

Influência do silício na nutrição nitrogenada do arroz

**FABRICIO WILLIAM DE ÁVILA⁽¹⁾, VALDEMAR FAQUIN⁽²⁾, JOSINALDO LOPES ARAÚJO⁽³⁾,
DANIELA PEREIRA BALIZA⁽⁴⁾**

RESUMO - O presente trabalho objetivou avaliar a influência do Si sobre a nutrição nitrogenada de plantas de arroz cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, sendo duas concentrações de silício (0 e 50 mg L⁻¹) e cinco concentrações de nitrogênio (20, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹) com três repetições, sendo duas plantas por parcela, totalizando 30 parcelas. No período do pré-florescimento, em uma das plantas de cada parcela, foram realizadas medições indiretas do teor de clorofila (leitura SPAD), determinação direta dos teores de clorofila *a* e clorofila *b* em folhas bandeira e os teores de nitrogênio total (N-total), nitrogênio nítrico (N-NO₃⁻) e nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺). Na época da emissão de panículas, nas plantas restantes foram avaliados o número de perfilhos por planta e a produção de matéria seca total (MST) das plantas. Os resultados mostraram que o fornecimento de Si não afetou o perfilhamento nem a produção de matéria seca do arroz. O Si aplicado aumentou significativamente os teores de clorofila *a* e *b*, e os valores SPAD. Com exceção dos teores de nitrato nas raízes, as frações de nitrogênio não foram alteradas pela adição de silício no meio de cultivo das plantas.

Introdução

Embora o nitrogênio seja exigido em grandes quantidades pelo arroz, seu fornecimento em excesso pode resultar em elevado desenvolvimento vegetativo, causando o acamamento das plantas, interferindo negativamente na sua produtividade e surgimento de doenças [1]. Entretanto, estes efeitos podem ser minimizados pelo fornecimento de silício (Si) às plantas, devido aos benefícios que este elemento pode proporcionar a esta cultura [2].

Em plantas que absorvem bastante silício como o arroz, ele é rapidamente transportado para a parte aérea, acumulando-se nas paredes das células epidérmicas e formando uma camada de sílica amorfa. Esta camada torna estes tecidos mais rígidos e resistentes ao ataque de pragas e doenças e auxilia as plantas a resistir ao acamamento [3]. Para o arroz, além desses efeitos, alguns estudos têm apontado que o papel do Si na resistência a doenças está relacionado com a síntese de compostos orgânicos de defesa, chamados fitoalexinas [4].

Tem sido sugerido também que o fornecimento de Si permite um melhor aproveitamento do N fornecido às plantas. Essa afirmação fundamenta-se na hipótese de que o Si melhora a arquitetura da planta favorecendo um maior e melhor aproveitamento da luz, levando a um aumento na taxa fotossintética. Uma vez que o metabolismo do N está coordenado com a fotossíntese ou com alguns produtos da fotossíntese [5] o resultado seria um aumento na taxa de assimilação de N.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do Si sobre a produção de matéria seca e nutrição nitrogenada de plantas de arroz cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio.

Palavras-Chave: clorofila, nitrogênio mineral, *Oryza sativa*

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. As sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. 'BRSMG Conai', foram germinadas em papel *germitest* em câmara de germinação. Após a germinação, as plântulas foram transferidas para bandejas de polietileno contendo 40 L de solução de Hoagland & Arnon [6], com 20% de sua força iônica para adaptação sem os tratamentos, recebendo arejamento constante. Quando a condutividade elétrica da solução de adaptação atingiu cerca de 30% da inicial, foram transferidas duas plântulas para vasos contendo 3 L de solução nutritiva de Hoagland & Arnon com 75% de sua força iônica com os respectivos tratamentos. O volume de solução dos vasos foi completado diariamente com água deionizada e a troca da solução foi realizada quando a mesma atingiu 30% da condutividade elétrica inicial, sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,0 pela adição de NaOH ou HCl, 1 mol L⁻¹.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, sendo duas concentrações de silício (0 e 50 mg L⁻¹) e cinco concentrações de nitrogênio (20, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹) com três repetições, totalizando 30 parcelas.

No período do pré-florescimento (cerca de 65 dias após a instalação do experimento) foram realizadas leituras em folhas bandeira do arroz com o medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502 (*Soil Plant Analysis Development*) [7]. Após a realização das leituras, uma planta de cada repetição foi colhida para avaliação dos teores de clorofila *a* e clorofila *b* nas folhas bandeira

⁽¹⁾ Graduando em Agronomia, Bolsista de I. C. CNPq, Departamento de Ciência do Solo (DCS), Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, MG, CEP 37200-000. E-mail: avilafw@yahoo.com.br

⁽²⁾ Professor Titular do DCS/UFLA.

⁽³⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas do DCS/UFLA

⁽⁴⁾ Mestranda em Fitotecnia, Departamento de Agricultura, UFLA.

conforme Arnon [8]. Na matéria seca da parte aérea e das raízes dessas plantas, foram avaliados os teores de nitrogênio total (N-total) de acordo com Malavolta et al. [9], nitrogênio nítrico (N-NO_3^-) e nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+) como descrito em Tedesco et al. [10].

Na época da emissão de panículas, as plantas restantes foram colhidas e separadas em parte aérea e raízes. Nesta ocasião, foram contados o número de perfilhos por planta e as partes de cada planta foram secas em estufa de circulação forçada de ar ($65-70^\circ\text{C}$) para a obtenção da produção de matéria seca total (MST). As variáveis foram submetidas à análise de variância, sendo ajustadas equações de regressão polinomial para o fator concentrações de N e as médias referentes ao fator silício, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

O fornecimento de Si não influenciou o número de perfilhos e nem a produção de (MST) das plantas. Contudo, estas variáveis foram afetadas pela interação entre o Si e o N, bem como, pelas concentrações de N aplicadas, apresentando ajuste quadrático de regressão (Figura 1 a e b). Os teores de N-total nos tecidos da parte aérea e das raízes foram afetados apenas pelas concentrações de N, apresentando ajuste de regressão linear e quadrático, respectivamente (Figura 1 c e d).

O incremento da produção de matéria seca das plantas com o aumento das concentrações de N na solução nutritiva deve-se às funções desempenhadas por esse nutriente na planta. O N participa de diversos processos na planta, dentre eles a divisão celular e a constituição de tecidos [5]. Portanto, o aumento na produção de matéria seca obtido pelo incremento do fornecimento de N, dentro de certos limites, é devido à participação deste nutriente na produção de tecido vegetal. Quanto ao Si, este não exerceu influência sobre a produção de matéria seca do arroz, concordando com outros trabalhos, onde têm sido observados efeitos da aplicação de Si apenas na produção de grãos [2, 11].

Os teores de clorofila (*a* e *b*) e a medição indireta da clorofila (valor SPAD) foram afetados significativamente pelas concentrações de N e Si aplicadas e pela interação entre estes fatores ajustando-se ao modelo de regressão quadrático (Figura 2 a, b e c). Os maiores valores para estas variáveis, em geral, foram obtidos com a aplicação de Si na solução de cultivo. Entretanto, para o valor SPAD, nas doses extremas de N (20 e 400), não houve diferenças entre os tratamentos com e sem silício. Embora sejam poucos os trabalhos que estudaram essa relação, o aumento do teor de clorofila pelo fornecimento de Si às plantas tem sido observado em outras pesquisas [12, 13].

As explicações para o aumento do teor de clorofila com o suprimento de Si as plantas, embora não estejam bem esclarecidas, apóiam-se no fato de que quando o

Si é acumulado nas células epidérmicas da parte aérea, melhorando a arquitetura da planta favorecendo um melhor aproveitamento da luz. Uma das conseqüências desse efeito seria um aumento da taxa fotossintética em tais plantas, levando a um aumento da produção de poder redutor (NADP, NADPH, etc.) e, conseqüentemente, uma maior capacidade de assimilação de nitrogênio pelas mesmas [5].

Os teores de N-NO_3^- na parte aérea (Figura 2 d) e os teores de N-NH_4^+ nas raízes (Figura 2 f) foram influenciados apenas pelas concentrações de N aplicadas, ajustando-se ao modelo quadrático. Já os teores de N-NH_4^+ na parte aérea não foram afetados pelos fatores em estudo. Nas raízes, os teores de N-NO_3^- (Figura 2 e) foram influenciados pelo Si e pelas concentrações de N, bem como pela interação de ambos os fatores. Observa-se que os teores de N-NO_3^- se elevaram linearmente com o incremento da concentração de N na solução nutritiva, sendo os teores mais elevados obtidos quando o silício foi adicionado à solução nutritiva.

De maneira geral, os teores de N-total e as frações de nitrogênio mineral (N-NH_4^+ e N-NO_3^-) não apresentam um comportamento consistente para a avaliação do efeito do Si sobre a nutrição nitrogenada do arroz, ao contrário dos teores de clorofila e do valor SPAD. Os teores de N-total na parte aérea aumentaram linearmente com o incremento das concentrações de N, o que não ocorreu para o número de perfilhos e produção de matéria seca. Por outro lado, embora os de clorofila estejam diretamente relacionados com os teores de N nas plantas, uma das vantagens de se utilizar o teor de clorofila como medida do estado nutricional de N nas plantas, é que ele não é influenciado pelo consumo de luxo, sob a forma de nitrato [7]. Dessa forma, os teores de clorofila e o valor SPD foram capazes mostrar de forma mais consistente o efeito da aplicação de Si sobre a nutrição nitrogenada do arroz.

Conclusões

O fornecimento de Si não afetou o perfilhamento nem a produção de matéria seca do arroz.

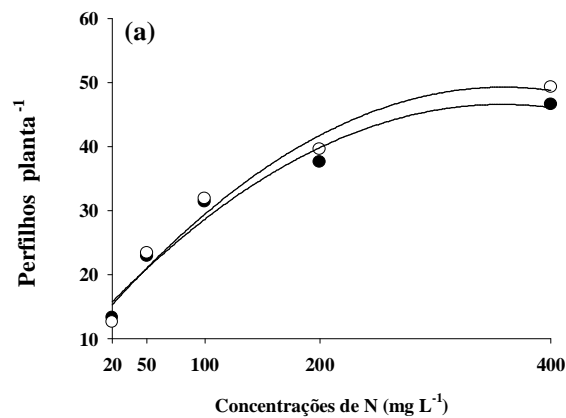
Os mais elevados teores de clorofila *a* e *b*, e os valores da medição indireta do teor de clorofila (valor SPAD), foram obtidos com o fornecimento de Si às plantas de arroz.

Com exceção dos teores de nitrato nas raízes, as frações de nitrogênio não foram alteradas pela adição de silício na solução nutritiva.

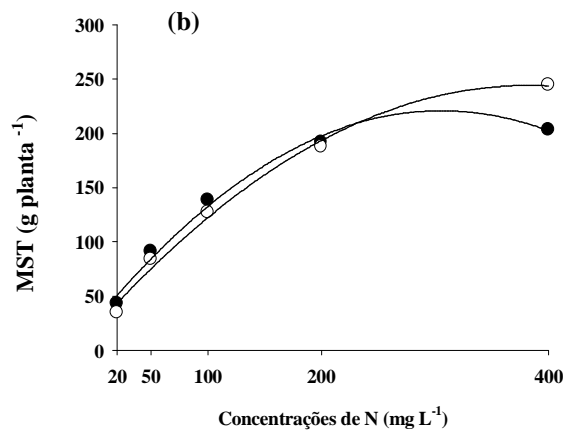
Referências

- [1] BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, E.M.; MEIRA, F.A. 2006. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 12. p.1731-1737.
- [2] MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C.A.C.; CORRÊA, J.C. 2003. Teores de Silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e

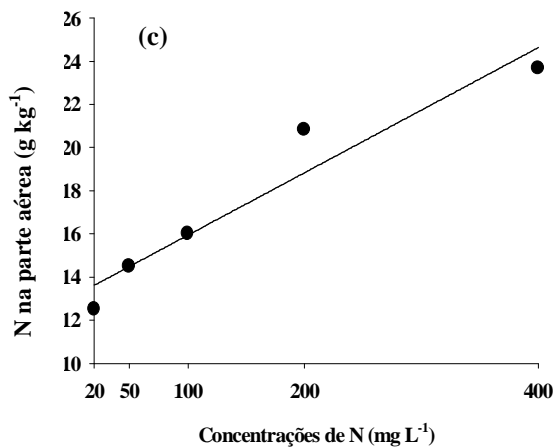
- nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p.867-873.
- [3] EPSTEIN, E.; BLOOM, A. 2006. *Nutrição mineral de plantas:Princípios e Perspectivas*. Londrina: Editora Planta. 403p.
- [4] RODRIGUES, F.A.; MCNALLY, D.J.; DATNOFF, L.E.; JONES, J.B. ; LABBE, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G. 2004. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. *Phytopathology*, Estados Unidos, v. 94, p.177-183.
- [5] TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: ARTMED. 719p.
- [6] HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. 1950. *The water-culture method for growing plants without soil*. Berkeley, Calif.: California Agricultural Experiment Station.
- [7] BLACKMER, T.M., SCHEPERS, J.S. 1995. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 25, n. 9/10. p.1791-1800.
- [8] ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, Maryland, v. 24, n. 1. p.1-15.
- [9] MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafós. 319p.
- [10] TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. 1985. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS. 95p. (Boletim Técnico, 5).
- [11] CARVALHO, J.C. 2000. *Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício*. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- [12] SAVANT, N.K.; KORNDÖRFER G.H.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E. 1999. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. *Journal of Plant Nutrition*. New York, NY, v. 12, n. 22, p.1853-1903.
- [13] AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; QINHUA SHI, Q. 2004. Influence of Silicon Supply on Chlorophyll Content, Chlorophyll Fluorescence, and Antioxidative Enzyme Activities in Tomato Plants Under Salt Stress. *Journal of Plant Nutrition*. v. 27. p.2.101-2.115.



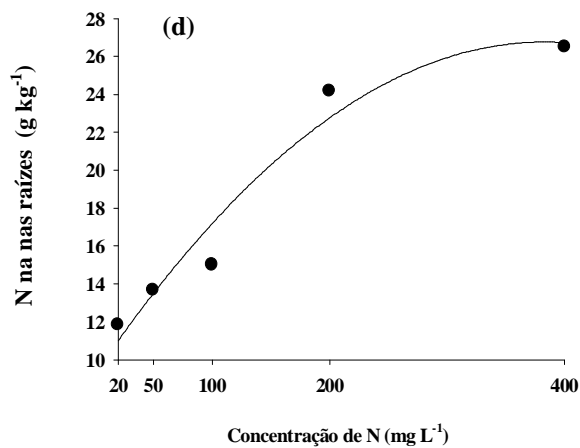
● Com Si = $-0,0003x^2 + 0,1931x + 12,013$ $R^2 = 0,965^{**}$
 ○ Sem si = $-0,0003x^2 + 0,2118x + 11,192$ $R^2 = 0,969^{**}$



● Com Si = $-0,0021x^2 + 1,278x + 25,698$ $R^2 = 0,990^{**}$
 ○ Sem si = $-0,0015x^2 + 1,1702x + 20,561$ $R^2 = 0,992^{**}$

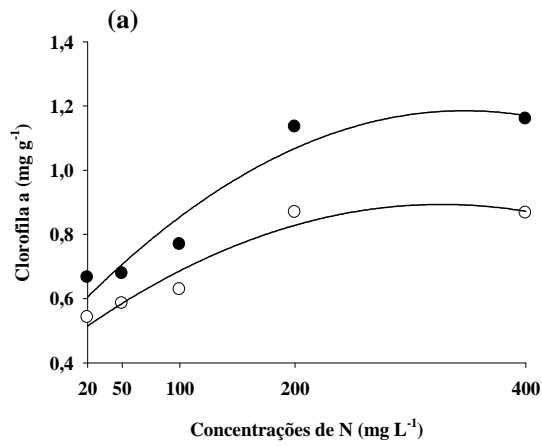


$y = 0,029x + 13,036$ $R^2 = 0,928^{**}$

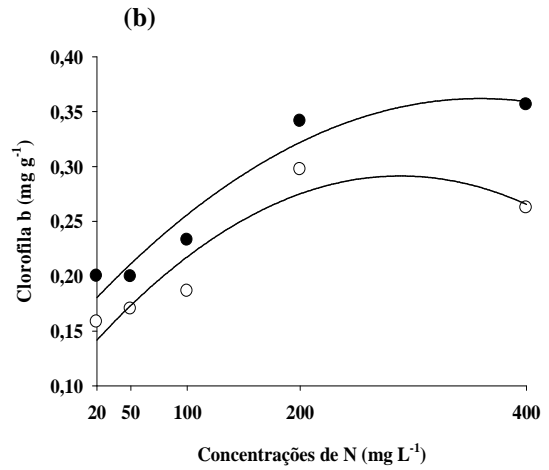


$y = -0,0001x^2 + 0,0917x + 9,2149$ $R^2 = 0,957^{**}$

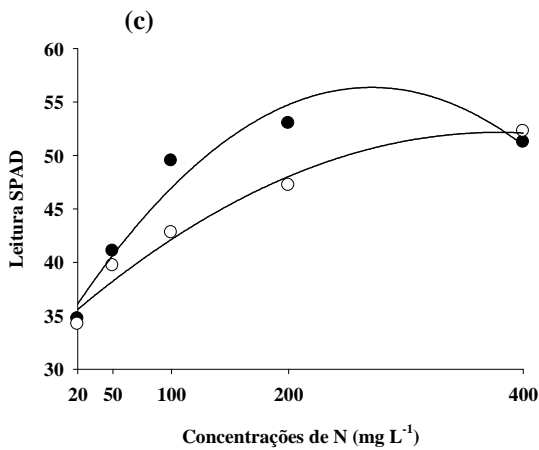
Figura 1 Número de perfilhos por planta (a), produção de matéria seca total (b), teores de N na parte aérea (c) e teores de N nas raízes (d), em função das concentrações de N e de Si na solução.



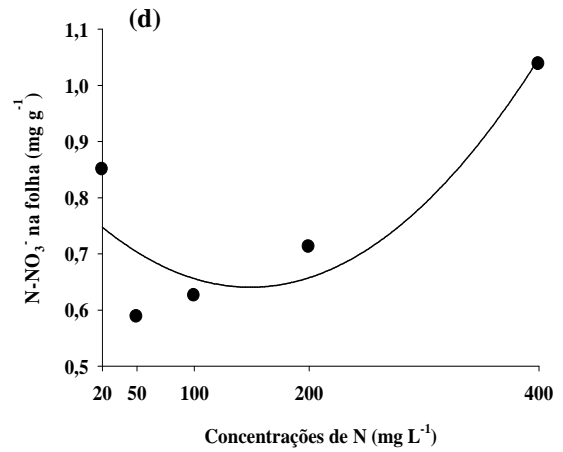
● Com Si = $-0,000005x^2 + 0,0038x + 0,5316$ $R^2 = 0,932^{**}$
 ○ Sem si = $-0,000004x^2 + 0,0026x + 0,4636$ $R^2 = 0,943^{**}$



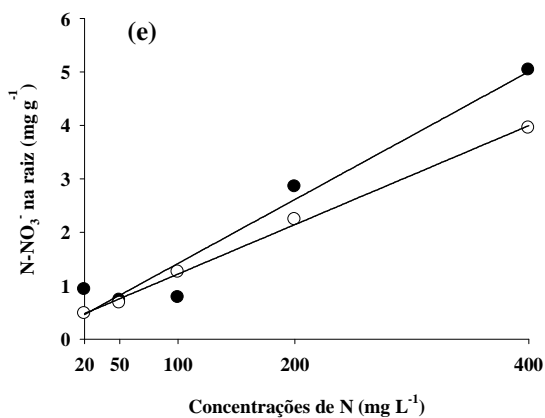
● Com Si = $-0,000002x^2 + 0,0011x + 0,1584$ $R^2 = 0,937^{**}$
 ○ Sem si = $-0,000002x^2 + 0,0012x + 0,1186$ $R^2 = 0,882^{**}$



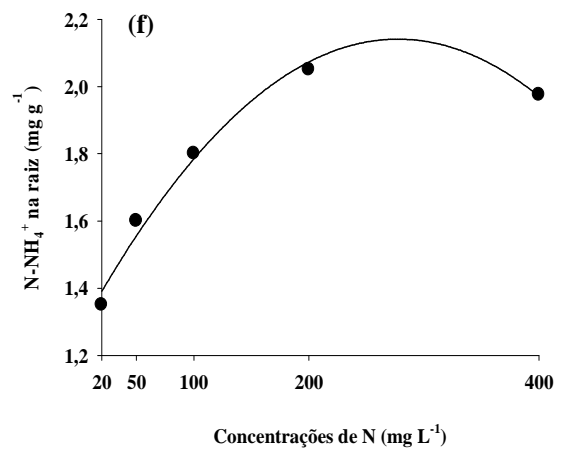
● Com Si = $-0,0003x^2 + 0,1749x + 32,717$ $R^2 = 0,952^{**}$
 ○ Sem si = $-0,0001x^2 + 0,0976x + 33,671$ $R^2 = 0,973^{**}$



$y = 0,000006x^2 - 0,0019x + 0,7832$ $R^2 = 0,793^{**}$



● Com Si = $0,012x + 0,2198$ $R^2 = 0,951^{**}$
 ○ Sem si = $0,0093x + 0,2911$ $R^2 = 0,998^{**}$



$Y = -0,00001x^2 + 0,0063x + 1,2697$ $R^2 = 0,986^{**}$

Figura 2 Teores de clorofila *a* (a), clorofila *b* (b), leitura SPAD (c), teores de nitrato na folha (d), teores de nitrato nas raízes (e) e teores de amônio nas raízes (f), em função das concentrações de N e de Si na solução.