

SILÍCIO E CLORETO DE SÓDIO NA NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE PLANTAS DE MORINGA (*Moringa oleifera* LAM.)⁽¹⁾

J. R. P. MIRANDA⁽²⁾, J. G. CARVALHO⁽³⁾, D. R. SANTOS⁽⁴⁾, A. L. O. FREIRE⁽⁴⁾, J. C. BERTONI⁽⁵⁾, J. R. M. MELO⁽⁶⁾ & A. L. CALDAS⁽⁶⁾

RESUMO

Realizou-se um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, para avaliar o efeito do silício na nutrição mineral e na produção de matéria seca de plantas de moringa submetidas ao estresse salino. Utilizaram-se o esquema fatorial e o delineamento de blocos casualizados, com três repetições, e uma planta por vaso de 3 L de capacidade, em que o primeiro fator referiu-se às doses de NaCl (0, 30, 60, 90 e 120 mol m⁻³) e o segundo às doses de SiO₂ (0, 0,5, 1,0 e 1,5 mol m⁻³), em solução de Hoagland & Arnon (1950) a 50 % da concentração normal. As soluções foram renovadas em intervalos de 10 dias e, aos 35 dias, após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram colhidas, separadas em folhas, caule e raízes, secas, para determinação da produção de matéria seca, e moídas, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl e Si. A partir dos teores, determinaram-se as relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg e a translocação dos nutrientes para a parte aérea. Observou-se que a adição do Si elevou os teores de K e de Ca nas folhas e reduziu os de Na e as relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg. O Si não reduziu os efeitos depressivos do NaCl na produção de matéria seca das plantas de moringa.

Termos de indexação: solução nutritiva, estresse salino, silício.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Lavras – UFLA, para a obtenção do título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas. Recebido para publicação em abril de 2000 e aprovado em setembro de 2002.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Caixa Postal 64, CEP 58700-000 Patos (PB). E-mail: paesr@bol.com.br

⁽³⁾ Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: jguedes@ufla.br

⁽⁴⁾ Professores do Departamento de Engenharia Florestal, UFCG. E-mails: diercules@uol.com.br; lofreire@cstr.ufpb.br

⁽⁵⁾ Doutorando do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. E-mail: julio_bertoni@cargil.com

⁽⁶⁾ Estudante de Graduação, CSTR/UFCG.

SUMMARY: *SILICON AND SODIUM CHLORIDE EFFECTS ON MINERAL NUTRITION AND DRY MATTER PRODUCTION OF MORINGA (Moringa oleifera LAM.) PLANTS*

A greenhouse experiment was conducted in the Soil Science Department of the Federal University of Lavras, Brazil, to evaluate the effect of silicon on mineral nutrition and dry matter production of moringa plants, cultivated under salinity stress. The experiments followed a randomized factorial block-type design, in three replications. In pots of 3 L capacity with one plant each, five levels of NaCl (0, 30, 60, 90, and 120 mol m⁻³) were combined with four levels of SiO₂ (0.0, 0.5, 1.0, and 1.5 mol m⁻³) in Hoagland and Arnon nutrient solution at 50 % of the normal concentration. The solutions were renewed every 10 days and the plants harvested after 45 days. Leaves, stems, and roots were separately dried for the determination of dry matter and elemental contents - N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, and Si. The relations Na/K, Na/Ca, and Na/Mg were determined. K and Ca contents increased while the Na content and the Na/K, Na/Ca, and Na/Mg relations in the leaves decreased under the influence of silicon. Silicon did not reduce the restrictive effects of NaCl on the dry matter production of the moringa plants.

Index terms: nutritive solution, salinity stress, silicon.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de técnicas que permitam a integração de áreas degradadas pela salinidade ou pela exploração ao sistema produtivo, utilizando espécies florestais nativas ou exóticas, como a moringa (*Moringa oleifera* Lam.), poderá elevar a oferta de produtos e reduzir a pressão de consumo sobre a vegetação nativa. Esta espécie, embora exótica, pode ser encontrada em diversas regiões do semi-árido brasileiro, tolera o estresse hídrico e, segundo Miranda & Carvalho (1998), é halofílica. Pode ser utilizada na alimentação humana e animal (Cáceres et al., 1991), na produção de óleo (Jahn, 1992) como planta medicinal (Peter, 1979; Morton, 1991) e na clarificação de água para o consumo humano, característica bastante relevante, tendo em vista que diversas localidades do semi-árido brasileiro ainda não dispõem do tratamento adequado de água.

Apesar do exposto, o cultivo desta espécie é insignificante, em virtude, principalmente, da falta de conhecimento quanto às suas exigências nutricionais. Estudos sobre o seu comportamento em relação à salinidade são importantes, uma vez que sua área abrange as regiões mais secas do País e de maior ocorrência de solos salinos. O emprego do silício para reduzir o estresse salino sobre seu crescimento poderá transformar-se numa alternativa viável aos métodos tradicionais de recuperação e uso de solos afetados por sais.

De acordo com Jeffrey & Izquierdo (1989), os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais podem ser resumidos em seca fisiológica, provocada pela redução no potencial osmótico, pelo desbalanço

nutricional, considerando a elevada concentração iônica, a inibição, pelo sódio, da absorção de outros cátions e o efeito tóxico de íons sódio e cloro.

A tolerância ao estresse salino pode ser resultante do controle na aquisição e alocação de Na pela planta, do ajustamento osmótico (Cheeseman, 1988), da compartimentalização do Na, da presença de pequenas porções do citoplasma com alta mobilidade, envolvidas no transporte, distribuição e compartimentalização dos íons (Jescke & Wolf, 1988), além do acúmulo de compostos nitrogenados, como mecanismo de manutenção da atividade metabólica vegetal (Broetto, 1995).

Estima-se que, apenas no semi-árido brasileiro, a área ocupada por solos naturalmente salinos é superior a nove milhões de hectares, predominando no interior do Polígono das Secas. Em termos mundiais, a perda de terras devida à salinização secundária é superior às áreas incorporadas ao sistema produtivo pelo desmatamento (Frommer et al., 1999). De modo geral, a pesquisa científica tem contribuído para a redução dos efeitos da salinidade sobre as plantas por meio da avaliação de métodos de recuperação de solos e da identificação de mecanismos que, mediante o melhoramento genético, conferem às plantas tolerância à salinidade (Broetto, 1995).

Para corrigir a salinidade dos solos, promove-se, normalmente, a lixiviação dos sais através do seu perfil mediante a aplicação de condicionadores. No entanto, esta prática pode ser pouco eficiente em regiões que não disponham de água em qualidade e quantidade adequadas. Alternativamente, a aplicação de Si como amenizador do estresse salino parece viável e decorre dos resultados obtidos por

Bradbury & Ahmad (1990), com algaroba (*Prosopis juliflora*); por Liang et al. (1996), com cevada, e por Matoh et al. (1986), com arroz. Os autores supracitados demonstraram que o Si promove elevação da produção de matéria seca e assimilação de CO₂, aumentos da relação K/Na e dos teores foliares de K em plantas sensíveis e tolerantes. Portanto, admite-se que os solos afetados por sais, notadamente aqueles cuja recuperação por métodos tradicionais seja inviável, econômica ou tecnicamente, possam ser utilizados em exploração agrossilvopastoril, adotando-se técnicas alternativas e espécies de múltiplo uso.

Objetivou-se avaliar, neste trabalho, o efeito amenizador e tóxico do Si e do NaCl, respectivamente, sobre a produção de matéria seca da parte aérea e raízes e sobre os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl e SiO₂ em plantas de moringa, cultivadas em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, entre junho e agosto de 1999. Sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) foram semeadas em vermiculita, cuja umidade foi mantida com água destilada. Após 15 dias, as plantas foram transferidas para vasos plásticos com 3 L de capacidade que continham solução de Hoagland & Arnon (1950) a 50 % da concentração, à qual foram aplicados o SiO₂ (Na₂SiO₃) e o NaCl.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, de um fatorial 5 x 4, com três repetições e uma planta por vaso. Os fatores referiram-se às concentrações de NaCl (0; 30; 60; 90; e 120 mol m⁻³) e de SiO₂ (0; 0,5; 1,0; e 1,5 mol m⁻³), respectivamente. As soluções foram renovadas em intervalos de 10 dias, coletando-se as plantas 35 dias após a aplicação dos tratamentos. As plantas foram separadas em folhas, caule e raízes e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, para secagem até peso constante. Posteriormente, determinou-se a produção de matéria seca e procedeu-se à moagem do material para fins de análises químicas. No extrato obtido por digestão nítrico-perclórica, foram determinados: os teores de P, por colorimetria; Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na, por fotometria de emissão em chama, e S, por turbidimetria do sulfato de bário (Malavolta et al., 1997). Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (Liao, 1981), sendo a destilação e a titulação efetuadas segundo Bremner & Edwards (1965). Os teores de Cl foram determinados por titulometria do nitrato de prata (Malavolta et al., 1997) e os de Si pelo método colorimétrico do “azul-de-molibdênio (Furlani & Galo, 1978).

As variáveis estudadas foram submetidas às análises de variância e de regressão, cujas equações foram ajustadas às médias, considerando os fatores isolados ou a interação desses fatores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores foliares de macronutrientes, Na, Cl e SiO₂ e as relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg

Independentemente do teor de SiO₂ na solução, o NaCl exerceu efeito quadrático sobre os teores de N, cujo teor máximo ocorreu com 37,9 mol m⁻³ de NaCl (Figura 1a) e posterior decréscimo acentuado com o aumento de sua concentração. Efeito semelhante foi observado por Saur et al. (1995), em plantas de pinus, e por Miranda (2000), em plantas de cajueiro, sensíveis à salinidade, embora, no cajueiro, o teor máximo tenha ocorrido na dose de NaCl mais elevada (97,3 mol m⁻³ de NaCl). O efeito positivo depende do tempo de exposição das plantas ao estresse salino, das suas diferenças genotípicas quanto à tolerância à salinidade (Perez-Alfocea, 1993) e da fonte de N empregada (Botella et al., 1997). A adição de NaCl inibe a absorção de NO₃⁻ provavelmente, em virtude do efeito depressivo do Cl⁻, mas não exerce efeito sobre a absorção de NH₄⁺, embora não tenha sido comprovada eventual competição entre eles durante o processo de absorção (Botella et al., 1994).

Os teores de P foram influenciados pela interação do NaCl e o SiO₂. No entanto, apenas os dados obtidos com 0,5 mol m⁻³ de SiO₂ apresentaram ajuste quadrático significativo, com valor máximo em 85,7 mol m⁻³ de NaCl (Figura 1b). Tal comportamento deveu-se, provavelmente, à redução na atividade do íon fosfato e em consequência de sua absorção e transporte para as folhas, provocada pelo aumento da concentração de NaCl na solução de cultivo, conforme ressaltam Al-Karaki (1997) e Awad et al. (1990).

A interação do NaCl e o SiO₂ influenciou os teores de K. Os dados ajustaram-se a regressões quadráticas, com decréscimos significativos (Figura 2a). Observou-se que os teores obtidos com 0,0, 0,5 e 1,0 mol m⁻³ de SiO₂ apresentaram comportamento semelhante, embora deva ser ressaltado que, na presença do SiO₂, os valores foram sempre mais elevados do que na sua ausência. De modo geral, a aplicação do SiO₂ foi favorável à absorção e transporte de K para as folhas, causados, provavelmente, pelo aumento da permeabilidade da membrana ao K, e pela redução do Na, conforme observaram Liang et al. (1996) em plantas de cevada.

O aumento da seletividade da membrana ao K é de fundamental importância para reduzir os efeitos da salinidade sobre as plantas, visto tratar-se do

principal componente do ajustamento osmótico (Reggiani et al., 1995), do qual dependem a manutenção do turgor das células e a continuidade dos processos de divisão e crescimento celulares (Hsiao et al., 1976), além da produção vegetal em ambiente salino (Yeo, 1983).

À semelhança do que ocorreu com os teores de K, os de Ca também foram influenciados pela interação do Si e NaCl. Na ausência do Si ou mediante a aplicação de 0,5, 1,0 ou 1,5 mol m⁻³ SiO₂, os teores de Ca decresceram com o aumento da concentração de NaCl, segundo um modelo quadrático (Figura 2b). De modo geral, os menores teores de Ca foram obtidos em plantas tratadas apenas com NaCl, mostrando que a aplicação do Si foi favorável ao processo de absorção e transporte do nutriente para as folhas. Observou-se, ainda, que, na concentração de 60 mol m⁻³ de NaCl, a aplicação de 0,5 mol m⁻³ de

SiO₂ propiciou maiores teores de Ca nas folhas, podendo ter provocado inibição na absorção do K, enquanto, nas concentrações superiores, os teores foram mais baixos e pouco diferenciados, independentemente da concentração de SiO₂ na solução.

Esta tendência está de acordo com os dados obtidos por Lynch & Läuchli (1995), segundo os quais a redução na absorção de Ca parece ser controlada por mecanismos fisiológicos, e que o NaCl, além de inibir o movimento na raiz deste nutriente em direção ao xilema, pode reduzir sua disponibilidade na solução, graças à precipitação e à formação de pares iônicos.

Houve redução drástica dos teores foliares de Mg, com a elevação da concentração de NaCl e de SiO₂ na solução (Figuras 3a,b). Em ambos os casos, os

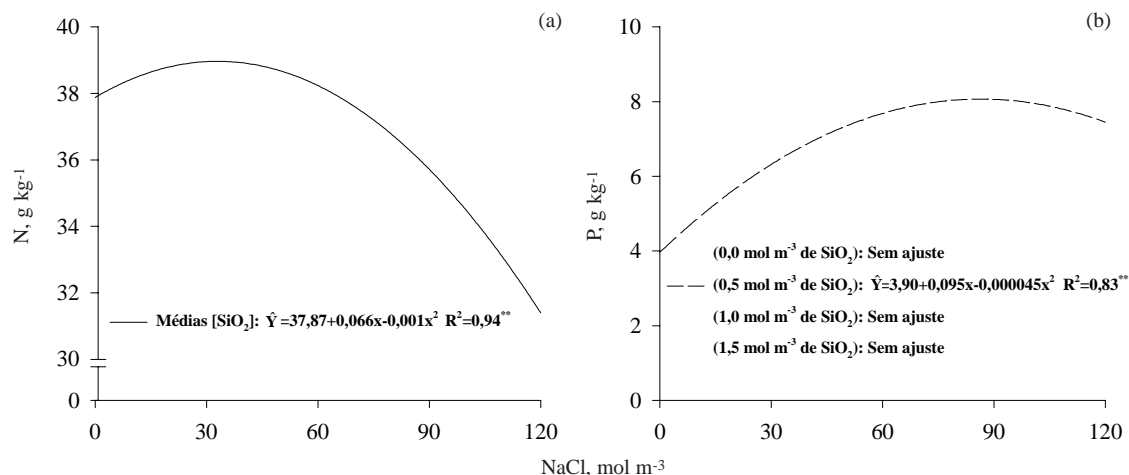


Figura 1. Teores de N (a) e P (b) nas folhas de moringa, considerando a concentração de NaCl, e de NaCl e SiO₂ na solução, respectivamente.

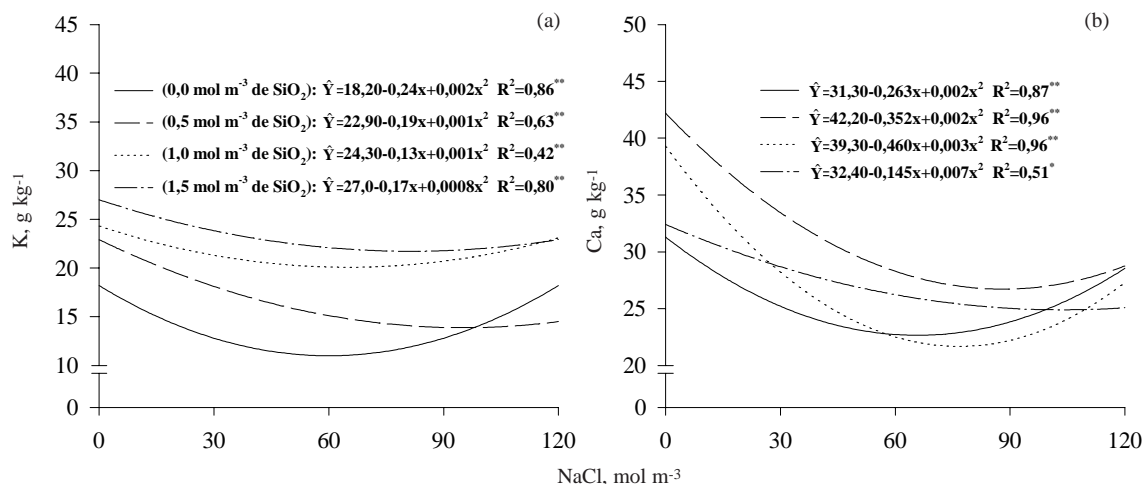


Figura 2. Teores de K (a) e Ca (b) nas folhas de moringa, considerando a concentração de NaCl e de SiO₂ na solução.

dados apresentaram ajustamento quadrático, podendo-se observar que, inicialmente, o Si favoreceu a absorção do nutriente. Efeito semelhante foi observado por Miranda (2000), em plantas de caqueiro tolerantes à salinidade, aplicando 1,0 mol m⁻³ de SiO₂, e por Liang et al. (1996), em plantas de cevada.

De modo geral, observou-se que os teores de K, Ca e Mg (Figuras 2a,b e 3a) tenderam a ser mais altos nas maiores doses de NaCl, em relação às doses intermediárias, independentemente da aplicação ou não de Si. Isto pode ter sido causado pelo efeito de concentração, uma vez que, nestas condições, as plantas apresentaram os menores acúmulos de matéria seca.

Os teores de S sofreram influência apenas do Si, ajustaram-se à regressão quadrática (Figura 3c) e aumentaram com a concentração de SiO₂ na solução. Estes resultados concordam com os encontrados por Liang et al. (1996), que atribuíram o aumento na absorção de nutrientes à maior seletividade da membrana promovida pelo Si.

Houve interação dos fatores em estudo e os teores foliares de Na (Figura 3d). As plantas que não receberam Si tenderam a apresentar teores mais elevados de Na nas folhas, com ajuste quadrático dos dados, semelhante ao que ocorreu quando se aplicou 1,0 mol m⁻³ de SiO₂. Nas demais doses de Si, os teores de Na aumentaram linearmente com o NaCl. O fato de as plantas crescidas em soluções

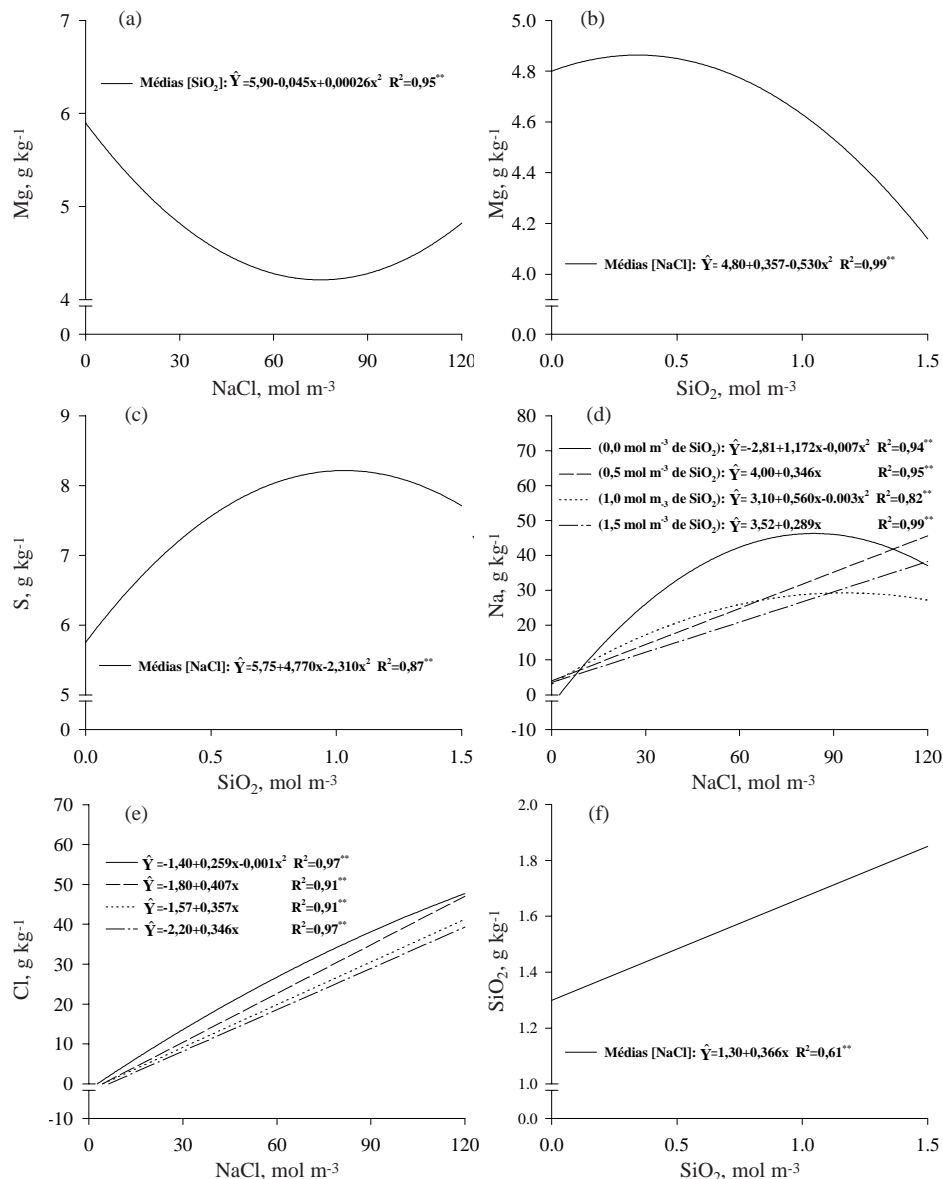


Figura 3. Teores de Mg (a, b), S (c), Na (d), Cl (e) e SiO₂ (f) nas folhas de moringa, considerando as concentrações de NaCl e de SiO₂ na solução.

que continham Si terem apresentado menores teores de Na converge para as observações feitas por Liang et al. (1996), devendo-se, provavelmente, à redução da permeabilidade da membrana ao Na.

O Cl apresentou comportamento semelhante ao Na. De modo geral, seus teores aumentaram com o NaCl e diminuíram com o SiO_2 na solução nutritiva. Os teores foliares de Cl, embora crescentes com o NaCl, foram inferiores a 50 g kg^{-1} , limite considerado tóxico para as plantas sensíveis, sendo, portanto, insuficientes para inibir a síntese protéica (Frota & Tucker, 1978).

A redução na concentração de Na e, principalmente, de Cl, pelo Si, embora tenha sido discreta, não pode deixar de ser considerada, pois grande parte das conseqüências da salinidade está relacionada com a nutrição catiônica, principalmente com a redução na absorção de K e Ca (Bernstein & Ayres, 1953; Geraldson, 1957; Kramer et al., 1977), em razão do acúmulo excessivo de Na e Cl (Marschner, 1995), resultando na diminuição do crescimento vegetal.

Os teores de Si não foram influenciados pelo NaCl, mas aumentaram linearmente com a concentração de SiO_2 na solução (Figura 3f). Isto parece ser importante, pois, conforme foi observado por Bradbury & Ahmad (1990) e Liang et al. (1996),

o aumento na concentração de SiO_2 no meio de cultivo, bem como o conseqüente aumento na sua absorção, favoreceu diversas características analisadas em plantas de algaroba e de cevada. Todavia, é necessário considerar que, no presente trabalho, pode ter ocorrido efeito de concentração nos teores de SiO_2 e de S, em decorrência da influência negativa do SiO_2 na produção de matéria seca das folhas.

As relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg, representadas pela razão entre os teores desses elementos na planta, apresentaram comportamento semelhante. De modo geral, os maiores valores ocorreram nas plantas que receberam apenas o NaCl, com ajuste quadrático dos dados (Figura 4a,b,c). Os dados referentes à relação Na/K, obtidos mediante a aplicação de $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , não apresentaram ajuste matemático, mas aumentaram linearmente adicionando-se $0,5$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 . As relações Na/Ca e Na/Mg, apresentaram resposta quadrática ao NaCl ao serem aplicados $1,5$ e $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , respectivamente, enquanto com $0,5$ e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 aumentaram linearmente com o estresse salino. Deve-se salientar que as plantas que cresceram na presença de SiO_2 apresentaram relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg inferiores àquelas que cresceram na sua ausência, evidenciando o efeito benéfico deste elemento na absorção dos macronutrientes catiônicos em detrimento do Na.

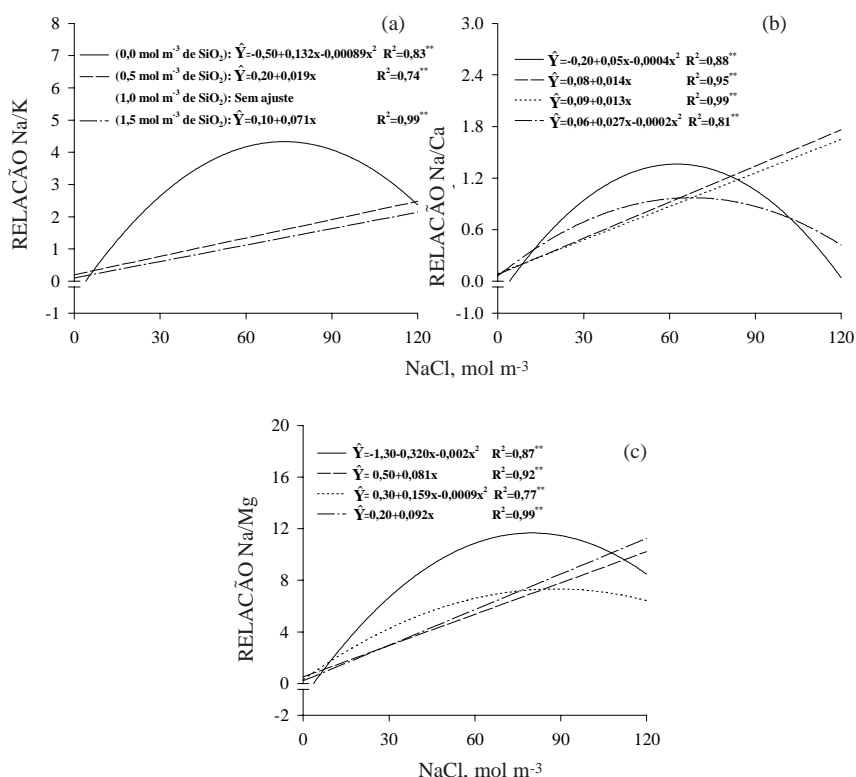


Figura 4. Relações Na/K (a), Na/Ca (b) e Na/Mg (c), considerando a concentração de NaCl e de SiO_2 na solução.

A avaliação dessas relações é importante por indicar a habilidade das plantas em absorver seletivamente os macronutrientes catiônicos, especialmente K e Ca, quando submetidas a estresse salino, graças à influência destes na regulação estomática, nas trocas gasosas, na manutenção da integridade das membranas e, em consequência, no metabolismo vegetal. De acordo com Greenway & Munns (1980), as plantas tolerantes apresentam baixas relações Na/K no floema e no citoplasma e elevadas no vacúolo, em decorrência da baixa seletividade do tonoplasto ao Na.

Acúmulo de matéria seca nas folhas, caule, raízes e total

A interação do NaCl e SiO₂ foi significativa quanto à produção de matéria seca de folhas, caule e total (Figura 5a,b,d). Na ausência do Si ou mediante a aplicação de 0,5 mol m⁻³ de SiO₂, a produção de matéria seca das folhas apresentou uma redução quadrática, enquanto, nas demais concentrações, a redução foi linear (Figura 5a). Comportamento semelhante foi observado para o caule e produção total, quando se consideraram a ausência do Si ou a adição de 1,0 mol m⁻³ de SiO₂ (Figura 5b,d). Nas demais concentrações de SiO₂, o

acúmulo de matéria seca pelo caule e o total decresceram linearmente. A produção de matéria seca das raízes foi influenciada apenas pelo NaCl, decrescendo linearmente com o aumento das concentrações do sal na solução nutritiva (Figura 5c).

De modo geral, os dados estão de acordo com Yeo et al. (1985), atribuindo-se o efeito mais comum da salinidade sobre o crescimento vegetal à redução da área foliar e, consequentemente, à fotossíntese. O Si não foi capaz de amenizar os efeitos depressivos do NaCl na produção de matéria seca das plantas de moringa, conforme haviam observado Matoh et al. (1986), Bradbury & Ahmad (1990) e Liang et al. (1996).

A tolerância das plantas ao excesso de sais envolve, além do crescimento celular, a manutenção do transporte de íons durante o crescimento e o equilíbrio entre o potencial osmótico e a expansão celular (Zimmerman, 1978). Elevados teores de sais perturbam este equilíbrio nas plantas glicófitas e, em consequência, reduzem substancialmente o crescimento celular, embora as taxas de transporte dos íons mantenham adequado turgor. De acordo com Benzil et al. (1989), não se pode excluir a possibilidade de ser a restrição à expansão celular um ajustamento necessário em ambientes ricos em sais.

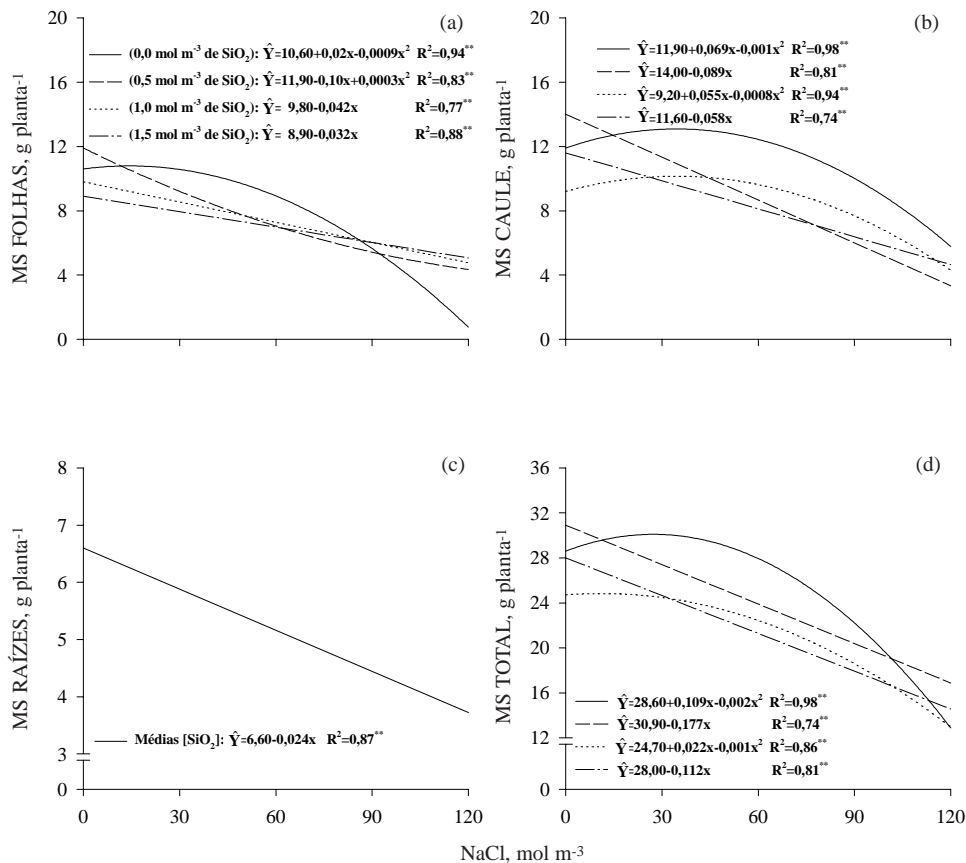


Figura 5. Acúmulo de matéria seca pelas folhas (a), caule (b), raízes (c) e acúmulo total (d), considerando a concentração de NaCl e SiO₂.

CONCLUSÕES

1. O Si aumentou os teores foliares de K e Ca e reduziu os de Na e Cl. As relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg revelaram seu potencial em preservar a integridade da membrana celular das plantas de moringa submetidas ao estresse salino.

2. Apesar dos teores crescentes de Si nas folhas, não se observou redução nos efeitos depressivos do NaCl sobre a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes das plantas de moringa.

LITERATURA CITADA

- AL-KARAKI, G.N. Barley response to salt stress at varied levels of phosphorus. *J. Plant Nutr.*, 20:1635-1643, 1997.
- AWAD, A.S.; EDWARDS, D.G. & CAMPBELL, L.C. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Sci.*, 30:123-128, 1990.
- BENZIL, M.L.; HASEGAWA, P.M.; HANDA, A.K. & BRESSAN, R.A. Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plant Physiol.*, 79:118-125, 1989.
- BERNSTEIN, L. & AYRES, D. Salt tolerance of five varieties of carrots. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 61:360-366, 1953.
- BOTELLA, M.A.; CERDÁ, A. & LIPS, S.H. Kinetics of NO₃⁻ and NH₄⁺ uptake by wheat seedlings. Effect of salinity and nitrogen source. *J. Plant Physiol.*, 144:53-57, 1994.
- BOTELLA, M.A.; MARTINEZ, V.; NIEVES, M. & CERDÁ, A. Effect of alinity on growth and nitrogen uptake by wheat seedlings. *J. Plant Nutr.*, 20:793-804, 1997.
- BRADBURY, M. & AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* in saline soil. *Plant Soil*, 125:71-74, 1990.
- BREMNER, J.M. & EDWARDS, A.P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:504-507, 1965.
- BROETTO, F. Efeito de estresse salino e biológico sobre o metabolismo de calos e suspensão de células de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1995. 124p. (Tese de Doutorado)
- CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRON, L. M.; AVILÉS, O. & PACHECO, G. *Moringa oleifera* (Moringaceae): Ethnobotanical Studies In Guatemala. *Econ. Bot.*, 45:522-523, 1991.
- CHEESEMAN, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plantas. *Plant Physiol.*, 87:547-550, 1988.
- FROMMER, W.B.; LUDEWIG, U. & RENTSCH, D. Taking transgenic plants with a pinch of salt. *Science*, 285:1222-1223, 1999.
- FROTA, J.N. & TUCKER, T.C. Salt and water stress influences nitrogen metabolism in red kidney beans. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:743-746, 1978.
- FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Determinação de silício em material vegetal, pelo método colorimétrico do "Azul-de-molibdênio". *Bragantia*, 37:5-9, 1978. (Nota, 2)
- GERALDSON, C.M. Control of blonsom-end rot of tomatoes. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 69:309-317, 1957.
- GREENWAY, H. & MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31:149-190, 1980.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture methods for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station, Berkley, 1950. 32p. (Circular 347)
- HSIAO, T.C.; ACEVEDO, E.; FERERES, E. & HENDERSON, D.W. Water stress, growth and osmotic adjustment. *Philos. Trans. R. Soc. London Serv. Bull.*, 273:471-500, 1976.
- JAHN, S.A.A. Tradicional Indonesian and Ethiopia Recipes for Tree Vegetables. *Entwicklung-ländlicher Raun*, 1:27-29, 1992
- JEFFREY, W.D. & IZQUIERDO, J. Frijol: fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. Santiago, FAO, 1989. 91p.
- JESCKE, W.D. & WOLF, O. Effect of NaCl salinity on growth, development, ion distribution, and ion translocation in castor bean (*Ricinus communis* L.). *J. Plant Physiol.*, 32:45-53, 1988.
- KRAMER, D.; LAUCHLI, A.; YEO, A.R. & GULLASCH, J. Transfer cells in roots of *Phaseolus coccineus*: Ultrastructure and possible function exclusion of sodium from the shoot. *Ann. Bot.*, 41:1031-1041, 1977.
- LIAO, C.F.H. Devards alloy method for total nitrogen determination. *Soil Sci. Am. J.*, 45:852-855, 1981.
- LIANG, Y.; SHEN, Q.; SHEN, Z. & MA, T. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *J. Plant Nutr.*, 19:173-183, 1996.
- LYNCH, J. & LAUCHLI, A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare*) *New Phytol.*, 99:345-354, 1995.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London, Academic Press, 1995. p.889.
- MATOH, T.; KAIRUSMEE, P. & TAKAHASHI, E. Salt-induced damage to rice plants and alternation effect on silicate. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 32:295-304, 1986.
- MIRANDA, J.R.P. & CARVALHO, J.G.C. Acúmulo de matéria seca, macronutrientes e Na em plantas de (*Moringa oleifera*) submetidas ao estresse salino. FERTBIO 98, Caxambu, 1998, Resumos. Caxambu, 1998. p.56.
- MIRANDA, J.R.P. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) e de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. p.186. (Tese de Doutorado)

- MORTON, J.F. The Horseradish Tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) - A Boon To Arid Lands. *Econ. Bot.*, 45:318-333, 1991.
- PEREZ-ALFOCEA, F.; ESTAN, M.T.; SANTA CRUZ, A. & BOLARIN, M.C. Effect of salinity on nutrient, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. *J. Hortic. Sci.*, 68:1021-1027, 1993.
- PETER, K.V. Drumstick. A multipurpose Vegetale. *Ind. Hortic.*, 1:17-18, 1979.
- REGGIANI, R.; BOZO, S. & BERTANI, A. The effect of salinity on early seedling growth of seeds of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Can. J. Plant Sci.*, 75:175-177, 1995.
- SAUR, E.; LAMBROT, C.; LOUSTAU, D.; ROTIVAL, N. & TRICHET, P. Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. *J. Plant Nutr.*, 18:243-256, 1995.
- YEO, A.R. Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiol. Plant.*, 58:214-222, 1983.
- YEO, A.R.; CAPORNA, S.J.M. & FLOWERS, T.J. The effect of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativa*): gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. *J. Exp. Bot.*, 36:1240-1248, 1985.
- ZIMMERMAN, U. Physics of turgor and osmoregulation. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 29:121-148, 1978.

