



Formas de Nitrogênio em capim braquirária cultivado em soluções sob diferentes concentrações de Si e NaCl⁽¹⁾.

Carlos Ribeiro Rodrigues⁽²⁾; Wilka Jackeline Cavalcante dos Santos⁽³⁾; Willian Gonçalves do Nascimento⁽⁴⁾; Maria Alice Vasconcelos Silva⁽⁵⁾; Tatiana Michlovská Rodrigues⁽⁵⁾; Marcos Gustavo Kemmerich Chagas⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES.

⁽²⁾ Professor; Instituto Federal Goiano; Rio Verde, GO; carlos.rodrigues@ifgoiano.edu.br; ⁽³⁾ Estudante; Universidade Federal

Rural de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁵⁾ Pós Doutorandas; Instituto Federal Goiano;

⁽⁶⁾ Estudante; Instituto Federal Goiano.

RESUMO: O trabalho objetivou avaliar o acúmulo de diferentes formas de N na parte aérea de plantas de *Brachiaria brizantha* cv MG-5 cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de Si e NaCl. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5, sendo quatro concentrações de NaCl (0; 20; 40 e 60 mmol L⁻¹ de NaCl) e cinco concentrações de Si (0; 1; 2; 3 e 4 mmol L⁻¹ de Si), com quatro repetições. Foi determinado os teores de silício (TSi) nitrogênio total (TNT), nítrico (TNO₃⁻), amoniacal (TNH₄⁺), mineral (TNm) e orgânico (TNo). Nas plantas nutridas com o Si houve redução do TNT influenciado pela redução do TNo e TNH₄⁺. Em contrapartida houve incremento do TNO₃⁻ e TNm. Esses resultados podem ser atribuídos a redução da atividade da redutase do nitrato, acumulando nitrato. Em plantas sob estresse salino houve redução dos TNT e TNo. Já nas plantas sob estresse salino e com Si houve incremento nos TNT e TNo. Diante dos resultados pode-se concluir que: o Si reduziu os TNT, TNo e TNH₄⁺ e aumentou o TNO₃⁻ e TNm; a salinidade reduziu os TNT e TNo nas plantas e a adição de Si nas plantas sob estresse incrementou os TNT e TNo. **Termos de indexação:** nitrato, amônio, salinidade

INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira é uma atividade que tem contribuído para economia no Estado de Pernambuco. Entretanto, a variabilidade dos fatores edafoclimáticos observada no Nordeste, tem sido um desafio para os pecuaristas na produção de alimentos para os animais. Um dos principais limitantes na produção de espécies forrageiras encontrado no semiárido é a salinidade.

Em relação ao estresse salino Liang et al. (2003) com a cultura da cevada, Zhu et al. (2004) com a cultura do pepino, Hamayun et al. (2010) com a cultura soja, Moussa (2006) e Parveen & Ashraf (2010) com a cultura do milho obtiveram aumento da resistência das plantas nutridas com Si.

A indução de resistência em plantas, com consequente acúmulo de compostos naturais de defesa, como fitoalexinas e o ácido salicílico, pode gerar um custo energético no metabolismo das plantas (Iriti & Faoro, 2003). Segundo Karl & Desveaux (2008), após a indução de resistência, por estresse biótico e, ou, abiótico, como salinidade, ou quanto da aplicação de compostos de defesa, como o Si, são biossintetizadas proteínas que iniciam uma série de reações em cascata com consequente acúmulo de formas reativas de oxigênio e óxido nítrico. Assim, não só há um custo energético, como também, pode ocorrer um dreno de N no metabolismo, mediado pela biossíntese de proteínas envolvidas no processo de indução de resistência e também de óxido nítrico. Segundo Dietrich et al. (2005), o custo energético e metabólico da indução de resistência pode afetar negativamente o desenvolvimento das plantas reduzindo a disponibilidade de metabólitos primários (energia) e de N para as plantas quando cultivadas em solos com baixa disponibilidade desse nutriente.

Nesse sentido o trabalho objetivou avaliar o acúmulo de diferentes formas de N na parte aérea de plantas de *Brachiaria brizantha* cv MG-5 cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de Si e NaCl.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE)

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5, sendo quatro concentrações de NaCl (0; 20; 40 e 60 mmol L⁻¹ de NaCl) e cinco concentrações de Si (0; 1; 2; 3 e 4 mmol L⁻¹ de Si), com quatro repetições.

As sementes da *B. brizantha* cv. MG-5 foram semeadas em bandejas contendo areia lavada umedecida com água deionizada. Após a emissão da primeira folha definitiva, as plântulas foram transplantadas para bandejas com capacidade de 10 L contendo solução nutritiva básica de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) a 25% da concentração

inicial. A cada quatro dias a solução era totalmente



trocada e acrescentava-se mais $\frac{1}{4}$ da concentração original. Após 4 dias na solução de Hoagland a 100% da concentração inicial as plantas foram escolhidas pela uniformidade e transplantadas para os vasos definitivos contendo 3,0 L solução nutritiva de Hoagland

a 100% e os tratamentos.

As doses de Si foram aplicadas via solução de silicato de potássio a 1,0 M. As doses de K foram ajustadas pela redução das doses de KNO_3 e as de N pela adição de HNO_3 . O pH das soluções foi mantido em 5,5 com a adição de HCl 1,0 mol L^{-1} e, ou, NaOH 1,0 mol L^{-1} . Diariamente o volume de solução nutritiva dos vasos era completado e monitorada a condutividade elétrica. A solução era trocada quando reduzia a condutividade elétrica 30% da inicial.

A coleta foi realizada 60 dias após o transplante. No dia da coleta as plantas foram separadas a parte aérea das raízes. A parte aérea foi lavada em água corrente, seca em papel toalha, acondicionadas em sacos de papel kraft, previamente identificados, e secas em estufa de circulação de ar forçada a 65-70°C até peso constante. Posteriormente, o material foi moído em moinho tipo Willey acondicionado em potes plásticos identificados e encaminhados ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UAG/UFRPE para as análises químicas para a determinação do N-total (EMBRAPA, 2011) e N-nítrico e N-amoniaco (Tedesco, 1995). A fração N-mineral foi estimado pela soma do N-nítrico e N-amoniaco. A fração N-orgânico foi estimada pela diferença do N-total e N-mineral.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ajuste de modelos matemáticos multivariado (superfície de resposta) em função das concentrações de Si e NaCl na solução nutritiva com auxílio do programa R (R Core Team, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Si (TSi) na parte aérea da *B. brizantha* cv. MG-5 incrementaram com as concentrações de Si no meio e reduziram com as concentrações de NaCl até 36,36; 42,27; 48,18; 54,09 e 60 mmol L^{-1} com 0; 1; 2; 3 e 4 mmol L^{-1} de Si, respectivamente (Figura 1A). Com o incremento

do Si na solução nutritiva a redução dos TSi foi

2

obtida com níveis mais altos de NaCl na solução. As plantas cultivadas na ausência de NaCl na solução não alteraram os teores de N total (TNt) na parte aérea da *B. brizantha* cv. MG-5 (Figura 1B). Todavia, com o aumento do NaCl houve incremento dos TNt em função do Si (Figura 1B). Com o NaCl no meio houve redução dos teores de N orgânico (TNo) na parte aérea das plantas (Figura 1C). Nas plantas cultivadas sem NaCl na solução as concentrações de Si também proporcionaram a redução dos TNo (Figura 1C). Todavia, com o incremento do NaCl os TNo aumentaram com as concentrações de Si (Figura 1C).

Os teores de N mineral (TNm) na parte aérea das plantas reduziram com o NaCl na solução e incrementaram com o Si até 1,88 mmol L^{-1} de Si na solução (Figura 1D). Os teores de N nítrico (TNO_3^-) reduziram com o NaCl no meio até 31,94 mmol L^{-1} , e aumentaram com o Si até 2,27 mmol L^{-1} (Figura 1E). Os teores de N amoniacal (TNH_4^+) incrementaram com o NaCl na solução até 19,28 mmol L^{-1} e reduziram com o incremento das concentrações de Si na solução (Figura 1F).

Em plantas nutridas com o Si o aumento da resistência à salinidade está relacionada à manutenção intacta e funcional dos cloroplastos. A proteção ao aparato fotossintético mantém ativa a fotossíntese e os demais processos que ocorrem nos cloroplastos, como a assimilação do N.

Sem a condição de estresse e em função das concentrações de Si houve redução dos TNt, TNo e TNH_4^+ (Figuras 1 B, C e F, respectivamente) e incremento dos TNm e TNO_3^- até 1,88 e 2,27 mmol L^{-1} de Si, respectivamente (Figuras 1 D e E, respectivamente). A redução dos teores de N no tecido de plantas nutridas com Si é um mecanismo que resulta no aumento da resistência das plantas ao ataque de doenças, por deixar os tecidos menos tenros (Campos et al., 2014; Mauad et al., 2013; Pereira et al., 2013; Ávila et al., 2010). Como houve redução do TNH_4^+ em função do Si (Figura 1 F), o aumento do TNO_3^- pode ser atribuído ao decréscimo na redução do nitrato à amônio, processo mediado pela enzima redutase do nitrato. A redução da atividade da redutase do nitrato ocorre em função de vários fatores, dentre eles o excesso de CO_2 no citoplasma e nos cloroplastos (Taiz & Zeiger, 2013). O excesso de CO_2 reduz o fluxo de nitrito para os

cloroplastos (Taiz & Zeiger, 2013). O nitrito é o produto da redutase do nitrato. Assim, o acúmulo de nitrito pode levar à redução da atividade da redutase do nitrato. Plantas de arroz nutridas com Si aumentaram a concentração de CO_2 nos cloroplastos em consequência do aumento da condutância desse no mesofilo (Datmann et al., 2012). Esse pode ser um indicativo de que o Si influencia no metabolismo do N de forma indireta, através do fluxo e concentração de CO_2 no tecido.

Com a condição do estresse pelo NaCl e sem Si houve redução dos TNt, TNo e TNm (Figuras 1 B, C e D, respectivamente). O TNO_3^- reduziu até 31,9 mmol L^{-1} de NaCl no meio seguindo de incremento (Figura 1 E). O TNH_4^+ obteve resultado inverso ao do TNO_3^- com incremento até 19 mmol L^{-1} de NaCl, seguido de redução (Figura 1 F). A redução do TNO_3^- até 31,9 mmol L^{-1} de NaCl pode ser atribuído ao efeito tóxico do NaCl reduzindo a absorção de nutrientes. O aumento do TNH_4^+ atribui-se ao efeito tóxico do NaCl influenciando negativamente o processo de assimilação do N. Um dos principais efeitos da



salinidade é na desestruturação dos cloroplastos, organela onde ocorre a assimilação de N.

Sob estresse e com a adição do Si houve incremento nos TNt e TNo (Figuras 1 B e C). As demais formas de N apresentaram resposta em função

do Si na solução, semelhante quando submetidas às condições sem ou com estresse (Figuras D, E e F). Vários autores relatam que o efeito benéfico do Si sobre estresse é na manutenção da estrutura dos cloroplastos, mantendo as suas funções (Ahmed et al., 2013; Zhani et al., 2012; Hattori et al., 2008; Moussa, 2006). Nesse sentido no presente trabalho, o incremento do TNt e TNo em plantas sob estresse e com a adição do Si pode ser um indicativo da manutenção do processo de assimilação do N, pois houve manutenção da estrutura dos cloroplastos.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados pode-se concluir que: o Si reduziu os TNt, TNo e TNH_4^+ , devido influência sobre a redução do nitrato com consequente aumento do TNO_3^- e TNm; a salinidade reduziu os

TNt e TNo nas plantas e a adição de Si nas plantas sob estresse incrementou os TNt e TNo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pelo financiamento do projeto e pela bolsa PNPd-institucional e de mestrado acadêmico.

REFERÊNCIAS

- LIANG, Y.C.; CHEN, Q.; LIU, Q.; et al.. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Physiology*, 160:1157-1164, 2003.
- HAMAYUN, M.; SOHN, E.; KHAN, S.A.; et al.. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress of growth and endogenous plant growth hormones of soybean. *Pakistan Journal Botany*, 42:1713-1722, 2010.
- ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; et al.. Silicon alleviates salt stress and increase antioxidant enzymes activity in leaves of saltstressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167:527-533, 2004.
- MOUSSA, H.R.. Influence os exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture Biology*, 8:293-297, 2006.
- PARVEEN, N. & ASHRAF, M.. Role of silicon in mitigating the adverse effects of salt stress on growth and photosynthetic attributes of two maize (*Zea mays* L.) cultivars grown hydroponically. *Pakistan Journal Botany*, 42:1675-1684, 2010.
- IRITI, M. & FARAO, F.. Does benzothiadiazole-induced increase fitness cost in bean? *Journal of Plant Pathology*, 85:265-270, 2003.
- KARL, S. & DESVEAUX, D.. Message in a bottle: chemical biology of induced disease resistance in plants. *Journal of Plant Pathology*, 24:245-268, 2008.
- DIETRICH, R.; PLOSS, K.; HEIL, M.. Growth responses and fitness cost after induction of pathogen resistance depend on environmental condition. *Plant, Cell & Environment*, 28:211222, 2005.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I.. The water culture method of growing plants without soil. Berkeley: University of California, 1950, 32 p.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011, 230p.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H.. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985, 95p.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2014.

CAMPOS, O.H.G.; LIZZI, J.B.; SANTOS, M.P.; et al.. Silício e nitrogênio no estabelecimento da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. Synergismus scyentifica, 9, 2014.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H.; et al.. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. Semina: Ciências Agrárias, 34:1653-1662, 2013.

PEREIRA, T.S.; LOBATO, A.K. da S.; TAN, D.K.Y.; et al.. Positive interference of silicon on water relations, nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper (*Capsicum annuum*) cultivars under water deficit. Australian Journal of Crop Science, 7:1064-1071, 2013.

ÁVILA, F.W.; BALIZA, D.P.; FAQUIN, V.; et al.. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. Revista Ciência Agronômica, 41:184-190, 2010.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5ª ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 719p.

DETMANN, K.C.; ARAÚJO, W.L.; MARTINS, S.C.V.; et al.. Silicon nutrition increases grain yield, which, in turn, exerts a feed-forward stimulation of photosynthetic rates via enhanced mesophyll conductance and alters primary metabolism in rice. New Phytologist, 196:752-762, 2012.

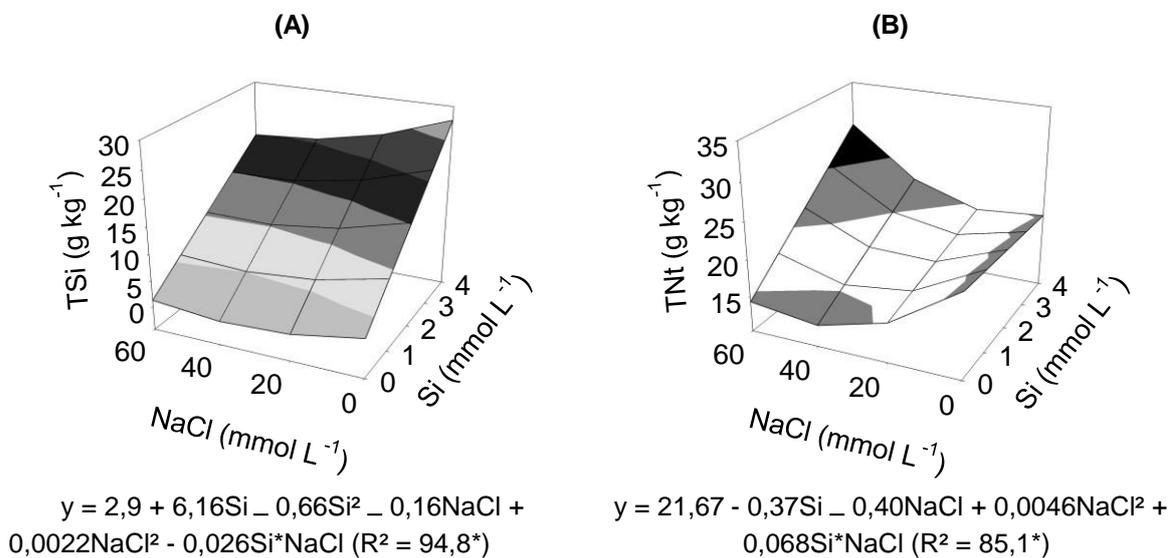
AHMED, M.; ATIF, K.; MUHAMMAD, A.; et al.. Silicon priming: a potential source to impart abiotic stress tolerance in wheat: A review. Australian Journal of Crop Science, 7:484491, 2013.

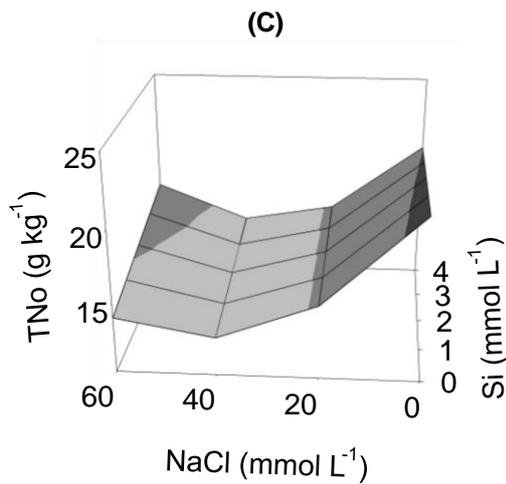
KAOUTHER, Z.; MARIEM, B.F.; FARDAOUS, M.; et al.. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). Journal Stress Physiology & Biochemistry, 8:236-252, 2012.

HATTORI, T.; SONOBE, K.; INANAGA, S.; et al.. Effects of silicon on photosynthesis of young cucumber seedlings under osmotic stress. Journal of Plant Nutrition, 31:1046-1058, 2008.

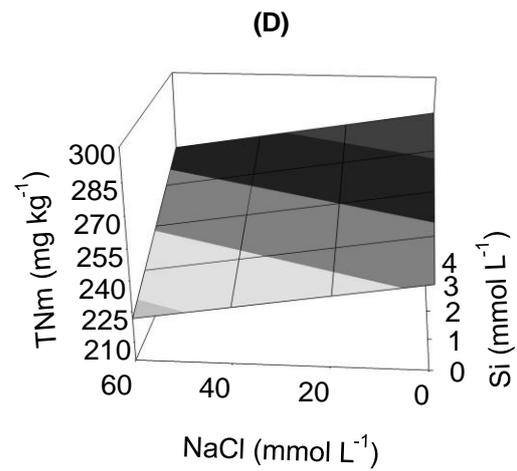


4

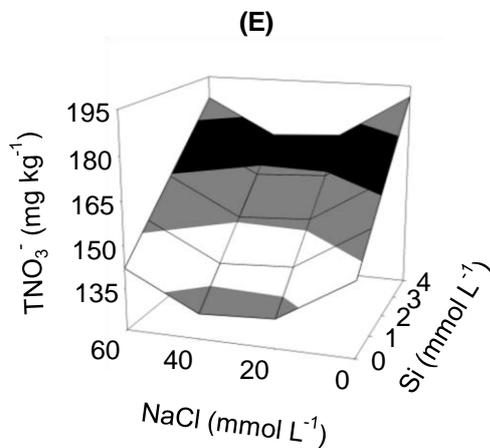




$$y = 21,43 - 0,37\text{Si} - 0,40\text{NaCl} + 0,0046\text{NaCl}^2 + 0,017\text{Si}*\text{NaCl} \quad (R^2 = 84,73^*)$$



$$y = 242,23 + 9,95\text{Si} - 2,64\text{Si}^2 - 0,35\text{NaCl} \quad (R^2 = 62,46^*)$$



$$y = 146,12 + 11,23\text{Si} - 2,47\text{Si}^2 - 1,15\text{NaCl} + 0,018\text{NaCl}^2 \quad (R^2 = 90,23^*) \quad y = 98,18 - 1,93\text{Si} + 0,54\text{NaCl} - 0,014\text{NaCl}^2 \quad (R^2 = 83,83^*)$$

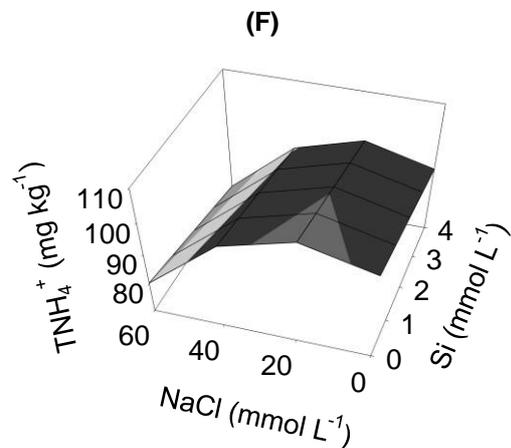


FIGURA 1 - Teores de Si (TSi) (g kg^{-1}) (A), de N total (TNt) (B), de N orgânico (TNo) (g kg^{-1}) (C), de N mineral (TNm) (mg kg^{-1}) (D), de N nítrico (TNO₃⁻) (mg kg^{-1}) (E) e de N amoniacal (TNH₄⁺) (mg kg^{-1}) (F) na parte aérea da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 cultivada em solução nutritiva sob concentrações de Si (mmol L^{-1}) e NaCl (mmol L^{-1}).