

Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim¹

Foliar application of stabilized silicic acid on soybean, common bean, and peanut

Carlos Alexandre Costa Crusciol², Rogério Peres Soratto^{2*}, Gustavo Spadotti Amaral Castro³, Claudio Hideo Martins da Costa⁴ e Jayme Ferrari Neto⁴

RESUMO - A aplicação de silício (Si) é benéfica às plantas. Porém, existem dúvidas sobre a eficiência do seu fornecimento via foliar. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de Si via foliar, na forma de ácido silícico estabilizado (fonte recém-desenvolvida), na nutrição e na produtividade das culturas da soja, feijão e amendoim. O delineamento experimental para cada cultura foi em blocos casualizados, com quatorze repetições. Os tratamentos foram: controle (sem aplicação de Si) e aplicação de Si via foliar, na dose de 2 L ha⁻¹ do produto Silamol® (0,8% de Si solúvel como um concentrado estabilizado de ácido silícico). A dose de Si foi parcelada em quatro aplicações. A aplicação via foliar elevou os teores de Si, proporcionando aumento do número de vagens e da produtividade de grãos das três culturas. O incremento foi da ordem de 14; 15 e 9,6%, respectivamente, para as culturas da soja, feijão e amendoim.

Palavras-chave: *Glycine max*. *Phaseolus vulgaris*. *Arachis hypogaea*. Silício. Minerais na nutrição.

ABSTRACT - The application of silicon (Si) is beneficial to plants. However, there are doubts about the efficiency of foliar application. The objective of this work was to evaluate the effect of foliar application of Si, in the form of stabilized silicic acid (a newly developed source), on the nutrition and productivity of crops of soybean, common bean and peanut. The experimental design for each crop was of randomized blocks with fourteen replications. The treatments were foliar application of Si at a dosage of 2L ha⁻¹ of Silamol® (0.8% soluble Si as a stabilised concentrate of silicic acid) and a control (without the application of Si). The Si was divided into four applications. Foliar application increased the Si content, providing an increase in the number of pods and a higher seed yield in all three crops. The increase was around 14; 15 and 9.6%, respectively, for the soybean, common bean and peanut.

Key words: *Glycine max*. *Phaseolus vulgaris*. *Arachis hypogaea*. Silicon. Mineral nutrition.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 06/09/2011; aprovado em 19/11/2012
Pesquisa financiada na forma de bolsa pelo CNPq

²Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Botucatu-SP, Brasil, 18.610-307, crusciol@fca.unesp.br, soratto@fca.unesp.br

³Embrapa Amapá, Macapá-AP, Brasil, gsacastro@hotmail.com

⁴Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Botucatu-SP, Brasil, c_hideo@hotmail.com, jaymeferrari@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A aplicação de silício (Si) tem sido benéfica a diversas culturas, principalmente as consideradas acumuladoras de Si, como o arroz, cana-de-açúcar, cevada, milho, sorgo e trigo (GUNES *et al.*, 2007; HATTORI *et al.*, 2005; LIMA *et al.*, 2011). Entretanto, plantas dicotiledôneas, consideradas não acumuladoras de Si, como tomate, pepino (LIANG *et al.*, 2005), café (REIS *et al.*, 2008), girassol (GUNES *et al.*, 2008), feijão caupi (MALI; AERY, 2009), batata (CRUSCIOL *et al.*, 2009; PULZ *et al.*, 2008) e tremoço (ABDALLA, 2011) também tem respondido à aplicação de Si.

As respostas à aplicação de Si são potencializadas quando as culturas são submetidas a algum tipo de estresse (ABDALLA, 2011; GUNES *et al.*, 2007; 2008; HATTORI *et al.*, 2005; LIMA *et al.*, 2011; MA, 2004). O Si tem sido associado, indiretamente, ao aumento no teor de clorofila e da capacidade fotossintética, a redução na transpiração e aumento na absorção de nutrientes (ÁVILA *et al.*, 2010; GUNES *et al.*, 2007). Além disso, o Si proporciona plantas mais eretas (PULZ *et al.*, 2008), aumenta a resistência mecânica das células e das plantas a insetos e patógenos, diminui o efeito tóxico do B, Mn, Fe e outros metais pesados e aumenta a absorção de nutrientes (GUNES *et al.*, 2007).

Na maioria das vezes o Si é fornecido via solo, através do uso de escórias de siderurgia na forma de silicatos de cálcio e magnésio, que são fontes de baixíssima solubilidade em água (SOUSA *et al.*, 2010) e, dependendo da origem, podem apresentar traços de metais pesados.

A absorção do Si é um processo ativo que envolve gasto de energia, mesmo quando as raízes estão em presença de altas concentrações do elemento, pois as plantas absorvem Si exclusivamente como ácido monossilícico, também chamado de ácido ortossilícico [$\text{Si}(\text{OH})_4$] (MA; YAMAJI, 2006; MALAVOLTA, 2006). Essa forma monomérica de ácido silícico é encontrada na água doce e salgada em baixas concentrações ($< 10^{-4}$ M), e se gelatiniza como sílica gel em elevadas concentrações ou baixo pH (CALOMME *et al.*, 2002). Assim, hipoteticamente, fontes que apresentam o Si na forma de ácido silícico estabilizado, que formam principalmente ácido ortossilícico quando diluídas, podem ser alternativa para aumentar a absorção do elemento pelas plantas.

A diferença na acumulação do Si entre as espécies tem sido atribuída às diferenças na habilidade de absorção do elemento pelas raízes (MA; YAMAJI, 2006). A adubação foliar poderia, portanto, contornar essa deficiência de absorção de Si pelas dicotiledôneas, fornecendo este elemento benéfico de forma mais eficiente. Pesquisas têm demonstrado que o fornecimento de Si via foliar, com o uso de pequenas quantidades do elemento, pode

ser alternativa viável para seu fornecimento às plantas, suprimindo a necessidade e/ou estimulando a absorção de Si e outros nutrientes, culminando em efeitos benéficos às culturas (FIGUEIREDO *et al.*, 2010; REIS *et al.*, 2008; SOUSA *et al.*, 2010). Portanto, pela eficácia, praticidade, menores doses utilizadas e por ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados por muitos produtores, a aplicação via foliar de fontes solúveis de Si pode ser uma forma importante de fornecimento desse elemento às plantas (FIGUEIREDO *et al.*, 2010). Praticamente inexistem na literatura trabalhos científicos relacionados com a aplicação de Si via foliar, utilizando como fonte o ácido silícico estabilizado.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de Si via foliar, na forma de ácido silícico estabilizado, na nutrição e na produtividade das culturas da soja, feijão e amendoim.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi composto por três experimentos, dois (soja e feijão) conduzidos e instalados na safra de verão 2007/2008, no município de Botucatu-SP (22°51' S, 48° 6' W e altitude de 740 m), cujo clima predominante na região é do tipo Cwa, e o terceiro (amendoim) conduzido e instalado na safra de verão 2009/2010 no município de Sertãozinho-SP (20°43' S, 45°51' W e altitude de 580 m), cuja classificação climática de Köppen é Aw.

Para a soja e o feijão, os experimentos foram instalados numa mesma gleba, cujo solo foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico, contendo as seguintes características químicas (0-0,20 m de profundidade): matéria orgânica de 23 g dm^{-3} , pH (CaCl_2) de 4,8, P (resina) de 19,0 mg dm^{-3} , Si de 5,8 mg dm^{-3} , K, Ca, Mg e H+Al e CTC de 1,4, 23,5, 13,0, 55,0 e 92,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente, e V% de 41%. No experimento com amendoim, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, contendo as seguintes características químicas (0-0,20 m de profundidade): matéria orgânica de 33 g dm^{-3} , pH (CaCl_2) de 5,4, P (resina) de 32,0 mg dm^{-3} , Si de 4,7 mg dm^{-3} , K, Ca, Mg e H+Al e CTC de 3,8, 32,0, 12,0, 25,0 e 72,8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente, e V% de 66%.

O delineamento experimental dos três experimentos foi em blocos casualizados, com quatorze repetições. Os tratamentos foram constituídos por: controle (sem aplicação de Si) e aplicação de Si via foliar, na dose de 2 L ha^{-1} do produto Silamol® (0,8% de Si solúvel como um concentrado estabilizado de ácido silícico, que forma ácido ortossilícico [$\text{Si}(\text{OH})_4$] e

ácido dissilícico quando diluído, 0,15% de Mo, 48% de polietilenoglicol (PEG₄₀₀), Bioquick Tecnologia Imp. e Exp. de Prod. Agropecuários Ltda, Cotia, SP). Essa fonte tem como característica importante, em relação à maioria das fontes de Si indicadas à aplicação foliar, estabilidade quanto às alterações do pH da calda, além de ser translúcido e sem partículas que levam ao entupimento de bicos dos pulverizadores e a formação de precipitados em soluções nutritivas. Cada parcela foi composta por seis fileiras de plantas, com 5 m de comprimento, sendo consideradas como área útil as quatro fileiras centrais de cada parcela, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

A soja, cultivar Embrapa 48, foi semeada em 14/01/2008, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 22 sementes viáveis por metro. Foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 40 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de semeadura (RAIJ *et al.*, 1997). Na área ao lado, o feijão, cultivar Pérola, foi semeado na mesma data, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 15 sementes viáveis por metro. Foram aplicados 10 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 40 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de semeadura e 70 kg ha⁻¹ de N em cobertura em 08/02/2008, quando as plantas apresentavam a 3ª folha trifoliada expandida (RAIJ *et al.*, 1997). O amendoim, cultivar IAC Runner 886, foi semeado em 23/12/2009, no espaçamento de 0,90 m entrelinhas e 15 sementes viáveis por metro. Foram aplicados 10 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O e no sulco de semeadura (RAIJ *et al.*, 1997). Nas três culturas, foram realizados todos os tratamentos culturais, conforme a necessidade.

As épocas e doses de aplicação de Si foram as recomendadas pelo fabricante, ou seja: quatro aplicações de 0,5 L ha⁻¹. Na cultura da soja as aplicações foram realizadas nos estádios de V4 (3 folhas completas expandidas), R1 (início do florescimento), R3 (início da frutificação) e R5 (início da formação da semente). Na cultura do feijão foi nos estádios de V4 (3 folhas completas expandidas), R5 (botões florais), R6 (florescimento) e R7 (formações de vagens). Na cultura do amendoim também foram realizadas quatro aplicações de 0,5 L ha⁻¹, mas nos estágios de pré-florescimento (V4), início do florescimento (R1), formação de vagens (R3) e na formação das sementes (R5). As aplicações foram realizadas com pulverizador manual pressurizado com CO₂, utilizando volume de calda de 200 L ha⁻¹.

No florescimento pleno das culturas da soja e do feijão, ou seja, após a segunda aplicação, e uma semana após a última aplicação na cultura do amendoim, foram coletadas 20 folhas por parcela (terceira folha com pecíolo, no caso da soja e do feijão, e as folhas do tufo apical do ramo principal do amendoim (RAIJ *et al.*, 1997)), para determinação dos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e Si, segundo metodologias propostas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Korndörfer, Nolla e Oliveira (2004), respectivamente.

A colheita do feijão foi realizada em 27/04/2008 e da soja em 07/05/2008, quando foram determinados os componentes da produção (número de plantas por hectare, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) e a produtividade de grãos. Já a colheita do amendoim aconteceu em 27/04/2010, quando foram determinados os componentes da produção (número de plantas por hectare, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos), produtividade de vagens, rendimento e produtividade de grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na cultura da soja não houve efeito dos tratamentos sobre a nutrição das plantas (Tabela 1), sendo que todos os macronutrientes, em ambos os tratamentos, estavam nas faixas consideradas adequadas para a cultura (RAIJ *et al.*, 1997). Quanto ao teor foliar de Si, esse aumentou de forma significativa com a aplicação de Si via foliar, evidenciando a eficiência do produto em fornecer Si à cultura da soja. Korndörfer, Nolla e Oliveira (2004), mediante revisão de literatura, descreveram que para a cultura da soja os teores de Si variam de 1,0-3,5 g kg⁻¹ nas folhas, o que permite inferir que os valores encontrados no presente trabalho estão em um nível intermediário e acima, respectivamente, para os tratamentos controle e com aplicação de Si, ou seja, adequados para esse elemento.

A população final de plantas, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos não foram alterados pelos tratamentos (Tabela 1). Estes não sofreram variações por estarem mais relacionados à densidade de semeadura, às condições ambientais na fase de germinação e estabelecimento da cultura e às características genéticas intrínsecas da cultivar (PELÚZIO; FIDELIS, 2005). Apenas o número de vagens por planta aumentou de forma significativa com a aplicação de Si, sendo o incremento da ordem de 11%. Esse resultado refletiu diretamente na produtividade de grãos que foi maior com a aplicação foliar de Si. O incremento foi, aproximadamente, de 353 kg ha⁻¹, ou seja, 14%. Moreira *et al.* (2010), avaliando a produtividade da soja submetida a três aplicações de silicato de potássio via foliar, relataram aumento de produtividade da ordem de dezenove sacas por hectare, justificando o incremento pela maior produção de matéria seca das plantas.

Na cultura do feijão, não houve efeito dos tratamentos nos teores foliares de N, P, Ca, Mg e S. No entanto, a aplicação de Si via foliar proporcionou menor teor foliar de K e maior teor de Si nas folhas das plantas (Tabela 2). Essa redução no teor de K pode ser atribuída ao

Tabela 1 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Si, população de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos da cultura da soja em função da aplicação de Si via foliar

Variáveis	Controle	Si	F calculado	CV(%)
N (g kg ⁻¹)	44,0	45,0	1,61 ^{ns}	7,0
P (g kg ⁻¹)	3,6	3,3	3,71 ^{ns}	14,4
K (g kg ⁻¹)	17,0	18,0	0,62 ^{ns}	13,8
Ca (g kg ⁻¹)	8,4	8,2	0,35 ^{ns}	12,8
Mg (g kg ⁻¹)	3,7	4,0	1,32 ^{ns}	20,6
S (g kg ⁻¹)	3,0	3,0	0,02 ^{ns}	21,6
Si (g kg ⁻¹)	2,5	3,6	13,08 ^{**}	27,0
População de plantas (plantas ha ⁻¹)	248.150,0	247.790,0	1,24 ^{ns}	10,6
Nº de vagens planta ⁻¹	45,0	50,0	5,67 [*]	12,6
Nº de grãos vagem ⁻¹	1,9	1,9	0,24 ^{ns}	13,6
Massa de 100 grãos (g)	16,5	16,9	0,58 ^{ns}	9,0
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	2.531,0	2.884,0	27,5 ^{**}	17,1

ns, *, ** e *** são: não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1% pelo teste F

efeito diluição, decorrente de maior crescimento das plantas que não foi acompanhado da absorção do elemento na mesma proporção. O mesmo não ocorreu para os demais nutrientes, provavelmente porque, apesar da maior produção de matéria seca poder ter promovido algum efeito diluição, a maior absorção pode ter levado a teores semelhantes em ambos os tratamentos. Quanto ao incremento no teor de Si, isso é explicado pela aplicação do elemento via foliar, evidenciando a eficácia do produto em fornecer Si à cultura. Os teores foliares de N, K, Ca e Mg estavam na faixa considerada adequada para o feijoeiro em ambos os tratamentos. Por outro lado, os teores de P estavam acima do adequado e os de S abaixo (RAIJ *et al.*, 1997). O teor de S abaixo do adequado pode ter sido decorrente da maior absorção de P, uma vez que esses dois nutrientes competem pelo mesmo sítio de absorção da planta. Como o teor de S no solo era considerado médio e o de P alto, isso pode ter afetado a absorção de S (MARTINEZ *et al.*, 1983). Quanto ao Si, apesar de não existir ainda no Brasil faixas de teores discriminando deficiência, suficiência e excesso para a cultura do feijão, constatou-se em ambos os tratamentos concentrações abaixo da encontrada na literatura para essa cultura, que é de 6,3 g kg⁻¹ em folhas jovens (KORNDÖRFER; NOLLA; OLIVEIRA, 2004).

Os componentes da produção da cultura do feijão: população de plantas, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos não foram alterados pelos tratamentos (Tabela 2). Entretanto, a aplicação de Si via foliar elevou o número de vagens por planta em relação ao controle, evidenciando o efeito benéfico da aplicação foliar de Si (ácido silícico estabilizado) nas épocas empregadas, o que culminou na elevação da produtividade de grãos de feijão. O aumento

foi de aproximadamente 290 kg ha⁻¹, ou seja, 15%. Um dos benefícios da aplicação de Si é a melhor arquitetura da planta (PULZ *et al.*, 2008). Este fato pode contribuir para o menor contato das vagens de feijão com o solo, reduzindo as perdas por abortamento ou incidência de patógenos.

Como a aplicação de Si via foliar não proporcionou benefícios nutricionais às culturas da soja e do feijão, a não ser o aumento dos teores de Si (Tabelas 1 e 2), pode-se inferir que o maior teor deste elemento foi fundamental para aumentar a quantidade de vagens por planta e resultar em maior produtividade de grãos. O Si depositado na parede celular da epiderme das folhas e colmos forma uma dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulose que melhora o fortalecimento e a rigidez da parede celular, aumenta a resistência ao acamamento, melhora a interceptação de luz e diminui a transpiração (GUNES *et al.*, 2007, 2008; HATTORI *et al.*, 2005; PULZ *et al.*, 2008), potencializando as características agrônomicas e elevando a produtividade das culturas.

Como foram realizados todos os tratamentos culturais, visando minimizar as injúrias causadas por pragas e doenças, a ação do Si foi restringida à minimização dos danos causados por estresses abióticos, notadamente estresses hídricos, corroborando Ma (2004), Crusciol *et al.* (2009) e Abdalla (2011). Esses experimentos foram conduzidos em condições de sequeiro, sendo provável que a aplicação de Si tenha proporcionado maior tolerância aos estresses hídricos nas diferentes fases das culturas, comuns nesta época do ano. Nessas condições o Si proporciona maior produção e acúmulo de açúcares totais e prolina (ABDALLA, 2011; CRUSCIOL *et al.*, 2009). Além de promover melhorias no metabolismo, o Si pode ativar

genes envolvidos na produção de fenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa da planta (ABDALLA, 2011; BUCK *et al.*, 2008; MA; YAMAJI, 2006;), resultando em aumentos na produtividade das culturas, conforme observado nestes experimentos.

Na cultura do amendoim, com exceção do teor foliar de Ca, que estava acima da faixa considerada

adequada, todos os demais nutrientes estavam dentro das faixas adequadas para a cultura (RAIJ *et al.*, 1997), independentemente do tratamento (Tabela 3).

Constatou-se que a aplicação de Si via foliar proporcionou maiores teores foliares de N, Ca e Si quando comparado ao tratamento controle (Tabela 3). Esse resultado pode ser decorrente de maior crescimento

Tabela 2 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Si, população de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão em função da aplicação de Si via foliar

Variáveis	Controle	Si	F calculado	CV(%)
N (g kg ⁻¹)	35,0	34,0	1,78 ^{ns}	9,7
P (g kg ⁻¹)	5,4	4,9	3,71 ^{ns}	14,4
K (g kg ⁻¹)	22,0	20,0	5,72 [*]	26,7
Ca (g kg ⁻¹)	15,0	15,0	0,07 ^{ns}	28,0
Mg (g kg ⁻¹)	4,2	4,4	0,22 ^{ns}	27,9
S (g kg ⁻¹)	1,7	1,7	0,02 ^{ns}	21,6
Si (g kg ⁻¹)	2,9	4,0	25,22 ^{***}	18,5
População de plantas (plantas ha ⁻¹)	253.752,0	252.970,0	0,76 ^{ns}	8,9
Nº de vagens planta ⁻¹	5,7	6,2	6,3 [*]	12,6
Nº de grãos vagem ⁻¹	4,2	4,5	1,61 ^{ns}	9,7
Massa de 100 grãos (g)	29,4	30,8	1,28 ^{ns}	5,3
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	1.906,0	2.195,0	15,17 ^{**}	10,2

ns, *, ** e *** são: não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1% pelo teste F

Tabela 3 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Si, população de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, rendimento e produtividade de grãos da cultura do amendoim em função da aplicação de Si via foliar

Variáveis	Controle	Si	F calculado	CV(%)
N (g kg ⁻¹)	33,87	36,61	14,01 ^{**}	5,83
P (g kg ⁻¹)	2,36	2,37	0,01 ^{ns}	13,48
K (g kg ⁻¹)	17,03	17,28	1,19 ^{ns}	4,53
Ca (g kg ⁻¹)	29,94	30,49	10,25 ^{**}	11,58
Mg (g kg ⁻¹)	4,44	4,58	0,78 ^{ns}	10,08
S (g kg ⁻¹)	2,02	1,97	0,06 ^{ns}	28,82
Si (g kg ⁻¹)	2,36	3,09	23,44 ^{***}	13,86
População de plantas (plantas ha ⁻¹)	124.321,00	123.978,00	0,11 ^{ns}	9,91
Nº de vagens planta ⁻¹	41,50	48,70	13,24 ^{**}	6,27
Nº de grãos vagem ⁻¹	1,20	1,14	0,41 ^{ns}	28,07
Massa de 100 grãos (g)	43,50	42,90	0,10 ^{ns}	7,92
Produtividade de vagens (kg ha ⁻¹)	3.490,00	3.827,00	7,33 [*]	10,55
Rendimento (%)	73,30	73,30	0,01 ^{ns}	12,52
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	2.558,00	2.805,00	9,04 ^{**}	8,11

ns, *, ** e *** são: não significativo e significativo a 5%, 1% e 0,1% pelo teste F

radicular das plantas de amendoim, uma vez que a aplicação de Si pode resultar em maior desenvolvimento dessa estrutura vegetal (ABDALLA, 2011). Tem sido constatado que o fornecimento de Si por meio de aplicação foliar, com o uso de pequenas quantidades do elemento, pode ser alternativa viável para o seu fornecimento às plantas, suprimindo a necessidade de Si e/ou estimulando sua absorção, acarretando efeitos benéficos (BUCK *et al.*, 2008; FIGUEIREDO *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2010). Segundo Rosolem (2002), aplicações foliares, quando realizadas em pequenas doses, podem proporcionar aumento dos teores de nutrientes superiores às quantidades aplicadas, sendo esta prática denominada adubação foliar complementar estimulante, sendo indicada para culturas vigorosas, de alta produtividade e, portanto, sem carência nutricional.

Assim como no feijão e na soja, o único componente da produção afetado pela aplicação de Si via foliar foi o número de vagens por planta (Tabela 3). Tal fato refletiu na produtividade de vagens e de grãos, proporcionando incremento da ordem de 9,6% para ambas as variáveis, uma vez que o rendimento foi o mesmo. Além do efeito físico na redução da evapotranspiração e na severidade ao ataque de pragas e doenças, existe o efeito bioquímico. Acredita-se que a absorção de Si favoreça a formação de fitoalexinas que podem reduzir as perdas por injúrias causadas por estresses bióticos e abióticos (RODRIGUES; DATNOFF, 2005). Contudo, esses mecanismos ainda não estão bem elucidados.

No caso das culturas da soja, feijão e amendoim, as inúmeras intervenções realizadas durante o ciclo da cultura visando à aplicação de defensivos sobre a folhagem permitem que sejam incluídos fertilizantes nas pulverizações, como o Si, permitindo que a nutrição foliar possa ser utilizada como importante ferramenta de suporte à nutrição da cultura, sem custos adicionais de aplicação.

CONCLUSÃO

A aplicação de Si via foliar aumentou o teor foliar de Si, proporcionou maior número de vagens por planta e, conseqüentemente, maior produtividade de grãos das culturas da soja, feijão e amendoim.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa ao primeiro e segundo autores. À Coopercana, pela permissão de realização do experimento com amendoim em sua área experimental.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. M. Beneficial effects of diatomite on growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 2, n. 2, p. 207-220, 2011.
- ÁVILA, F. W. *et al.* Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.
- BUCK G. B. *et al.* Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, n. 2, p.231-237, 2008.
- CALOMME, M. *et al.* Silicon absorption from stabilized orthosilicic acid and other supplements in healthy subjects. **Trace Elements in Man and Animals**, v. 10, p. 1111-1114, 2002.
- CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Effects of Silicon and Drought Stress on Tuber Yield and Leaf Biochemical Characteristics in Potato. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 949-954, 2009.
- FIGUEIREDO, F. C. *et al.* Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.
- GUNES, A. *et al.* Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 6, p. 807-811, 2007.
- GUNES, A. *et al.* Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 13, p. 1885-1903, 2008.
- HATTORI, T. *et al.* Application of silicon enhanced drought tolerance in Sorghum bicolor. **Physiologia Plantarum**, v. 123, n. 4, p. 459-466, 2005.
- KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 39 p. (Boletim Técnico, 2).
- LIANG, Y. C. *et al.* Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, v. 54, n. 5, p. 678-685, 2005.
- LIMA, M. A. *et al.* Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.
- MA, J. F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.
- MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 308 p.

- MALI, M.; AERY, N. C. Effect of silicon on growth, biochemical constituents, and mineral nutrition of cowpea. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 6, p. 1041-1052, 2009.
- MARTINEZ, V. *et al.* Desarrollo y composición mineral de las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en relación con la concentración de SO_4^{2-} en el medio de raíces. **Anuals de Edofologia y Agrobiologia**, v. 42, n. 7/8, p. 1255-1268, 1983.
- MOREIRA, A. R. *et al.* Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.
- PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantins, entressafra 2005. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 3, p. 113-118, 2005.
- PULZ, A. L. *et al.* Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1651-1659, 2008.
- RAIJ, B. V. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1997. 285 p.
- REIS, T. H. P. *et al.* Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 3, n. 1, p. 78-80, 2008.
- RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon and rice disease management. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 457-469, 2005.
- ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 99 p.
- SOUSA, J. V. *et al.* Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.