



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO DO SILÍCIO COMO ATENUADOR DOS EFEITOS DA SALINIDADE NA NUTRIÇÃO MINERAL DE CLONES DE *Anacardium occidentale* L.

José Romilson Paes de Miranda¹; Janice Guedes de Carvalho²; Antonio Lucineudo de
Oliveira Freire³; Antônio Rodrigues Fernandes⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do SiO₂ e do NaCl no acúmulo de Mg, S, Na, Cl e SiO₂ em dois clones de cajueiro anão-precoce, diferentes quanto à tolerância à salinidade (CCP-09 sensível, e CCP-1001, tolerante). Foram avaliadas 5 concentrações de NaCl (0; 30; 60; 90 e 120 mol m⁻³) e 3 de SiO₂ (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mol m⁻³). Aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram colhidas e determinados na matéria seca os acúmulos de Mg, S, Na, Cl e SiO₂. As plantas tolerantes acumularam, nas folhas, maiores quantidades de Mg, quando cresceram na presença do silício; nas plantas sensíveis esses efeitos foram menos expressivos. O silício favoreceu o acúmulo de S, nas folhas e caules das plantas sensíveis. O acúmulo de Na nas plantas sensíveis, particularmente nas folhas e raízes, não foi atenuado pelo silício, mas nas folhas e caules das plantas tolerantes, foram detectadas menores quantidades de Na. O silício não foi claramente efetivo em reduzir o acúmulo de Cl nos clones estudados. O acúmulo de silício nas folhas do clone sensível, foi afetado negativamente pelo NaCl e positivamente pelo SiO₂.

Palavras-chave: dióxido de silício; cloreto de sódio; tolerância à salinidade

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of SiO₂ and NaCl in Mg, S, Na, Cl and SiO₂ accumulations in two clones of early dwarf cashew differing in salt tolerance (CCP-09 sensitive, and SCP-1001 tolerant). Were tested five NaCl concentrations (0, 30, 60, 90 and 120 mol m⁻³) and three SiO₂ (0.0, 0.5, 1.0 and 1.5 mol m⁻³) concentrations. At 60 days after treatment application, plants were harvested and analysed Mg, S, Na, Cl and SiO₂ accumulations in dry matter. Tolerant plants accumulated in leaves, higher amounts of Mg, when grown in the presence of silicon. In sensitive-plants such effects were less significant. Silicon promoted the S accumulation in leaves and stems of sensitive-plants. The Na accumulation in sensitive-plants, particularly in the leaves and roots, was not attenuated by the silicon, but leaves and stems of the tolerant-plants were detected in smaller quantities. The silicon has not been clearly effective in reducing the Cl accumulation in the clones. The accumulation of silicon in leaves of the sensitive clone, was negatively affected by NaCl and positively by SiO₂.

Keywords: silicon dioxide; sodium chloride; salt tolerance

Trabalho recebido em 07/04/2010 e aceito para publicação em 13/09/2010.

¹Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor Associado da Universidade Federal de Campina Grande. Unidade Acadêmica de Agronomia e Tecnologia Agroalimentar, Pombal –PB. e-mail: romilson@ccta.ufcg.edu.br

²Engenheira Agrônoma, Professora Doutora Titular da Universidade Federal de Lavras. Departamento de Ciência do Solo, Lavras – MG. e-mail: janicegc@ufla.br

³Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor Associado da Universidade Federal de Campina Grande. Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Patos –PB. e-mail: lofreire@cstr.ufcg.edu.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA. e-mail: arfernan@ufrpa.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O conteúdo de sódio na crosta terrestre é da ordem de 2,8%, enquanto o de potássio, 2,6%. Na solução do solo de regiões temperadas varia entre 0,1 e 1,0 mol m⁻³, sendo semelhante ao de potássio quando em altas concentrações. Já em regiões secas, concentrações entre 50 e 100 mol m⁻³ são comuns, com efeitos negativos sobre diversos atributos do solo e a nutrição mineral das plantas. Os mecanismos de ação dos sais sobre o crescimento das plantas são o déficit hídrico ou baixo potencial de água no meio de crescimento radicular a toxicidade de íons associada à absorção excessiva de cloro e sódio, principalmente, e o desbalanço nutricional pela redução da absorção e/ou transporte de íons para a parte aérea, e impedimento na distribuição interna de cálcio, principalmente. Estes mecanismos atuam conjuntamente, tornando-se impossível definir a importância relativa de cada um quando vários fatores estão envolvidos, como a concentração iônica e suas relações no substrato, tempo de exposição, espécie, órgão e estágio de desenvolvimento da planta, e condições ambientais (MARSCHNER, 1995).

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 as alterações reduzem a abertura estomática e, portanto, a perda de água pelas folhas, e interferem nas trocas gasosas com reflexos na fotossíntese líquida.

O efeito iônico sobre a atividade enzimática em plantas é bem conhecido, e estudos “in vitro” mostraram que a salinidade afeta igualmente a atividade enzimática de plantas tolerantes e não tolerantes sem efeito negativo no seu crescimento (FLOWERS *et al.*, 1977). A síntese de proteínas em folhas de plantas submetidas à salinidade pode decrescer devido ao déficit hídrico ou ao excesso de íons específicos (FROTA & TUKCKER, 1978) e à toxicidade do cloro em espécies sensíveis, enquanto, em espécies tolerantes, deve-se ao desbalanço na relação N/K nas folhas.

Em plantas não halófitas, a regulação osmótica baseada no acúmulo de íons é o único meio para combinar produtividade e tolerância aos sais, uma vez que a utilização de solutos orgânicos para promover o ajustamento osmótico provocaria redução no crescimento e na produção. A sensibilidade à salinidade de algumas espécies não halófitas pode ser devida à absorção insuficiente de eletrólitos para manter o turgor, principalmente nos tecidos jovens (GREENWAY & MUNNS, 1980).

A principal barreira à absorção passiva de Na e Cl é a endoderme. Em espécies sensíveis à salinidade, este mecanismo reduz o transporte destes íons para a parte aérea. Há indicações de que diversas espécies transportam para a parte

aérea, concentrações diferentes de íons devido à presença de sistemas de transporte com diferentes valores de $V_{máx}$. Esta hipótese foi confirmada em plantas de cevada para os íons K (HOAD & PEEL, 1965), Na e Cl (GREENWAY *et al.*, 1965).

A eliminação dos efeitos da salinidade no solo e nas plantas é alcançada, comumente, pela aplicação de condicionadores químicos e posterior lixiviação dos sais. A eficácia dos métodos tradicionais pode ser temporária e insatisfatória, em regiões com limitação quanto à quantidade e qualidade da água disponível, e onde faz uso constante de fertilizantes com elevado índice salino.

Diante disto, têm-se buscado opções técnicas de caráter duradouro, como a seleção de espécies tolerantes à salinidade (SILVA *et al.*, 2000), ou emprego de agentes químicos (MELLONI *et al.*, 2000; MIRANDA, 2000; MIRANDA *et al.*, 2002), que possam proteger as plantas contra aos efeitos tóxicos do NaCl, como preconizaram Ahmad (1987), Bradbury & Ahmad (1990) e Liang *et al.* (1996), ao verificarem que a aplicação do silício estimulou o crescimento de plantas de trigo, algaroba e cevada, cultivadas em meio salino.

Nesse contexto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a capacidade do SiO_2 de reduzir os efeitos do NaCl sobre o acúmulo

de Mg, S, Na, Cl e SiO_2 em plantas de cajueiro anão-precoce com tolerância diferenciada à salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se clones de caju anão-precoce sensível (CCP-09) e tolerante (CCP-1001) à salinidade. As sementes foram semeadas e após a germinação, as plantas foram transferidas para bandejas de plástico permanecendo por 15 dias em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) a 20% da concentração original. Após este período, foram transferidas para vasos plásticos com 3 L de capacidade, elevando-se para 50% a concentração da solução, quando receberam os níveis de NaCl e SiO_2 , na forma de Na_2SiO_3 . O Na adicionado através do silicato foi subtraído dos níveis originais de NaCl.

Adotou-se o delineamento experimental de 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 SiO_2 (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mol m^{-3}), respectivamente. As soluções foram renovadas em intervalos de 10 dias, coletando-se as plantas 60 dias após a

aplicação dos tratamentos, separando-as em folhas, caule e raízes, e secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante. Determinou-se a produção de matéria seca e nesta, após moída e submetida à digestão nítrico-perclórica, os teores de Mg, S, Na, Cl (MALAVOLTA *et al.*, 1997) e SiO₂ (FURLANI & GALO, 1978), e a partir destes, seus respectivos acúmulos, nos diversos componentes das plantas.

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 entre os mesmos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados mostrou que o acúmulo de Mg nas folhas das plantas de ambos clones foi influenciado pela interação entre os fatores empregados (Figuras 1a, b).

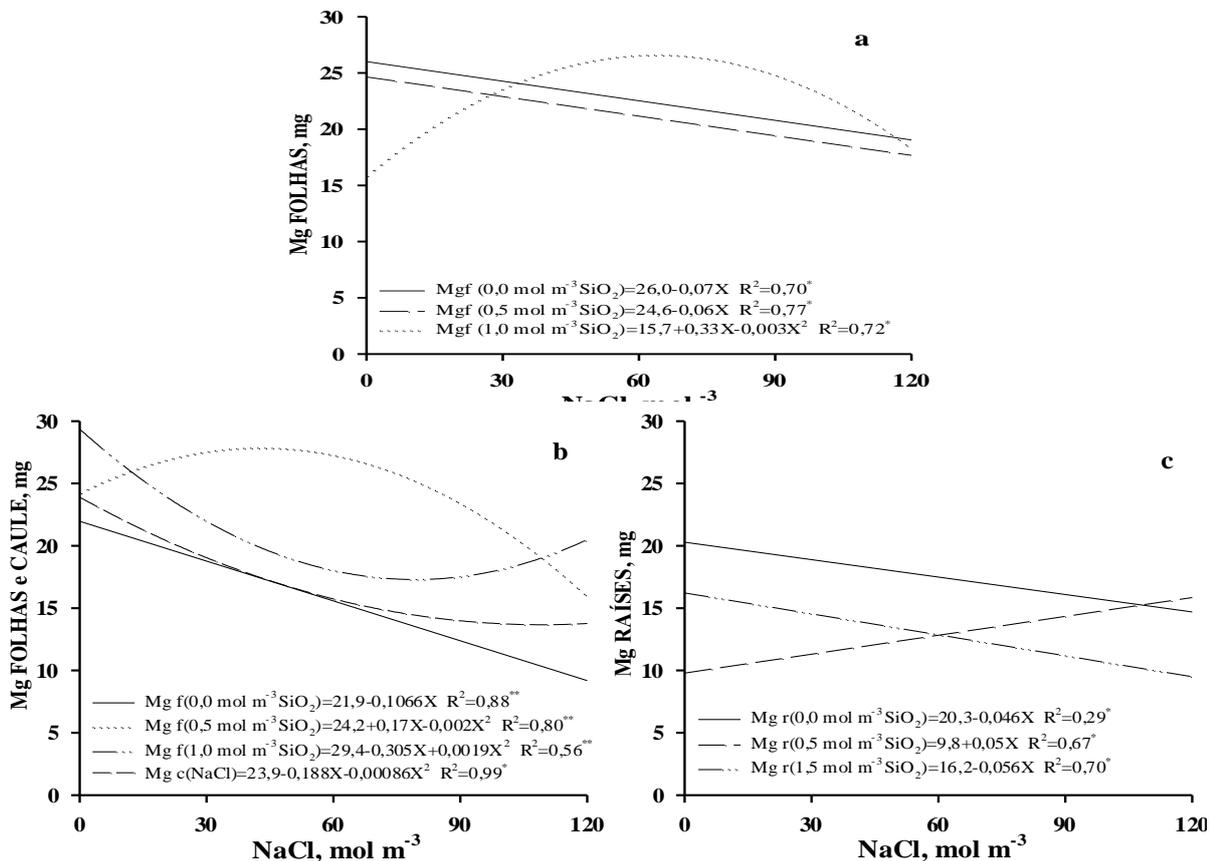


Figura 1. Acúmulo de Mg nas folhas (a), de plantas de cajueiro anão-precoce (CCP-09), e nas folhas, caule (b) e raízes (c), de plantas de cajueiro anão-precoce (CCP-1001), em função dos tratamentos.

Nas plantas sensíveis, o acúmulo decresceu linearmente com o NaCl, na ausência ($0,0 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$) e na presença de SiO_2 ($0,5 \text{ mol m}^{-3}$). Com $1,0 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$, o acúmulo foi crescente até $63,9 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 1a), enquanto no clone tolerante, até $42,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 1b).

No caule e raízes das plantas sensíveis o acúmulo de Mg não foi influenciado pelos tratamentos. No caule das plantas tolerantes, o acúmulo atingiu o mínimo a $109,0 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 1c). Nas raízes, decresceu linearmente com o NaCl, na ausência ($0,0 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$) e na presença de $1,5 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$, e aumentou linearmente na presença de $0,5 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$ (Figura 1c). De modo geral, o acúmulo de Mg nas folhas das plantas tolerantes foi maior do que nas plantas sensíveis, sendo o silício claramente favorável ao seu acúmulo Mg nas folhas, exercendo provavelmente efeitos benéficos sobre a fotossíntese em consequência, sobre a produção de fotoassimilados e acúmulo de matéria seca nas folhas.

O acúmulo de S nas folhas das plantas sensíveis (Figuras 2a, b) e tolerantes (Figura 3a) foi influenciado pelos fatores estudados de modo distinto. No clone sensível, a aplicação de $0,5 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$ proporcionou acúmulo crescente até $58,6 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, enquanto na sua ausência, o acúmulo máximo ocorreu com

$47,9 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 2a). Nos demais níveis de silício, os dados não se ajustaram à regressão. No clone tolerante decresceu linearmente na ausência de silício e com $0,5 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$. Com $1,0 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$, esta redução mais acentuada, cujo acúmulo mínimo se deu com $74,9 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 3a). No caule das plantas sensíveis, o acúmulo decresceu linearmente com o NaCl, na ausência de silício, e foi crescente com $0,5 \text{ mol m}^{-3} \text{ SiO}_2$, (Figura 2b), enquanto no clone tolerante, além do silício não ter exercido efeito sobre o acúmulo de S, o NaCl reduziu linearmente seu conteúdo (Figura 3a).

O acúmulo de S nas raízes foi influenciado apenas pelo NaCl e unicamente nas plantas sensíveis, cujos dados apresentaram comportamento, praticamente idêntico aos observados no caule, na ausência do silício (Figura 2b). De certo modo, pode-se afirmar que o silício foi capaz de reduzir os efeitos negativos do NaCl sobre o acúmulo de S, demonstrando sua habilidade em proteger as plantas do estresse salino, conforme verificaram Ahmad (1987), Bradbury & Ahmad (1990) e Liang *et al.* (1996). Contudo, deve-se ressaltar que os dados obtidos por esses autores foram em plantas tolerantes à salinidade.

Houve interação entre os fatores sobre o acúmulo de Na nas folhas de

ambos os clones (Figuras 2c, 3b). No sensível, aumentou linearmente com 0,0, 0,5 e 1,5 mol m⁻³ de SiO₂ (Figura 2c), e no tolerante, com 1,5 mol m⁻³ de SiO₂ (Figura 3b). Com 1,0 mol m⁻³ de SiO₂, o clone

sensível apresentou acúmulo máximo em 82,9 mol m⁻³ de NaCl e o tolerante com 0,0, 0,5 e 1,0 mol m⁻³ de SiO₂ em 11,7, 11,8 e 84,2 mol m⁻³ de NaCl, respectivamente (Figura 3).

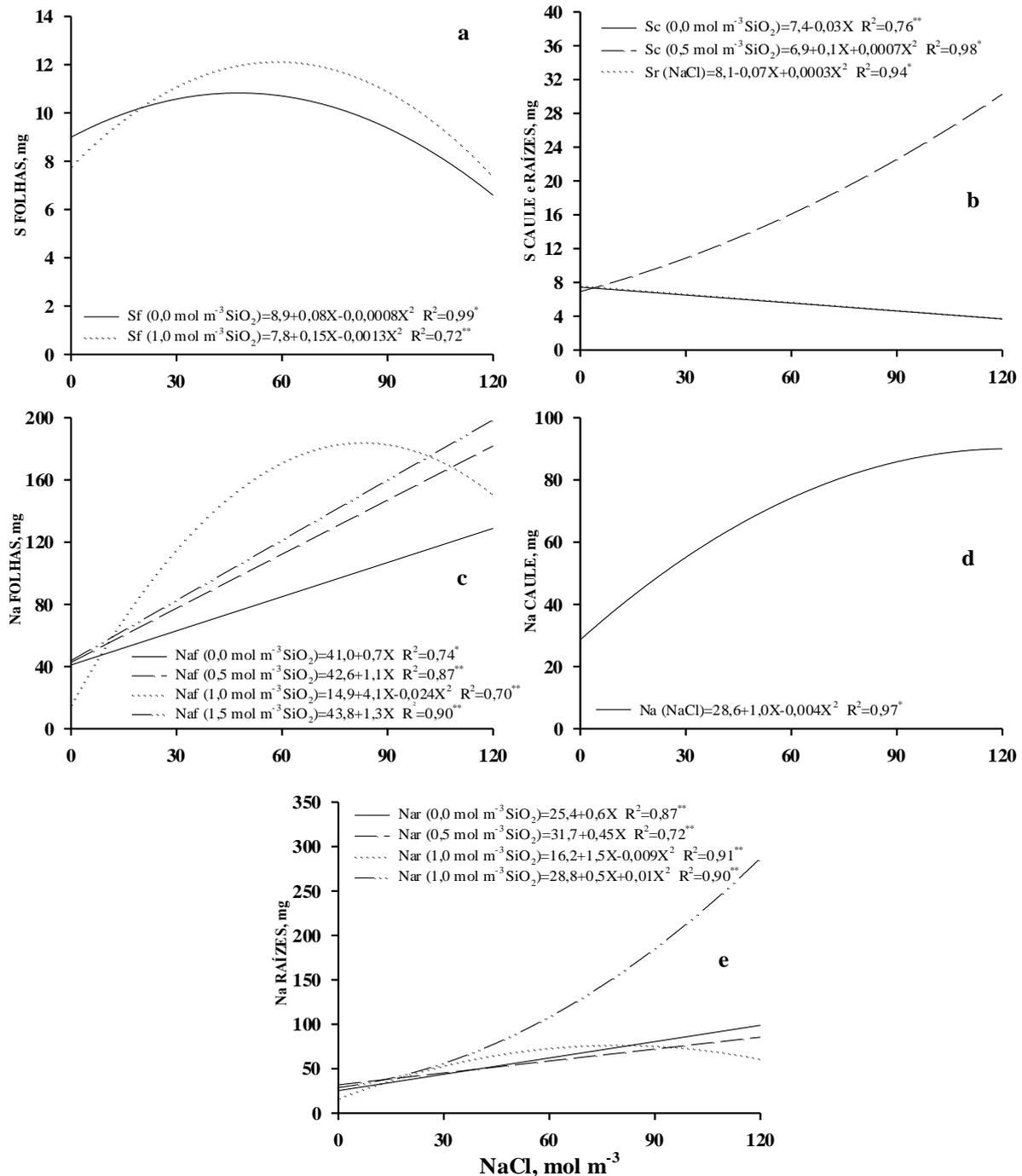


Figura 2. Acúmulo de S nas folhas (a), caule e raízes (b), Na nas folhas (c), caule (d) e raízes (e), de plantas de cajueiro anão-precoce (CCP-09), em função dos tratamentos.

Pode-se observar que os menores acúmulos de Na nas folhas do clone sensível ocorreram na ausência do silício, enquanto no clone tolerante ocorreu mediante a aplicação de $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , mostrando que a ação do silício em reduzir a absorção de Na varia com o genótipo, estando de acordo com Liang *et al.* (1996). Estes autores comprovaram sua eficácia, apenas em plantas tolerantes à salinidade ou acumuladoras de silício, sendo este efeito, devido à redução na permeabilidade

da plasmalema ao Na. Pode-se observar que, de modo geral, o acúmulo de sódio, nas folhas, foi menor nas plantas tolerantes, evidenciando sua capacidade em excluí-lo, uma vez que, além da habilidade das raízes em limitar o transporte do Na para a parte aérea, a exclusão é o principal mecanismo de adaptação das plantas glicófitas a ambientes salinos (GREENWAY & MUNNS, 1980).

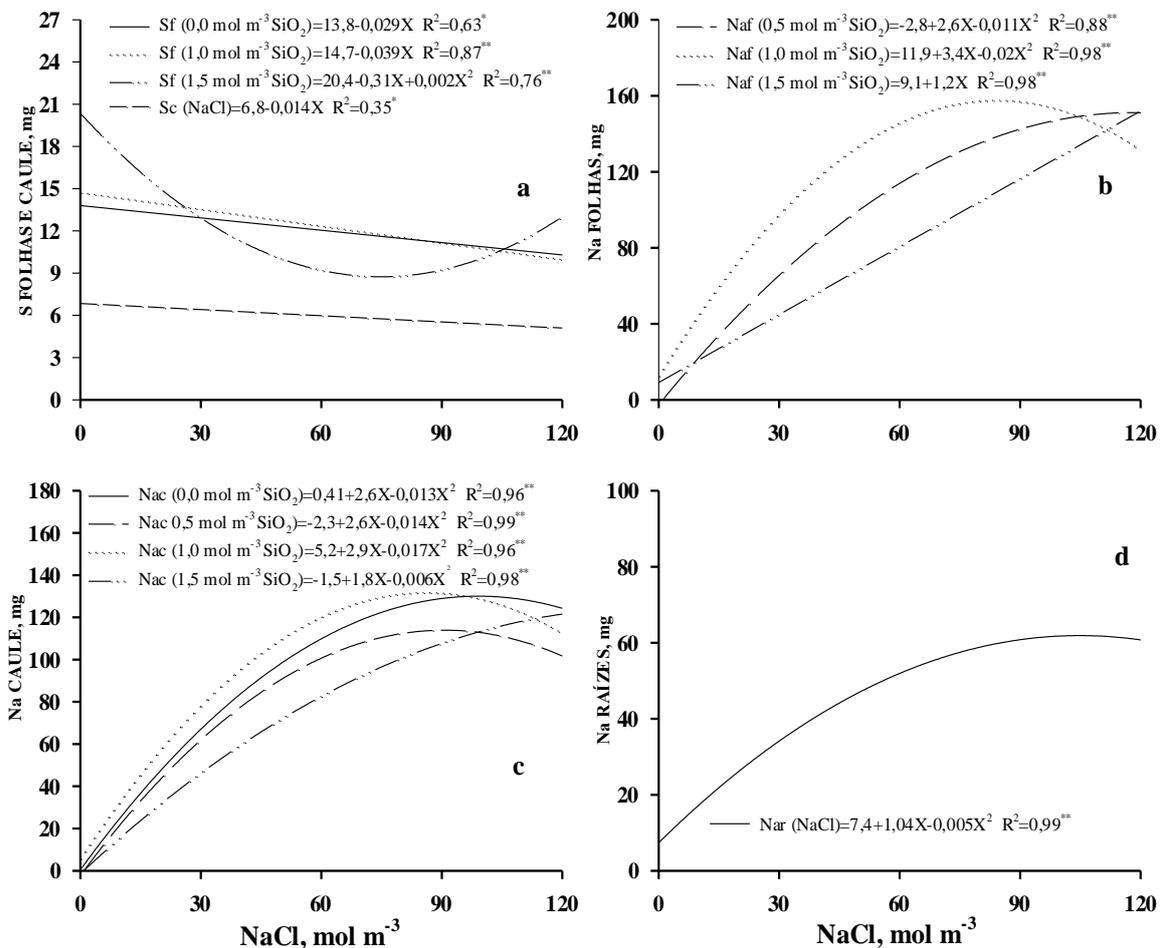


Figura 3. Acúmulo de S nas folhas e caule (a), de Na nas folhas (b) caule (c) e raízes (d), de plantas de cajeiro anão-precoce (CCP-1001), em função dos tratamentos.

O acúmulo de Na no caule de ambos os clones manteve a tendência crescente com o NaCl. No clone sensível, foi influenciado apenas pelas doses de sal, sendo máximo com $121,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 2d) e, no tolerante pela interação entre os fatores, observando-se acúmulos máximos em 99,1, 90,5, 86,2 e $142,1 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl com as concentrações de 0,0, 0,5, 1,0 e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , respectivamente. Nota-se que as plantas que receberam 0,5 e $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 tenderam a acumular menores quantidades de Na no caule (Figura 3c), devendo-se ressaltar ainda que, ao contrário do que se observou para as folhas, as plantas tolerantes acumularam maiores quantidades de Na neste componente. Nas raízes das plantas sensíveis o acúmulo foi influenciado pela interação entre os fatores (Figura 2e). Na presença de 0,0 e $0,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , o acúmulo aumentou linearmente; com $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 foi máximo em $79,3 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, e com $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , mínimo em $17,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl. Os dados mostram, de modo geral, que as raízes das plantas sensíveis acumularam Na em quantidades semelhantes às aquelas acumuladas pelas raízes do clone tolerante, até aproximadamente 85 mol m^{-3} de NaCl, nos diversos níveis de silício. Nas plantas tolerantes o acúmulo nas raízes foi influenciado apenas pelo NaCl, com

acúmulo máximo ocorrendo em $104,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 3d). Os menores acúmulos de Na observados nas raízes do clone tolerante sugerem que este dispõe de mecanismos mais eficientes de exclusão do Na do que o clone sensível. Diante disto, pode-se inferir que plantas as tolerantes foram capazes de acumular, no vacúolo, maiores quantidades de Na, eliminando seus efeitos negativos sobre seu metabolismo. Segundo Greenway & Munns (1980), a compartimentação do Na no vacúolo é outro importante mecanismos de adaptação das plantas à salinidade.

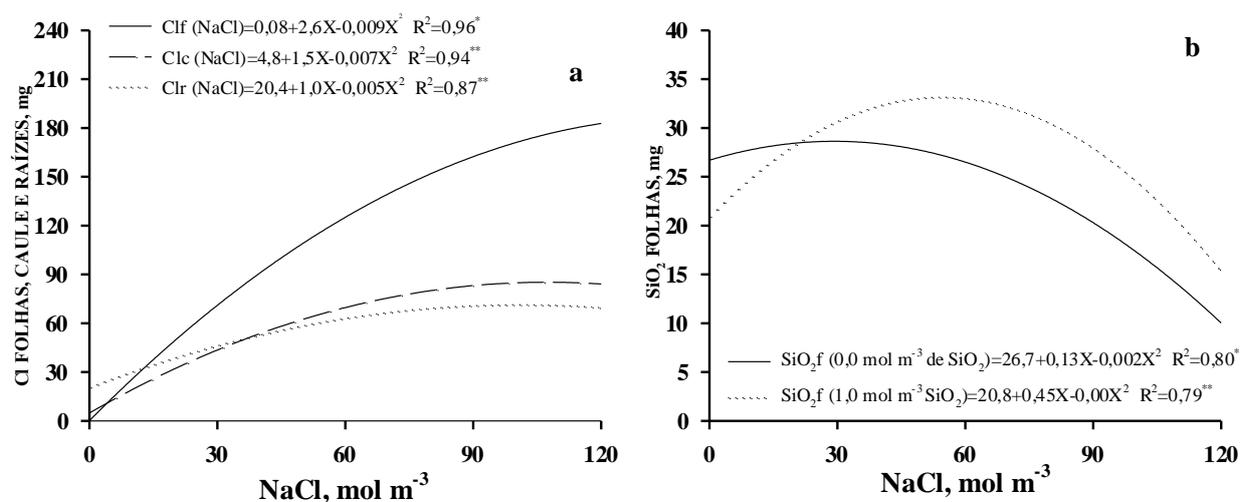
O acúmulo de cloro nas folhas do clone sensível foi máximo em $141,4 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl, não se observando qualquer efeito do silício (Figura 4a).

O acúmulo no caule mostrou-se semelhante em ambos os clones (Figuras 4a, 5b), com máximos em 108,9 e $92,8 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl para os clones sensíveis e tolerantes, respectivamente, porém, sem interferência do silício. Estes dados sugerem que, independentemente das diferenças genotípicas quanto à tolerância à salinidade, o caule desempenha um papel importante no que se refere ao acúmulo de Cl, podendo se caracterizar como um mecanismo de proteção do metabolismo contra o excesso de cloro nas folhas. Tendência semelhante foi observada nas raízes do clone sensível, cujo acúmulo máximo se verificou em $94,4 \text{ mol m}^{-3}$ de

NaCl (Figura 4a), enquanto no tolerante houve efeito da interação entre o NaCl e o SiO₂. Com 0,0, 0,5 e 1,0 mol m⁻³ de SiO₂, observaram-se acúmulos máximos em 101,7, 113,9 e 78,5 mol m⁻³ de NaCl, respectivamente, enquanto com 1,5 mol m⁻³ de SiO₂, este aumentou linearmente com as concentrações de NaCl. Embora tenha sido observada interferência do silício no acúmulo de Cl nas plantas tolerantes, os dados não permitem afirmar categoricamente que o mesmo seja efetivo no acúmulo excessivo deste elemento, uma vez que, havendo ou não efeito do silício, os clones acumularam quantidades semelhantes do elemento nas diferentes partes analisadas. Esta afirmativa pode ser confirmada ao se observar que ao menos no caule do clone sensível (Figura 4a), o acúmulo de cloro foi linearmente crescente

com os níveis de silício em solução, embora os dados do clone tolerante não possam corroborar com esta assertiva, devido à falta de ajuste matemático dos mesmos. A principal barreira à absorção passiva de Na e Cl é a endoderme. Em espécies sensíveis à salinidade, este mecanismo reduz o transporte destes íons para a parte aérea. Há indicações de que diversas espécies transportam para a parte aérea, concentrações diferentes de íons devido à presença de sistemas de transporte com diferentes valores de V_{máx}. Esta hipótese foi confirmada em plantas de cevada para os íons K (HOAD & PEEL, 1965), Na e Cl (GREENWAY *et al.*, 1965).

s



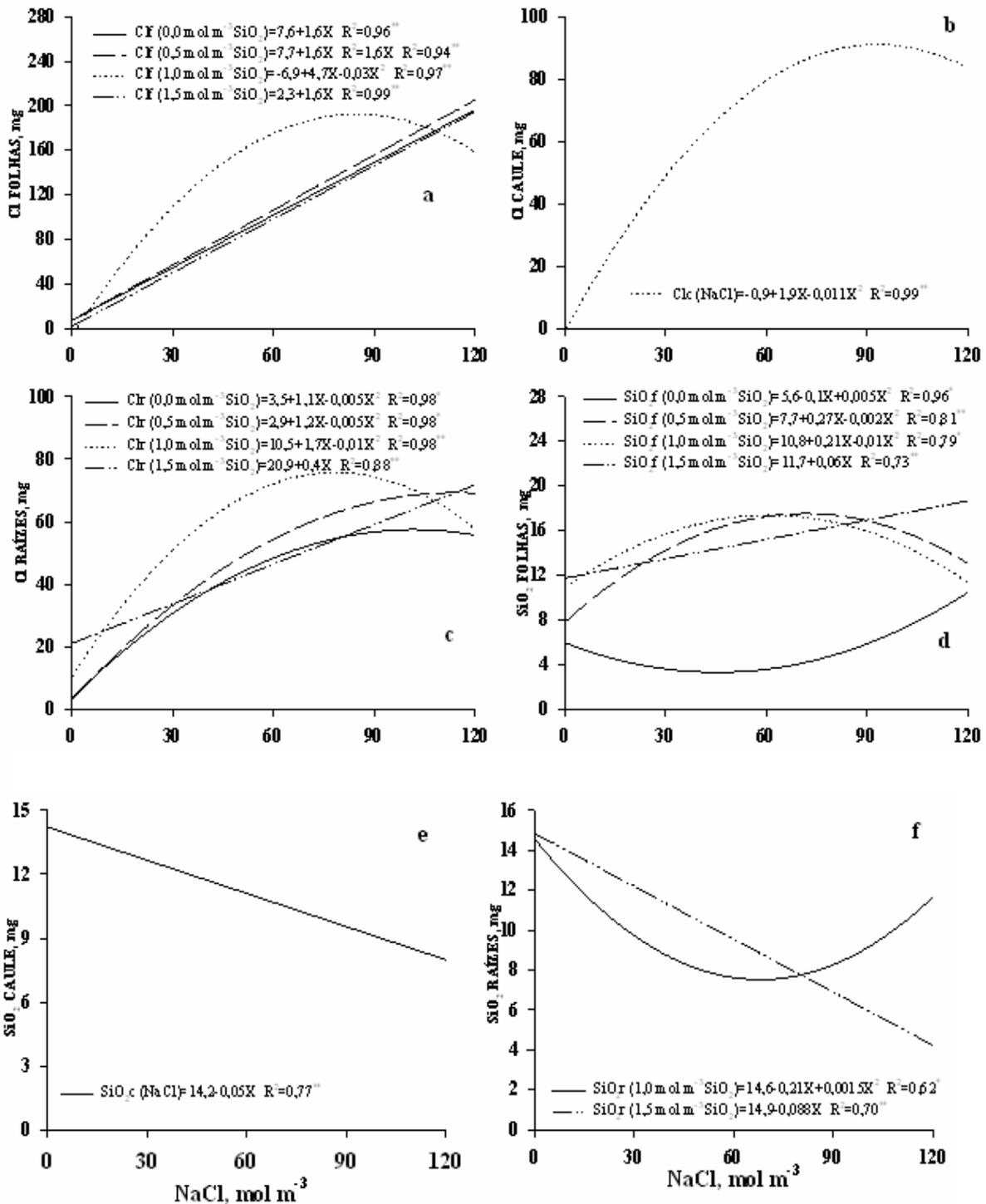


Figura 5. Acúmulo de Cl nas folhas (a), caule (b) e raízes (c), e de SiO₂ nas folhas (d), caule (e) e raízes (f), de plantas de cajueiro anão-precoce (CCP-101), em função dos tratamentos.

O acúmulo de silício, nas folhas de ambos clones, foi influenciado pela interação entre os fatores. Nas plantas

sensíveis, com 0,0 e 1,0 mol m⁻³ SiO₂, o acúmulo foi máximo em 29,9 e 54,5 mol m⁻³ de NaCl (Figura 4a), nas demais concentrações de SiO₂ não houve ajuste

matemático dos dados. Nas plantas tolerantes, houve acúmulo mínimo de SiO_2 em $45,5 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl , na ausência do silício, e ao serem aplicados $0,5$ e $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ SiO_2 , ocorreram acúmulos máximos em $71,5$ e $61,2 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl , respectivamente (Figura 5d) e, com $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , aumentos lineares. No caule das plantas sensíveis, o acúmulo de SiO_2 não foi influenciado pelos fatores, enquanto nas plantas tolerantes, apenas o NaCl exerceu efeito, provocando redução linear (Figura 5e). Nas raízes das plantas tolerantes que receberam $1,5 \text{ mol m}^{-3}$ de SiO_2 , o acúmulo de SiO_2 foi reduzido linearmente pelo NaCl , enquanto nas que receberam $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ SiO_2 , houve acúmulo mínimo a $68,0 \text{ mol m}^{-3}$ de NaCl (Figura 5f). De modo geral observou-se que as plantas sensíveis à salinidade acumularam o silício, ao menos nas folhas, em quantidade superior à verificada nas plantas tolerantes, entretanto, nestas, o fornecimento de silício, foi claramente favorável a que as plantas o acumulassem nas folhas de forma crescente, apesar dos efeitos negativos do NaCl sobre o crescimento das mesmas.

4. CONCLUSÕES

1. O SiO_2 foi favorável ao acúmulo de Mg nas folhas das plantas tolerantes, e de S nas folhas e caule das plantas sensíveis.

2. O acúmulo de Na nas folhas e raízes das plantas sensíveis não foi atenuado pelo SiO_2 , mas nas folhas e caule das plantas tolerantes, foram verificadas menores quantidades deste elemento.

3. O SiO_2 não foi claramente efetivo em reduzir o acúmulo de Cl nos clones estudados.

4. O NaCl exerceu efeito negativo sobre o acúmulo de Mg , nos diversos componentes das plantas estudadas de ambos os clones, S nas folhas do clone tolerante, nas folhas e raízes do clone sensível e no caule do clone tolerante, e efeito positivo sobre o acúmulo de Na e Cl nas diversas partes das plantas de ambos os clones.

5. De modo geral, as plantas tolerantes acumularam menores quantidades de Na nos diversos componentes estudados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, R. Development of silicon technology for saline agriculture. **Research Report**, Pakistan Atomic Energy Commission, Karachi, 1987.
- BRADBURY, M.; AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* in saline soil. **Plant and Soil, The Hague**, v.125, p.71-74, 1990.
- FLOWERS, T. J.; TROKE, P. F.; YEO, A. R. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.89-121, 1977.
- FROTA, J.N.; TUCKER, T.C. Salt and water stress influences nitrogen metabolism in red kidney beans.

- Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p.743-746, 1978.
- FURLANI, P.R.; GALLO, J. R. Determinação de silício em material vegetal, pelo método calorimétrico do “Azul-de-molibdênio”. **Bragantia**, Campinas, v.37, n.5, p.5-9, 1978. (Nota 2)
- GREENWAY, H.; GUNN, A.; PITMAN, G.; THOMAS, D. A. Plant response to saline substrates. VI. Chloride, sodium, and potassium uptake and distribution within the plant during ontogenesis of *Hordeum vulgare*. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.18, p.525-540, 1965.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Ann. Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.
- HOAD, G.V.; PEEL, A.J. Studies on the movement of solutes between the sieve tubes and surrounding tissues in willow. I. Interference between solutes and rate of translocation measurements. **Journal of Experimental Botany**, London, v.16, p. 433-451, 1965.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The Water culture method for growing plants without soil. **California Agriculture Experimental Station**, Berkley. 1950. 32p (Circular 347).
- KUIPER, D.; SCHUIT, J.; KUIPER, P.J.C. Actual cytokinin concentrations in plant tissue as an indicator for salts resistance in cereals. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.123, p.243-250, 1990.
- LIANG, Y.; SHEN, Q.; SHEN, Z.; Ma, T. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, 19:173-183, 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.
- MELLONI, R; SILVA, F.A.M.; CARVALHO, J.G. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, Lavras, v.6, n.2, p.35-40, 2000.
- 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.). 2000. 186 f. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G.; SANTOS, D.R.; FREIRE, A.L.O.; BERTONI, J.; MELO, J.R.M.; CALDAS, A.L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa (*Moringa oleifera* LAM.). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p. 957-965. 2002.
- SILVA, F.A.M.; MELLONI, R; MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.6, n.1, p.52-59, 2000.