

# Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade<sup>1</sup>

## Ion uptake and growth of physic nut under different salinity levels

Evandro Nascimento da Silva<sup>2\*</sup>, Joaquim Albenísio Gomes Silveira<sup>3</sup>, Cícera Raquel Rodrigues Fernandes<sup>4</sup>,  
Antônia Tathiana Batista Dutra<sup>5</sup> e Rafael Magalhães de Aragão<sup>6</sup>

**Resumo** - Objetivou-se caracterizar diferenças no padrão de absorção e partição dos íons sódio (Na<sup>+</sup>), cloreto (Cl<sup>-</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) em folhas e raízes, além de variáveis de crescimento em plantas de pinhão-mansô expostas ao estresse salino. Plântulas de pinhão-mansô com 23 dias de idade foram cultivadas em solução nutritiva contendo 0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl durante quinze dias em condições de casa de vegetação com as seguintes condições ambientais: temperatura de 28 a 36 °C durante o dia e de 24 a 27 °C durante a noite e a umidade relativa média de 40 a 80% (dia/noite). A intensidade de radiação fotossinteticamente ativa máxima nas proximidades das folhas foi aproximadamente 1.200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . O acúmulo de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas folhas e raízes aumentou proporcionalmente ao incremento de NaCl, contudo o conteúdo de K<sup>+</sup> foi reduzido tanto em folhas quanto em raízes em função do aumento da salinidade. Nas folhas, o acúmulo de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> foi de 2.493 e 980 mmol kg<sup>-1</sup> MS enquanto nas raízes 1.681 e 1.458 mmol kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente, para a dose de 100 mM. Os conteúdos de K<sup>+</sup> em folhas e raízes, no maior nível de salinidade, foram de 188 e 1.043 mmol kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente. A relação K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> diminuiu significativamente tanto em folhas quanto em raízes com o aumento da dose de NaCl. Uma mesma tendência foi observada na quantidade de massa seca total da planta. Os dados evidenciam que plantas jovens de pinhão-mansô são sensíveis à salinidade.

**Palavras-chave** - *Jatropha curcas*. Estresse salino. Salinização do solo.

**Abstract** - The objective of this work was to characterize the uptake and partitioning of sodium (Na<sup>+</sup>), chlorate (Cl<sup>-</sup>) and potassium (K<sup>+</sup>) ions in leaves and roots of physic nut plants exposed to different NaCl levels. 35-day-old seedlings were exposed to 0; 25; 50; 75 and 100 mM of NaCl supplied in the nutritive solution during 15 days under greenhouse conditions (day/night) temperatures from 28 to 36 and 24 to 27 °C, average relative humidity 40-80% (day/night) and maximum PAR 1,200 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. The accumulation of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in leaves and roots increased proportionally to external NaCl levels. In contrast, the K<sup>+</sup> content was prominently reduced in both organs as salinity increased. Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> concentrations in leaves were 2,493 and 980 mmol kg<sup>-1</sup> DM while in roots they achieved 1,681 and 1,458 mmol kg<sup>-1</sup> DM, respectively, under 100 mM NaCl treatment. The K<sup>+</sup> content in leaves and roots was 188 and 1,043 mmol kg<sup>-1</sup> DM, respectively. The K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratios decreased significantly in leaves and roots as salinity increased, in parallel to the dry matter yield. These data strongly suggest that young plants of physic nut are sensitive to salinity.

**Key words** - *Jatropha curcas*. Salt stress. Soil salinity.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 22/09/2008; aprovado em 03/03/2009

Projeto de pesquisa financiado pela Capes

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando em Bioquímica de Plantas, Depto. Bioquímica e Biologia Molecular, UFC, evandrons@oi.com.br, Caixa postal: 6020, CEP: 60 451-970

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. do Depto. Bioquímica e Biologia Molecular, UFC silveira@ufc.br

<sup>4</sup>Eng. Florestal, Doutoranda em Bioquímica de Plantas, Depto. Bioquímica e Biologia Molecular, UFC quelfer09@gmail.com

<sup>5</sup>Eng. Agrônoma, Doutoranda em Bioquímica de Plantas, Depto. Bioquímica e Biologia Molecular, UFC, tathianadutra@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Eng. Agrônomo, Doutoranda em Bioquímica de Plantas, Depto. Bioquímica e Biologia Molecular, UFC, rafael.aragao@yahoo.com.br

## Introdução

A salinização dos solos é um sério problema no mundo inteiro e tem crescido substancialmente, causando perdas na produtividade das culturas. Estima-se que 20% das terras cultivadas no mundo e aproximadamente 1/2 das terras irrigadas estejam afetadas por sais (SAIRAM; TYAGI, 2004). Esse problema é mais agudo nas regiões semi-áridas onde a baixa pluviosidade e a elevada demanda evaporativa contribuem decisivamente para o agravamento da salinização dos solos (VIÉGAS et al., 2001). As altas concentrações de sais no solo, além de reduzir o potencial hídrico do solo, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo.

A redução no potencial hídrico dos tecidos causada pelo excesso de sais provoca restrição no crescimento uma vez que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular (ASHRAF; HARRIS, 2004). Portanto, a resposta imediata das plantas ao estresse salino é uma forte diminuição na expansão foliar (PARIDA; DAS, 2005). Dessa forma, o balanço osmótico é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste balanço resultará em injúrias semelhantes aos da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento, resultando em plantas atrofiadas, desidratação e finalmente a morte das células (ASHRAF; HARRIS, 2004).

A inibição do crescimento das plantas sob salinidade ocorre por duas razões. A primeira é devido ao efeito osmótico ou déficit hídrico provocado pela salinidade, que reduz a absorção de água. A segunda é devido ao efeito específico dos íons ou excesso de íons, que entram no fluxo de transpiração e eventualmente causam injúrias nas folhas, reduzindo assim o crescimento (MUNNS, 2005). A redução no crescimento das plantas em resposta ao estresse salino tem sido observada por diversos autores (TÁVORA et al., 2001; VIÉGAS et al., 2001, VIÉGAS et al., 2003). As espécies cultivadas podem ser classificadas em tolerantes ou sensíveis e o nível de tolerância, assim como os níveis de sais que são letais, varia grandemente entre as diferentes espécies vegetais e dentro de uma mesma espécie (PARIDA; DAS, 2005).

A acumulação de íons salinos pode causar problemas de toxicidade iônica, deficiências nutricionais ou ambos. Diversos trabalhos na literatura demonstram que a salinidade promove um aumento nos teores de sódio e cloreto, tanto em glicófitas como em halófitas (GREENWAY; MUNNS, 1980). A injúria provocada pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , se manifesta como clorose marginal e causa o surgimento de zonas necróticas, o que contribui para aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar (MUNNS, 2002). Em

plantas que crescem em solos salinos, as células podem apresentar distúrbios na homeostase iônica não só devido ao aumento da concentração de  $\text{Na}^+$  como também pela diminuição da concentração de  $\text{K}^+$  no citosol, causando a conseqüente redução da relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  (ZHU, 2003).

O pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie oleaginosa, de fácil propagação e que pode apresentar relevante importância social e econômica para o Brasil, especialmente como fonte de bicomcombustível. Infelizmente, essa espécie ainda é muito pouco estudada nos diversos aspectos agrônômicos, especialmente na fisiologia vegetal ligada ao estresse salino.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a acumulação de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  em folhas e raízes de plantas jovens de pinhão-mansô, em associação com variáveis de crescimento, visando conhecer o grau de sensibilidade dessa espécie ao estresse salino.

## Materiais e métodos

### Condições de crescimento

A fase de germinação e o desenvolvimento das plantas foram conduzidos em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, na Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, Ceará, Brasil (latitude 3°44' S, longitude 38°33' W), temperatura de 28 °C a 36 °C durante o dia e de 24 °C a 27 °C durante a noite e a umidade relativa de 40 a 80% (dia/noite). A radiação fotossintética ativa máxima nas proximidades das folhas foi aproximadamente 1200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mensurada com um 'quantum sensor' acoplado a um porômetro (LI-1600 steady state porometer, Li-Cor, USA).

### Material vegetal e condução das plantas

Sementes de pinhão-mansô foram postas para germinar em bandejas com areia e irrigadas diariamente com água destilada até a queda dos cotilédones (8 dias após o plantio). Em seguida, foram transferidas para vasos de 2 L onde passaram a receber solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) modificada, apresentando a seguinte composição de macronutrientes (mM): 2,5  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; 1,0  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; 0,5  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 0,5  $\text{MgSO}_4$  e 2  $\text{KNO}_3$  e micronutrientes ( $\mu\text{M}$ ): 40  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 9  $\text{MnCl}_2$ ; 3  $\text{CuSO}_4$ ; 7  $\text{ZnMoO}_4$ ; 0,1  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  e 100 Fe-EDTA com ajuste do pH para 6,0. As plantas permaneceram em solução nutritiva por duas semanas com diluição de 1/4 na primeira semana e 1/2 na segunda semana.

Aos 20 dias após a germinação foram aplicados os tratamentos salinos de maneira parcelada (25 mM de NaCl por dia) e ao final de quatro dias tínhamos 5 tratamentos (0;25;50;75 e 100 mM de NaCl) com quatro repetições.

Os tratamentos se estenderam por quinze dias quando se coletou material vegetal, separados em raízes e folhas para a determinação das concentrações de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$ .

As determinações das concentrações de sódio e potássio foram realizadas segundo Brilhante (2006). A extração em farinha do tecido vegetal foi feita utilizando 50 mg do tecido para 20 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  deionizada em banho-maria a  $100\text{ }^\circ\text{C}$  por 1 hora. O extrato obtido foi centrifugado e seu sobrenadante foi analisado em fotômetro de chama (Micronal B462) para determinação dos conteúdos de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ .

A determinação da concentração de cloreto foi determinada segundo Malavolta et al. (1997); 100 mg do tecido foram submetidos à extração com 25 mL de água deionizada com agitação ocasional durante 30 minutos. Em seguida, alíquotas de 20 mL do extrato foram filtradas em papel de filtro e adicionadas 1 mL da solução indicadora de cromato de potássio  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  5%(p/V). Cada amostra foi titulada lentamente com nitrato de prata  $\text{AgNO}_3$  28 mM em bureta até a viragem do indicador através da formação do precipitado de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  (coloração marrom pálido persistente). Cada 1 mL de nitrato de prata gasto na titulação correspondeu a 2,5 mg de cloreto em 100 mg de matéria seca. Foi utilizado um branco com 20 mL de água deionizada + indicador + algumas gotas de  $\text{AgNO}_3$  até obtenção da coloração marrom pálido. O volume do branco foi subtraído de cada amostra.

As variáveis de crescimento avaliadas foram as seguintes: massa seca total, área da folha meristemática apical, altura da planta e diâmetro do caule. Essas variáveis foram medidas a cada dois dias até o final do experimento, com exceção da massa seca total que só foi determinada após os quinze dias de tratamento salino.

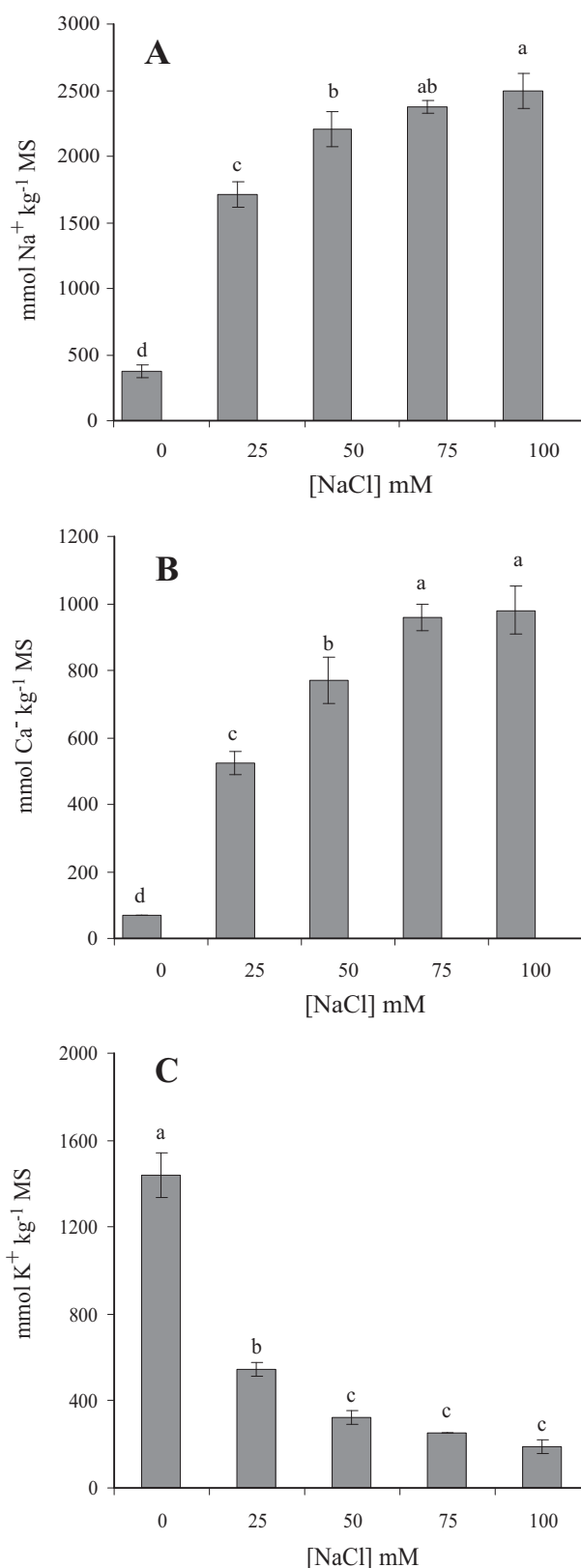
### Delineamentos experimental

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (5x4) com cinco tratamentos (0; 25; 50; 75 e 100 mM de NaCl) com quatro repetições, em que a parcela experimental foi composta de uma planta por vaso. Os resultados foram submetidos ao teste F a 5% de significância através da análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e discussão

### Acúmulo de íons inorgânicos em folhas e raízes expostas à salinidade

Foi observado acúmulo excessivo de  $\text{Na}^+$  nas folhas, sendo este proporcional ao aumento das doses de NaCl (Figura 1A) chegando a 661% na dose mais elevada de sal (100 mM). A acumulação do íon  $\text{Cl}^-$  nas folhas obedeceu



**Figura 1** - Concentrações de  $\text{Na}^+$  (A)  $\text{Cl}^-$  (B) e  $\text{K}^+$  (C) em folhas de pinhão-mansão submetidas a diferentes doses de NaCl. Os valores representam médias de 4 repetições ( $n=4$ )  $\pm$  desvio padrão

a mesma similaridade do sódio, todavia com 100 mM de NaCl ocorreu um acúmulo de 1400% (Figura 1B).

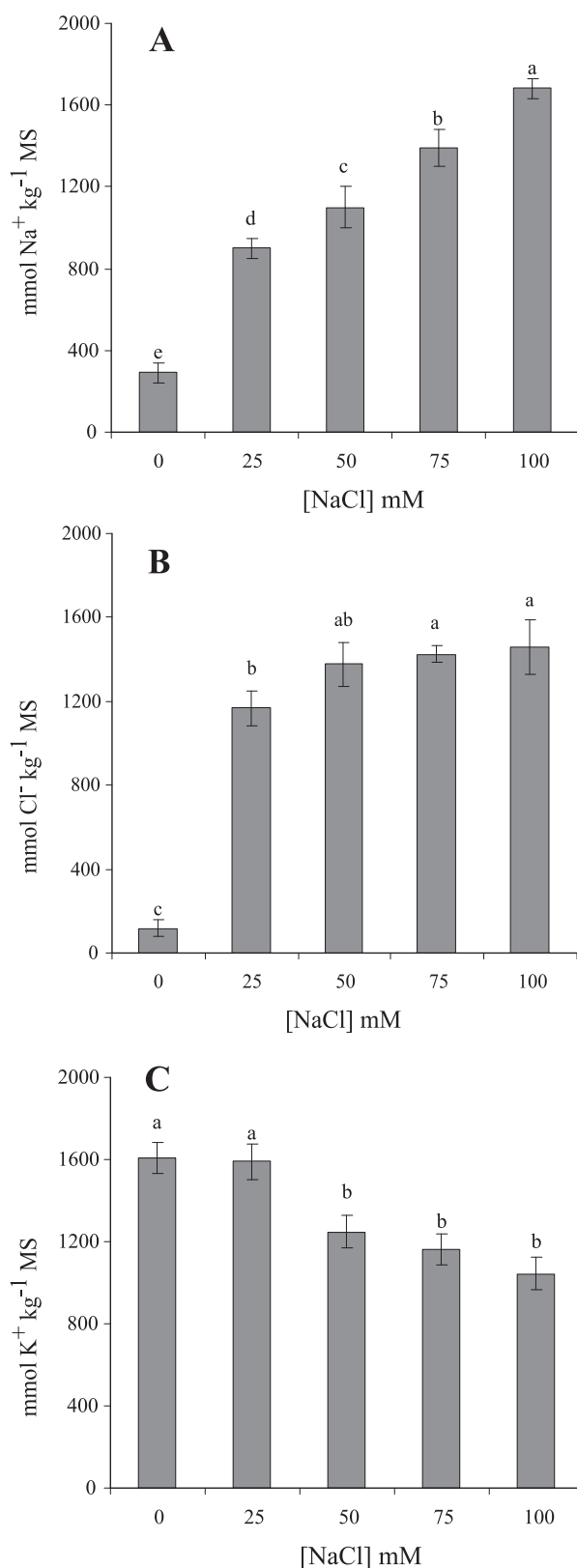
Os resultados obtidos sugerem não ter havido mecanismos de exclusão dos íons tóxicos ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) após o processo de absorção, resultando em acúmulo na parte aérea, com surgimento de cloroses e necroses nas folhas. Essas respostas resultaram, provavelmente, de alteração no balanço hormonal, na perda de turgescência das células-guarda e na redução generalizada da atividade metabólica da planta (GORHAM et al., 1988).

O elevado acúmulo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no tecido vegetal durante a exposição das plantas ao estresse salino representou um dos principais efeitos desse estresse sobre o metabolismo vegetal. O componente iônico da salinidade pode causar danos irreparáveis em estruturas celulares as quais podem comprometer a eficiência metabólica e até mesmo provocar a morte celular (SHI et al., 2002). O efeito tóxico causado pelo excesso de  $\text{Na}^+$  oriundo do meio externo pode ser reduzido pelos seguintes mecanismos: restrição da entrada de  $\text{Na}^+$  na célula através da absorção seletiva; exclusão ou compartimentalização no vacúolo do excesso de  $\text{Na}^+$  citosólico, bem como um sistema eficiente de partição deste íon na planta (ASHRAF; AHMAD, 2000). A concentração de  $\text{K}^+$  nas folhas foi reduzida pelos tratamentos salinos (Figura 1C). Tal redução foi proporcional ao incremento das doses de NaCl, obtendo na maior dose (100 mM) reduções de 87%. Diminuição na concentração de  $\text{K}^+$  nas folhas com o aumento da salinidade também foi encontrado em plantas do gênero *Atriplex* (BRILHANTE, 2006), em milho (AZEVEDO NETO et al., 2004) e sorgo (LACERDA, 2000; NETONDO et al., 2004).

As concentrações de  $\text{K}^+$  nas folhas podem ter sido inibidas pelas altas concentrações de sódio através do antagonismo que existe entre esses dois íons. Na realidade, alguns autores têm observado a existência de múltiplos sistemas de absorção com diferentes seletividades para  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  o que pode refletir a necessidade da planta para coordenar o influxo desses cátions (SCHACHTMAN; LIU, 1999). Para Lacerda (2005), a duração do estresse e a idade da folha amostrada podem produzir diferentes resultados e interpretações.

Nas raízes o aumento nas concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  foi proporcional ao incremento de NaCl sendo estes de 580% e 1250% respectivamente, na dose mais elevada de sal (Figuras 2A e 2B). Por outro lado, a acumulação de  $\text{K}^+$  foi reduzida em 35% na dose de 100 mM (Figura 2C). Essa redução pode estar relacionada à exposição direta das raízes ao sal, o que provoca alterações na integridade e permeabilidade seletiva da membrana plasmática (GRATTAN; GRIEVE, 1998; VIÉGAS et al., 2001).

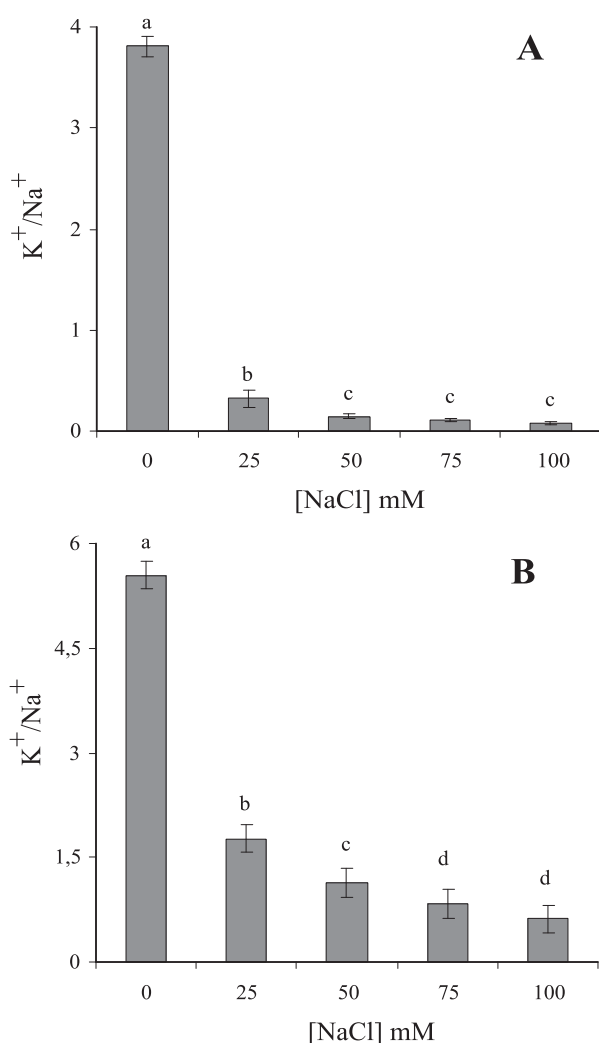
A relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  foi reduzida com o aumento da salinidade (Figura 3), proporcionando reduções de 99,9% nas folhas (Figura 3A) e 99,8% nas raízes (Figura 3B).



**Figura 2** - Concentrações de  $\text{Na}^+$  (A)  $\text{Cl}^-$  (B) e  $\text{K}^+$  (C) em raízes de pinhão-mansô submetidas a diferentes doses de NaCl. Os valores representam médias de 4 repetições ( $n=4$ )  $\pm$  desvio padrão

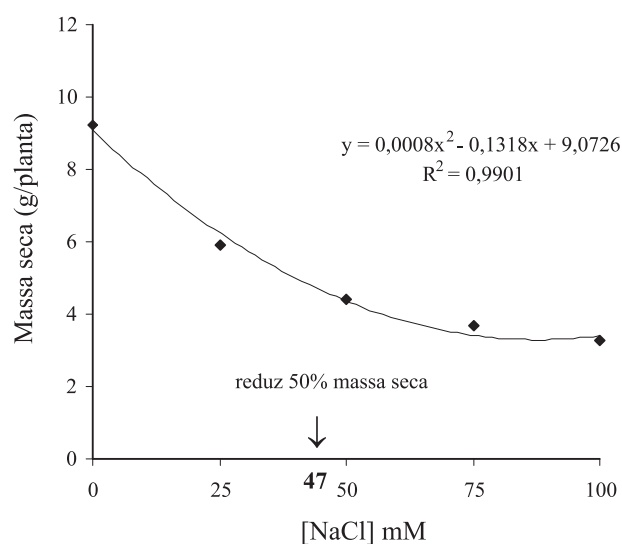
Esses resultados estão de acordo com os dados obtidos por Viégas et al. (2001) e Alves et al. (2008) que observaram reduções de  $K^+/Na^+$  em plantas de cajueiro submetidas à salinidade.

Diversos autores (MAATHUIS; AMTMANN, 1999) têm correlacionado a resistência à salinidade com a manutenção de uma adequada nutrição potássica dentro de uma planta, podendo a relação  $K^+/Na^+$  ser utilizada como critério de seleção de materiais sensíveis e resistentes ao estresse salino. Múltiplos sistemas de absorção com seletividades para  $K^+$  e  $Na^+$  podem refletir a necessidade da planta em coordenar o influxo desses cátions (SCHACHTMAN; LIU, 1999).



**Figura 3** - Relação  $K^+/Na^+$  em folhas (A) e raízes (B) em plantas de pinhão-mansó submetidas a diferentes doses de NaCl. Os valores representam médias de 4 repetições ( $n=4$ )  $\pm$  desvio padrão

Ao final do experimento foram analisadas algumas variáveis de crescimento onde se observou um comportamento linear decrescente em todas com o incremento das doses de NaCl. A concentração de NaCl capaz de reduzir em 50% a massa seca das plantas foi de aproximadamente 47 mM, valor esse estimado por regressão utilizando a equação do gráfico (Figura 4). Na dose mais elevada de sal (100 mM de NaCl) o decréscimo chegou a aproximadamente 64%. Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas et al. (2002) e Costa et al. (2003) trabalhando com feijão-de-corda. As reduções e/ou inibições constatadas no crescimento dos vegetais, à medida que eram submetidas a concentrações crescentes de salinidade (NaCl), é atribuído ao efeito osmótico, à toxicidade pela absorção excessiva dos íons  $Na^+$  e  $Cl^-$  e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção dos nutrientes essenciais (RODRIGUES, 2007). As demais variáveis de crescimento estão representadas na Tabela 1.



**Figura 4** - Análise de regressão para estimativa da massa seca de plantas de pinhão-mansó submetidas a diferentes doses de NaCl. Os valores representam médias de 4 repetições ( $n=4$ )

A área foliar também apresentou um decréscimo linear com o aumento dos níveis de sal. Esse chegou a aproximadamente 53% na dose de 100 mM de NaCl. Uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino é a redução na taxa de crescimento foliar, reduzindo a área foliar disponível para a fotossíntese (TERRY; WALDRON, 1984). Essa redução foi observada por Aragão et al. (2005) em plantas de *Phaseolus vulgaris* e Carmo et al. (2003) em plantas de bananeira. O tamanho

**Tabela 1** - Variáveis de crescimento em plantas de pinhão-manso submetidas a diferentes doses de NaCl durante 15 dias. Letras diferentes dentro da coluna significam diferenças significantes entre médias no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey

Tratamentos (mM)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Altura da planta (cm)	Diâmetro do caule (cm)
0	134,52 a	19,64 a	1,50 a
25	102,54 b	16,53 b	1,25 b
50	89,83 c	14,25 c	1,06 c
75	68,54 d	12,01 d	0,98 c
100	62,85 d	10,51 e	0,75 d

da planta e o diâmetro do caule apresentaram reduções de 46 e 50% respectivamente, na dose mais elevada de NaCl (100 mM) em relação às plantas controle. De acordo com a classificação de Mass (1986), utilizada para indicar à tolerância de várias culturas a salinidade, pode-se classificar o pinhão-manso como uma espécie sensível à salinidade devido a redução significativa de todas essas variáveis de crescimento analisadas neste estudo já a partir da dose de 50 mM durante o período de estresse.

## Conclusões

1. Plantas jovens de pinhão-manso são sensíveis ao excesso de NaCl na solução externa, mostrando uma redução de 50% na massa seca com uma concentração estimada de 47 mM de NaCl.
2. A sensibilidade das plantas de pinhão-manso ao estresse salino deve-se, principalmente, a uma grande acumulação de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas folhas, principalmente o primeiro, associada com grande redução na concentração de K<sup>+</sup> induzida pelo excesso de Na<sup>+</sup>.

## Referências

ALVES, M. A. L. et al. Clones de cajueiro-anão precoce expostos ao estresse salino e ao acúmulo de potássio e sódio. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 03, p. 422-428, 2008.

ARAGÃO, M. E. F. et al. Differential responses of ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities of two *Vigna unguiculata* cultivars salt stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 17, n. 02, p. 207-212, 2005.

ASHRAF, M.; AHAMAD, S. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fibre characteristics ion accumulation, yield components and fibre characteristics *hirsutum* L. **Field Crops Research**, v. 66, n. 02, p. 115-127, 2000.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 01, p. 3-16, 2004.

AZEVEDO NETO, A. D. et al. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 16, n. 01, p. 31-38, 2004.

BRILHANTE, J. C. A. **Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no potencial osmótico de folhas de *Atriplex nummularia* submetidas ao NaCl, seca e PEG**. 2006. 195 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CARMO G. A. et al. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 03, p. 513-518, 2003.

COSTA, P. H. A. et al. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira Botânica**, v. 26, n. 03, p. 289-297, 2003.

DANTAS, J. P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 06, n. 03, p. 425-430, 2002.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n. 01-04, p. 127-157, 1998.

GORHAM, J. et al. Salinity induced changes in the chemical composition of *Leucaena leucocephala* and *Sesbania bispinosa*. **Journal of Plant Physiology**, v. 132, n. 66, p. 678-682, 1988.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual review of plant physiology**, v.31, n. 01, p.149-190, 1980.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950.

LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino**. 2000. 163 f. Tese. (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. (eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p.127-137.

- MASS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v. 01, n. 01, p.12-25, 1986.
- MAATHUIS, F. J. M.; AMTMANN, A. K<sup>+</sup> Nutrition and Na<sup>+</sup> Toxicity: Basis of Cellular K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> Ratios. **Annals of Botany**, v. 84, n. 02, p. 123-133, 1999.
- MALAVOLTA E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 02, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 03, p. 645-663, 2005.
- NETONDO, G. W. et al. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v. 44, n. 03, p. 806-811, 2004.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Saafey**, v. 60, n. 03, p. 324-349, 2005.
- RODRIGUES, C. R. F. **Efeitos do cloreto de sódio sobre o crescimento e acumulação de nutrientes da mamoneira**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 03, p. 407-421, 2004.
- SCHACHTMAN, D.; LIU, W. Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. **Trends Plant Science**, v. 04, n. 07, p. 281-287, 1999.
- SHI, H. et al. The putative plasma membrane Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter SOS1 controls long-distance Na<sup>+</sup> transport in plants. **The Plant Cell**, v. 14, n. 02, p. 466-477, 2002.
- TÁVORA, F. J. F. et al. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 02, p. 39-46, 2001.
- TERRY, N.; WALDRON, L. J. Salinity, photosynthesis, and leaf growth. **California Agriculture**, v. 36, n. 10, p. 38-39, 1984.
- VIÉGAS, R. A. et al. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 05, n. 02, p. 216-222, 2001.
- VIÉGAS, R. A. et al. Plant growth, accumulation and solute partitioning of four Forest species under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 07, n. 02, p. 258-262, 2003.
- ZHU, J. K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 06, n. 05, p. 441-445, 2003.