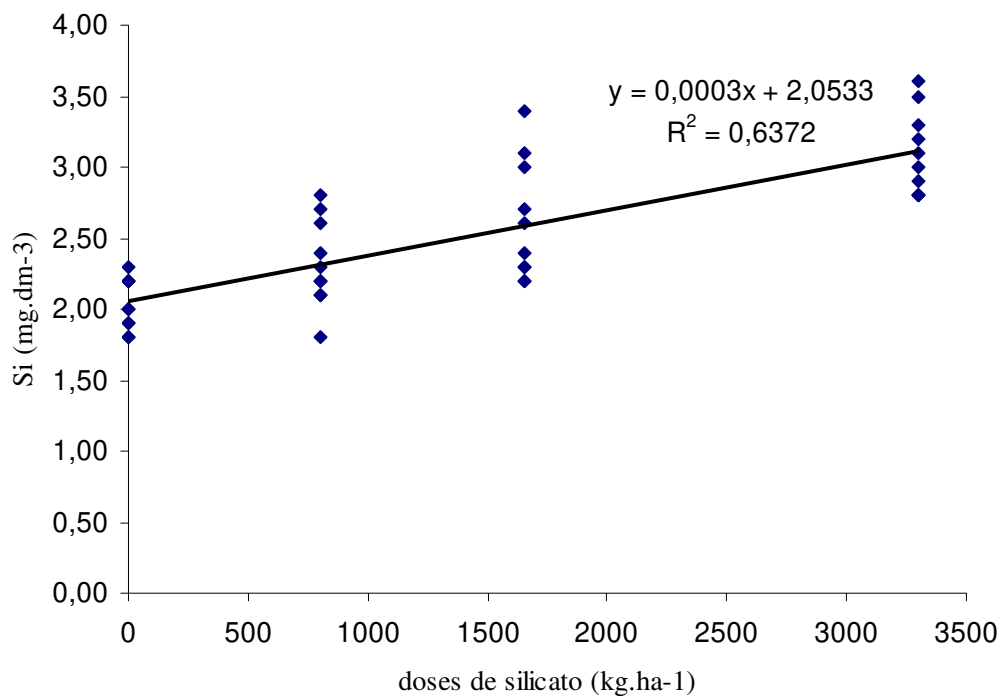


Figura 6 – Efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio, sobre teor de Si no solo, em mg.dm⁻³, em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.7 Número de cistos de *Heterodera glycines* x Silício no solo

A Figura 7 nos mostra a relação entre o número de cistos por vaso e o teor de silício presente no solo. Fica bastante evidente que o grande número de cistos de *Heterodera glycines* por vaso no atual trabalho, está relacionado ao baixo teor de silício presente no solo. Obteve-se um ajuste linear no qual mostra uma tendência de encontrar-se um baixo teor de silício no solo, nos tratamentos em que foram encontrados grandes quantidades de cistos por vaso. Apesar de o fitopatógeno ser de hábito endoparasita sedentário, a sua fase juvenil, mais precisamente até J2, vive no solo e desloca-se por movimentos próprios, a partir de então penetrando na raiz da planta de soja e parasitando-a. Então pode ser dada ao silício a função de impedir essa locomoção da forma juvenil no solo e posteriormente o fitopatógeno não passaria desse estágio J2, conseqüentemente não chegando à vida adulta. Os mecanismos de como o silício reduziria essa população de fitonematóides estão citados nos itens 2.4 e 4.1 desse trabalho.

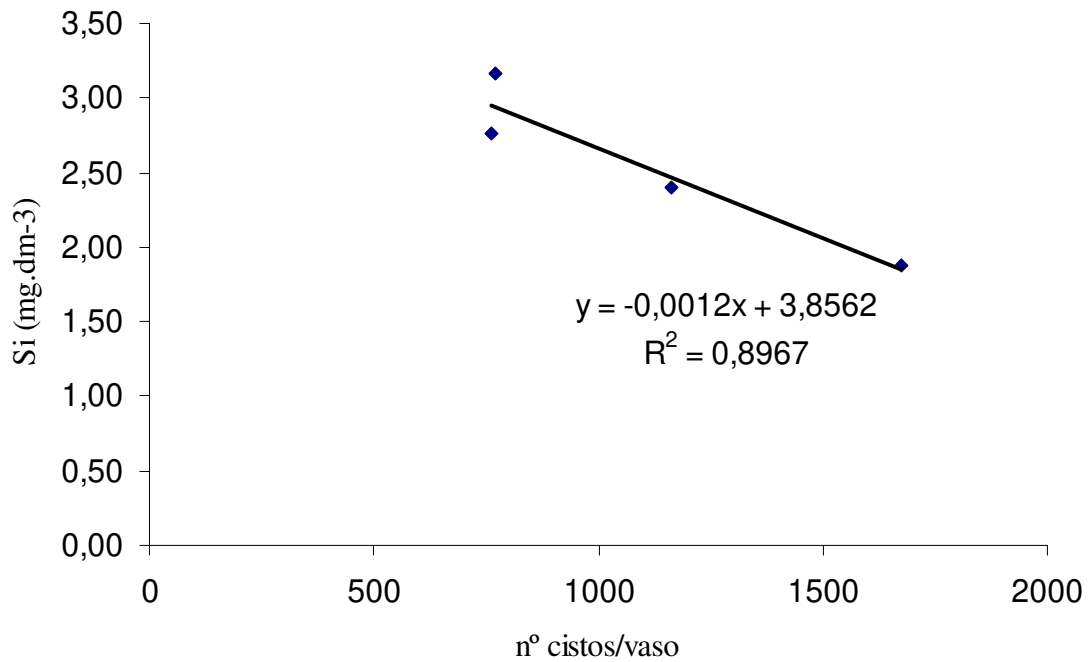


Figura 7 – Relação entre o número de cistos de *Heterodera glycines* por vaso e o teor de silício no solo, em mg.dm^{-3} , em solo cultivado com soja infectada pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.8 Silício na folha

A presença ou ausência do nematóide não influenciou nos resultados obtidos quanto ao teor de silício na folha de soja (Tabela 6). Portanto observa-se a tabela somente com as médias gerais, já que os teores não foram influenciados pela presença do fitopatógeno.

Tabela 6 – Efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio sobre o teor de Si, em g.kg^{-1} , em folhas de soja da cultivar Conquista infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

Doses de silicato de cálcio e magnésio		Média
----- kg.ha^{-1} -----	----- g.kg^{-1} -----	
0		0,59
800		0,65
1650		0,93
3300		1,10
Média		

C.V (%) = 21

Os tratamentos que foram inoculados com *Heterodera glycines*, apresentaram maiores teores do nutriente na folha. Apesar de não haver diferença estatística para o caso, uma explicação para tal fato é que a presença do patógeno citado acima, fez com que a planta absorvesse maior quantidade do mineral que é responsável por conferir uma maior resistência mecânica contra a invasão e penetração do nematóide no tecido vegetal.

Com o acréscimo nas doses de silicato de cálcio e magnésio, observa-se um ganho significativo nos teores de Si foliar (Figura 8). A explicação para esse ganho é que a maior disponibilidade de silício no solo observada no item 4.6, com o aumento da dose de silicato de cálcio e magnésio, implicou também em uma maior absorção do nutriente pela planta.

O comportamento do gráfico do teor de silício no solo e na planta são bastante parecidos. Ambos possuem um ajuste linear. Essa semelhança mostra que o que tinha no solo pode ter sido absorvido pela planta e posteriormente utilizado nos mecanismos de

defesa da própria planta. Mesmo com esse ajuste linear observado no gráfico, é importante fazer o mesmo comentário feito no item 4.6 (silício no solo). Grandes doses de silicato podem fazer com que o elemento não esteja totalmente disponível no solo ou haja perda do mesmo e posteriormente ocorreria a não absorção do elemento pela planta. Conclui-se foi de grande valia os teores de silício encontrados na folha de soja, no presente trabalho, uma vez que dicotiledôneas apresentam baixa capacidade de absorver silício (MARSCHNER, 1995).

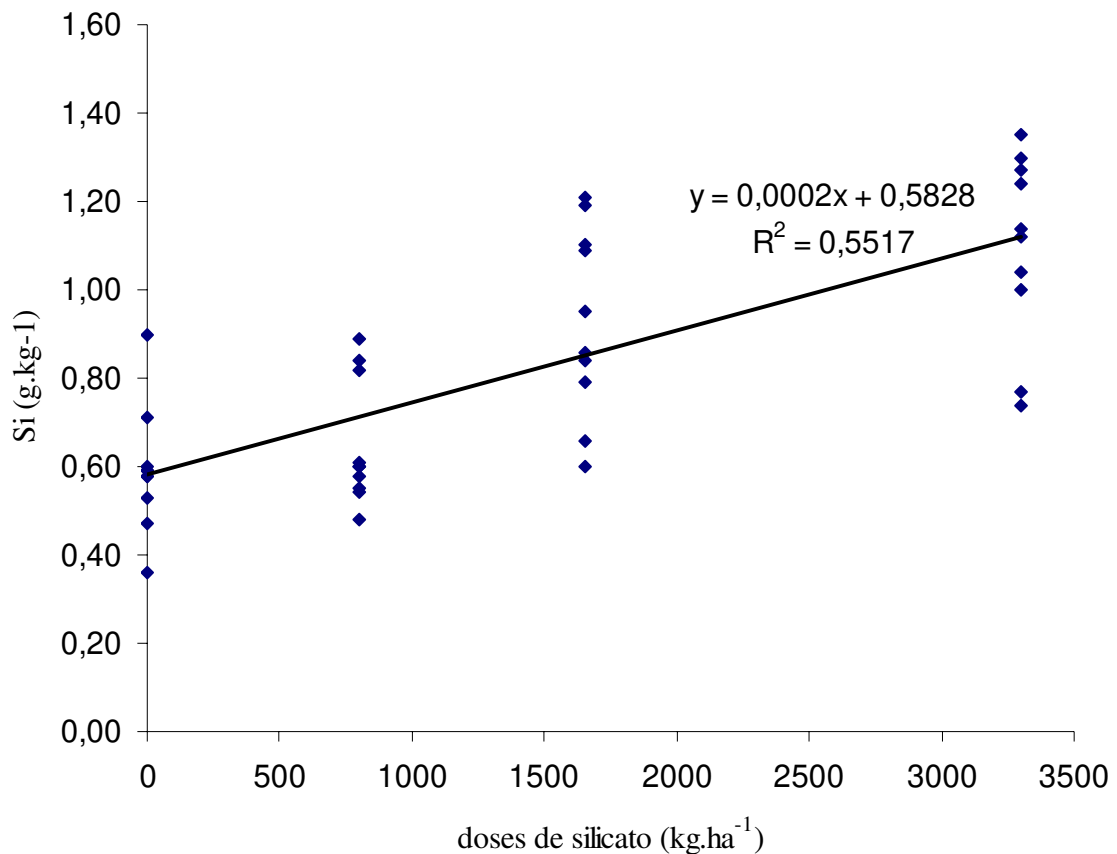


Figura 8 – Efeito de diferentes doses de silicato de cálcio de magnésio sobre o teor de Si, em g.kg⁻¹, em folhas de soja da cultivar Conquista infectada ou não pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

4.9 Número de cistos de *Heterodera glycines* x Silício na folha

A Figura 9 nos mostra o comportamento do silício nas folhas de soja relacionado ao número de cistos de *Heterodera glycines* por vaso. Esse comportamento pode ser explicado pelos teores de silício na folha de soja e sua posterior absorção do elemento pela planta que levaria à ela, mecanismos de defesa contra o parasitismo do fitopatógeno, podendo assim encontrar mais ou cistos em um determinado tratamento do trabalho. Percebe-se na figura que a grande quantidade de cistos está relacionada ao baixo teor de silício na folha. O ajuste linear nos mostra que quanto mais cistos forem encontrados, relaciona-se ao baixo teor do elemento na folha.

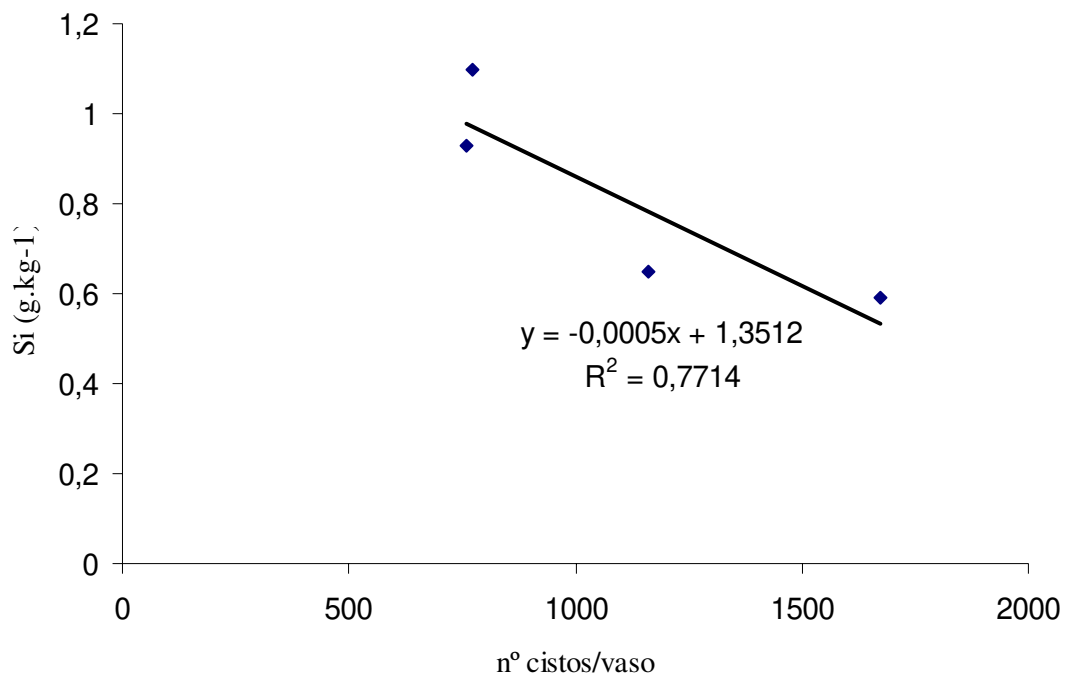


Figura 9 – Relação entre o número de cistos de *Heterodera glycines* por vaso e o teor de silício na folha, em g.kg⁻¹, em solo cultivado com soja infectada pelo fitonematóide *Heterodera glycines*.

5. CONCLUSÕES

O trabalho realizado permitiu concluir que:

- A população de *Heterodera glycines* diminuiu com o aumento da dose de silicato de cálcio e magnésio;
- Os teores de cálcio e silício no solo e na planta aumentaram com o aumento da dose de silicato de cálcio e magnésio;
- Há uma correlação negativa entre o número de cistos de *Heterodera glycines* e os teores de silício no solo e na folha.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSTON, D.G.; BRADLEY JR.; J.R.; COBLE, H.D.; SCHMITT, D..P. Impact of population density of *Heterodera glycines* on soybean canopy growth and weed competition. **Plant Disease**, v. 75, n.10, p.1016-1018, 1991.

ANDRADE, P.J.M.; G.L. ASMUS. Disseminação do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines*, pelo vento durante o preparo do solo. **Nematologia Brasileira**, v.21, n.1, p. 98-100. 1997.

ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L.; **Levantamento da ocorrência do nematóide cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) no Mato Grosso do Sul: 1994/1995**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 3p.

ANTÔNIO, H. Fitonematóides na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, v.16, n.172, p. 60-65. 1992.

BÉLANGER, R.R.; BOWEN, P.A.; EHRET, D.L; MENZIES, J.G. Soluble silicon – its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, v.79, n.4, p.329-336. 1995.

BOTELHO, D.M. dos S.; DUTRA, M.R; PAIVA, B.R.T.L; CAMPOS, V.P. Silício no controle de *Meloidogyne incógnita* e no desenvolvimento do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, p152. 2004. (Suplemento).

BRASIL **DECRETO Nº 2954**. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Normas jurídicas (Texto integral) DEC 004954, Brasília, 14 jan., 2004, 27p.

CÂMARA, G.M. de S. Origem, difusão geográfica e importância da soja. In: CÂMARA, G.M. de S. (coord.). **Soja: tecnologia de produção**. ESALQ/USP, Piracicaba, p. 1-25. 1998.

CANEVESE, G. **Controle do nematóide de cisto da soja na região tropical dos cerrados do Brasil**. 1996. 15p. (Boletim técnico nº1).

CONAB, 2006. <<http://www.conab.gov.br/download/safra/SojaSerieHist.xls>>. acesso em: 07 fev 2006.

DUARTE, I.C.S.; SILVA, V.C.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A. & SPINOZA, W. Dinâmica populacional do nematóide de cisto da soja em Tarumã-SP. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, p.414. 1996. Suplemento.

ELAWAD, S.H., GREEN Jr., V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL Riso**, n.28, p.235 - 253. 1979.

ELLIOT, C.L., SNYDER, G.H. Autoclave - Induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, n.39, p.1118-1119. 1991.

EPSTEIN, L. E. Silicon. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**. v. 50, p. 641-664, 1999.

FAWE, A.; ABOW-ZAID, M.; MENZIES, J.G.; BELANGER, R.R. Silicon mediated accumulation of flavonoid phyto-alexins in Cucumber. **Phytopathology**. v.88, p.396-401. 1998.

FORTES, J.L.O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do estado do Maranhão, na correção da acidez do solo**. 1993. 66f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas), Viçosa. Universidade Federal de Viçosa.

FREIRE, E. S.; DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P.; MASSAROTO, J. A.; SCHMIDT, P. A.; MENEZES, M. de. Controle alternativo dos nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp) em tomateiro pela utilização de fonte silicatada. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29 (Supl.), p. S293, ago., 2004.

GARCIA, A. L. A.; DUTRA, M. R.; PAIVA, B. R. T. L.; ROCHA, F. S.; CAMPOS, V.P. Efeito do silício aplicado na semeadura do feijoeiro no controle dos nematóides de galhas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29 (Supl.), p. S172, ago., 2004.

GARCIA, A. & SILVA, J.F.V. Interação entre a população de cistos de *Heterodera glycines* e o pH do solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, p.420, 1996b. Suplemento.

- HUANG, J.S.; BARKER, K.R. VANDYKE, C.G. Suppression of binding between rhizobia and soybean roots by *Heterodera glycines*. **Phytopathology**, v.74, n.11, p.1381-1384, 1984.
- JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Effect of iron and aluminum oxides on silica in solution in soils. **Nature**, London, v.18, p.852-853, 1967.
- JULIATTI, F.C.; RODRIGUES, F. de A; KORNDÖRFER, G.H.; SILVA, O de A; PEIXOTO, J.R. Efeito do silício na indução de resistência a *Diaporthe phaseorolum* f.sp. *meridionalis* em cultivares de soja com diferentes níveis de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, p.38, 1996. Suplemento.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”, Universidade Federal de Uberlândia, 2002. (Boletim Técnico, 1).
- KORNDÖRFER, G.H.; COLOMBO, C.A.; LEONE, P.L.C. Termofosfato como fonte de silício para a cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.19, n.1, p.34-36, 2000.
- KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-3, 1995.
- LIMA, R.D.; FERRAZ, S; SANTOS, J.M. Ocorrência de *Heterodera* sp. reduz produção de soja no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v.16, n.1/2, p.101-102 (resumo). 1992.
- LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A; QUAGGIO, J.A. *Heterodera* sp. reduz produção de soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16, Lavras, 1992. **Resumos**, Lavras: ESAL, 1992. p.81.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MANARA, N.T.F. 1988. Origem e expansão. In: SANTOS, O.S. dos. (coord.) **A cultura da soja-1**. Editora Globo, Rio de Janeiro, p.13 - 23.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 887 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, London, England. p. 889, 1986.

- MENDES, L.M.; MACHADO, C.C. 1992. **Levantamento preliminar da ocorrência do nematóide cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe), no Brasil**. Londrina: Embrapa-Soja, 1992. 5p. (Embrapa-Soja. Comunicado Técnico, 53).
- MENZIES, J.G.; BELANGER, R.R. Recent advances in cultural management of diseases of greenhouse crop. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v.18, p.186-193, 1996.
- MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; GLASS, A.D.M.; SAMUELS, A.L., The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*. **Biology Molecular and Plant Pathology**, v.39, p. 403-414, 1991.
- MONTEIRO, A.R.; S.R.A.C. MORAIS, 1992. Ocorrência do nematóide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura em Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, v.16, n.1/2, p.101 (resumo).
- PIAU, W.C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 124f. Tese (Doutorado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, J.A. Plant mineral nutrition. **Yearbook of Science and technology**. McGraw - Hill Book Co, Inc. 1973.
- SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; SILVA, E.A.; DIAS, W.P. 1997. Situação atual do nematóide de cisto da soja (NCS) no Brasil. In: **Congresso Brasileiro De Nematologia, XX**, Gramado, Resumos, p. 20 - 22.
- TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: Science of the rice plant: physiology. Tokio: **Food and Agriculture Policy Research Center**, p. 420 - 433, 1995.
- TAKAHASHI, Y. Effect of the form of silicon on the uptake of silicon by rice plant. Japanese. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v.49: 357 - 360 p. 1978.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2000, 473 p.
- YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bulletin National of Institute Agrarian Science. (Japan) Series B**. v. 15, n.1, 58 p. 1975.
- YOUNG, L.D. Yield loss in soybean caused by *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, v.28, n.4 (supl.)