

# Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio

## *Growth and gas exchange in the cowpea under saline irrigation and rates of potassium*

Stella da Silva Prazeres<sup>1\*</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>2</sup>, Francisca Edineide Lima Barbosa<sup>3</sup>, Aiala Viera Amorim<sup>4</sup>, Isabel Cristina da Silva Araujo<sup>5</sup>, Lourival Ferreira Cavalcante<sup>6</sup>

**Resumo:** A intensidade do estresse causado pela salinidade nas culturas irá depender, principalmente, do nível de tolerância da espécie ou cultivar e das estratégias de manejo utilizadas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e as respostas fisiológicas de duas cultivares de feijão-caupi, irrigadas com água salina e submetidas a diferentes níveis de potássio, em condições de ambiente protegido. Foram utilizadas sementes das cultivares CE 790 e CE 104, as quais foram submetidas a níveis crescentes de salinidade, utilizando-se água de irrigação com condutividade elétrica (CEa) de 0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m<sup>-1</sup> e doses crescentes de potássio (K) na forma de KCl (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 g por vaso KCl). Aos 47 e aos 55 dias após o plantio (DAP) foram realizadas leituras das trocas gasosas foliares e de crescimento das plantas (comprimento da haste principal, diâmetro do caule e matéria seca total), respectivamente. O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu o comprimento da haste principal, diâmetro do caule e matéria seca total, em ambas as cultivares. As maiores doses de potássio em conjunto com a salinidade proporcionaram efeito depressivo no crescimento da haste principal e na condutância estomática, em comparação ao efeito isolado da salinidade, sendo um indicativo da intensificação dos efeitos osmóticos. A existência de interações entre salinidade e potássio é um indicativo de que a dose ótima desse nutriente depende da salinidade na zona radicular das plantas, sendo uma informação importante para o manejo de cultivos em ambientes salinos.

**Palavras-chave:** Adubação potássica. Estresse salino. Feijão-de-corda. Respostas fisiológicas. *Vigna unguiculata*.

**Abstract:** The intensity of the stress caused in crops by salinity will largely depend on the level of tolerance of the species or cultivar, and on the management strategies used. The aim of this study therefore, was to evaluate growth and physiological response in two cultivars of the cowpea, irrigated with saline water and subjected to different levels of potassium under sheltered conditions. Seeds of the cultivars, EC 790 and EC 104 were used, which were exposed to increasing levels of salinity, using irrigation water with an electrical conductivity (CEa) of 0.8, 2.2, 3.6 and 5.0 dS m<sup>-1</sup>, and increasing rates of potassium (K) in the form of KCl (0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 g KCl per pot). Readings were taken of leaf gas exchange and plant growth (length of main stem, stem diameter and total dry matter) at 47 and 55 days after planting (DAP) respectively. Increases in the salinity of the irrigation water reduced the length of the main stem, the stem diameter and total dry matter in both cultivars. The larger levels of potassium together with the salinity resulted in a depressive effect on the growth of the main stem and on stomatal conductance, compared to the isolated effect of salinity, indicating an enhanced osmotic effect. The existence of an interaction between salinity and potassium is an indication that the optimal level of the nutrient depends on salinity levels in the root zone of the plants, and is important information in the management of crops in saline environments.

**Key words:** Potassium fertilisation. Physiological response. Salt stress. *Vigna unguiculata*.

\*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 06/06/2014 e aprovado em 16/05/2015.

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil, stella\_prazeres@hotmail.com

<sup>2</sup>Prof. do Departamento de Irrigação e Drenagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, cfeitosa@ufc.br

<sup>3</sup>Doutoranda em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, edineidelb@gmail.com

<sup>4</sup>Prof. do Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará, aialaamorim@unilab.edu.br

<sup>5</sup>Doutoranda em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, isabelcsa@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Prof. do Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, lofeca@cca.ufpb.br

## INTRODUÇÃO

A salinidade, ocasionada naturalmente ou por ação antrópica, pelo manejo inadequado da irrigação ou uso de águas de alta salinidade, provoca redução da produtividade (MUNNS, 2002), das trocas gasosas foliares (BEZERRA *et al.*, 2003) e do crescimento (PRAXEDES *et al.*, 2014), para a maioria das culturas. Quando as águas salinas são utilizadas na irrigação os sais transportados se depositam no solo e se acumulam sempre que a água evapora ou é consumida pelas plantas (AYERS; WESTCOT, 1999), proporcionando aumento do teor de sais dissolvidos, diminuindo o potencial osmótico da solução do solo e reduzindo a disponibilidade de água às plantas (SILVA *et al.*, 2013). Isso resulta em redução do crescimento (ASSIS JUNIOR *et al.*, 2007) e do rendimento das culturas (NEVES *et al.*, 2010).

É importante destacar, no entanto, que o efeito depressivo do estresse salino nas culturas, irá depender do estágio fenológico da planta, da intensidade e duração do estresse e do manejo da irrigação (GHEYI *et al.*, 2005), como também da espécie vegetal que se está avaliando, pois, de acordo com Dantas *et al.* (2002), há casos em que indivíduos de um mesmo genótipo respondem diferentemente à ação de níveis crescentes de uma mesma fonte salina.

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., além da grande expressividade econômica, é uma eficiente fonte de proteínas e carboidratos (SILVA; OLIVEIRA, 1993), que torna uma cultura importante na dieta humana, no entanto, seu potencial genético ainda é pouco explorado. Imran *et al.* (2012) citam que muitas cultivares de feijão-caupi são adaptadas às regiões semiáridas do nordeste brasileiro, com produção de grãos em cultivos de sequeiros. Mesmo com essa adaptabilidade, o feijão-caupi é uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, tolerando condutividade elétrica da água de irrigação de até 3,3 dS m<sup>-1</sup>, a partir da qual se verifica queda na produtividade (AYERS; WESTCOT, 1999).

Algumas práticas estão sendo desenvolvidas, em diversos países, na tentativa de mitigar os efeitos depressivos às plantas, dos sais contidos tanto nos solos quanto na água de irrigação. Dentre estas práticas destacam-se as técnicas convencionais de adubação, com base no emprego de fertilizantes, que favorecem a aquisição de nutrientes pelas plantas em condições de salinidade (SILVA *et al.*, 2011). A adubação potássica vem apresentando resultados satisfatórios no que diz respeito à tolerância das plantas ao estresse salino, em virtude do potássio ser reconhecido como vital para diversos processos biológicos nas células das plantas, tais como, ativação enzimática, respiração, fotossíntese e melhoria no balanço hídrico. Além disso, o manejo na fertilização potássica pode resultar em maior competição desse macronutriente com outros cátions, especialmente o Na<sup>+</sup> (HEIDARI; JAMSHID, 2010).

Gurgel *et al.* (2010) constataram que a fertilização potássica aumentou a produção de fitomassa seca de

plantas de meloeiro irrigadas com água salina. Outro relato mostra que o aumento da aplicação de K pode ser útil para sobrepujar o efeito adverso da salinidade, pois a capacidade das plantas absorverem potássio é mais alta que a concentração de Na<sup>+</sup> (BARD; SHAFEI, 2002). Outros autores mostram, no entanto, que o aumento na dose de K nem sempre resulta em efeitos benéficos para as plantas sob estresse salino (LACERDA *et al.*, 2003).

Com o desígnio de obter referências que possam melhorar o desempenho de cultivares de feijão-caupi em regiões semiáridas do nordeste brasileiro com problemas de salinidade, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e as respostas fisiológicas de duas cultivares de feijão-caupi, irrigadas com água salina e sob doses de fertilização potássica, em condições de ambiente protegido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do setor de Agrometeorologia da Universidade Federal do Ceará, localizado no *Campus* do Pici, na cidade de Fortaleza (3° 45' S; 38° 33' W), no período de junho a agosto de 2011. Foram utilizadas sementes de duas cultivares de feijão-caupi (CE790 e CE104), as quais são de porte ereto, com ramos principal e secundário curtos, ciclo precoce de 75 a 80 dias, podendo ser plantadas para a produção de grãos secos ou verdes.

As sementes foram fornecidas pelo Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Ceará e semeadas em substrato feito pela mistura de 3:1 de areia lavada e de composto orgânico, que apresentou a seguinte composição química: 120 g kg<sup>-1</sup> de C; 8 g kg<sup>-1</sup> de N; 11, 3 g kg<sup>-1</sup> P total, 2,2 g kg<sup>-1</sup> de K; 0,62 g kg<sup>-1</sup> de Na; e um pH em água de 6,95. O substrato foi acondicionado em vasos com capacidade para 6 L (preenchendo um volume de 5 dm<sup>3</sup> após a mistura), com uma camada de brita nº1 na base, para facilitar a drenagem da água de irrigação.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial (2 x 4 x 4), referente às cultivares de feijão-caupi (CE 790 e CE 104), quatro doses de potássio (K) na forma de KCl (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 g por vaso), correspondendo a 25, 50, 100 e 200% da dose recomendada pela Embrapa (2003), e quatro níveis de salinidade das águas de irrigação, expressos pela condutividade elétrica (0,7; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>).

Inicialmente, os vasos foram irrigados diariamente com água de baixa salinidade – 0,7 dS m<sup>-1</sup> cuja análise química pela Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado do Ceará, segundo Tavares (2009), apresentou os seguintes teores em mmol L<sup>-1</sup>: 1,1 de Ca<sup>2+</sup>; 1,6 de Mg<sup>2+</sup>; 3,3 de Na<sup>+</sup>; 0,2 de K<sup>+</sup>; 4,8 de Cl<sup>-</sup>; 1,3 de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,1 de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>; pH 8,1; CEw 0,7 dS m<sup>-1</sup>; e RAS 2,9.

Após o desbaste (10 DAP), iniciou-se a aplicação das águas salinas nos diferentes tratamentos, em intervalos de dois dias, mantendo-se o solo na capacidade de campo após cada irrigação, seguindo o princípio do lisímetro de pesagem, e aplicando-se uma fração de lixiviação de 0,15. As águas salinas foram preparadas a cada duas semanas, em reservatórios com capacidade de 60 L, sendo utilizados NaCl, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O nas proporções de 7:2:1. A concentração dos sais foi calculada pela equação:

$$[Cs \text{ (mmol L}^{-1}\text{)} = CE \times 10]$$

em que: Cs = Concentração de sais; CE = condutividade elétrica pré-estabelecida (RHOADES *et al.*, 2000).

A adubação foi realizada seguindo a recomendação para feijão-caupi (EMBRAPA, 2003), sendo aplicados: 2,0; 8,0; 2,0 e 1,0 g por vaso de ureia (0,9 g de N), superfosfato simples (1,44 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloreto de potássio (1,2 g de K<sub>2</sub>O) e FTE (*Frited Trace Elements*), respectivamente. A adubação foi realizada antes da semeadura, parcelando-se apenas as doses de potássio (metade na semeadura e 30 dias após a semeadura – DAS).

Aos 47 DAP foram realizadas medições da taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e taxa de transpiração (*E*), em folhas completamente desenvolvidas, entre 9 e 12 h, sob radiação saturante e sob condições ambientes de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>, utilizando-se um analisador de gás no infravermelho IRGA (LCI System, ADC, Hoddesdon).

Aos 55 DAP foram mensurados o comprimento da haste principal (CHP), utilizando trena e medindo-se a partir do colo da planta até a última inserção foliar, e o diâmetro do caule (DC) medido a 10 cm do colo da planta por meio de paquímetro digital. Após atingirem o estágio fenológico R3 (início da maturidade da primeira vagem), geralmente oriunda da primeira flor, de acordo com Campos *et al.* (2000), as plantas foram coletadas, separando-se a parte aérea das raízes, e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante, sendo quantificados os valores de matéria seca total.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), regressão polinomial e superfície de resposta para verificar os efeitos dos fatores isolados (variedade, potássio e salinidade) e das interações, utilizando-se o programa SAS 9.1.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito isolado da salinidade influenciou todas as variáveis de crescimento e trocas gasosas estudadas em feijão-caupi. A interação cultivares e doses de potássio só não exerceu influência sobre o diâmetro do caule, fotossíntese e transpiração das plantas. A interação potássio x salinidade x cultivares foi significativa apenas para o comprimento da haste principal e condutância estomática (Tabela 1).

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância para comprimento da haste principal (CHP), matéria seca total (MST), diâmetro do caule (DC), fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e transpiração (*E*), de plantas de feijão-caupi submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio

**Table 1** - Summary of the variance analysis for length of main stem (CHP), total dry matter (MST), stem diameter (DC) net photosynthesis (*A*), stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*) and transpiration (*E*), in cowpea plants submitted to irrigation with saline water and rates of potassium

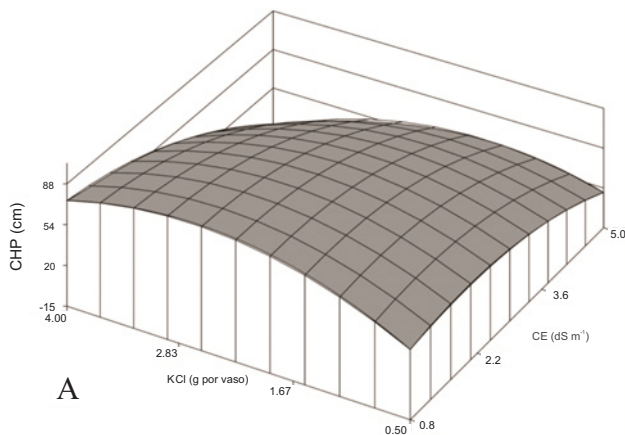
Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios					
		CHP	MST	DC	<i>A</i>	<i>g<sub>s</sub></i>	<i>E</i>
Cultivares (V)	1	9849,4**	46,8993**	0,0002 <sup>ns</sup>	27,00*	19,62 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	3	3051,1**	5,0743 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	48,19*	2,40*
V x K	3	568,0**	25,0146**	0,0264 <sup>ns</sup>	4,65 <sup>ns</sup>	70,60**	1,67 <sup>ns</sup>
Salinidade (CE)	3	8021,6**	68,8954**	0,2271**	56,33**	1198,19**	60,07**
V x CE	3	265,3 <sup>ns</sup>	3,0779 <sup>ns</sup>	0,0458 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	77,66**	0,40 <sup>ns</sup>
K x CE	9	873,8**	5,5163 <sup>ns</sup>	0,0354 <sup>ns</sup>	4,74 <sup>ns</sup>	46,78**	1,82*
V x K x CE	9	1207,8**	7,5360 <sup>ns</sup>	0,0237 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	39,91**	0,82 <sup>ns</sup>
Resíduo	128	139,9	4,5166	0,0286	4,36	12,19	0,81
Total	159	-	-	-	-	-	-
CV (%)		16,84	20,23	11,31	11,06	13,26	12,27

\*,\*\* significativo a 5 e 1%, respectivamente e <sup>ns</sup> – não significativo pelo teste F.

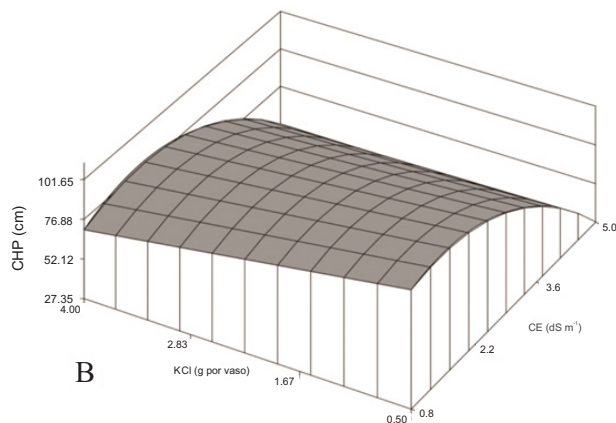
\*,\*\* significant at 5% e 1% respectively, and <sup>ns</sup> – not significant by F-test.

G.L. – degree of freedom; C.V. – coefficient of variation.

As superfícies de respostas apresentadas nas Figuras 1A e 1B indicam que para as cultivares de feijão-caupi estudadas, houve redução do CHP na medida em que a salinidade da água utilizada na irrigação foi aumentada, sendo observado um decréscimo superior a 72 e 77% nas cultivares CE104 e CE 790, respectivamente, no maior nível salino em relação à menor dose salina. Efeito negativo semelhante foi observado por Lima *et al.* (2007), que ao avaliarem a resposta do feijão-caupi à salinidade da água, observaram que a irrigação com água salina prejudicou a altura das plantas; tendências semelhantes foram também observadas por Gonzales *et al.* (2000) e Hadi *et al.* (2012).



$$\text{CHP} = 47,925 + 53,352 * \text{KCl} + 17,494 * \text{CE} - 9,091 * \text{KCl}^2 - 3,739 * \text{CE}^2 - 4,223 * \text{KCl} * \text{CE}$$



$$\text{CHP} = 94,125 - 9,837 * \text{KCl} + 16,318 * \text{CE} - 5,917 * \text{CE}^2 - 1,945 * \text{KCl} * \text{CE}$$

**Figura 1** - Comprimento da haste principal (CHP) das cultivares de feijão-caupi CE790 (A) e CE 104 (B), em função das doses de KCl e da salinidade da água de irrigação.

**Figure 1** - Length of main stem (CHP) in the cowpea cultivars CE 790 (A) and CE 104 (B) for rates of KCl and salinity of the irrigation water.

A aplicação do potássio na forma do cloreto de potássio via solo proporcionou aumentos no CHP das plantas de feijão-caupi, porém as respostas dependeram da cultivar e da salinidade da água de irrigação. Para a cultivar CE 790 verificou-se que a dose que resultou em maior CHP foi estimada em 2,69 g por vaso de KCl, associado à salinidade da água estimada em 2,4 dS m<sup>-1</sup>, sendo que doses mais elevadas de potássio intensificaram os efeitos da salinidade. Por outro lado, para a cultivar CE 104 o maior CHP foi verificado na dose estimada de 4 g por vaso de KCl associado à CE de 1,38 dS m<sup>-1</sup>. Na maior dose de potássio (4,0 g por vaso) e no maior nível salino (5,0 dS m<sup>-1</sup>) a CHP foi reduzida a 25 cm na cultivar CE 790, valor inferior ao observado nas plantas sujeitas apenas ao efeito isolado da salinidade cujo CHP foi de 44,0 cm. Para a cultivar CE 104 o efeito da interação potássio salinidade foi menos acentuado, sendo observados valores de CHP correspondentes a 27,35 cm na maior dose de potássio e maior nível salino e de 27,79 cm se considerando apenas o maior nível salino.

Os efeitos negativos de elevadas doses de potássio em plantas submetidas ao estresse salino, observados no presente estudo, são semelhantes ao observados em plantas de sorgo (LACERDA *et al.*, 2003). De acordo com Andrade Júnior *et al.* (2011), a salinidade afeta a absorção de água e crescimento das plantas devido à redução no potencial hídrico da solução externa por meio do efeito osmótico dos sais Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> introduzidos. A adição de cloreto de potássio, sal com elevado índice salino, resulta da intensificação do efeito osmótico (LACERDA *et al.*, 2003), o que pode justificar, pelo menos parcialmente, os resultados obtidos. No entanto, os resultados divergem dos verificados por Kaya *et al.* (2007) e Gurgel *et al.* (2010) que destacam o benefício da adubação potássica em plantas de melão sob estresse salino; porém esses autores utilizaram nitrato de potássio e sulfato de potássio.

A matéria seca total das plantas respondeu significativamente aos efeitos da interação variedade x potássio e ao efeito isolado da salinidade da água. A adição do cloreto de potássio, aumentou a produção de matéria seca da cultivar CE 790, sendo seu valor máximo de 11,54 g por planta na dose de KCl correspondente a 3,2 g por vaso. Na cultivar CE 104 o valor máximo da matéria seca foi de 10,49 g por planta, para a dose de 1,4 g por vaso de KCl, no entanto, foi verificado um decréscimo dessa variável na maior dose de potássio aplicada (Figura 2A). No que se refere à salinidade, o aumento do teor salino das águas inibiu o acúmulo de matéria seca total de ambas cultivares, causando redução de 0,72 g por planta para cada aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2B).

As plantas de feijão-caupi, apresentaram redução do diâmetro do caule a partir do nível salino estimado em 1,55 dS m<sup>-1</sup>, com um diâmetro máximo de 1,53 cm (Figura 2C). Resultados semelhantes, com feijão-caupi, foram apresentados



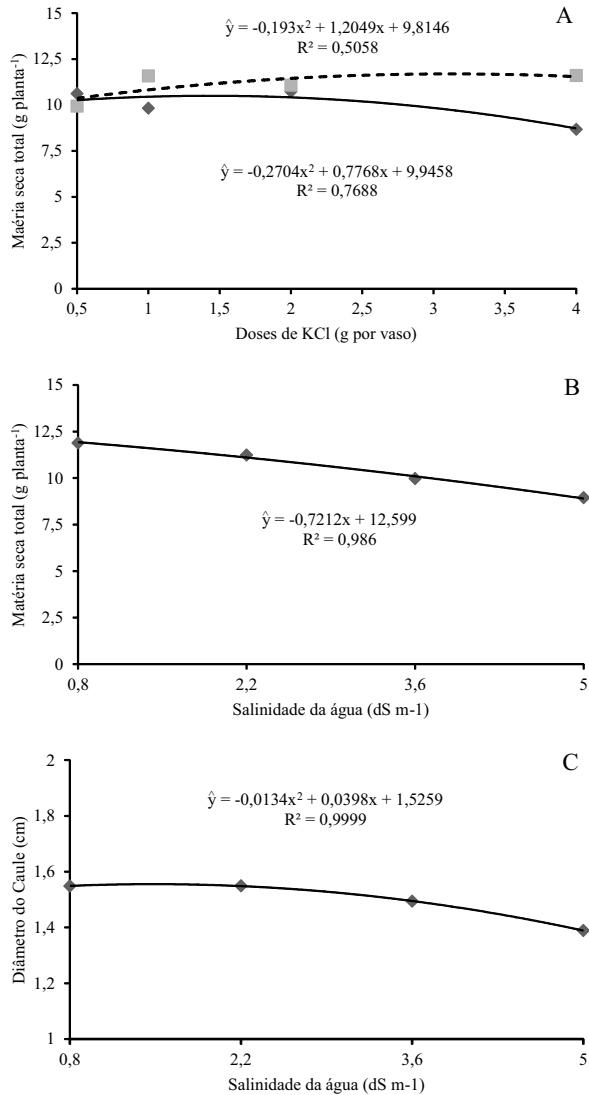


Figura 2 - Matéria seca total das cultivares de feijão-caupi CE 790 (\_\_\_) e CE 104(----) em função da dose de KCl (A) e da salinidade (B); Diâmetro do caule em função da salinidade da água de irrigação (C).

Figure 2 - Total dry matter in the cowpea cultivars CE 790 (\_\_\_) and CE 104 (----) for rates of KCl (A) and salinity (B); Stem diameter in plants of the cowpea for salinity of the irrigation water.

por Lima *et al.* (2007). Em geral, a inibição do crescimento das plantas induzida pela salinidade é consequência do efeito osmótico, que pode provocar o déficit hídrico, e/ou de efeito específico de íons, que podem acarretar toxidez ou desordem nutricional (MUNNS, 2002). Em geral, a redução do crescimento das plantas submetidas ao estresse salino é uma resposta comum, especialmente em glicófitas (MEDEIROS *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2008; ARAGÃO *et al.*, 2009).

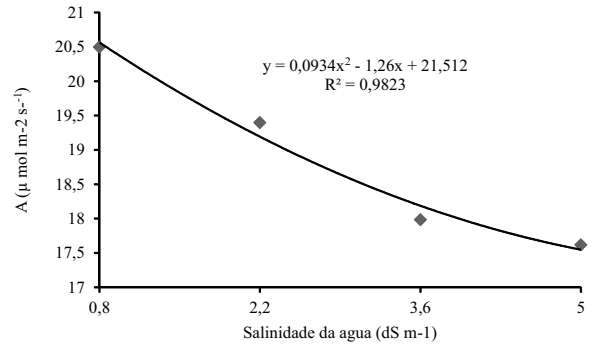
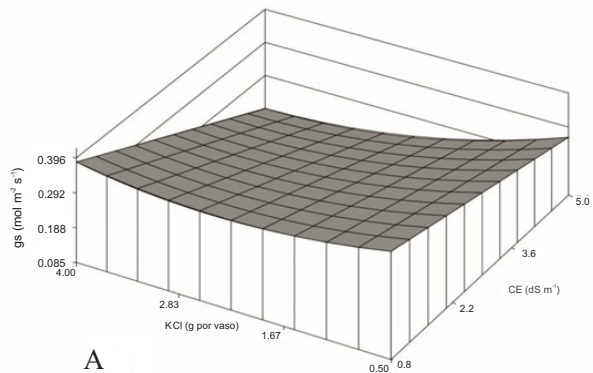
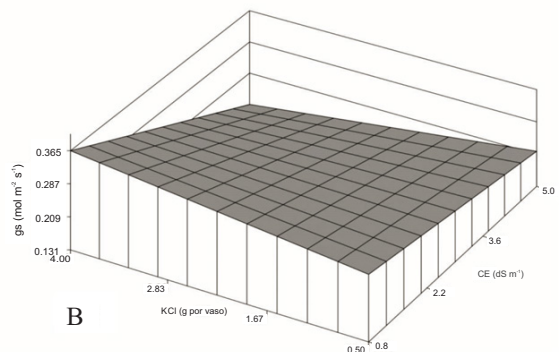


Figura 3 - Taxa fotossintética líquida de plantas de feijão-caupi em função da salinidade da água de irrigação.

Figure 3 - Net rate of photosynthesis in the cowpea for salinity of the irrigation water.



$$gs = 0,4464 - 0,0566 * KCl - 0,0265 * CE + 0,0137 * KCl^2 - 0,0111 * KCl * CE$$



$$gs = 0,2823 + 0,03180 * KCl - 0,0109 * CE + 0,0112 * KCl * CE$$

Figura 4 - Condutância estomática das cultivares de feijão-caupi CE790 (A) e CE104(B) em função de doses de potássio e da salinidade da água de irrigação.

Figure 4 - Stomatal conductance in the cowpea cultivars CE 790 (A) and CE 104 (B) for rates of potassium and salinity of the irrigation water.

O estresse salino reduziu a taxa fotossintética das plantas de feijoeiro em estudo (Figura 3). Com o aumento da salinidade na água de irrigação a taxa fotossintética reduziu até ao valor de  $17,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  no maior nível de salinidade ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ).

A condutância estomática das plantas de feijão-caupi é crescente com o aumento das doses de potássio para ambas as cultivares (Figura 4A e 4B). Na cultivar CE 104 (Figura 4B) houve queda na condutância estomática na medida em que a salinidade aumentou. Observa-se, também, que a resposta das plantas à aplicação de potássio foi evidente apenas quando se utilizou água de baixa salinidade.

Quando se avalia o efeito combinado da salinidade e das doses de potássio verifica-se que a maior dose de potássio associada ao maior nível salino ocasionou redução da condutância estomática nas plantas de feijão-caupi superior a observada quando o potássio encontrava-se na menor dose. Na cultivar CE 790 (Figura 4A), a interação potássio e salinidade reduziu a condutância estomática para  $0,085 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e na cultivar CE 104 a gs chegou a  $0,131 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Esses valores são inferiores aos observados no maior nível salino isoladamente, que resultou em valores de gs de  $0,313$  e de  $0,2278 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as cultivares CE 790 e CE 104, respectivamente. Isso demonstra que houve efeito negativo da interação potássio e salinidade na condutância estomática das plantas. Isso é um indicativo da intensificação do efeito osmótico, quando maiores concentrações de sais da água de irrigação se

associaram às maiores doses de potássio (LACERDA *et al.*, 2003), já que a fonte utilizada (KCl) tem elevado índice salino. A taxa de transpiração das plantas seguiu a mesma tendência dos dados de condutância estomática, porém não se observou diferença entre os dois cultivares estudados (Figura 5).

A maior abertura dos estômatos favorece a entrada de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar, aumentando sua concentração interna e conseqüentemente a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013). Souza *et al.* (2011) verificaram que as plantas de feijão-caupi sob estresse salino apresentaram menor taxa de assimilação de carbono e justificaram que isso foi ocasionado pela redução da abertura dos estômatos, o que foi observado também no presente estudo. Resultados semelhantes foram observados por Assis Júnior *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2011). A redução da condutância estomática pode reduzir a taxa fotossintética por meio da diminuição na pressão parcial de  $\text{CO}_2$  nos espaços intercelulares (SULTANA *et al.*, 1999). A redução na taxa de transpiração, segundo Pinto *et al.* (2008), está também diretamente ligada à diminuição da condutância estomática, e Machado *et al.* (2005) enfatizam que havendo menores aberturas estomáticas haverá a diminuição da transpiração, com conseqüente aumento da temperatura foliar.

## CONCLUSÕES

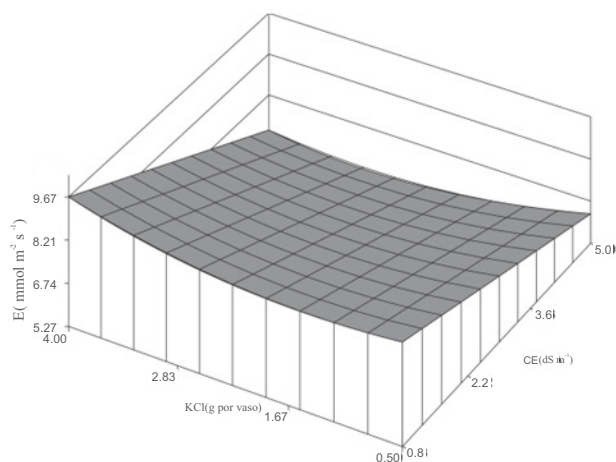
O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu o comprimento da haste principal, diâmetro do caule e matéria seca total das cultivares de feijão-caupi CE 104 e CE 790;

As maiores doses de potássio em conjunto com a salinidade proporcionam um efeito mais depressivo no crescimento da haste principal e na condutância estomática, em comparação ao efeito isolado da salinidade, sendo um indicativo da intensificação dos efeitos osmóticos dos sais;

A existência de interações entre salinidade e potássio é um indicativo de que a dose ótima desse nutriente depende da salinidade na zona radicular das plantas e da fonte utilizada na adubação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal) pelo suporte financeiro.



$$E = 9,332 - 0,513 * CE - 0,417 * KCl + 0,175 * KCl^2 - 0,121 * CE * KCl$$

Figura 5 - Transpiração (E) de plantas de feijão-caupi em função de doses de potássio e da salinidade da água de irrigação.

Figure 5 - Transpiration (E) in the cowpea for rates of potassium and salinity of the irrigation water.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 110-119, 2011.
- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2009.
- ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 702-713, 2007.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.
- BADR, M. A.; SHAFEI, A. M. Salt tolerance in two wheat varieties and its relation to potassium nutrition. **Al-Azhar Journal of Agricultural Research**, v. 35, p. 115 – 128, 2002.
- BEZERRA, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 47, p. 149-152, 2003.
- CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B.; ROCHA, M. M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.
- DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. S. N.; ANDRADE, S. I. O.; SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. Sistemas de produção 2. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/Feijãocaupi/importancia.htm>. Acesso: em 12 out. 2011.
- GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p. 138 -148.
- GONZALES, L. M.; ZAMORA, A.; CESPEDES, N. Salt tolerance of cultivars of *Vigna unguiculata* (L.) Walp during the initial growth stages of plants. **Alimentaria**, v. 37, n. 314, p. 105-108, 2000.
- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.
- HADI, F.; HUSSAIN, F.; ARIF, M. Growth performance and comparison of cowpea varieties under different NaCl salinity stresses. **Greener Journal of Physical Sciences**, v. 2, n. 1, p. 44 – 49, 2012.
- HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 5, n. 6, p. 39-46, 2010.
- IMRAN, M.; QAMAR, I. A.; MUHAMMAD, S.; MAHMOOD, I. A.; CHATHHA, M. R.; GUMANI, Z. A.; ANJUM, A. S.; SHAHID, M. N. Comparison of different cowpea varieties/lines for green fodder and grain yield under rainfed conditions of Islamabad. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2012.
- KAYA, C.; TUNA, A. L.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 3, p. 397-403, 2007.
- LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, H. P. M.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em folhas de sorgo forrageiro submetido a soluções iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl). **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 1-6, 2003.
- LIMA, C. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JUNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 79–86, 2007.

- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 248-255, 2007.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; TEIXEIRA, A. S.; COSTA, C. A. G.; GHEYI, H. R. Monitoramento da cobertura do solo e produtividade do feijão-de-corda irrigado por sulcos com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 59-66, 2010.
- PINTO, C. de M. et al. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.
- PRAXEDES, S. C.; DAMATTA, F. M.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt stress tolerance in cowpea is poorly related to the ability to cope with oxidative stress. **Acta Botanica Croatica**, v. 73, n. 1, 2014.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A. M.; MARSHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 48).
- SILVA, E.N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 62-68, 2011.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.
- SILVA, J. K. M.; OLIVERIA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 30-35, 2008.
- SILVA, M. V. T.; LIMA, R. M. S.; MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, A. M. A.; SILVA, N. K. C. Evolução da salinidade do solo em função de diferentes doses de nitrogênio e salinidade da água de irrigação. **Revista ACSA-Agropecuária Científica no Seminário**, v. 9, n. 2, p. 126 – 136, 2013.
- SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 133-135, 1993.
- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 586-592, 2011.
- SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, n. 3, p. 211-20, 1999.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.