



## Crescimento, acúmulo de nitrogênio e silício em berinjela sob adubação nitrogenada e silicatada<sup>(1)</sup>.

**Ewerton Gonçalves de Abrantes**<sup>(2)</sup>; **Josinaldo Lopes Araujo Rocha**<sup>(3)</sup>; **Maurício Cavalcante de Novaes**<sup>(4)</sup>; **Kariolânia Fortunato de Paiva**<sup>(4)</sup>; **Alexandre Paiva da Silva**<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da CAPES;

<sup>(2)</sup> Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal da Paraíba; Areia, Paraíba; ewertonagroti@hotmail.com;

<sup>(3)</sup> Professor Adjunto III; Universidade Federal de Campina Grande;

<sup>(4)</sup> Agrônomos; Universidade Federal de Campina Grande;

<sup>(5)</sup> Professor Adjunto III; Universidade Federal da Paraíba.

**RESUMO:** O silício (Si) proporcionar diversos benefícios às culturas, principalmente quando submetidos a estresses, seja bióticos ou abióticos, como em altas doses nitrogênio (N), desse forma, podendo aumentar o aproveitamento de N. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de N e da aplicação foliar com Si no crescimento e na nutrição nitrogenada e silicatada da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5 x 2, compreendendo cinco doses de N (25; 125; 250; 350 e 500 mg dm<sup>-3</sup>) e aplicação foliar com Si (sem ou com solução 10 mmol L<sup>-1</sup> de Si), empregando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições, sendo avaliado a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes, estimando a relação parte aérea / raiz, os teores das frações de N (N total, nítrico, amoniacal e orgânico), e o teor e acúmulo de Si nas folhas. O Si não influenciou significativamente as variáveis avaliadas, com exceção para o teor de Si foliar; as doses de N aumentaram significativamente a produção de matéria seca total e a relação parte aérea/raiz, os acúmulos de N-total nas folhas e no caule. Concluiu-se que as doses de N aumentam o crescimento vegetal e os teores de N nos tecidos; os teores e acúmulos de Si no tecido foliar diminuem com o aumento das doses de N; Existe uma relação positiva entre o teor foliar de Si e o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas raízes.

**Termos de indexação:** *Solanum melongena*, silicato de potássio, teor de Si.

### INTRODUÇÃO

A nutrição mineral tem efeito importante na produção e produtividade das culturas, sendo que o nitrogênio (N) é o nutriente de maior exigência pelas culturas, desempenhando importantes funções na fisiologia da cultura, atuando como constituinte estrutural de enzimas, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila (Taiz & Zeiger, 2004).

Contudo, em altas doses, o N pode provocar acamamento, auto sombreamento, desbalanço

nutricional, dentre outras consequências (Epstein, 1994). Dessa forma, o silício (Si), que é considerado um elemento benéfico para as plantas superiores, pode promover um maior aproveitamento do N aplicado à cultura (Munir et al., 2003), assim como atenuar os efeitos no excesso de N, ao promover maior resistência ao acamamento, e redução do auto sombreamento (Epstein, 1994), dentre outros benefícios (Ma, 2004; Ma & Yamaji 2006), elevando a performance das culturas (Epstein, 2009), como no aumento da produção de diversas culturas, como o arroz (Mauad et al., 2003a), batata (Pulz et al., 2008), cana de açúcar (Ashraf et al., 2009; Madeiros et al., 2009), pepino (Zhu et al., 2004) tomate (Al-Aghabary et al. 2004), entre outras.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de N e da aplicação foliar com Si nos parâmetros de crescimento e na nutrição nitrogenada e silicatada da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.).

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), Campus de Pombal-PB, com plantas de berinjela cultivar "Embú", empregando-se amostras de um Neossolo Flúvico coletadas na camada de 0-40 cm o qual foi submetido a caracterização química e física conforme Embrapa (2011), sendo observado: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6,7; os teores trocáveis de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> de 0,22; 0,11; 2,3, 4,7 e 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, P = 53 mg kg<sup>-1</sup>, e textura franco-arenosa.

Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5 x 2, compreendendo cinco doses de N (25; 125; 250; 350 e 500 mg dm<sup>-3</sup>) e aplicação foliar com Si (sem ou com solução 10 mmol L<sup>-1</sup> de Si). Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Cada unidade experimental constou de um vaso contendo



12 L de solo, com uma planta por vaso. As doses de N foram aplicadas na forma de ureia (45% de N) e as de Si na forma de silicato de potássio, utilizando produto comercial Quimifol Silício® (10% de Si e 8,3% de K (m:v)).

No florescimento, foram avaliados a altura da planta (ALT) e o diâmetro do caule (DC); posteriormente as plantas foram separadas em folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR), e levadas à estufa de secagem (60-65 °C), nesta etapa, foi mensurado a produção de matéria seca total (MST) e relação parte aérea/raiz (RPAR) (MSF + MSC / MSR).

Nesses tecidos foram determinados os teores de nitrogênio total (N-total) de acordo com Malavolta et al. (1997), N-mineral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) conforme Tedesco et al. (1985), e por diferença (N-total – N-mineral) obteve-se o N-orgânico, e multiplicando-se os dados produção de matéria seca pelos teores de N-total na respectiva parte, foram calculados os totais acumulados de N-total em cada parte. Nas folhas, foram determinados os teores de Si conforme Furlani & Gallo (1978) utilizando o método colorimétrico do azul-de-molibdênio.

Os dados foram submetidos à análise de variância (p<0,05), e os efeitos dos fatores nitrogênio e silício, analisados por meio de regressão polinomial, e por teste de média, respectivamente, realizando os desdobramentos quando pertinentes, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011). Os dados da produção de matéria seca, dos teores das frações de N e foliar de Si foram submetidos à análise de correlação linear de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis avaliadas foram influenciadas significativamente somente pelas doses de N, com exceção do acúmulo de N total na raiz, enquanto que o teor de Si foliar pelo influenciado significativamente pelas doses de N e pela aplicação foliar com Si, observando-se interação entre os fatores.

A MST obteve crescimento quadrático, com valor máximo estimado na dose de 250 mg dm<sup>-3</sup> de N, decrescendo a partir desta dose, o que pode ser atribuído a efeitos tóxicos promovidos pela fonte de N utilizada, devido maior teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo nas altas doses, conforme observado por Araujo et al. (2012) (Figura 1A).

A RPAR aumentou linearmente em função das doses de N, o que deve ser devido ao aumento de maior magnitude da parte aérea em relação ao crescimento radicular, em função dos altos teores de N no solo (Figura 1B).

A AP aumentou linearmente em função das doses de N, enquanto o DC aumentou com

tendência quadrática em função das doses de N, com valor máximo estimado na dose de 500 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 1C e 1D).

O acúmulo de N total na folha e caule elevaram-se em função das doses de N, com valores máximos estimados de 1016,7 e 384,8 mg, nas doses de 301,5 e 357,7 mg dm<sup>-3</sup> de N, observando maiores teores na parte aérea em comparação com as raízes, mas que de ambas as partes decaíram, o que pode ser atribuído a uma “diluição” dos teores em função do aumento da produção de matéria seca, e maior distribuição dos compostos nitrogenados no tecido vegetal (Figura 1E e 1F).

O teor foliar de Si não obteve ajuste em função das doses de N, contudo observou-se que com a aplicação foliar com Si, observou-se variação de 0,71 mg g<sup>-1</sup> nos teores médios (Figura 1G).

Efeito semelhante foi observado por Fallah (2012) em plantas de arroz, ao utilizar doses de N e Si em sistema hidropônico, em que os teores de Si nas partes das plantas diminuíram conforme aumento das doses de N.

No trabalho de Mauad et al. (2003b), testando doses de Si na cultura do arroz, verificaram que o aumento das doses proporcionou maiores teores foliares de Si, o que não foi observado no presente experimento, possivelmente, devido que a berinjela não seja uma espécie acumuladora de Si, como o arroz (Epstein, 1999).

O acúmulo de Si foliar elevou-se com tendência quadrática em função das doses de N, com valor máximo estimado na dose de 239 mg dm<sup>-3</sup> de N, quando obteve o acúmulo de 106,5 mg de Si. Em altas doses de N, ocorre maior desenvolvimento foliar, mas que de certa forma, os teores de Si diminuem, e conseqüentemente os seus respectivos acúmulos, efeito denominado de “diluição” (Figura 1G).

Todas as frações de N nas folhas obtiveram correlação positiva com a Gs e A, enquanto as frações de N no caule obtiveram correlação negativa quando confrontada com o Ci, e positiva quando confrontados com a Gs e A. Observou-se correlação positiva quando se confrontou os teores de N total e orgânico nas raízes com as variáveis relacionadas às trocas gasosas, enquanto o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> apresentou correlação positiva com a Gs e A., além do teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas raízes com o Ci e A, com coeficientes negativos e positivos, respectivamente (Tabela 1).

De modo geral, o teor foliar de Si não se correlacionou com o crescimento e as trocas gasosas, enquanto observou-se relação negativa do teor de Si com o teor foliar de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e positiva com o teor radicular de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; os teores das frações de N nas três partes da planta correlacionaram-se positivamente com a taxa fotossintética; a produção de MSR correlacionou-se negativamente com os



teores das frações de N nas três partes da planta (Tabela 1).

**Tabela 1.** Coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis matéria seca de folhas (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raízes (MSR), índice de área foliar (IAF), teor de Si nas folhas e aos teores das frações de nitrogênio nas partições de matéria seca.

	Folhas			
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-Org	N-Tot
MSF	0,23 <sup>ns</sup>	- 0,07 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
MSC	- 0,26 <sup>ns</sup>	- 0,18 <sup>ns</sup>	- 0,03 <sup>ns</sup>	- 0,38 <sup>ns</sup>
MSR	- 0,40*	- 0,47**	- 0,58**	- 0,58**
Teor Si foliar	- 0,37*	0,07 <sup>ns</sup>	- 0,02 <sup>ns</sup>	- 0,04 <sup>ns</sup>
	Caule			
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-Org	N-Tot
MSF	0,09 <sup>ns</sup>	- 0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
MSC	- 0,16 <sup>ns</sup>	- 0,10 <sup>ns</sup>	- 0,21 <sup>ns</sup>	- 0,21 <sup>ns</sup>
MSR	- 0,63**	- 0,52**	- 0,67**	- 0,67**
Teor Si foliar	0,09 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
	Raízes			
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-Org	N-Tot
MSF	0,19 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
MSC	0,07 <sup>ns</sup>	- 0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
MSR	- 0,48**	- 0,55**	- 0,53**	- 0,54**
Teor Si foliar	0,21 <sup>ns</sup>	0,36*	0,04 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo ao nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de t.

## CONCLUSÕES

As doses de N aumentam o crescimento vegetal e os teores de N nos tecidos;

Os teores e acúmulos de Si no tecido foliar diminuem com o aumento das doses de N;

Existe uma relação positiva entre o teor foliar de Si e o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas raízes.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande pela disponibilização da infraestrutura necessária à realização da pesquisa e a Fundação Capes pela concessão da bolsa de Mestrado ao primeiro autor do trabalho.

## REFERÊNCIAS

AL-AGHABARY K.; ZHU, Z. & SHI, Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*. 27:2101–2115, 2004.

ARAUJO, J.L.; FAQUIN, V.; VIEIRA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.V.C.; SOARES, A.A.; RODRIGUES, C.B. & MESQUITA, A.C. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 36:921-930, 2012.

ASHRAF, M.; RAHMATULLAH; AHMAD, R.; AFZAL, M.; TAHIR, M.A.; KANWAL, S. & MAQSOOD, M.A. Potassium and silicon improve yield and juice quality in

sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under salt stress. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 195:284-291, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50:641-664. 1994.

EPSTEIN, E. Silicon: its manifold roles in plants. *Annual of Applied Biology*, 155:155-160, 2009.

FALLAH, A. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture, 2:630-634, 2012.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, 35:1039–1042. 2011.

FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Determinação de silício em material vegetal, pelo método colorimétrico do “azul-de-molibdênio”. *Bragantia*, 37:5-11. 1978.

MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50:11-18, 2004.

MA, J.F. & YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trend on Plant Science*, 11:392-397, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

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

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H. & CORRÊA, J.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Scientia Agrícola*, 60:761-765, 2003a.

MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C.A.C.; CORRÊA, J.C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:867-873, 2003b.

MUNIR, M.; CARLOS, A.C.C.; HEILO, G.F. & JULIANO, C.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Science Agrícola*, 60:1-10, 2003.

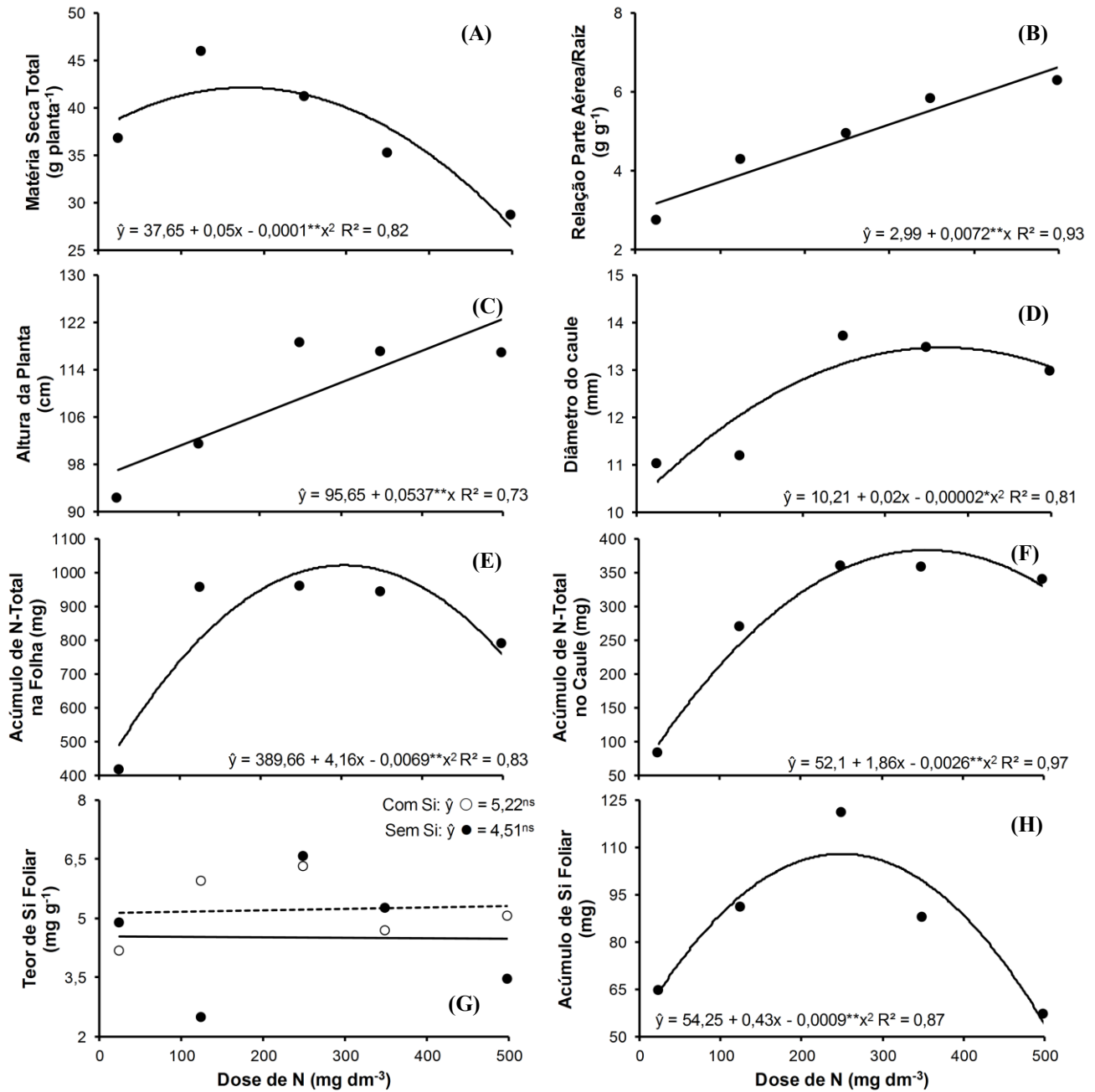
PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B. & SORATTO, R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1651-1659, 2008.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

ZHU, Z.; WEI, G., LI, J., QIAN, Q. & YU, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes

activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). Plant Science 167:527–533, 2004.



**Figura 1.** Matéria seca total (A), relação parte aérea/raiz (B), altura da planta (C), diâmetro do caule (D), acúmulo de N-total na folha (E) e no caule (F), teor (G) e acúmulo (H) de silício nas folhas em função das doses de nitrogênio em plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.).