



Resposta do silício em condições de estresse salino em feijão caupi variedade Gurgéia

Response of silicon in salt stress in cowpea bean variety Gurgéia

Anatercia Ferreira Alves*, Karina Fernandes Carvalho, Antonio Anicete de Lima, Andrea Ferreira Alves, Tiago Alves Ferreira

Resumo - Conduziu-se um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de avaliar o efeito do silício na produção de matéria seca na cultura de feijão caupi variedade Gurgéia, submetidas a estresse salino. Adotou-se esquema fatorial em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições e duas plantas por vaso de 3 L de capacidade, em que o primeiro fator referiu-se aos níveis de NaCl (0; 25; 50; 100 e 150 mmol.L⁻¹) e o segundo aos níveis de SiO₂ (0 e 50 mg.L⁻¹). As soluções foram renovadas em intervalos de 15 dias e aos 90 dias após a semeadura, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea, vagens e raízes, em seguida foram secas para determinação da produção de matéria seca. Observou-se que a adição de silício na dose de 50 mg.L⁻¹ de solução nutritiva contendo NaCl diminuiu o teor de matéria seca na parte aérea e raiz, com exceção das vagens. Na ausência de silício, a produção de matéria seca nas raízes e parte aérea foram maiores nas mesmas condições de estresse salino e em baixas concentrações de NaCl. A produção de matéria seca foi estimulada na ausência de silício.

Palavras-chave: cloreto de sódio, silicatos, *Vigna unguiculata*

Abstract - This experiment was conducted in a greenhouse in the Department of Soil Science of the Federal University of Lavras to evaluate the effect of silicon in the production of dry matter for a cowpea-bean cultivar Gurgéia, submitted to saline stress. Factorial Design in Completely Randomised. Design was chosen with 4 repetitions and two plants per 3 L vases. The first factor consisted of the following levels of NaCl (0; 25; 50; 100 and 150 mmol.L⁻¹) and the second factor, the levels of SiO₂ (0 and 50 mg.L⁻¹). The solutions were replaced every 15 days and 90 days after the sowing, the plants were harvested and separated in leaves, strings and roots and dried for checking the weight of dry matter. It was observed that the silicon dose of 50 mg.L⁻¹ in the solution of NaCl diminished the amount of dry matter for leaves and roots, but not for the strings. In the absence of silicon, the production of dry matter for the roots and leaves was bigger in the same conditions of saline stress and in low concentrations of NaCl. The production of dry matter was stimulated in the absence of silicon.

Key words: sodium chloride, silicates, *Vigna unguiculata*

*Autor para correspondência

Recebido em 06/12/2013 aceito em 15/12/2014

Autor Principal. E-mail: anaterciaa@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata*), também denominado feijão verde, feijão-de-corda ou feijão macassar é uma leguminosa de alto valor nutritivo que constitui uma das principais fontes de alimentação nas regiões Nordeste e Norte do Brasil (ALMEIDA et al., 2010).

Atualmente a área ocupada com a cultura, no mundo, situa-se em torno de 12,5 milhões de hectares e dentre os principais países produtores destaca-se o Brasil, no qual a produção do feijão caupi (ANDRADE JÚNIOR et al., 2013; MOUSINHO et al., 2008). Dentre os entraves encontrados que refletem em baixa produtividade do feijão, têm-se a presença de doenças (MORAES et al., 2006). Entre estas o oídio (*Erysiphe polygoni* DC) e a salinidade dos solos que promove o desenvolvimento lento desta espécie.

A salinidade promove alterações hormonais na planta, reduzindo a translocação de citocininas para as folhas (KUIPER et al., 1990) e elevando o conteúdo de ácido abscísico. Ambas alterações reduzem a abertura estomacal e, portanto, a perda de água pelas folhas (MUNNS, 2002; MUNNS; TESTER, 2008). Segundo Munns (1993), a parte aérea das plantas é mais sensível ao estresse salino do que as raízes devido ao desequilíbrio entre os cátions, em consequência de complexas interações no sistema de transporte.

Por proporcionar maior resistência ao ataque de doenças e ao estresse hídrico o silício promove o aumento de produtividade em certas culturas (KORNDÖRFER; DATNOFF, 2013; TEIXEIRA et al., 2008). Este elemento é considerado benéfico ao crescimento de muitas gramíneas, nas quais foram observados aumentos de produtividade com doses crescentes de silício disponível às plantas (LANA et al., 2003).

Existem diversas formas de cultivo de plantas. A hidroponia muito utilizada em países desenvolvidos consiste de uma técnica de nutrição das plantas em solução de água e sais minerais fora de época (sazonalidade); com menores riscos de adversidades climáticas e rápido retorno econômico. As plantas obtidas por este sistema são de melhor qualidade e o crescimento é mais rápido e constante (STAFF, 1997).

No Brasil, há pouca informação a respeito deste cultivo de forma comercial, embora as técnicas de hidroponia sejam usadas como metodologia de pesquisa (MARTINEZ, 1999). Desta forma estudos que visam à melhoria da qualidade das plantas, o rápido desenvolvimento destas e a elevação da

produtividade em condições de solos salinos, através do sistema hidropônico associado ao uso de silicatos como fonte alternativa para reduzir o impacto causado pela presença desses sais e controle de doenças são necessários.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do silício na nutrição mineral e produção de matéria seca na cultura de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) variedade Gurgéia, cultivado em solução nutritiva sob condições de estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, no período 24 de agosto a 22 de novembro de 2006.

As mudas foram preparadas em bandejas de isopor com 128 células, semeadas em substrato inerte, vermiculita com 1 planta por célula, a uma profundidade de 2 cm. As regas foram realizadas 2 a 3 vezes por dia com água destilada, fazendo-se 3 a 4 aplicações de sulfato de cálcio 10^{-4} M, durante a fase de germinação.

O transplântio foi realizado treze dias após a semeadura, sendo conduzidas duas plantas por vaso plástico com capacidade de 3,0 litros, onde permaneceram por 15 dias em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), em três concentrações básicas: 20% na fase inicial de adaptação, 50% na fase vegetativa e 70% a partir do início da floração.

A fonte de silício utilizada foi o silicato de potássio (KCD75, 202,6 mL.L⁻¹), sendo o produto comercial Sili-k® (SiO₂ 26% (364g/L), K₂O 15% (210g/L) e densidade 1,4kg/L). Após o preparo da solução nutritiva o pH foi mantido na faixa de 5,6 a 5,8, fazendo-se a correção a cada dois dias com NaOH (1,0 N) ou HCL (1,0 N).

A solução foi continuamente arejada e renovada a cada 15 dias, de acordo com Dantas et al. (1979). O volume de água dos vasos foi completado com água destilada, diariamente conforme a necessidade das plantas.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x5 com delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições (Tabela 1), e duas plantas por vaso de 3 L de capacidade, em que o primeiro fator referiu-se aos níveis de SiO₂ (0 e 50 mg.L⁻¹) e o segundo aos níveis de NaCl (0; 25; 50; 100 e 150 mmol.L⁻¹). As soluções foram renovadas em intervalos de 15 dias e aos 90 dias após a semeadura, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea (folhas e hastes), vagens e raízes, e secas em estufa a 65°C até o peso constante.

Tabela 1. Composição da solução nutritiva Hoagland & Arnon (1950), aplicadas ao feijão caupi variedade Gurgéia em diferentes concentrações, Lavras-MG.

Solução Estoque	Solução de Cultivo (mM.L ⁻¹)	Concentrações das Soluções de Cultivo		
		20%	50%	70%
NH ₄ H ₂ PO ₄ M	15,0	3,0	7,5	10,5
KH ₂ PO ₄ 0,5 M	1,0	0,2	0,5	0,7
KNO ₃ M	6,0	1,2	3,0	4,2
MgSO ₄ 7H ₂ O M	2,0	0,4	1,0	1,4
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O M	5,0	1,0	2,5	3,5
Solução (1)*	µM.L ⁻¹1 mL.L ⁻¹		
Solução (2)**	µM.L ⁻¹1 mL.L ⁻¹		

*Solução (1) - 2,86 g de H₃BO₃, 1,81 g MnCl₂.4H₂O, 0,22 g ZnSO₄.7H₂O, 0,08 g CuSO₄.5H₂O e 0,02 g H₂MoO₄.H₂O.

**Solução (2) - Dissolver 700 ml de H₂O destilada, 26,1 g EDTA (ácido etileno diaminotetracético) e 268 ml NaOH N (40 g/l e 24,9 g FeSO₄.7H₂O). Arejar durante 12 horas protegendo da luz e completar a 1 litro.

A produção de matéria seca foi obtida com a moagem do material para fins de análises químicas. No extrato obtido por digestão com ácido sulfúrico foi determinado o teor de N e através de digestão sulfúrica pelo método Semi-micro-Kjeldahl, por digestão com ácido nitro-perclórico, o K e o Na por fotometria de emissão de chamas, o Mg por espectrofotometria de absorção atômica, e o silício pelo método colorimétrico do azul-de-molibdênio (FURLANI; GALO, 1987).

Para análise dos dados, utilizou-se o software estatístico SISVAR (Sistema de Análise de Variância de Dados Balanceados).

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente à avaliação da Produção de matéria seca na parte aérea, na raiz, nas vagens e matéria seca total do feijoeiro, Lavras-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Total	Parte Aérea	Raiz	Vagens
SiO ₂	1	592,9770*	364,0915*	41,1684*	1,3395 ^{NS}
NaCl	4	134,1298*	58,1204*	6,9409*	4,7620 ^{NS}
SiO ₂ *NaCl	4	24,8247*	15,4140*	0,8348 ^{NS}	8,6701 ^{NS}
Erro	30	8,8731	2,3735	0,7383	3,3779
CV (%)		10,12	10,58	16,76	18,86

^{NS} não significativo, significativo a 5% pelo teste de F

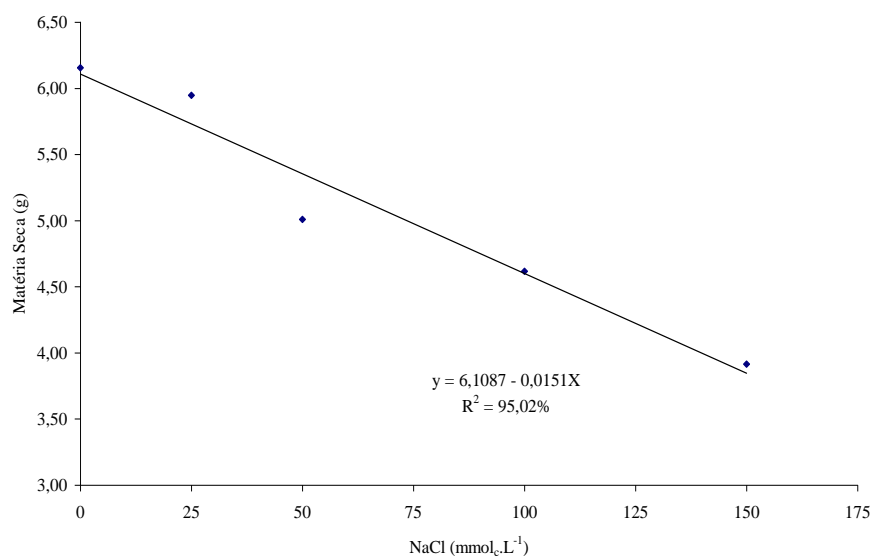


Figura 1. Matéria seca de raiz (g/planta) de feijão caupi em função de doses de NaCl aplicadas a solução de cultivo.

Na raiz o Si não apresentou efeito significativo com relação à produção de matéria seca nesta variedade. Esse resultado também foi relatado por Miranda et al. (2002) na cultura do feijoeiro. No entanto, foi observada uma redução da matéria seca nas raízes de forma linear e constante de -0,0151 g/planta para cada 1,0 mmolc.L⁻¹ de NaCl aplicado à solução nutritiva. A produção de matéria na raiz diminui na presença de Si na dosagem de 50 mg.L⁻¹ de solução nutritiva (Figura 1). Nas raízes, a sílica em algumas espécies é depositada em grandes quantidades nas paredes celulares (SANGSTER, 1978). Neste caso, provavelmente o silício tenha dificultado a absorção de nutrientes por competição

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca, nas raízes e parte aérea do feijoeiro, foi influenciado pela dose de Si aplicado à solução nutritiva. Houve interação de Si com o NaCl na produção de matéria seca na parte aérea (Tabela 2) na dosagem de 50 mg.L⁻¹, aplicada à solução nutritiva, diminuindo a produção de matéria seca nas raízes e parte aérea, exceto nas vagens (Figura 1).

com sítios de adsorção da parede celular, membranas ou plasmalema.

Na parte aérea, a presença do Si não aumentou a produção de matéria seca na dosagem acima referida. Porém, foi observado que na ausência do Si, a matéria seca diminui de forma linear e constante de -0,0541 g para cada mmolc.L⁻¹ de NaCl aplicado à solução nutritiva. Na presença de Si, o efeito foi semelhante, porém seguindo uma tendência linear constante de redução de -0,0330 para cada mmolc.L⁻¹ de NaCl, sendo menor que na ausência desse elemento (Figura 2).

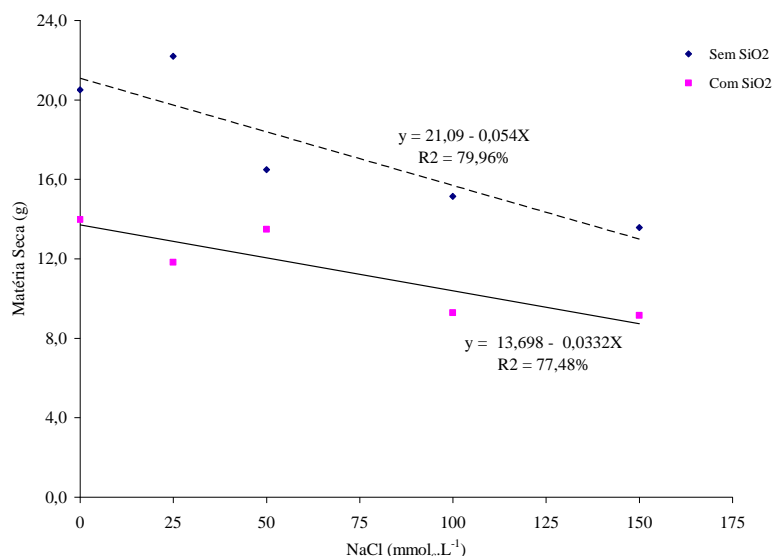


Figura 2. Matéria seca (g/planta) da parte aérea de feijão caupi, em função das doses de NaCl e SiO₂ aplicados na solução de cultivo.

Não foi observado nas vagens, efeito significativo com relação à ausência ou adição de Si na presença de NaCl (Tabela 2). Portanto, o Si não afetou a produção de matéria seca das vagens. Em plantas acumuladoras de Si, como o arroz, cerca de 90% do Si está acumulado na parte aérea na forma de sílica amorfa hidratada (SiO₂.nH₂O) (FAQUIN, 2005). Desta forma, o silício fica imóvel e não é redistribuído (RAVEN, 1983; HODSON; SANGSTER, 1989). A redistribuição do silício depende da espécie, em plantas acumuladoras como o arroz, cerca de 90% está na parte aérea (FAQUIN, 2005). O silício apresentou baixa redistribuição nas plantas, sendo o seu transporte no xilema unidirecional na forma de H₄SiO₄.

A matéria seca total apresentou redução, tanto na ausência quanto na presença de Si. Na ausência de Si, a produção de matéria seca total foi maior do que na presença de Si. No entanto houve uma redução de forma linear e constante de -0,0781 g para cada mmolc.L⁻¹ de NaCl, aplicado à solução nutritiva. Contudo, na presença de Si, a curva de redução da matéria seca total, apresentou uma tendência linear menor de 0,0568 g para cada mol. L⁻¹ de NaCl, aplicado a solução nutritiva (Figura 3).

O Si reduziu a produção de matéria seca, nas raízes, na parte aérea e nos frutos, na dosagem aplicada de 50 mg.L⁻¹ de solução nutritiva. Portanto, poderiam ser testadas doses menores no intervalo de 0 a 30 mg.L⁻¹, para avaliar o efeito desse elemento na planta.

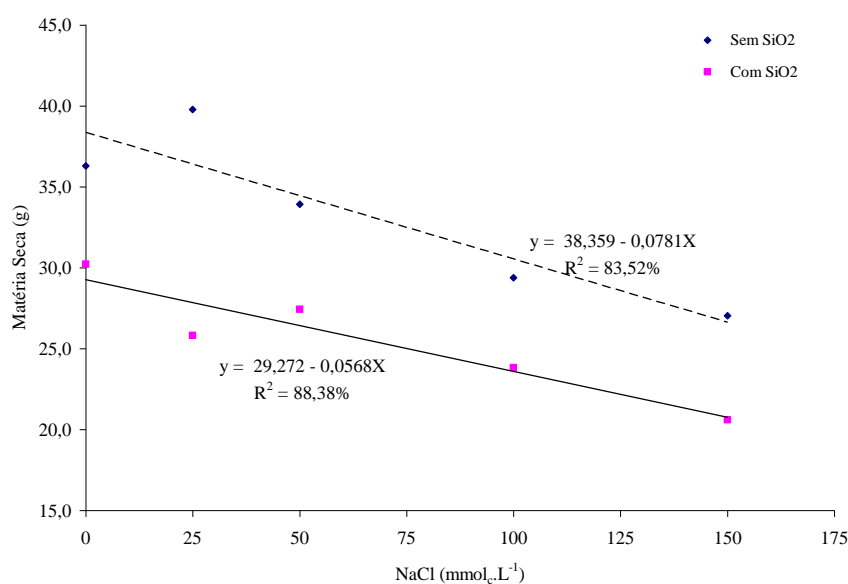


Figura 3. Matéria seca total em (g/planta) de feijão caupi, em função das doses de NaCl e SiO₂ aplicados na solução de cultivo.

CONCLUSÕES

A adição de silício na dose de 50 mL.L⁻¹ de solução nutritiva contendo NaCl diminui o teor de matéria seca nas parte aérea e raízes, exceto nas vagens.

Na ausência de silício a produção de matéria seca nas raízes e parte aérea são maiores nas mesmas condições de estresse salino.

Em baixas concentrações de NaCl, a produção de matéria seca é estimulada na ausência de silício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.L.G. de; ALCÂNTARA, R.M.C.M. de; NÓBREGA, R.S.A.; NÓBREGA, J.C.A.; LEITE, L.C. ; SILVA, J.A.L. de. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurgéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.364-369, 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHOS, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de feijão-caupi: Importância econômica**. Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fonteshtml>>. Acesso em: 04 set. 2013.
- DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. **Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.)**. IV. Exigências de macro e micronutrientes. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.36, p.425-433, 1979c.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.
- FURLANI, P.R., GALO, J.R. **Determinação de silício em material vegetal, pelo método colorimétrico do "Azul-de-molibdênio"**. **Bragantia**, v.37, p.V-IX, 1987.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil**. California Agriculture Experimental Station, Berkley: 1950. 32p.
- HODSON, M. J., SANGSTER, A.G. Silica deposition in the inflorescence bracts of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Can J. Bot.**, v.67, p. 281-287, 1989.
- KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Efeito do silício no crescimento e produtividade das culturas**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/silicio/efeitos/efeitos.htm>>. Acesso em: 21 set. 2013.
- KUIPER, D.; SCHUIT, J.; KUIPER, P.J.C. Actual cytokinin concentrations in plant tissue as indicator for salts resistance in cereals. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 123, n.2, p.243-250, Apr.1990.
- LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience journal**. Uberlândia-MG. V.19, n.2, p.15-20, 2003.
- MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. 47p.
- MIRANDA, J. R. P. *et al.* Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa (*Moringa oleifera* LAM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 01, p. 957-965, 2002.
- MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A.; CARVALHO, J. G. LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeito de Fontes de Silício na Incidência e na Severidade da Antracnose do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 31(1), p.69-75, 2006.
- MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.139-145, 2008.
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. **Plant Cell Environmental**, v.16, p.15-24, 1993.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environmental**, v.25, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 01, p. 651-681, 2008.
- RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biol. Rev.**, v.58, p. 179-207, 1983.
- SANGSTER, A. G., PARRY, D.W. The ultrastructure and electron probe microassay of silicon deposits in the endodermis of the seminal roots of sorghum bicolor (L.) Moench. **Ann. Bot.**, v.40, p.447-459, 1978.
- STAFF, H. **Hidroponia**. Cuiabá: SEBRAE-MT, 1997. 86 p.
- TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; SILVA, A. G.; KORNDORFER, P. H. Fontes de Silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 39, n. 4, p. 562-568, 2008.