

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

FABIANA CAVALCANTI MIRANDA

**EFEITO DE DOSES DE SILÍCIO NA REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne javanica* EM
SOJA**

Uberlândia – MG
Setembro - 2013

FABIANA CAVALCANTI MIRANDA

**EFEITO DE DOSES DE SILÍCIO NA REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne javanica* EM
SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientadora: Maria Amelia dos Santos

Uberlândia – MG
Setembro - 2013

FABIANA CAVALCANTI MIRANDA

**EFEITO DE DOSES DE SILÍCIO NA REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne javanica* EM
SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 20 de setembro de 2013.

Eng. Agr. MSc. Ivaniele Nahas Duarte
Membro da Banca

Eng. Agr. Reinaldo Rodrigues Pimentel
Membro da Banca

Prof. Dra. Maria Amelia dos Santos
Orientadora

AGRADECIMENTOS

À Deus.

A todos os meus familiares, aos meus pais César e Edilene, à minha irmã Flavia e ao meu esposo Frederico, por todo apoio, dedicação, amizade, compreensão e amor.

Aos meus amigos colegas de curso, pelo apoio e amizade.

À minha orientadora Maria Amelia, por ter me dado a oportunidade de desenvolver este trabalho.

À doutoranda Ivaniele e ao funcionário Aires, por toda atenção e ajuda em todos os momentos que eu precisei de auxílio.

Em fim, à todos os professores, técnicos e outras pessoas, que tiveram contribuição para a construção deste trabalho, tornando possível sua realização.

RESUMO

Um dos principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos na cultura da soja são as doenças. Entre os patógenos que causam doenças na cultura estão os nematoides do gênero *Meloidogyne*, que causam perdas significativas na produção de soja. Para o manejo de fitonematoides, devem-se buscar alternativas que diminuam custos, aumentam a produção e não agridem o ambiente. O silício é considerado um micronutriente que traz inúmeros benefícios para as plantas, além de conferir resistência a diversas pragas e doenças. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de doses de silício sobre a reprodução de *Meloidogyne javanica* em soja. O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, onde foram testadas as doses de 0, 100, 200 e 400 kg.ha⁻¹ de Si total, associado à presença e ausência de *M. javanica*, com cinco repetições, totalizando 40 parcelas. As plantas foram avaliadas quanto à produtividade de grãos, teor de silício nas folhas, nas raízes e no solo e avaliação da população de nematoides. Observou-se que as doses de silício não afetaram a população de nematoide, porém, observou-se que as doses de silício afetaram os outros parâmetros avaliados. Verificou-se que o aumento das doses de silício proporcionou incrementos no número e produtividade de grãos, sendo que o maior incremento na produtividade de grãos ocorreu na dose 246 kg ha⁻¹ de Si e foi na ordem de 10,5 sacas ha⁻¹ em relação à testemunha. O teor de silício foliar aumentou com os acréscimos das doses de silício aplicadas, porém o teor de silício na raiz obteve acréscimos somente até na dose 138,13 kg ha⁻¹, decrescendo o teor a partir desta dose.

Palavras-chave: *Meloidogyne javanica*, silício, soja.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 <i>Meloidogyne</i>	8
2.2 Silício.....	9
2.3 Efeito do silício na resistência das plantas às doenças e nematoides.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Local do experimento.....	14
3.2 Instalação e delineamento experimental.....	14
3.3 Condução do experimento	16
3.4 Obtenção do inóculo e inoculação.....	17
3.5 Avaliações.....	17
3.5.1 Número de grãos.....	17
3.5.2 Produtividade de grãos.....	18
3.5.3 Avaliação do teor de silício nas folhas, nas raízes e no solo.....	18
3.5.4 Avaliação do nematoide.....	18
3.5.5 Análise estatística.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5 CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A soja é a principal oleaginosa cultivada no mundo e, apresentou, nas últimas quatro décadas a maior expansão na produção mundial dentre as culturas agrícolas comerciais (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011). No Brasil, o seu crescimento se deu principalmente, aos avanços tecnológicos no processo produtivo e à adaptação desta espécie vegetal a regiões de baixa latitude e às condições de cerrado.

O Brasil é um dos principais países produtores de soja, sendo esta, a cultura mais importante para o agronegócio nacional. A consolidação da soja na região central do Brasil na década de 80 é considerada um marco para o desenvolvimento da região, com surgimento e crescimento de cidades e geração de emprego e renda. A produção nacional de soja encontra-se em expansão, a safra 2012/2013 apresentou recordes nacionais de produção de 81,5 milhões de toneladas, área plantada de 27,7 milhões de hectares e com uma produtividade média de 2.938 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

Um dos principais fatores que limita a obtenção de altos rendimentos na cultura da soja são as doenças, causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus. As perdas anuais provocadas pelas doenças são estimadas entre 15 a 20% na produção (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011). As doenças vem aumentando a cada ano como consequência da expansão da cultura e utilização da monocultura nas áreas de cultivo.

Entre os nematoides que causam doenças na cultura da soja estão os nematoides do gênero *Meloidogyne*, que possuem a característica de formarem galhas nas raízes das plantas atacadas. Dentro deste gênero, as espécies *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são as mais importantes para a soja no Brasil. A espécie *M. javanica* tem ocorrência generalizada, enquanto *M. incognita* predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão (DIAS et al., 2010). Segundo Cassetari Neto, Machado e Silva (2010), os nematoides do gênero *Meloidogyne* têm sido responsáveis por perdas de 10 a 40% na produção de soja em locais com solos arenosos ou médio-arenosos (< 25% de argila).

As estratégias prioritárias de manejo de fitonematoides são aquelas que diminuem custos, aumentam a produção e não agridem o ambiente (RITZINGER; FANCELLI, 2006). Neste contexto, muitos métodos de controle alternativos ao controle químico são utilizados, apresentando eficiência na redução da população de nematoides, além de manter a biodiversidade nos agroecossistemas.

A nutrição mineral equilibrada das plantas é um aspecto importante para se obter altos índices de produtividades, um dos fatores relacionados a isso é que a cultura que não apresenta deficiências nutricionais apresenta maior resistência aos patógenos. O estado nutricional das plantas determina, em grande parte, suas estruturas histológicas e morfológicas, a intensidade de muitas atividades fisiológicas e, conseqüentemente, a resistência ou suscetibilidade aos patógenos (ZAMBOLIM et al., 2000).

O silício apesar de não ser um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, é considerado um micronutriente que traz inúmeros benefícios, como por exemplo o aumento da resistência ao ataque de pragas e doenças. Muitos estudos envolvendo o silício na proteção das plantas foram conduzidos com gramíneas, plantas acumuladoras deste elemento, onde foi constatada a formação de uma barreira física atribuída ao acúmulo de silício na parede celular das plantas, que impede a penetração de fitopatógenos (REIS et al., 2007).

Para plantas não acumuladoras de silício, como as dicotiledôneas, foi verificado que este elemento, também, confere resistência a pragas e doenças. Segundo Epstein (1999) uma das hipóteses que explica isso é que o silício estimula os mecanismos naturais de defesa da planta como a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina.

Estudos que envolvem aplicações de Si em dicotiledôneas como a soja estão apresentando resultados positivos quanto à diminuição de doenças. Moreira (2006) conduziu um estudo em casa de vegetação, avaliando o efeito de aplicações de doses de silicato de cálcio e magnésio e de doses de calcário sobre a população de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja. Foi verificado que houve redução na população do nematoide com o aumento da dose de silicato e diminuição da dose de calcário. Dias (2006), realizando um trabalho sob condições semelhantes, utilizando-se das mesmas doses de silicato de cálcio e magnésio e do calcário, mas testando o seu efeito sob a reprodução do nematoide cisto da soja, *Heterodera glycines*, concluiu, também, que houve redução no número de cistos com o aumento da dose de silicato e diminuição da dose de calcário. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de silício na reprodução de *Meloidogyne javanica* em soja sob condições de casa de vegetação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Meloidogyne*

Os nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* são endoparasitos sedentários obrigatórios possuindo mais de três mil espécies de plantas tidas como hospedeiras em potencial (CASTAGNONE-SERENO, 2002). Eles possuem grande capacidade de adaptação a diferentes espécies vegetais, o que assegura sua sobrevivência por longos períodos nos sistemas de cultivo (FERRAZ, 2001).

Segundo Karssen e Moens (2006), o gênero compreende 89 espécies e dentro dessas, três tem importância primária para a cultura da soja, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*. No Brasil, as espécies *M. incognita* e *M. javanica* apresentam ampla distribuição geográfica e alto grau de polifagismo, atacando diversas culturas. A espécie *M. javanica* é mais disseminada nos cerrados enquanto *M. incognita* tem distribuição mais restrita, porém apresenta diferentes raças que podem afetar a reação de variedades consideradas resistentes, dependendo do local de cultivo (VALE; ZAMBOLIM, 1997).

De acordo com Bergamin Filho, Kimati e Amorim (1995), nas espécies *M. incognita* e *M. javanica*, as populações são constituídas basicamente por fêmeas e a reprodução é por partenogênese mitótica obrigatória. De modo geral, o ciclo biológico completa-se em 3 a 4 semanas, passando pelos estádios fenológicos: ovo, quatro juvenis (J_1 , J_2 , J_3 , J_4) e fase adulta. A faixa ideal de temperatura para o seu desenvolvimento é de 25 a 30°C.

No interior dos ovos, encontram-se juvenis de 1º estágio (J_1), que logo sofrem a primeira ecdise, originando juvenis de 2º estágio (J_2). Após a eclosão, esses juvenis (fases infectivas), vermiformes e móveis, passam a migrar no solo à procura de raízes de um hospedeiro favorável.

O juvenil infectante penetra na radícula de uma planta suscetível e se fixa nas células localizadas próximas a região dos vasos. Mediante a injeção de secreções esofagianas através do estilete, ocorre a formação de 3 a 8 células ditas gigantes ou nutridoras, onde o nematoide estabelece o parasitismo.

O sintoma típico dos nematoides do gênero *Meloidogyne* é a galha. As galhas são engrossamentos nas raízes, e resultam da hiperplasia e, principalmente, hipertrofia celular no

tecido vegetal próximo ao corpo do nematoide (FERRAZ, 2001). Elas são observadas em número e tamanho variados dependendo da suscetibilidade da cultivar e da densidade populacional do nematoide no solo.

As lavouras de soja atacadas por nematoides do gênero *Meloidogyne* apresentam sintomas de manchas em reboleiras, onde as plantas ficam pequenas e amareladas; as folhas apresentam manchas, caracterizando a folha “carijó”; e por ocasião do florescimento, nota-se intenso abortamento de vagens e amadurecimento prematuro das plantas. Em anos em que acontecem “veranicos” na fase de enchimento de grãos, os danos tendem a serem maiores (DIAS et al., 2010).

2.2 Silício

O silício (Si) é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, perdendo somente para o oxigênio. Ocorre, principalmente como mineral inerte das areias, quartzo (SiO_2 puro), caulinita, micas, feldspato e em outros argilominerais silicatados (MENGEL; KIRKBY, 1987 apud REIS et al., 2007). Na Região Central do Brasil, principalmente nos cerrados, os solos apresentam baixos teores de silício disponíveis, devido ao alto grau de intemperismo dos solos e à grande ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, os quais apresentam baixos teores de Si disponível (LIMA FILHO, 2009).

O silício está presente na solução do solo como ácido monossilícico (H_4SiO_4), em grande parte na forma não dissociável que é facilmente absorvido pelas plantas (RAVEN, 1983). A sua absorção é feita na maioria das plantas através do fluxo de massa e, então ele é depositado no tecido da planta, não ocorrendo translocação para os tecidos mais novos (MA; TAKAHASHI, 1990).

Entre os principais benefícios do Si nas plantas destacam-se: aumento da tolerância ao estresse hídrico, aumento da capacidade fotossintética, diminuição do acamamento, redução da transpiração, aumento da resistência ao ataque de pragas e doenças (KORNDORFER; PEREIRA; CAMARGO, 2004). Apesar destes atributos, o Si ainda não foi considerado como nutriente essencial para as plantas, porque sua função ainda não foi esclarecida (EPSTEIN, 1999). No entanto, em 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004) foi regulamentado o Si na lista dos micronutrientes a partir do decreto lei número 4.954, que regulamenta a lei 6.894 de 16/01/1980 que dispõe sobre a produção e comercialização de fertilizantes.

O conteúdo de Si nas plantas varia de 0,1 a 10 % em base seca, sendo sua maior concentração nos tecidos-suporte do caule e das folhas. Em geral, são consideradas plantas acumuladoras de silício, aquelas que possuem teor foliar acima de 1%, e não acumuladoras plantas com teor de silício inferior a 0,5% (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001). Em geral, o conteúdo médio de silício nas raízes é menor se comparado com o caule e folhas, em alguns casos, como por exemplo, a soja, o teor de Si na raiz é maior do que nas folhas (OLIVEIRA; CASTRO, 2002).

As fontes de Si aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para uso na agricultura, são: escória silicatada, silicato de Ca, silicato de Ca e Mg, silicatos de B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, silicato de K e termofosfatos (BRASIL, 2004). Os silicatos de Ca e Mg além de disponibilização de Si, também, possui o efeito de corrigir a acidez do solo e fornecer cálcio e magnésio para as plantas (KORNDORFER; PEREIRA; CAMARGO, 2004).

Segundo Korndörfer et al. (2001) os solos que, frequentemente, apresentam maior resposta à aplicação de silicatos, são os solos arenosos ou que possuam teor de Si inferiores a 20 mg dm^{-3} quando se utiliza o extrator ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ou inferiores a 6 a 8 mg dm^{-3} quando se utiliza como extrator, CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$. Com relação à dose a ser aplicada no solo, esta deve ser baseada nos mesmos atributos do solo para a recomendação de calagem: teor de alumínio, saturação por bases, Ca, Mg e CTC a pH 7, conforme o método utilizado para estimativa de quantidades (KORNDORFER; PEREIRA; CAMARGO, 2004).

2.3 Efeito do silício na resistência das plantas às doenças e nematoides

Segundo Reis et al. (2007), o mecanismo de supressão do patógeno pelo hospedeiro, com adição de Si ao meio, ainda não é conhecido. Existem duas hipóteses para explicar essa supressão:

1^a) o acúmulo do Si na parede celular que impede o crescimento e a penetração do fungo nos tecidos das plantas (BOWEN et al., 1992, apud REIS et al., 2007);

2^a) o Si estimula os mecanismos naturais de defesa da planta com a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (CHÉRIF et al., 1994, apud REIS et al., 2007; EPSTEIN, 1999; FAWA et al., 1998, apud REIS et al., 2007).

Os trabalhos envolvendo a utilização do silício no controle de doenças em plantas, foram desenvolvidos, principalmente com gramíneas, plantas geralmente acumuladoras deste micronutriente. Foi verificado nestes estudos, que com a aplicação de Si observa-se o desenvolvimento de uma barreira física que impede a penetração de patógenos.

Datnoff, Raid e Snyder (1991) verificaram que a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio (0, 5, 10 e 15 t ha⁻¹), em um solo orgânico deficiente de Si na Florida, E.U.A., proporcionou redução linear da brusone e da mancha-parda em plantas de arroz. A severidade da brusone e da mancha parda diminuíram 30,5% e 15%, respectivamente, em relação à testemunha. Outro benefício observado foi que o resíduo de silicato no solo contribuiu para diminuir a severidade dessas doenças nos cultivos posteriores. Os mesmos autores realizaram comparação aplicação de benomyl e adubação silicatada (0 e 2 t ha⁻¹) na incidência da brusone em plantas de arroz. A incidência da doença foi de 73% na testemunha, 27% nas plantas tratadas com benomyl e 36% nos tratamentos com silício. Nas condições avaliadas, o tratamento químico e a adubação silicatada não diferiram significativamente no controle da brusone.

Trabalhos utilizando a adubação silicatada em dicotiledôneas, que são plantas não acumuladoras de silício, apresentam resultados positivos quanto à redução da incidência e severidade de doenças. Mas segundo Reis et al. (2007), o modo exato da influência desse elemento na resistência dessas plantas ainda não foi esclarecido.

Paiva et al. (2005) avaliaram o efeito do silicato de cálcio na atividade de peroxidases em raízes de mudas de café inoculadas ou não com *Meloidogyne exigua* (J₂) e constataram que a enzima apresentou picos de atividade nos tratamentos inoculados com J₂ e aplicação silicato; apenas inoculados com J₂ e apenas aplicação de silicato. Picos de atividade da enzima somente na testemunha absoluta não foram observados.

A resistência induzida pelo Si apresenta similaridade com a Resistência Sistêmica Adquirida (SAR). Em ambos os casos, o potencial de defesa da planta aumenta e é maximizado após a infecção. Entretanto, a resistência induzida pelo Si é rapidamente perdida quando esse elemento é removido do meio, enquanto a SAR é caracterizada por ser um efeito durável (FAWE et al., 1998, apud REIS et al., 2007). Essa diferença pode ser o resultado das propriedades do Si dentro da planta, requerido na forma solúvel, mas apresentando-se na forma polimerizada dentro da planta (REIS et al., 2007).

Estudando o efeito do Si no controle do cancro da haste em soja (*Phomopsis phaseoli* f. sp. *meridionalis*), Juliatti et al. (1996) apud REIS et al. (2007) conduziram aplicações de Si

nas doses de 0, 200, 400, 600 e 800 kg ha⁻¹ de SiO₂ em cultivares de soja, em casa de vegetação. Concluíram que a altura de plantas, peso da parte aérea seca e do sistema radicular seco foram maiores conforme o aumento das doses de silício. Quanto à porcentagem de plantas mortas e o índice de doença (%), os valores foram decrescentes, quando se aumentou a dose de silício.

Dutra (2004) estudou o efeito do Si para o controle de diversas espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne* em feijoeiro, tomateiro e cafeeiro, tanto em casa de vegetação como em campo. Em feijoeiro, o número de juvenis do segundo estágio (J₂) de *M. javanica* ou *M. incognita* que penetraram nas raízes, em substrato misturado com silicato de cálcio, foi semelhante ao da testemunha. Entretanto, foram reduzidos os números de galhas e ovos de ambas as espécies de nematoides. A melhor dosagem de silicato de cálcio no controle dos nematoides foi de aproximadamente 2,9 g kg⁻¹ de substrato. Em tomateiro, diversas doses de silicato de potássio e silicato de cálcio reduziram a reprodução de *M. javanica*. A dose de 12,8 mL de silicato de potássio kg⁻¹ de substrato reduziu o número de ovos similarmente às plantas tratadas com o nematicida Aldicarbe. A dose de silicato de cálcio que mais reduziu a reprodução de *M. javanica* e o número de galhas em raízes de tomateiros foi de 2,8 g kg⁻¹ de substrato. Em mudas de cafeeiros, crescidas em vasos contendo misturas de diversas doses de silicato de cálcio, observou-se uma redução no número de galhas de *M. exigua* comparado com a testemunha. Contudo, o menor número de ovos de *M. exigua* ocorreu quando se aplicaram 0,33; 0,67 ou 1,33 g kg⁻¹ de CaSiO₃. No campo, aplicações simultâneas ou não do nematicida Terbufós, silicato de cálcio ou torta de mamona reduziram os números de J₂ e de ovos de *M. exigua* comparados com a testemunha. A partir desses resultados, observou-se que a melhor dose de silicato de cálcio para o controle do nematoide na cultura do cafeeiro foi de 1 t ha⁻¹.

Moreira (2006) conduziu um estudo em casa de vegetação, avaliando o efeito de aplicações de doses de silicato de cálcio e magnésio e de doses de calcário sobre a população de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja. As doses utilizadas foram: 0, 800, 1650, 3330 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio, e para a calibração das doses de silicato utilizadas, foram adicionadas aos tratamentos doses de calcário dolomítico. Foi verificado que houve redução na população do nematoide com o aumento da dose de silicato e diminuição da dose de calcário. Dias (2006), realizando um trabalho sob condições semelhantes, utilizando-se das mesmas doses de silicato de cálcio e magnésio e do calcário, mas testando o seu efeito sob a reprodução do nematoide cisto da soja, *Heterodera glycines*, concluiu, também, que houve

redução no número de cistos com o aumento da dose de silicato e diminuição da dose de calcário.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi instalado no município de Uberlândia – MG em casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, no período de 30 de novembro de 2012 a 13 de maio de 2013.

3.2 Instalação e delineamento experimental

O solo utilizado no experimento foi coletado no município de Santa Vitória/MG e foi classificado como Neossolo Quartzarênico órtico típico. Antes da instalação do experimento, foram realizadas análises química e física do solo que se encontram nas Tabelas 01 e 02, respectivamente.

Tabela 01. Caracterização química do Neossolo quartzarênico órtico típico, utilizado para o ensaio sob condições de casa de vegetação. UFU, Uberlândia, 2013.

Prof. cm	pH	P mg dm ⁻³	Si mg dm ⁻³	K ⁺ -----	Al ³⁺ -----	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	SB -----	t -----	T -----	V % --	m --	M.O. Dag kg ⁻¹
0-20	4,2	1,6	1,6	0,05	1,0	0,2	0,1	0,35	1,3	3,85	9	73	1,4

pH – CaCl₂; Pⁱ - Extrator Resina de troca catiônica; Si – Extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); t - CTC efetiva; T - CTC potencial (a pH 7,0); V - saturação por bases; m - saturação por alumínio (Embrapa, 1999). Mo – método calorimétrico.

Tabela 02. Caracterização física do Neossolo quartzarênico órtico típico, utilizado para o ensaio sob condições de casa de vegetação. UFU, Uberlândia, 2013.

Prof. cm	Areia Grossa -----	Areia Fina -----	Silte -----	Argila -----
	g kg ⁻¹			
0-20	607	199	27	167

Análise textural pelo Método da Pipeta (Embrapa, 1999).

A análise de Si do solo apontou valor de 1,6 mg kg⁻¹. Segundo Korndorfer et al. (2001), valores abaixo de 8 mg dm⁻³ (Extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) são os que mais freqüentemente apresentam resposta à aplicação de silício.

As doses de silício utilizadas nos tratamentos foram de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de Si total. A fonte de silício utilizada no experimento foi o silicato de cálcio e magnésio denominado agrosilício da empresa Harsco, que atua como corretivo de acidez do solo disponibilizando Ca e Mg. Para que os tratamentos se diferenciasssem apenas nos teores de Si adicionados ao solo, utilizou-se um calcário dolomítico, que também é corretivo de acidez e atua de maneira semelhante ao silicato, disponibilizando Ca e Mg, porém, sem a disponibilização de Si. A caracterização química do silicato de cálcio e magnésio e do calcário utilizados no experimento encontra-se na Tabela 03.

Tabela 03. Caracterização química do silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício - Harsco) e do calcário utilizados no experimento. UFU, Uberlândia, 2013.

Caracterização química*	Agrosilício	Calcário
	-----%-----	
Si Total	9,32	---
Si (NaCO ₃ + NO ₃ NH ₄)	2,39	---
CaO	29,4	33,1
MgO	8,6	16,5
PRNT	86%	92,8

*O teor de silício foi determinado segundo metodologia descrita por Korndörfer, Pereira e Nolla (2004). O teor de CaO e MgO foi segundo a metodologia da Embrapa (1999).

As quantidades de silicato de cálcio e magnésio e de calcário foram calculadas de maneira para que todos os tratamentos possuíssem o mesmo teor de CaO. Os teores aplicados de silicato de cálcio e magnésio e de calcário e as respectivas doses de Si equivalentes encontram-se na Tabela 04.

Tabela 04. Teores de Silicato de Cálcio e Magnésio e de Calcário aplicados nas respectivas doses de Si. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Si Total	Silicato de Cálcio e Magnésio (kg ha ⁻¹)	Calcário (kg ha ⁻¹)
0	0,00	3822,84
100	1072,96	2867,13
200	2145,92	1911,42
400	4291,85	0,00

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, onde foram utilizadas quatro doses de silício (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de Si total) com a presença ou ausência do nematoide da espécie *Meloidogyne javanica*. Foram realizadas cinco repetições totalizando 40 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso com 18 kg de solo contendo quatro plantas de soja.

3.3 Condução do experimento

O solo coletado foi misturado ao calcário e ao silicato nas respectivas doses de cada tratamento. Após a mistura, o solo foi incubado por 30 dias para a reação dos corretivos de acidez.

Após a incubação, o solo foi seco ao ar livre e foram retiradas amostras para a realização de análise nematológica. A finalidade era verificar se possíveis fitonematoides estavam presentes no solo. Após a constatação da ausência de fitonematoides na amostra, realizou-se a adubação dos tratamentos, que consistiu de 200 kg ha⁻¹ K₂O (333 kg ha⁻¹ de KCl), 500 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (1.042 kg ha⁻¹ de MAP) e 100 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 (9% Zn; 7,1 % Ca; 5,7 % S; 2 % Mn; 1,8 % B; 0,8 % Cu; 0,1 % Mo). Após a adubação, foi retirada uma amostra de cada tratamento para análise química, que se encontra na Tabela 05.

Tabela 05. Caracterização química das amostras de solo de cada tratamento. UFU, Uberlândia, 2013.

Dose Si	pH	P	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	V	m
kg ha ⁻¹		mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							----	% ----
0	6,3	57,4	119	0,0	2,3	1,3	3,90	3,90	5,50	71	0
100	6,1	130,2	0,21	0,0	2,2	1,3	3,71	3,71	5,61	66	0
200	6,0	79,7	0,40	0,0	2,0	0,9	3,30	3,30	5,10	65	0
400	5,3	72,2	0,23	0,1	2,0	0,6	2,83	2,93	4,73	60	3

As sementes de soja utilizadas na semeadura foram inoculadas com inoculante líquido, formulado com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* na concentração de 1,5 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹, aplicando 150 mL do produto para cada 50 kg de sementes. A cultivar de soja utilizada foi BRSMT Pintado, que apresenta suscetibilidade às espécies *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. Foram semeadas 10 sementes por vaso e quando as plantas formaram

um par de folhas bem definidas, fez-se o desbaste para que ficassem apenas quatro plantas por vaso.

A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura e foi constituída de 100 kg ha⁻¹ KCl e (200 kg ha⁻¹ de MAP).

3.4 Obtenção do inóculo e inoculação

Para a obtenção do inóculo foram utilizadas raízes de tomateiro infectadas por *Meloidogyne javanica*. Utilizou-se a técnica do liquidificador doméstico (BONETI; FERRAZ, 1981), onde as raízes coletadas foram lavadas cuidadosamente em água corrente e cortadas em fragmentos. O material foi colocado no copo do liquidificador, sendo preenchido com hipoclorito de sódio a 0,5% de cloro ativo até que o material fosse encoberto. O liquidificador foi ligado em sua menor rotação por um período de 20 a 60 s. A suspensão obtida foi passada pela peneira de 100 mesh sobreposta a de 500 mesh. O resíduo retido na peneira de 500 mesh foi recolhido com auxílio de uma piseta de água para um copo de béquer. A suspensão obtida foi calibrada com auxílio da câmara de contagem de Peters para conter 500 ovos mL⁻¹.

A inoculação do nematoide foi realizada quando as plantas se encontravam no estágio V2, com a primeira folha trifoliada completamente desenvolvida. Aplicou-se 10 mL de uma suspensão contendo 5.000 ovos do nematoide por planta. Foram feitos três orifícios no substrato distanciados de 2 cm do caule da planta e a uma profundidade de 2 cm para a distribuição da suspensão.

3.5 Avaliações

3.5.1 Número de grãos

A coleta dos grãos foi feita manualmente e a limpeza foi realizada com auxílio de peneiras e de soprador de sementes. O número de grãos foi avaliado considerando o número de grãos das quatro plantas em cada vaso.

3.5.2 Produtividade de grãos

A avaliação da produtividade de grãos foi realizada, considerando que todos os tratamentos possuíam o mesmo teor de umidade dos grãos, por ter sido semeados e colhidos no mesmo dia. Foi realizada a pesagem dos grãos de cada vaso contendo quatro plantas, e os valores obtidos foram extrapolados para kg ha^{-1} . Para isto, foi calculado o peso médio de grãos de uma planta por vaso e o resultado foi multiplicado por 200 mil, que foi o valor considerado como o stand final ideal de plantas ha^{-1} nas condições do experimento.

3.5.3 Avaliação do teor de silício nas folhas, nas raízes e no solo

Para a análise do teor de silício nas folhas, procedeu-se à coleta de amostras foliares após as plantas entrarem no estágio R7, onde os grãos já se encontravam na maturação fisiológica. Coletou-se uma amostra de folhas de cada vaso. Para a avaliação do teor de silício nas raízes, coletou-se as raízes das quatro plantas de cada vaso e duas destas raízes foram utilizadas para a determinação do silício.

A determinação do silício no solo foi realizada a partir da retirada de uma alíquota de solo de cada vaso, onde o solo do vaso foi vertido em uma superfície, e foi coletado amostras em vários locais, de maneira homogênea para que todo o solo do vaso fosse representado.

Todas as análises de teor de Si foram realizadas segundo a metodologia de Korndörfer, Pereira e Camargo (2004).

3.5.4 Avaliação do nematoide

Para a avaliação do nematoide foram utilizadas raízes das outras plantas de cada vaso e amostra de 150 cm^3 de solo de cada vaso. As raízes foram processadas pela técnica do liquidificador doméstico (BONETI; FERRAZ, 1981) descrita no item 3.4. O solo foi processado pela técnica da flutuação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964), onde para cada vaso, uma alíquota de 150 cm^3 de solo foi retirada e colocada em um balde, adicionando-se 1 a 2 L de água da torneira. A água juntamente com o solo foram misturados, desmanchando os torrões e deixando-se em repouso por 15 s, após esse período, a suspensão foi passada em uma peneira de 20 mesh sobreposta a uma de 400 mesh. O resíduo da peneira de 400 mesh foi recolhido com auxílio de jatos de água de uma piseta para um copo de béquer. A suspensão obtida foi distribuída em tubos de uma centrífuga, realizando a centrifugação a uma velocidade de 650 g por 5 min. Após esse período, o líquido

sobrenadante nos tubos de centrífuga, foi eliminado cuidadosamente, e a parede interna dos tubos foi limpa. Ao resíduo retido em cada tubo foi adicionado solução de sacarose (454 g de açúcar cristal ou refinado em 1 L de água), havendo nova mistura. A suspensão foi centrifugada durante 1 min à mesma velocidade anterior. O sobrenadante obtido após a centrifugação foi vertido em uma peneira de 500 mesh, e então, um pouco de água foi adicionada na malha da peneira para retirar o excesso de sacarose contido no resíduo retido na peneira. O resíduo então foi recolhido com auxílio de jatos de água de uma piseta para um copo de béquer.

As suspensões obtidas a partir do processamento do solo e das raízes foram analisadas com auxílio de uma câmara de contagem de Peters, onde a população final do nematoide foi quantificada através de somatório da população do solo e das raízes.

3.5.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Quando o teste F foi significativo, os dados foram submetidos à regressão a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre a presença e ausência do nematoide *Meloidogyne javanica* e as doses de silício aplicadas no solo nos parâmetros avaliados deste trabalho ($p < 0,05$). Porém as doses de silício afetaram os componentes avaliados: teor de silício foliar e nas raízes, número de grãos vaso⁻¹ e produtividade (sacos ha⁻¹).

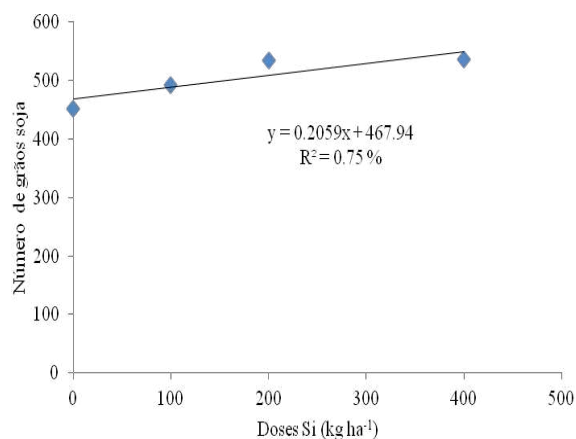
As doses de silício influenciaram o número de grãos vaso⁻¹, que foi maior à medida que se aumentou a dose de silício aplicada no solo (Tabela 06, Figura 01). Verifica-se que este aumento foi na ordem de 20,6 grãos vaso⁻¹ para cada 100 kg ha⁻¹ de Si aplicados. Oliveira (2013), testando quatro doses de Si aplicados via solo em plantas de soja, também obteve incremento no número de grãos por planta com o aumento das doses de Si. Pereira Junior et al. (2010) também obteve aumento significativo no número de legumes por planta, com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de silicato aplicados no sulco de plantio, na cultura da soja.

Tabela 06. Número de grãos de soja por vaso sob diferentes doses de silício, com ou sem o nematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Silício ----- kg ha ⁻¹ -----	<i>Meloidogyne javanica</i>		Médias
	Presença	Ausência	
	------(grãos vaso ⁻¹)-----		
0	451	451	451
100	476	510	493
200	563	507	535
400	510	562	536
Média	500	508	

CV= 11,13 %; DMS nematoide= 39,37; DMS dose de Si= 74,10

Figura 01. Número de grãos de soja por vaso sob diferentes doses de silício, com ou sem o nematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.



Em relação à produtividade (sacos ha⁻¹), verifica-se que as doses de silício afetam esta característica ajustando num modelo quadrático (Tabela 07, Figura 02). Na dose 0 kg ha⁻¹ de Si, a produtividade foi de 58,55 sacas ha⁻¹ e à medida que se aumentou a dose de silício, houve incremento na produtividade, atingindo o máximo de 68,99 sacos ha⁻¹ na dose 245,66 kg ha⁻¹ de Si (Tabela 08). A partir deste ponto máximo, o aumento da dose de Si provocou decréscimo na produtividade da soja (Figura 2).

Tabela 07. Produtividade (sacos ha⁻¹) de soja sob diferentes doses de silício, com ou sem o nematoíde *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Silício ----- kg ha ⁻¹ -----	<i>Meloidogyne javanica</i>		Médias
	Presença	Ausência	
0	57,33	60,42	58,80
100	61,11	67,88	64,49
200	67,68	71,05	69,37
400	62,26	67,53	64,90
Média	62,09	66,72	

CV= 13,67 %; DMS nematóide= 5,67

A produtividade máxima alcançada na dose 245,66 kg ha⁻¹ apresentou incremento de 10,5 sacas ha⁻¹ em relação à testemunha (Figura 02). Moreira (2010), também, obteve incremento na produtividade de soja com a utilização de silício, obtendo incremento de 19 sacas de soja com a utilização de três aplicações de silicato de potássio em pulverização foliar. No entanto, alguns trabalhos demonstram que existem variações no rendimento da cultura da soja em relação aos cultivares quanto da aplicação de silício. Oliveira (2013), avaliando a aplicação de diferentes doses de silício via solo em duas cultivares de soja, obteve

incremento significativos em parâmetros como peso e número total de sementes por planta para apenas uma das cultivares analisadas, enquanto que a outra cultivar não apresentou respostas significativas.

O silício é considerado um elemento benéfico, que traz inúmeros benefícios para as plantas, como redução da ação de elementos tóxicos como Al e Mn, redução da transpiração, conferência de folhas mais eretas propiciando maior interceptação luminosa, maior rigidez estrutural dos tecidos, maior tolerância ao acamamento e aumento da proteção contra patógenos e insetos fitófagos (MARSCHNER, 1995). Esses efeitos podem interferir indiretamente no maior crescimento e produção vegetal, como foi constatado neste trabalho.

Figura 02. Produtividade (sacos ha^{-1}) de soja sob diferentes doses de silício, com ou sem o nematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

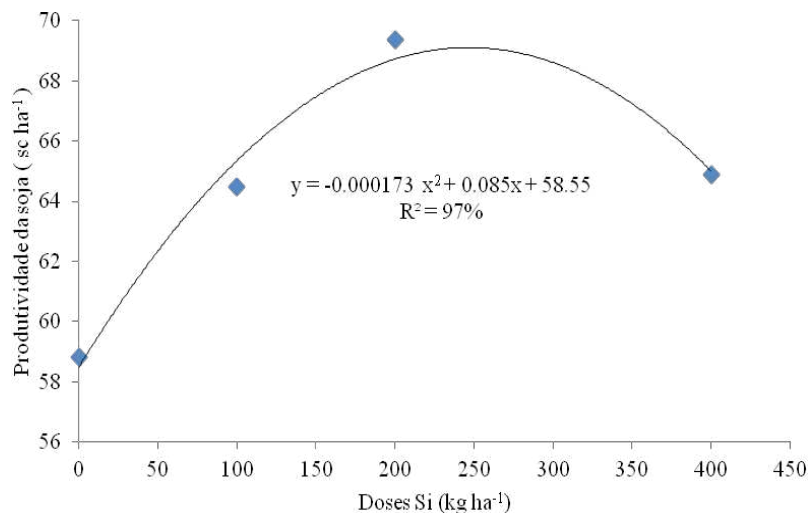


Tabela 08. Dose de Si necessária, para obtenção da produtividade máxima esperada (sacos ha^{-1}), considerando a média da presença e ausência de *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses Si	Equação	R^2	Dose de Si	Produtividade máxima esperada
$kg\ ha^{-1}$		%	--- $kg\ ha^{-1}$ ---	(sacas ha^{-1})
Média	$y = -0.0002x^2 + 0.0862x + 58.478$	97	245,66	68,99

x: dose de Si ($kg\ ha^{-1}$); y: produtividade (sacas ha^{-1}).

Os teores de silício foliar variaram de 7,60 a 12,68 $g\ kg^{-1}$ nas doses avaliadas (Tabela 09), estes valores foram bem mais altos do que os níveis encontrados na literatura. Segundo

Korndörfer et al. (2004) a soja é uma planta intermediária na absorção de silício, assim, o teor deste nutriente na matéria seca das folhas dessa cultura, varia de 1 a 3,5 g kg⁻¹. Porém, Moreira (2006), avaliando o efeito da aplicação das doses de 800, 1650, 3300 kg ha⁻¹ de silicato (184, 379,5 e 759 kg ha⁻¹ de silício) na reprodução do fitonematoide *Pratylenchus brachyurus*, obteve teores de silício foliar semelhantes aos obtidos nesse experimento. Ele verificou que o teor de silício nas folhas da soja variou de 6,1 a 11,1 g kg⁻¹ nas doses avaliadas.

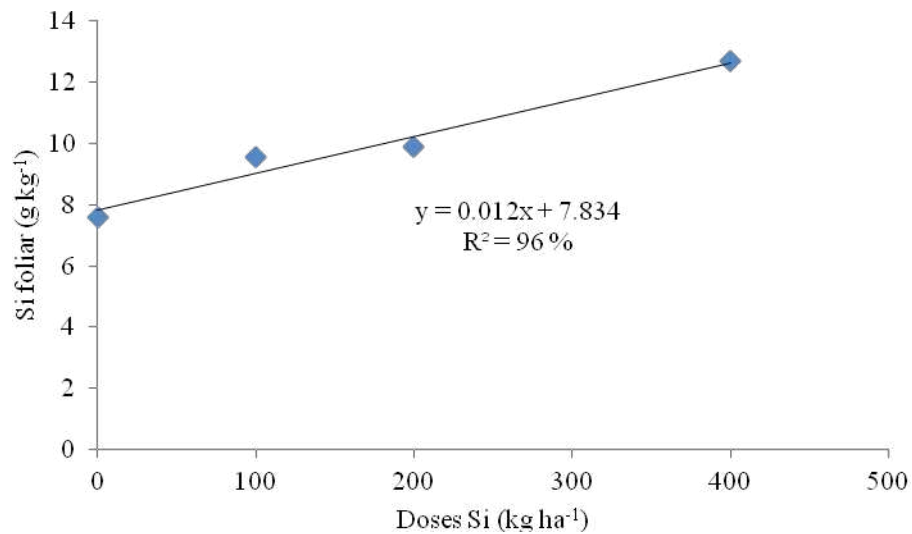
Tabela 09. Efeito de diferentes doses de silício sobre o teor de Si foliar (g kg⁻¹), em folhas de soja, infectada ou não pelo fitonematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Silício	<i>Meloidogyne javanica</i>		Médias
	Presença	Ausência	
kg ha ⁻¹	----- Teor de Si foliar (g kg ⁻¹) -----		
0	7,84	7,36	7,60
100	9,28	9,86	9,57
200	9,25	10,57	9,91
400	12,16	13,20	12,68
Média	9,63	10,25	

CV = 19,37 %; DMS nematóide = 1,24; DMS = dose de Si = 2,33

O teor de silício foliar aumentou com os acréscimos das doses de Si, ajustando em um modelo linear (Figura 3). Verifica-se que o teor de Si foliar obteve um acréscimo na ordem de 1,2 g kg⁻¹ para cada 100 kg ha⁻¹ de silício adicionado ao solo. Este aumento significativo é explicado pela maior disponibilidade de silício no solo à medida que se aumentou as doses aplicadas deste elemento, o que implicou em uma maior absorção e deposição no tecido foliar da planta.

Figura 03. Efeito de diferentes doses de silício sobre o teor de Si foliar (g kg⁻¹), em folhas de soja, infectada ou não pelo fitonematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.



Não houve diferenças significativas no teor de Si na raiz, quanto à presença ou ausência de *M. javanica* (Tabela 10). O teor de Si na raiz foi maior na presença do fitonematoide do que na ausência do mesmo, sendo este aumento na ordem de 1,59 g kg⁻¹. Apesar destes valores não terem sido significativos, eles sugerem que o fitonematoide pode ter induzido reações de resistência na planta, com maior acúmulo deste nutriente na raiz em detrimento da parte aérea, devido ao dano causado por ele nas raízes. Segundo Bowen et al. (1992), apud Reis et al. (2007), o acúmulo do Si na parede celular impede o crescimento e a penetração de fungos nos tecidos das plantas. Segundo Reis et al. (2007) a resistência induzida pelo silício apresenta similaridade com a Resistência Sistêmica Adquirida (SAR), onde o potencial de defesa da planta aumenta e é maximizado após a infecção pelo patógeno.

Tabela 10. Efeito de diferentes doses de silício sobre o teor de Si nas raízes (g kg⁻¹), em raízes de soja, infectada ou não pelo fitonematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Silício	<i>Meloidogyne javanica</i>		Médias
	Presença	Ausência	
----- kg ha ⁻¹ -----	----- Teor de Si nas raízes (g kg ⁻¹) -----		
0	13,99	13,89	13,94
100	17,07	13,85	15,46
200	15,21	14,22	14,71
400	12,21	10,15	11,18
Média	14,62	13,03	

CV = 23,67 %; DMS nematóide = 2,10; DMS = dose de Si = 3,96

As doses de Si aplicadas afetam o teor de Si na raiz, ajustando-se em um modelo quadrático (Figura 04). Verifica-se na Tabela 11, que o teor de Si na raiz foi 14,07 g kg⁻¹ na dose 0 kg ha⁻¹ de Si, este teor aumenta até atingir o valor máximo de 15,19 g kg⁻¹, na dose 138,13 kg ha⁻¹, a partir deste ponto observa-se decréscimo do teor de Si na raiz. De acordo com Reis et al. (2007), a soja é uma planta intermediária quanto à absorção e acúmulo de silício, onde a espécie apresenta uma quantidade considerável de Si translocando livremente das raízes para a parte aérea quando a concentração deste elemento já está alta no solo. Isso pode explicar o fato do decréscimo observado no teor de Si nas raízes e do contínuo acréscimo dos teores de Si nas folhas com as doses crescentes de silício aplicadas (Figura 03).

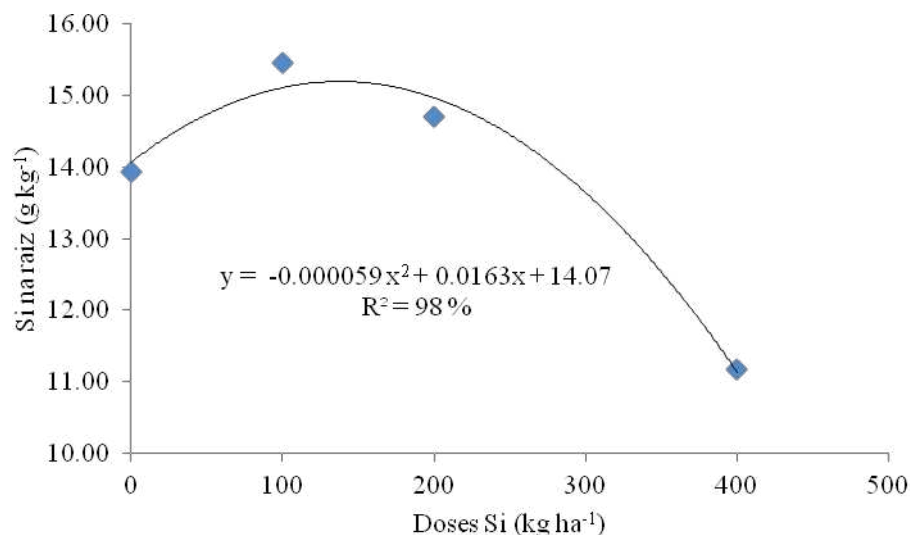


Figura 04. Efeito de diferentes doses de silício sobre o teor de Si nas raízes (g kg⁻¹), em raízes de soja, infectada ou não pelo fitonematoide *Meloidogyne javanica*.

Tabela 11. Dose de Si necessária, para obtenção do teor máximo de silício na raiz (g kg⁻¹), considerando a média da presença e ausência de *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses Si kg ha ⁻¹	Equação	R ² %	Dose de Si --- kg ha ⁻¹ --	Teor de Si na raiz máximo esperado --- (g kg ⁻¹) ----
Média	$y = -0.000059x^2 + 0.0163x + 14.07$	98	138,13	15,19

x: dose de Si (kg ha⁻¹); y: teor de Si na raiz (g kg⁻¹).

Quanto ao teor de Si no solo (Tabela 12), não houve acréscimos significativos devido à presença e ausência de *Meloidogyne javanica* e também em relação ao aumento das doses de Si aplicadas. Porém, verifica-se na Figura 03, que os teores de Si na folha, aumentaram com o aumento das doses de silício aplicadas, o que se pode associar à maior disponibilidade

deste elemento no solo à medida que se aumenta a quantidade de Si aplicada, e como consequência houve maior absorção e acúmulo na parte aérea da planta. Uma possível explicação pela não variação nos teores de Si no solo em função das doses aplicadas, é que houve uma maior eficiência na absorção deste elemento pela planta quando, o teor de Si no solo estava acima do valor médio encontrado nos tratamentos, que é de 2,12 mg dm⁻³.

Independente da dose de Si aplicada, na presença do nematoide o teor de Si no solo foi de 2,17 e na ausência foi de 2,07 mg dm⁻³. Em relação às doses, o teor de Si variou de 2,07 a 2,21 mg dm⁻³ (Tabela 12). Segundo Korndörfer et al. (2001) teores de silício no solo abaixo de 6 mg dm⁻³ são considerados como baixos.

Na testemunha (0 kg ha⁻¹ de Si), o teor de Si no solo foi de 2,08 mg dm⁻³ (Tabela 12), valor este, superior ao observado antes da instalação do experimento, que foi de 1,6 mg dm⁻³ (Tabela 01). Esse maior teor de Si observado, provavelmente ocorreu devido à aplicação do calcário, que elevou o pH do solo para 6,3 (Tabela 05) em relação ao valor inicial de pH do solo, que foi de 4,2 (Tabela 01). Segundo Bittencourt et al. (2004), o pH mais elevado pode aumentar a disponibilidade de Si no solo, tanto pela liberação de Si pelas fontes silicatadas como pela solubilização de polissilicatos originais dos solos.

Tabela 12. Efeito de doses de silício sobre o teor de silício no solo (mg dm⁻³) em solo cultivado com soja infectada ou não pelo fitonematoide *Meloidogyne javanica*. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Silício ----- kg ha ⁻¹ -----	<i>Meloidogyne javanica</i>		Médias
	Presença	Ausência	
	----- Teor de silício no solo (mg dm ⁻³)-----		
0	2,22	1,95	2,08
100	2,22	1,92	2,07
200	2,11	2,11	2,11
400	2,15	2,27	2,21
Média	2,17	2,07	

CV = 15,28 %; DMS nematóide (média) = 0,20; DMS = dose de Si (média) = 0,39;
DMS nematoide= 0,42, DMS dose =0,55

A população de *Meloidogyne javanica* não diferiu estatisticamente quanto às doses de Si aplicadas a $p < 0,05$ (Tabela 13). No entanto, a flutuação na população do nematoide nas doses avaliadas pode ser explicada fazendo-se uma correlação com a produtividade de grãos (Figura 02), que está relacionada ao acúmulo de fitomassa seca das plantas.

Observa-se na Tabela 13, que na testemunha a população de *M. javanica* foi de 15.281 (ovos e/ou J₂), este valor foi mais baixo do que o valor observado na dose 100 kg ha⁻¹, que foi de 22.802 (ovos e/ou J₂). Pode-se verificar na Figura 02, que a dose 0 kg ha⁻¹ de Si foi a que

proporcionou a menor produtividade de grãos nas plantas. Segundo Board e Modali (2005) o acúmulo de fitomassa seca a partir do estágio R1 e, durante o R5, é um fator importante para estimar a produtividade da cultura da soja. Sabendo-se que a produtividade de grãos está relacionada ao acúmulo de fitomassa seca da planta na fase reprodutiva, pode-se supor que houve menor acúmulo de matéria seca nas raízes nesta dose, e conseqüentemente menor disponibilidade de tecidos radiculares no solo para o desenvolvimento deste fitopatógeno.

Na dose de 200 kg ha⁻¹, observou-se o menor número de nematoides, que foi de 13.750 (ovos e/ou J₂) (Tabela 13). A máxima produtividade de grãos ocorreu na dose 245,66 kg ha⁻¹ (Tabela 08), portanto em uma dose próxima da dose que proporcionou o menor número de nematoides, pode-se concluir que a dose 200 kg ha⁻¹ de Si foi eficiente tanto para redução populacional, quanto para aumentar a produtividade de grãos na planta.

Na máxima dose avaliada (400 kg ha⁻¹) foi verificado o maior número de nematoides, que foi de 28.651 (ovos e/ou J₂). Este número pode ser explicado pelos resultados obtidos na análise de silício nas raízes (Figura 04), onde se observa o menor teor de silício na raiz na respectiva dose. Este baixo teor encontrado pode ter proporcionado uma menor resistência da planta ao parasitismo feito por *M javanica*, sendo que o acúmulo de Si na parede celular das plantas está associado à maior resistência ao crescimento e à penetração de patógenos nos seus tecidos (REIS et al., 2007).

Tabela 13. População final de *Meloidogyne javanica* (número de ovos e/ou juvenis) após 164 dias de inoculação em solo de vaso cultivado com soja e submetido a diferentes doses de silício. UFU, Uberlândia, 2013.

Doses de Silício kg ha ⁻¹	População final de <i>Meloidogyne javanica</i> (Número de ovos e/ou J ₂)
0	15281
100	22802
200	13750
400	28651
Média	20121

CV= 12,33 %; DMS nematóide= 5,67.

5 CONCLUSÕES

- O incremento das doses de silício afetou o desenvolvimento da soja promovendo acréscimos no teor de silício foliar, no número de grãos e na produtividade;
- A dose 246 kg ha⁻¹ de Si foi a que proporcionou maior produtividade de grãos, obtendo incremento de 10,5 sacas ha⁻¹ em relação à testemunha;
- O aumento da dose de silício promoveu acréscimo no teor de Si na raiz até a dose de 138,13 kg ha⁻¹, a partir desta dose houve decréscimo no teor de Si nas raízes que favoreceu seu acúmulo na parte aérea da planta;
- As doses de silício não afetaram a população de nematoide.

REFERÊNCIAS

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, 1995. 919 p.

BITTENCOURT, M.; KORNDÖRFER, G.; QUEIROZ, A.; RAMOS, L.; VIDAL, A.; NOLLA, A. Concentração de silício e pH do solo afetados pela incubação de diferentes fontes silicatadas no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: GPSI/ICIAG/UFU, 2004. 1 CD-ROM.

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

BOARD, J. E.; MODALI, H. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 45, p. 1790-1799, 2005.

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.

CASSETARI NETO, D.; MACHADO, A. Q.; DA SILVA, R. A. **Manual de Doenças da Soja**. São Paulo: Cheminova, 2010. 58 p.

CASTAGNONO-SERENO, P. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., and their ability to overcome plant resistance genes. **Nematology**, New York, v.4, n. 5, p. 605-608, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira: Grãos - safra 2012/2013 Décimo levantamento – Julho 2013**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho_2013.pdf. Acesso em: 07 ago. 2013.

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

DIAS, V. **Efeitos de Diferentes Doses de Silicato de cálcio e Magnésio na reprodução de *Heterodera glycines* Ichinohe 1952 na Cultura da Soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2006. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2006.

DIAS, W. P; GARCIA, A; SILVA, J. F. V; CARNEIRO, G. E de S. **Nematóides em Soja: Identificação e Controle**. Londrina, 2010. 8p. (Embrapa, Circular Técnica 76).

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, 212p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, n.15).

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

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidoginoses da soja: passado e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: EMBRAPA Soja; Sociedade Brasileira de nematologia, 2001. p. 15-38.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v.6, p. 36-41, 2008.

HIRAKURI, M. H; LAZZAROTTO, J. L. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro**. 3 ed. Londrina: Embrapa soja, 2011. 67 p. (Documentos / Embrapa Soja, n. 319).

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for extracting nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 48, p. 692, 1964.

JUNIOR, T. J. DE P.; PALLINI, A.; VENZON, M (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: Epamig-CTZM, 2006. 360 p.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant nematology**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 59-90.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim técnico, 2).

KORNDÖRFER, G.H.; SNYDER, G.H; ULLOA, M; POWELL, G; DATNOFF, L.E. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, p. 1071-1084, 2001.

KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2004. (Boletim Técnico, 01 – 3ª Edição).

LIMA FILHO, O. F. **História do uso do silicato de sódio na agricultura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. 112 p.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of Rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 126, p. 115-119, 1990.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop Plant. DATNOFF, L. E., KORNDÖRFER, G. H., SNYDER, G. (Ed.). In: **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier science, 2001, p.17-39.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MOREIRA, J. A. **Efeito da aplicação de silicato de cálcio e magnésio na reprodução do nematóide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2006. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2006.

MOREIRA, A. dos R.; FAGAN, E. B.; MARTINS, K. V; SOUZA, C. H. E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, May/June 2010.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de Sílica nas Folhas de *Curatella mericana* L. e de *Davilla elliptica* St. Hil. **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2002.

OLIVEIRA, S. de **Silício oriundo da cinza de casca de arroz carbonizada como promotor do rendimento e da qualidade fisiológica de sementes de sojas**. 66 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

PAIVA, B.R.T.L.; RIBEIRO, Jr.; P.M.; GARCIA, A.L.A.; REIS, T.H.P.; DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P. Efeito do silício na atividade de peroxidases em mudas de cafeeiro infectadas com *Meloidogyne exigua*. In: 31º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2005, Guarapari. **Anais...** Guarapari: MAPA / SARC / Procafé, 2005. p. 348-349.

PEREIRA JUNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V. T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4. July/Aug. 2010.

RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Review**, New York, v.58, n.2, p. 179-207, 1983.

REIS, T.H.P.; GUIMARAES, P.T.G.; FIGUEIREDO, F.C.; POZZA, A.A.A.; NOGUEIRA, F.D.; RODRIGUES, C.R. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 120 p. (EPAMIG. Boletim técnico, 82).

RITZINGER; C. H. S. P; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, Agosto 2006.

VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas**: grandes culturas. Viçosa. Editora: Universidade Federal de Viçosa, v. 2, 1997. 1131 p.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; LOPES, C. A.; VALE, F. X. R. Doenças de hortaliças em cultivo protegido. In: ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., COSTA, H. (Ed.). **Controle de doenças de plantas-hortaliças**. v.1. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2000. p. 373-407.