

APLICAÇÃO DE SILICA POTÁSSICA NA CULTURA DA SOJA EM AUSÊNCIA DE PRESSÃO DE DOENÇAS¹

Denis Santiago da Costa¹ ; Rafael Marani Barbosa²; Marco Eustáquio de Sá³; José Roberto Portugal⁴; Vinicius Franco da Silveira

1- Doutorando em Fitotecnia, USP; 2- Doutorando em Agronomia (Produção vegetal), Unesp/Jaboticabal; 3- Docente, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e sócio econômica, FE/Unesp/Ilha Solteira, mesa@agr.feis.unesp.br; 4- Graduando em Agronomia, FE/Unesp/Ilha Solteira

RESUMO

Com a abertura das áreas de cerrado, o cultivo da soja se expandiu para esses locais que apresentam alto potencial de produção para essa cultura quando bem manejados. Entretanto, por se tratarem de solos altamente intemperizados, pode ocorrer, em certas áreas, deficiências de silício solúvel no solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta à aplicação de doses de silício em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja e verificar sua importância como nutriente na ausência de pressão de doenças. Conclui-se que a aplicação de silício na fase vegetativa promoveu um estado hídrico mais adequado à planta, uma vez que a massa fresca foi maior. Também verificou-se que a aplicação de silício nas doses estudadas não proporcionou incrementos em produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; adubação foliar; estágio fenológico

POTASSIUM SILICA APPLICATION IN THE SOYBEAN CROP IN ABSENCE OF PRESSURE OF DISEASES

ABSTRACT

With the opening of cerrado areas, soybean cultivation has spread to those sites that have high yield potential for this crop when well managed. However, because they are highly weathered soils may occur in certain areas deficiencies of soluble silicon in the soil. The objective of this study was to evaluate the response to different doses of silicon at different growth stages of soybean and to assess its importance as a nutrient in the absence of disease pressure. It is concluded that the application of silicon in the vegetative stage promoted a water state appropriate for the plant, once the fresh weight was higher. Also it was found that application of silicon at the doses studied did not provide increases in productivity.

Key-words: *Glycine max* (L.) Merrill; leaf fertilization; phenological stages

INTRODUÇÃO

A cultura da soja está sujeita, durante todo o seu ciclo, ao ataque de diferentes espécies de insetos capazes de causar perdas significativas no rendimento da cultura, necessitando ser controlados. Outro fator que limita a obtenção de altos rendimentos em soja são as doenças. Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram identificadas no Brasil. Esse número continua aumentando com a expansão da soja para novas áreas e como consequência da monocultura. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em cerca de 15% a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (Embrapa, 2004).

Várias classes de solo da região central do Brasil, principalmente nas áreas sob vegetação de cerrado, são pobres em silício solúvel (disponível para as plantas) (Rajj & Camargo, 1973). O silício tem sua função amplamente reconhecida por causa das suas influências na resistência das plantas ao ataque de insetos, nematóides, bactérias e fungos, na melhoria do estado nutricional, na redução da transpiração e possivelmente, também em alguns aspectos da eficiência fotossintética (Korndorfer et al., 2004). A incidência de pragas e doenças são menores quando o teor de Si no tecido da planta é maior (Datnoff et al., 1990; Korndorfer et al., 1999). No caso da soja, mesmo na presença de doenças, ainda tem-se resultados contraditórios desse elemento. Segundo Nolla et al. (2006), plantas de soja que cresceram em solo contendo silicato de cálcio não demonstraram resistentes a ferrugem. Ao contrário, Rodrigues et al. (2009) obtiveram redução na severidade da ferrugem em plantas de soja pulverizadas com diferentes concentrações de silicato de potássio.

Conforme observado, muitos estudos vem sendo realizado visando comprovar o efeito que o silício tem na proteção de plantas, diminuindo a incidência de pragas e doenças, entretanto, poucos trabalhos verificam a influência desse nutriente em ausência de pressão desses fatores bióticos. Deste modo, o objetivo foi avaliar a resposta a aplicação de doses de silício em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja e verificar sua importância na ausência de pressão de doenças

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental da UNESP - Campus de Ilha Solteira - localizada no município de Selvíria, MS, apresentando como coordenadas geográficas 20°20'57,46" S e 51°21'24,57" W e altitude média ao redor de 343 m. O clima da região é do tipo A_w , definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação internacional de Köppen. A precipitação durante o ciclo da cultura foi de 889,4 mm sendo que a temperatura mínima registrada foi de 17,2°C e a máxima de 37,4°C. O solo foi previamente classificado como Latossolo Vermelho Escuro álico, textura argilosa, relevo moderadamente plano a levemente ondulado (Dematê, 1980) correspondendo ao LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, segundo a denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Antes da instalação do experimento, foi realizada amostragem de solo na área para fins de análise química. A amostra final encaminhada ao laboratório foi retirada da amostra composta por 20 subamostras coletadas, aleatoriamente, em toda área experimental. Os resultados desta análise encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental. Selvíria-MS, 2008/09

Área	P-resina mg/dm ³	M.O. g/dm ³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmolc/dm ³	Al	CTC	V %
Soja-PD	29	34	5,1	5,3	27	16	34	0	82,3	59

A área experimental está sob plantio direto desde o ano agrícola 1996/97, localizada sob pivô central e foi anteriormente cultivada com a cultura de milho. A semeadura da cultura da soja, BRS MG 68 (Vencedora), foi realizada com uma semeadora/adubadora apropriada para o sistema plantio direto, com sistema de botinha na distribuição do adubo. Adotou-se o espaçamento de 0,45m na entrelinha com 12 sementes por metro. A adubação utilizada foi baseada na cultura anterior optando-se em utilizar 300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-20-20 no sulco de semeadura. No dia da semeadura realizou-se o tratamento e a inoculação das sementes, conforme recomendações da Embrapa (2004). O tratamento foi realizado com o fungicida carboxin-thiram na dose de 50 + 50 g de i.a./100 kg de sementes, e a inoculação foi realizada com inoculante líquido, objetivando atingir 600 mil células/semente.

Os tratamentos utilizados foram cinco doses de um produto comercial contendo silício e potássio (0; 1; 2; 3 e 4 L.ha⁻¹) em sete aplicações foliares levando-se em conta os estádios fenológicos da cultura (V₅, R₁, R₅ e doses parceladas em V₅+R₁, V₅+R₅, R₁+R₅ e V₅+R₁+R₅), em esquema fatorial 7x5 com quatro repetições, resultando em um total de 35 tratamentos. O produto utilizado nas aplicações apresenta as seguintes características química: Silício Solúvel (Si) - 12,2% e Óxido de Potássio (K₂O) - 15,0%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas eram constituídas por cinco metros

de comprimento e cinco linhas de soja, sendo que foram coletadas 10 plantas para análise das características agrônômicas. Para a produtividade foram coletados quatro metros nas duas linhas centrais.

As aplicações do produto contendo silício e potássio foram realizadas utilizando-se uma bomba de pulverização costal com capacidade para 20 L com o bico leque 80.02 devidamente calibrada para o volume de calda de 200 L.ha⁻¹.

O manejo das plantas daninhas foi realizado no estádio V₃ com aplicação dos herbicidas lactofen + imazetapir + chlorimuron-ethyl, respectivamente nas doses de 72 g.ha⁻¹ de i.a. + 50 g.ha⁻¹ de i.a. + 7,5 g.ha⁻¹ de i.a. Para o controle de percevejos e lagartas realizaram-se duas aplicações de inseticidas, utilizando-se o endossulfan na dose de 350 g.ha⁻¹ de i.a. e o metomil na dose de 215 g.ha⁻¹ de i.a. Realizaram-se ainda duas aplicações de fungicidas preventivas, utilizando-se o epoxiconazole + pyraclostrobin na dose de 33,3 + 12,5 g.ha⁻¹ de i.a.

Os parâmetros estudados para a avaliação do trabalho foram: Características agrônômicas: aos 117 DAE, quando as plantas estavam no estádio R₈ de desenvolvimento, realizou-se a colheita. Para determinação número de vagens.planta⁻¹, número de sementes.vagem⁻¹, número de sementes.planta⁻¹ e massa de 100 grãos coletaram-se cinco plantas seguidas em uma das linhas da área útil de cada parcela. O número de vagens.planta⁻¹ foi obtido pela razão entre o total de vagens viáveis e o número de plantas amostradas. Para estimativa da

produtividade de grãos, coletou-se, dentro da área útil da parcela, uma amostra com todas as plantas contidas em duas linhas de quatro metros de comprimento. Estas plantas, após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente por uma trilhadora estacionária e os grãos obtidos foram abanados para retirar as impurezas e acondicionados em sacos de papel. Com auxílio de uma balança de precisão (0,01 g), obteve-se a massa dos grãos de cada amostra, sendo os dados transformados em kg.ha⁻¹. Logo após, retirou-se uma amostra de grãos de cada saco para determinação da umidade para posterior correção da massa da produção obtida a 13% de umidade (base úmida). Simultaneamente à avaliação de produtividade, realizou-se a determinação da massa de mil grãos. Para isso, em cada amostra contou-se a respectiva quantidade de grãos, e com auxílio de uma balança de precisão (0,01 g) obteve-se a massa. O valor obtido também foi corrigido para 13% de umidade. A determinação do estande foi realizada no mesmo dia da colheita contando-se todas as plantas contidas em quatro metros das duas linhas de cultivo na área útil da parcela.

A análise estatística foi realizada através da análise de variância com aplicação do teste F. As médias nos tratamentos época de aplicação e doses foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análises de regressão polinomial, respectivamente. Para isto, utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emergência da cultura ocorreu aos 5 dias após a semeadura, o florescimento pleno (R₂) ocorreu 56 dias após a emergência e o ponto de colheita (R₉) ocorreu aos 117 dias após a emergência. A diminuição do ciclo da cultivar ocorreu devido à semeadura ter sido realizado tardiamente (2/12/08), o que provocou o aceleramento do ciclo de desenvolvimento da cultura. A população final de plantas média foi de 197.040 plantas.ha⁻¹, próximo ao valor esperado que era de 200.000 plantas.ha⁻¹.

Os dados de teor de clorofila, massa de matéria verde e massa de matéria seca estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teor de clorofila, massa verde e seca de plantas de soja, mensuradas no estágio V₅, sob diferentes doses de sílica potássica. Selvíria-MS, 2008/09.

Dose (L p.c.ha ⁻¹)	Clorofila (SPAD)	Massa verde ¹ (g/planta)	Massa Seca (g/planta)
0	34,6	46,9	7,5
1	34,4	53,0	8,4
2	34,4	59,8	9,6
3	36,4	59,8	8,6
4	35,0	59,4	9,1
F	0,576 ^{n.s.}	5,292*	2,545 ^{n.s.}
C.V.(%)	6,23	8,94	9,88

^{n.s.}, * e ** não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente.

$$^1 y = -1,41x^2 + 8,81x + 46,57 \quad (R^2=97,87\%) \quad 262,6548$$

Não houve diferença para o teor de clorofila nas doses estudadas mostrando que não há relação entre esse parâmetro com a aplicação de silício. Entretanto, segundo Epstein & Bloom (2006), a presença de silício pode causar uma intensificação da fotossíntese, uma vez que promove a exposição favorável das folhas à luz.

A aplicação de silício influenciou positivamente o acúmulo de massa verde, sendo que a maior massa verde (60,3 g/planta) foi verificada na dose 3,1 L.ha⁻¹. Ao se depositar na planta, o silício afeta a transpiração, reduzindo-a, e faz com que a planta retenha água por

maior período de tempo. Assim, em situações de estresse hídrico, o silício pode ser favorável ao desempenho da cultura, entretanto ainda são necessários estudos mais específicos sobre esse tema. Não foi observado incremento para a variável massa seca. Os resultados para massa fresca concorda com os de Adatia & Besord (1986) que, em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva, observaram maior massa fresca.

Para análise do número de vagens.planta⁻¹ (Tabela 3) não foram verificadas diferenças estatísticas tanto para a época de aplicação bem como para as doses de silício e potássio.

Tabela 3. Médias para número de vagens.planta⁻¹, número de sementes.vagem⁻¹, número de sementes.planta⁻¹, massa de 100 sementes para 7 épocas de aplicação e 5 doses do produto a base de silício e potássio. Selvíria-MS, 2008/09.

F.V.	Número de vagens. planta ⁻¹	Número de sementes. vagem ⁻¹	Número de sementes. planta ⁻¹	Massa de 100 sementes (g)
Época de aplicação				
V ₅	59,9	2,4	145,0	14,3
R ₁	60,1	2,5	148,4	14,4
R ₅	57,1	2,4	136,8	15,4
V ₅ +R ₁	56,9	2,4	138,3	15,5
V ₅ +R ₅	53,7	2,4	129,3	14,7
R ₁ +R ₅	55,4	2,4	130,4	14,2
V ₅ +R ₁ +R ₅	55,1	2,4	132,0	14,4
Doses (L.ha ⁻¹)				
0	55,4	2,4	132,3	14,6
1	57,7	2,4	142,6	14,8
2	57,9	2,4	137,0	14,7
3	57,3	2,4	137,9	14,8
4	56,2	2,4	136,1	14,6
F(época)	1,544 ^{n.s.}	0,194 ^{n.s.}	1,363 ^{n.s.}	0,795 ^{n.s.}
F(doses)	0,376 ^{n.s.}	0,471 ^{n.s.}	0,458 ^{n.s.}	0,107 ^{n.s.}
F(doses.época)	0,188 ^{n.s.}	0,478 ^{n.s.}	0,312 ^{n.s.}	0,665 ^{n.s.}
C.V.(%) Época	15,42	14,58	20,46	17,2
C.V.(%) Doses	16,51	11,45	21,18	12,3

^{n.s.}, * e ** não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Os dados referentes aos parâmetros número de sementes.vagem⁻¹ e número de sementes planta⁻¹ não diferiram tanto para os estádios fenológicos quanto para as doses estudadas. Ao analisar os resultados de massa de 100 sementes também não se verificou diferenças, tanto para o estágio de aplicação quanto para as doses do produto. Os dados obtidos para massa de 100 sementes e número de sementes por vagem concordam com os resultados obtidos por Pereira Júnior et al (2010) que estudaram a eficiência da aplicação de silício via solo na cultura da soja. Porém, esses mesmos autores verificaram aumento no número de vagens por planta, contrariando os resultados obtidos para esse parâmetro. Moreira et al. (2010) também não encontraram respostas para a massa de 1000 sementes em soja quando foi aplicado silicato potássico. Essa variação entre os resultados encontrados na literatura pode estar

diretamente relacionada com as pressões bióticas que a cultura sofre durante o ciclo sendo que quanto maior a pressão, maiores são as chances de encontrar diferenças, uma vez que o silício auxilia no controle de pragas e doenças. Vale ressaltar que, conforme o objetivo do trabalho, no ano em que foi conduzido o experimento não houve pressão de pragas e doenças devido as pulverizações preventivas de fungicidas e inseticidas, os quais possibilitaram verificar a ausência de resposta à aplicação de silício.

Considerando os resultados obtidos para a produtividade, não houve diferença estatística (Tabela 4) para esse parâmetro em função da época de aplicação e das doses estudadas, entretanto as doses de 1 L.ha⁻¹ e 2 L.ha⁻¹ mostraram tendências de superioridade apesar da não significância.

Tabela 4. Médias de produtividade para 7 épocas de aplicação e 5 doses do produto a base de silício e potássio. Selvíria-MS, 2008/09.

F.V.	Produt. (kg/ha)	Produt. (sc./ha)	Ganhos (sc.ha ⁻¹)
Época de aplicação			
V ₅	3528,4	58,8	-
R ₁	3649,4	60,8	-
R ₅	3168,7	52,8	-
V ₅ +R ₁	3144,2	52,4	-
V ₅ +R ₅	3236,3	53,9	-
R ₁ +R ₅	3128,9	52,1	-
V ₅ +R ₁ +R ₅	3097,8	51,6	-
Dose (L.ha ⁻¹)			
0	3203,5	53,4	-
1	3331,2	55,5	2,13
2	3338,2	55,6	2,25
3	3270,9	54,5	1,12
4	3251,5	54,2	0,80
F (época)	1,977 ^{n.s.}	-	-
F (dose)	0,404 ^{n.s.}	-	-
F (dose*época)	0,538 ^{n.s.}	-	-
C.V.(%) Época	16,42	-	-
C.V.(%) Dose	14,34	-	-

n.s.,* e ** não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Pereira Júnior (2010) estudando doses de silício na semeadura de soja também não encontraram aumentos significativos na produtividade de grãos corroborando com os dados. Alguns pesquisadores também não tem encontrado respostas à aplicação de Si em outras culturas como tomate (Pereira et al., 2003; Lana et al., 2003) e feijoeiro (Franzot et al., 2005; Nascimento et al., 2005). Todavia, Raji & Camargo (1973) relataram que os resultados positivos com a aplicação de silício têm sido encontrado apenas em plantas acumuladoras de Si, como ocorre com a maioria das gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, milho, entre outros).

CONCLUSÕES

A aplicação de silício e potássio proporcionam aumentos para a massa verde das plantas ($R^2=0,98$) nas doses estudadas. A utilização do silício e potássio em aplicação foliar não interfere nas características agrônômicas e na produtividade da cultura da soja.

REFERÊNCIAS

- ADATIA, M.H. e BESFORD, R.T. The effects of silicon on cucumber plant grown in recirculating nutrient solution. *Annals of Botany*, London, v.58, p.343-351, 1986.
- DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H., JONES, D.B. Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. *Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases*, St. Paul, v.5, p.65, 1990.
- DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114p. (mimeogr.).
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil 2005: sistema de produção**. Londrina: EMBRAPA/CNPQSO, v. 6, p. 242, 2004.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In...45a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria. UFS-Car, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.
- FRANZOT, B.P.; SILVEIRA, L.S.M. da; ANDRADE, M.J.B. de; VIEIRA, N.M.B.; SILVA, V.M.P. e; CARVALHO, J.G. de. Aplicação foliar de Si em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia, 2005. p.957-960.
- KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.; CORREA, G.F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice growth in four savanna soils of Brazil. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.22, n, 1, p.93-102, 1999.
- KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia:UFU, 2004. 23p.
- LANA, R.M.Q.; KORNDÖRFER, G.H.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; SILVA, A.F.; LANA, A.M.Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de Si no tomateiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.19, n.2, p.15-20, 2003.
- MOREIRA, A.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, 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/>

index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7122/4854 Acesso em: 25/10/2010

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

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; ARRUDA, D.G. Acumulação de Si na soja sob diferentes níveis de calcário e silicato. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 1., 2004,

Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2004.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C.; KORNDÖRFER, G.H. Comportamento de diferentes fontes de Si no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.101-108, 2003.

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 agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e agrotecnologia** v.34, n.4, p. 908-913, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a16.pdf> Acesso em: 25/10/2010

RAIJ,B.; CAMARGO,O.A. Silica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v.32, p.223-236, 1973.

RODRIGUES, F.A., DUARTE, H.S.S., DOMICIANO, G.P., SOUZA, C.A., KORNDÖRFER, G.H., ZAMBOLIM, L. Foliar application of potassium silicate on the control of soybean rust. **Australasian Plant Pathology** n.38, p.366-372. 2009