



## RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE SORGO, FEIJÃO-DE-CORDA E ALGODÃO SOB ESTRESSE SALINO

Carlos Henrique Carvalho de Sousa<sup>1</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>1</sup>, Francisco Marcus Lima Bezerra<sup>1</sup>, Enéas Gomes Filho<sup>1</sup>, Hans Raj. Gheyi<sup>2</sup>, Antonio Evami Cavalcante Sousa<sup>2</sup>, Geocleber Gomes de Sousa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará

<sup>2</sup> Universidade Federal De Campina Grande

### RESUMO

Propôs-se, com este trabalho, avaliar os teores e a distribuição de íons, além de alguns parâmetros morfofisiológicos associados com a tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 15 kg de areia lavada, em condições de casa de vegetação, e irrigadas com águas com três níveis de salinidade (condutividade elétrica de 0,5, 4,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>). Após 52 dias da semeadura foram medidas a área foliar e a produção de matéria seca de folhas, caules e raízes. Foram também determinados: a succulência foliar, a massa específica foliar e os teores de Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e prolina. O algodão se diferenciou das duas outras espécies em virtude de apresentar maior acúmulo e retenção de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas raízes, maior acúmulo desses íons nos limbos foliares, menores alterações nos teores de K<sup>+</sup> e aumento nos teores de prolina em resposta ao aumento da salinidade. O sorgo mostrou menores teores de íons potencialmente tóxicos (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>) nos limbos foliares, porém apresentou reduções nos teores de K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> na parte aérea. O elevado acúmulo de Cl<sup>-</sup> nas folhas, associado à falta de outros mecanismos eficientes de proteção contribuiu, pelo menos em parte, para a maior sensibilidade do feijão-de-corda ao estresse salino.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*, íons, *Sorghum bicolor*, *Vigna unguiculata*, salinidade.

### ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate ion concentration and some morpho-physiological parameters associated to the salt tolerance in sorghum, cowpea and cotton. Plants were cultivated in plastic pots using 15 kg of washed sand under greenhouse conditions and subjected to three different salt concentrations (electrical conductivities of 0.5, 4.0 and 8.0 dS m<sup>-1</sup>) in irrigation water. Total leaf area and dry mass of leaves, stems and roots were observed 52 days after sowing. Leaf succulence, specific leaf mass and the concentration of Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, and proline were also determined. The cotton plant showed some important differences in relation to the other species, showing greater accumulation and retention of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in the roots, greater accumulation of these ions in the leaf blades, little changes in K<sup>+</sup> concentration and increase in proline contents in response to salt application. On the other hand, sorghum showed lower concentrations of potentially toxic ions (Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>) in the leaf blades and presented reductions in K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> contents, which may contribute to growth inhibition in this species. The high concentrations of Cl<sup>-</sup> in leaf, associated with the absence of the other protection mechanisms, contributed at least in part, to higher sensitivity of the cowpea to salt stress imposed.

**Key words:** *Gossypium hirsutum*, ions, *Sorghum bicolor*, *Vigna unguiculata*, salinity.

### INTRODUÇÃO

O uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da produção

agrícola e incorporação, ao sistema produtivo, de áreas cujo potencial para a exploração da agricultura é limitado em função de seus regimes

pluviométricos. Embora as regiões semi-áridas sejam consideradas áreas potenciais para exploração da agricultura irrigada, suas fontes hídricas possuem, normalmente, elevados teores de sais, de modo que a irrigação com esses tipos de água incorporam quantidades significativas desses sais ao solo (Rhoades et al., 2000). A utilização dessas fontes de água pode, dependendo de sua constituição, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo e, conforme a sua forma de aplicação, provocar graus variados de estresse aos vegetais (Munns, 2002).

As diferenças na tolerância ao estresse salino entre espécies e variedades têm sido correlacionadas a reduções na absorção e acúmulo de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, manutenção dos níveis de K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> e acúmulo de solutos orgânicos (prolina, glicinabetaína, açúcares solúveis, aminoácidos, ácidos orgânicos etc.) nas folhas (Aquino et al., 2007). Não se pode deixar de mencionar, também, a possibilidade dos sais serem, em parte, compartimentalizados nos vacúolos, enquanto o balanço osmótico na célula pode ser mantido pelo acúmulo de solutos orgânicos no citoplasma (Hasegawa et al., 2000). Evidentemente, uma ou mais das características mencionadas anteriormente podem ser utilizadas como critérios de seleção em programas de melhoramento, visando ao aumento da tolerância ao excesso de sais (Noble & Rogers, 1992).

Dentre as espécies cultivadas de importância para o semi-árido brasileiro se destacam o algodão, o sorgo e o feijão-de-corda, que apresentam boas estabilidades de produção em relação ao fator água, quando comparados, com outras espécies. Embora se conheçam os diferentes graus de tolerância dessas espécies ao estresse salino (Ayers & Westcot, 1999), não existem estudos comparativos que visem identificar as características morfológicas e fisiológicas responsáveis por essas diferenças; referidas informações podem contribuir, sobremaneira, para a identificação de mecanismos relevantes da tolerância à salinidade e, também serem úteis no manejo do sistema solo-planta sob irrigação com águas salinas (Noble e Rogers, 1992; Sharma e Rao, 1998; Murtaza et al., 2006).

A partir do exposto, buscou-se avaliar o crescimento, os teores de íons e características morfofisiológicas (acúmulo de prolina, suculência e massa específica) em folhas de algodão, feijão-de-corda e sorgo, irrigadas com crescentes níveis de

sais na água, procurando-se correlacionar os resultados com os diferentes graus de tolerância à salinidade dessas espécies.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, situado no Campus do Pici da UFC, Fortaleza, Ceará. As espécies utilizadas na pesquisa, foram: feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] cv. Epace 10, sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genótipo CSF 20 e algodão (*Gossipium hirsutum* L.) cv. BRS 113 7MH. Inicialmente se fez o preparo dos vasos, colocando-se 15 kg de areia de rio sendo, em seguida, foram realizadas duas lavagens com água da torneira e outra com água destilada, com a finalidade de se retirar sais ou argila presentes no solo. Cinco sementes foram semeadas nos vasos, para germinar, e dez dias após a emergência, fez-se o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso quando, então, se iniciou a aplicação dos tratamentos, que constaram de três níveis de salinidade da água de irrigação (CEa), correspondentes aos valores de 0,5 (controle), 4,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>. Para o preparo das soluções salinas, utilizou-se o NaCl adicionado à água destilada, obedecendo-se a relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mmolc L<sup>-1</sup> = CE x 10), extraída de Rhoades et al. (2000).

As irrigações foram diárias e o volume de água aplicada às plantas foi estimado de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem, mantendo-se o solo na capacidade de campo e se lhe adicionando uma fração de lixiviação de 15% para prevenir o acúmulo excessivo de sais no substrato (Ayers & Westcot, 1999). Semanalmente, aos vasos contendo as plantas foram adicionados 200 mL da solução nutritiva de Hoagland com metade de sua força iônica. Durante a realização do experimento as médias de temperatura e de umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram, respectivamente, de 28,5 oC e 73,5%.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi inteiramente ao acaso, seguindo-se um arranjo fatorial 3 x 3 (3 espécies x 3 níveis de salinidade), com quatro repetições, totalizando 36 parcelas experimentais.

Realizou-se, aos 42 dias após o início dos tratamentos, a coleta das plantas medindo-se,

inicialmente, a matéria fresca das folhas e a área foliar, esta última determinada com um medidor de superfície (LI – 3100, Area Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Após a coleta dos limbos foliares, se coletaram os caules + pecíolos, para o feijão-de-corda e o algodão e os colmos + bainhas, para o sorgo, sendo o substrato retirado dos vasos e peneirado, com o objetivo de se separar as raízes do solo. Cada amostra de raiz foi lavada, devidamente identificada quanto ao seu genótipo, tratamento e repetição, e colocada em sacos de papel; em seguida, as partes da planta foram postas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C durante cinco dias, para obtenção da matéria seca. Com essas medidas, calcularam-se a massa específica foliar (massa seca foliar/área foliar) e a suculência foliar [(massa fresca - massa seca)/área foliar].

O material vegetal seco foi triturado em moinho tipo Wiley e utilizado para obtenção dos extratos e determinações dos teores de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> (Malavolta et al., 1989) e Cl<sup>-</sup> (Gaines et al., 1984). Amostras de folhas maduras foram coletadas separadamente, congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas para posterior quantificação dos teores de prolina (Bates et al., 1973).

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, com  $\alpha = 0,05$ , utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Características de crescimento*

O estresse salino inibiu a produção de matéria seca das plantas das três espécies (Tabela 1) e, de modo geral, os graus de redução no crescimento foram compatíveis com seus graus de tolerância relatados na literatura (Ayers & Westcot, 1999). O feijão-de-corda se mostrou a espécie mais sensível, com reduções significativas nas matérias secas das raízes, da parte aérea e total, tanto no nível intermediário como no de maior salinidade da água. O sorgo mostrou-se a espécie mais tolerante no nível intermediário de salinidade não apresentando reduções significativas na matéria seca das diversas partes da planta. O algodão, por sua vez, foi a espécie mais tolerante no maior nível de salinidade da água de irrigação, especialmente com relação ao crescimento radicular e à produção de matéria seca total. Convém salientar que, de

acordo com dados da FAO (Ayers & Westcot, 1999), a salinidade limiar da água de irrigação para o feijão-de-corda é 3,3 dS m<sup>-1</sup>, para o sorgo 4,5 dS m<sup>-1</sup> e, para o algodão, 5,2 dS m<sup>-1</sup>.

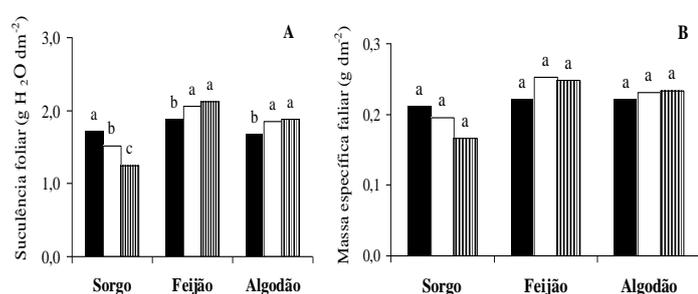
Comparando-se a produção de matéria seca das raízes e da parte aérea dos tratamentos extremos (0,5 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>), observa-se que o feijão-de-corda e o sorgo apresentaram maior redução no crescimento radicular que o algodão (Tabela 1). No maior nível de estresse essas duas espécies indicaram, respectivamente, reduções de aproximadamente 79 e 71% no crescimento radicular e de 69 e 50% no crescimento da parte aérea, resultando em menor valor da relação raiz/parte aérea. Por outro lado, no algodão a redução no crescimento das raízes foi similar àquela da parte aérea, com valor em torno de 50% e no nível intermediário de salinidade da água de irrigação, as reduções foram bem inferiores, sendo estatisticamente significativas apenas em plantas de feijão-de-corda. Reduções elevadas no crescimento das plantas de feijão-de-corda, sorgo e algodão em função da salinidade, têm sido observadas por outros autores (Lacerda et al., 2006; Jácome et al., 2003; Silva et al., 2003a), sendo que o grau de redução na produção de matéria seca depende do tempo de exposição ao estresse e dos níveis de sais aplicados (Munns, 2002).

O feijão-de-corda foi a espécie que sofreu as maiores reduções em área foliar, as quais corresponderam a 47 e 70%, respectivamente, nos níveis de 4,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>, em relação ao controle (Tabela 1). Por outro lado, as plantas de sorgo e de algodão sofreram reduções significativas na área foliar apenas no maior nível de salinidade, sendo que a redução foi maior no sorgo que no algodão. A redução no crescimento foliar e, conseqüentemente, na área foliar disponível para a fotossíntese, é uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino, que pode ocorrer devido, possivelmente, à inibição da expansão e divisão das células nas regiões meristemáticas (Bernstein et al., 1993).

### *Suculência e massa específica foliares*

Verificou-se tendência de queda na suculência foliar das plantas de sorgo e aumento nas de algodão e feijão-de-corda (Figura 1A), porém, a massa específica foliar não foi afetada pelo aumento da salinidade da água de irrigação, em nenhuma das espécies estudadas (Figura 1B). O aumento na suculência foliar em feijão-de-corda

também foi observado por Costa et al. (2003) e Lacerda et al. (2006), enquanto Trindade et al. (2006) constataram aumento na suculência foliar em feijão-de-corda e queda em sorgo forrageiro, resultados que estão de acordo com os obtidos no presente estudo; este parâmetro possui importantes implicações anatômicas e fisiológicas em plantas submetidas ao estresse com NaCl, regulando parcialmente a concentração de sais nos tecidos foliares. Esse mecanismo, no entanto, é comum, sobretudo em dicotiledôneas, não sendo tão eficiente quanto o mecanismo de exclusão de íons que parece ser o mecanismo predominante em plantas de sorgo (Trindade et al., 2006).

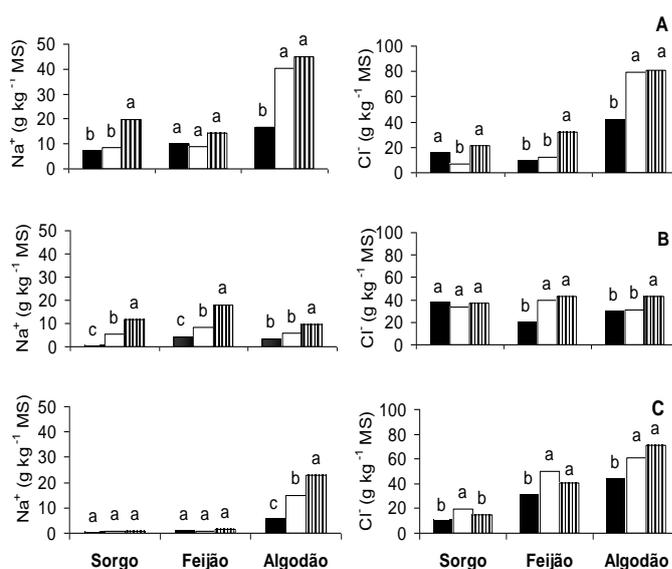


**Figura 1.** Suculência foliar (A) e massa específica foliar (B) de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão, irrigadas com águas de condutividades elétricas de 0,5 (■), 4,0 (□) e 8,0 (▣) dS m<sup>-1</sup>. Colunas dentro da mesma espécie, apresentando as mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Acúmulo de íons

Comparando-se as três espécies, tem-se que o algodão apresentou maiores teores de Na<sup>+</sup>, especialmente nas raízes e folhas (Figura 2). Mühling & Läuchli (2002) também encontraram maiores teores de Na<sup>+</sup> em folhas de algodoeiro em comparação com folhas de milho, sendo esta última espécie considerada bem mais sensível ao estresse salino. Isso é um indicativo de que a tolerância do algodoeiro ao estresse salino não está associada, necessariamente, à exclusão de Na<sup>+</sup>, como ocorre com outras espécies glicófitas (Lacerda et al., 2003); no entanto, pode-se sugerir que a boa retenção desse íon nas raízes, associada a outros mecanismos de proteção como, por exemplo, a produção de altos níveis de antioxidantes (Ashraf, 2002) pode contribuir para sua maior tolerância à salinidade. Diferentemente do algodoeiro, o sorgo e o feijão-de-corda promoveram maior retenção do

íon sódio nos caules, prevenindo seu acúmulo nos tecidos foliares.



**Figura 2.** Teores de sódio e cloreto na matéria seca de raízes (A), caules (B) e folhas (C) de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão, irrigadas com águas salinas de condutividades elétricas de 0,5 (■), 4,0 (□) e 8,0 (▣) dS m<sup>-1</sup>. Colunas dentro da mesma espécie, apresentando as mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No maior nível de salinidade, os teores de Na<sup>+</sup> nos caules e pecíolos do feijão-de-corda e nos colmos e bainhas do sorgo foram, respectivamente, 11 e 19 vezes superiores aos teores observados nos limbos foliares (Figura 2). Esses resultados são bons indicativos da capacidade dessas espécies de reterem parte dos íons potencialmente tóxicos, em particular o Na<sup>+</sup> evitando, assim, seu excesso, nos tecidos fotossintetizantes (Azevedo Neto & Tabosa, 2000; Trindade et al. 2006; Aquino et al., 2007). No maior nível de salinidade, o sorgo também apresentou, em relação ao feijão-de-corda, maior acúmulo do íon sódio nas raízes (29% a mais) e menor na parte aérea (35% a menos), podendo esta ser uma característica responsável pelas diferenças nos graus de tolerância dessas duas espécies.

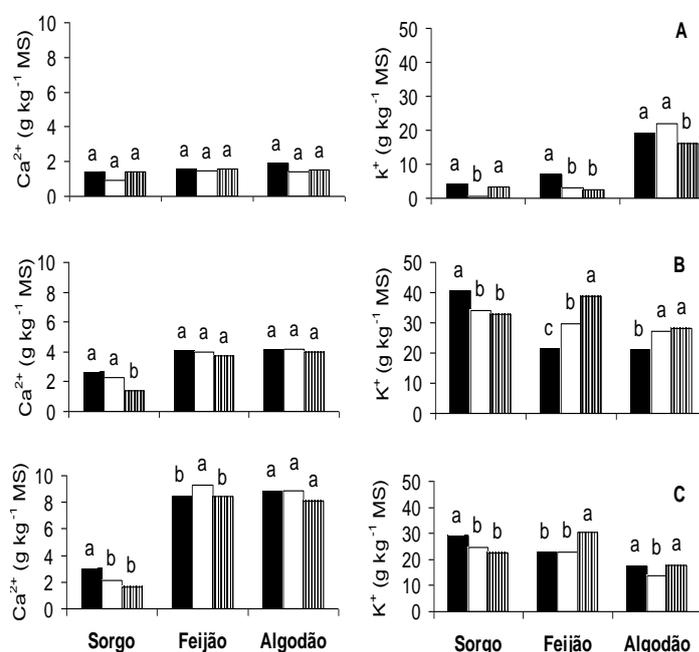
O algodão e o feijão-de-corda apresentaram os maiores teores de cloreto na parte aérea, notadamente nos limbos foliares, o que resultou no aumento da suculência foliar nessas espécies (Figura 1A), visto que o acúmulo de cloreto está diretamente associado ao aumento da suculência (Lacerda et al., 2006). Embora o acúmulo de cloreto tenha sido maior no algodão que no feijão-de-

corda, isto não resultou em maior inibição do crescimento da primeira espécie, sugerindo que o algodoeiro apresenta, em relação ao feijão-de-corda, mecanismos de proteção mais eficientes, em adição à diluição parcial dos sais pelo aumento no grau de suculência. Esses mecanismos podem envolver a produção de antioxidantes, a atividade do ciclo ascorbato-glutationa (Ashraf, 2002), a compartimentalização vacuolar dos sais potencialmente tóxicos acumulados e o ajustamento osmótico celular pelo acúmulo de solutos compatíveis, mecanismos considerados eficientes na proteção das estruturas e processos celulares (Hasegawa et al., 2000). Ao contrário do algodoeiro e do feijão-de-corda, o sorgo mostrou menores teores de cloreto nas folhas resultantes, provavelmente, da menor absorção radicular e da forte retenção desse íon nos colmos (Figura 2). O menor acúmulo de cloreto pode ter ocasionado certa desidratação foliar das plantas de sorgo, como observado na Figura 1A. Resultado semelhante foi obtido por Trindade et al. (2006).

De modo geral, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  foram bem menores na parte aérea das plantas de sorgo que nas de algodão e feijão-de-corda (Figura 3), o que deve estar associado às diferentes exigências por cálcio das espécies em estudo (Marschner, 1995). Verifica-se que o aumento da salinidade da água não influenciou negativamente no suprimento de cálcio às plantas de algodão e feijão-de-corda tendo, porém, reduzido os teores desse íon na parte aérea do sorgo. De acordo com Grieve & Maas (1988) os cereais, como por exemplo, sorgo, milho, arroz e cevada, são particularmente sensíveis à elevação na relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  em solos afetados por sais, exibindo redução no crescimento e deficiências de  $\text{Ca}^{2+}$ .

Os teores de  $\text{K}^+$  diferiram entre as espécies e entre as partes da planta e, quando foram submetidas a salinidade, as espécies apresentaram respostas bem diferenciadas (Figura 3). Enquanto o aumento da salinidade provocou pequenas variações nos teores de  $\text{K}^+$  nas raízes e partes aéreas das plantas de algodão, observou-se clara tendência de redução no teor desse íon na parte aérea das plantas de sorgo. De modo contrário, constatou-se acúmulo de  $\text{K}^+$  na parte aérea das plantas de feijão-de-corda e redução nos teores desse íon em suas raízes. As reduções nos teores de  $\text{K}^+$  na parte aérea das plantas de sorgo, pela salinidade, podem contribuir para a inibição do crescimento (Taleisnik & Grunberg, 1994; Igartua et

al., 1995) e parecem ser resultantes, em grande parte, da menor absorção causada pela competição dos íons  $\text{Na}^+$  pelos mesmos sítios de absorção de potássio, na membrana plasmática das células radiculares, bem como da redução de seu transporte para a parte aérea (Marschner, 1995). Por outro lado, o acúmulo de  $\text{K}^+$  em função da salinidade, como observado na parte aérea das plantas de feijão-de-corda, pode estar associado à redução na translocação desse íon em função da menor demanda para o crescimento das plantas sob condições de estresse (Lacerda et al., 2006). Este acúmulo tem sido observado em especial após períodos relativamente longos de estresse, quando o crescimento tem sido fortemente inibido.

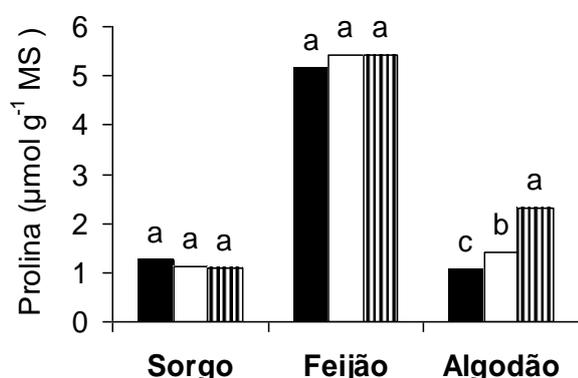


**Figura 3.** Teores de cálcio e potássio na matéria seca de raízes (A), caules (B) e folhas (C) de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão, irrigadas com águas salinas de condutividades elétricas de 0,5 (■), 4,0 (□) e 8,0 (▨)  $\text{dS m}^{-1}$ . Colunas dentro da mesma espécie, apresentando as mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### Acúmulo de prolina

Na Figura 4, pode ser observado que a salinidade exerce pouca influência nos teores foliares de prolina, porém se observaram diferenças marcantes entre as espécies. A espécie que mais acumulou prolina foi o feijão-de-corda, com teores médios de  $5,66 \mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria seca, seguido

do algodão com 1,48  $\mu\text{mol g}^{-1}$  e do sorgo, com 1,18  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria seca. O aumento da salinidade da água de irrigação não influenciou os teores de prolina em feijão-de-corda e sorgo, mas promoveu aumento nas folhas das plantas de algodão. A falta de acúmulo de prolina nas folhas de feijão-de-corda estressadas com NaCl tem sido confirmada em outros estudos (Silva et al., 2003b). Por outro lado, em sorgo muitos estudos têm comprovado acúmulo desse soluto (Lacerda et al., 2003), o qual tem sido interpretado como sinal de injúria aos tecidos foliares. O acúmulo de prolina em algodão vem sendo constatado em outros estudos, sob condições de estresse hídrico e salino.



**Figura 4.** Teores de prolina em folhas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão, irrigadas com águas salinas de condutividades elétricas de 0,5 (■), 4,0 (□) e 8,0 (▨) dS m<sup>-1</sup>. Colunas dentro da mesma

espécie, apresentando as mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

O algodão se diferenciou do sorgo e feijão em razão de apresentar maior acúmulo e retenção de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas raízes, maiores teores desses íons nos limbos foliares, menores alterações nos teores de K<sup>+</sup> e aumento nos teores de prolina em resposta à salinidade;

O sorgo apresentou menores teores de íons potencialmente tóxicos (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>) nos limbos foliares, mas mostrou reduções nos teores de K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> em função da salinidade, além disso, a retenção dos íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nos colmos induziu a desidratação dos limbos foliares medida pelo grau de suculência;

O elevado acúmulo de Cl<sup>-</sup> nas folhas, associado, possivelmente, à falta de outros mecanismos eficientes de proteção, contribuiu, pelo menos em parte, para a maior sensibilidade do feijão-de-corda ao estresse salino.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e ao Fundo Setorial CT-HIDRO/CNPq, pelo suporte financeiro.

Tabela 1. Produção de massa seca e área foliar de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão, irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade (CEa)<sup>1</sup>

CEa (dS m <sup>-1</sup> )	Sorgo	Feijão-de-corda	Algodão
Matéria seca da raiz (g planta <sup>-1</sup> )			
0,5	12,47 a (100) <sup>1</sup>	16,53 a (100)	5,82 a (100)
4,0	11,16 a (89,5)	8,46 b (51,8)	4,08 a (70,1)
8,0	3,58 b (28,7)	3,44 c (20,8)	3,0 b (51,6)
Matéria seca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )			
0,5	10,72 a (100)	22,20 a (100)	9,24 a (100)
4,0	8,81 a (82,2)	14,63 b (65,9)	5,84 b (63,2)
8,0	5,41 b (50,5)	6,81 c (30,7)	4,57 b (49,5)
Relação Raiz/Parte Aérea			
0,5	1,16 a	0,74 a	0,63 a
4,0	1,26 a	0,58 b	0,69 a
8,0	0,66 b	0,50 c	0,65 a
Matéria seca total (g planta <sup>-1</sup> )			
0,5	23,19 a (100)	38,73 a (100)	15,06 a (100)
4,0	19,97 a (86,1)	23,09 b (59,6)	9,93 b (65,9)
8,0	8,98 b (38,7)	10,25 c (26,5)	7,57 b (50,3)
Área foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )			
0,5	1381,78 a (100)	3255,40 a (100)	679,33 a (100)
4,0	1103,20 a (79,8)	1728,15 b (53,1)	553,55 a (81,5)
8,0	560,40 b (40,6)	977,32 c (30,0)	443,72 b (65,3)

<sup>1</sup> Médias dentro da mesma coluna, seguidas pelas mesmas letras, para cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Os valores entre parênteses representam as percentagens relativas da produção de biomassa em relação ao nível 0,5 dS m<sup>-1</sup>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C.F.; BEZERRA, M. A.; GOMES-FILHO, E. ; COSTA, R.N.T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p.961-971, 2007.
2. ASHRAF, M. Salt tolerance of cotton: some new advances. *Critical Review Plant Science*, v.21, p.1-30, 2002.
3. AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. UFPB: Campina Grande, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
4. AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I Análise de crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.159-164, 2000.
5. BATES, L. S.; WALDEN, R. P.; TEARE, J. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, v.39, p.205-207, 1973.
6. BERNSTEIN, N.; SILK, W. K. ; LÄUCHLI, A. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. *Planta*, v.191, p.433-439, 1993.
7. COSTA, P .H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica*, v.26, p.289-297, 2003.
8. GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. *Agronomy Journal*, v.76, p.371-374, 1984.
9. GRIEVE, C. M.; MAAS, E. V. Differential effects of sodium/calcium ratio on sorghum genotypes. *Crop Science*, v.28, p.659-665, 1988.
10. HASEGAWA, P.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* , v.51, p.463-499, 2000.
11. IGARTUA, E.; GRACIA, M. P.; LASA, J. M. Field responses of grain sorghum to a salinity gradient. *Field Crop Research*, v.42, p.15-25, 1995.
12. JÁCOME, A. G.; OLIVEIRA, R. H; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Crescimento de algodoeiro em função da salinidade da água de irrigação. *Acta Scientiarum*, v.25, p.305-313, 2003.
13. LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; GUIMARÃES, F. V. A.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.18, p.455-465, 2006.
14. LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, v.49, p.107-120, 2003.
15. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
16. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

17. MÜHLING, K. H.; LÄUCHLI, A. Effect of salt stress on growth and cation compartmentation in leaves of two plant species differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, v.159, p.137-146, 2002.
18. MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v.25, p.239-250, 2002.
19. MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. *Agricultural Water Management*, v.81, p98-114, 2006.
20. NOBLE, C. L.; ROGERS, M. E. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant and Soil*, v.146, p.99-107, 1992.
21. RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. UFPB: Campina Grande, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).
22. SHARMA, D .P.; RAO, K. V. G. K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. *Soil & Tillage Research*, v.48, p.287-295, 1998.
23. SILVA J. V.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO-NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e osmorregulação em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v.33, p.125-131, 2003<sup>a</sup>
24. SILVA J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl<sub>2</sub>. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.15, p.99-105, 2003<sup>b</sup>.
25. TALEISNIK, E.; GRUNBERG, K. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. *Physiologia Plantarum*, v.92, p.528-534, 1994.
26. TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.804-810, 2006.