

Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos

Salt stress in cowpea plants on biofertilized soil

Geocleber Gomes de Sousa^{1*}, Thales Vinícius de Araújo Viana², Claudivan Feitosa de Lacerda², Benito Moreira de Azevedo², Giovana Lopes da Silva³, Fellype Rodrigo Barroso Costa⁴

Resumo - O uso de fertilizantes orgânicos provenientes de resíduos de origem animal pode atenuar os efeitos danosos da salinidade da água de irrigação sobre as plantas. Um experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, no período de setembro a novembro de 2012, objetivando-se avaliar a resposta do feijão-caupi a níveis de salinidade, sem e com dois tipos de biofertilizantes em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3, com cinco repetições. O primeiro fator consistiu dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, sendo: 0,8 dS m⁻¹; 1,5 dS m⁻¹; 3,0 dS m⁻¹; 4,5 dS m⁻¹ e 6,0 dS m⁻¹; e o segundo fator compreendeu três condições: sem biofertilizante (B0), com biofertilizante de caranguejo enriquecido (B1) e com biofertilizante bovino comum (B3). Foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese, temperatura da folha, transpiração, condutância estomática, altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar e matéria seca da parte aérea. O biofertilizante de caranguejo enriquecido atenua com mais eficiência o estresse salino sobre a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, fotossíntese, transpiração e condutância estomática do feijão-caupi cultivar BRS ITAIM em relação às plantas sem biofertilizante e com biofertilizante bovino comum.

Palavras-chave - Índices fisiológicos. Insumo orgânico. Salinização.

Abstract - The use of organic fertilizer from animal waste can mitigate the harmful effects of salinity of irrigation water on the plants. This experiment was performed in the experimental area of the Universidade Federal do Ceará, Weather Station (*Estação Meteorológica*), from September to November 2012, aiming at evaluate the response of the cowpea (*Vigna unguiculata* L.) to salinity levels and biofertilizer types in a greenhouse. The experimental design was that of completely randomized, 5x3 factorial with five replications. The first factor consisted of electrical conductivity of irrigation water levels, as follows: 0.8 dS m⁻¹; 1.5 dS m⁻¹; 3.0 dS m⁻¹; 4.5 dS m⁻¹ and 6.0 dS m⁻¹; and the second factor comprised three conditions: without biofertilizers (B0), with enriched crab fertilizer (B1) and with bovine common biofertilizer (B3). The evaluated variables were: photosynthesis, leaf temperature, transpiration, stomatal conductance, plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, and shoot dry mass. The crab enriched biofertilizer more efficiently mitigates the salt stress on plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, photosynthesis, transpiration and stomatal conductance of cowpea cultivar BRS ITAIM compared to plants with biofertilizer and biofertilizer bovine common. The biofertilizer of crab enriched more efficiently mitigates the salt stress on plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, photosynthesis, transpiration and stomatal conductance of cowpea cultivar BRS ITAIM compared to plants without biofertilizer and bovine common biofertilizer.

Key words - Organic inputs. Physiological indices. Salinization.

*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 16/12/2013 e aprovado em 17/10/2014.

¹Pesquisador Doutor em Engenharia Agrícola, Programa Nacional de Pós-Doutorado/CAPES, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, sousamsa@yahoo.com.br

²Professor Doutor Associado II, Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, thales@ufc.br, cfeitosa@ufc.br, benitoazevedo@hotmail.com

³Doutora em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, gisolos@hotmail.com

⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do CE, Fortaleza, Ceará, Brasil, fellyperodrigo@yahoo.com.br

Introdução

Na região semiárida do Nordeste, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) se constitui na principal cultura de subsistência e fonte de proteína de origem vegetal do pequeno produtor. Em virtude de suas características de rusticidade e precocidade, é considerada uma planta adaptada às condições do semiárido, sendo amplamente cultivada em condições de sequeiro e nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro.

Segundo Freire Filho *et al.* (2005), é uma cultura de grande importância socioeconômica das regiões Norte e Nordeste do Brasil não só pela ampla aceitação popular como também pelo seu alto valor nutritivo. É uma espécie considerada tolerante à seca e moderadamente tolerante à salinidade, e, de acordo com Ayres e Westcot (1999), tolera a irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m⁻¹, sem redução na produtividade.

As concentrações de sais que restringem o crescimento do feijão-caupi variam entre os cultivares e parecem depender da composição iônica do meio, das concentrações de íons potencialmente tóxicos, particularmente Na⁺ e Cl⁻, que proporcionam redução no crescimento foliar e na assimilação líquida de carbono, repercutindo negativamente na produtividade da cultura (NEVES *et al.*, 2009; LACERDA *et al.*, 2011). O excesso de sais pode comprometer as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, causando estresse osmótico, o que resulta em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais além do acúmulo de íons tóxicos (ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007; CALVET *et al.*, 2013).

Uma das estratégias de manejo, que vem sendo recentemente estudada em plantas cultivadas em ambiente salino é a utilização de biofertilizantes. O biofertilizante, quando aplicado via solo na forma líquida, proporciona melhorias na velocidade de infiltração da água e libera substâncias húmicas no solo, induzindo o aumento do ajustamento osmótico às plantas pela acumulação dessas substâncias, facilitando a absorção de água e nutrientes em

meios adversamente salinos (SOUTO *et al.*, 2013; AYDIN *et al.*, 2012).

Silva *et al.* (2011) verificaram que o aumento da concentração salina das águas prejudicou o crescimento inicial do feijão-caupi, mas as plantas permaneceram mais vigorosas quando foi aplicado o biofertilizante bovino de fermentação anaeróbica via solo. Da mesma forma, Silva *et al.* (2013) verificaram que o aumento da concentração salina das águas prejudicou a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração da cultura do feijão-caupi, mas com menor intensidade no solo onde foi aplicado o biofertilizante bovino de fermentação anaeróbica.

A partir do exposto, objetivou-se de avaliar a resposta do feijão-caupi a níveis de salinidade, sem e com dois tipos de biofertilizantes em casa de vegetação.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em estufa telada na Estação Agrometeorológica, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, (3°45'S; 38° 33'W e altitude de 19 m). Segundo a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima Aw' (tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono). O material utilizado como substrato apresentava uma mistura de solo, areia e esterco, na proporção 3:6:1, respectivamente. Alguns atributos físicos e químicos do substrato antes da aplicação dos tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

A semeadura das sementes do cultivar de feijão-caupi BRS ITAIM foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 25 litros, em julho de 2012. Após o estabelecimento das plântulas, aos 8 dias após a semeadura (DAS), fez-se o desbaste, deixando-se uma planta por vaso.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3, com cinco repetições. O primeiro fator consistiu de cinco níveis de

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do substrato antes da aplicação dos tratamentos

Table 1 - Chemical and physical properties of the substrate prior to application of treatments

Amostra	Atributos químicos								Atributos físicos	
	(Ca) ²⁺	Mg ²⁺	(K)	Na ⁽⁺⁾	(P) ²	(pH) ³	(CEes) ⁴	(PST) ⁵	(Classe textural) ⁶	(DS) ⁷
	18,6	14,5	3,35	8,43	455	6,6	0,41	16	Franco arenosa	1,5

¹mmolc dm⁻³; ²mg dm⁻³; ³H₂O 1:2,5; ⁴Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m⁻¹); ⁵Percentual de sódio trocável (%); ⁶Classe textural; ⁷Densidade do solo.

¹mmolc dm⁻³; ²mg dm⁻³; ³H₂O 1:2,5; ⁴Electric conductivity of saturation extract (dS m⁻¹); ⁵Exchangeable sodium percentage (%); ⁶Textural class; ⁷Bulk density.

salinidade da água de irrigação (0,8 dS m⁻¹; 1,5 dS m⁻¹; 3,0 dS m⁻¹; 4,5 dS m⁻¹ e 6,0 dS m⁻¹) e o segundo compreendeu três condições de cultivo: sem biofertilizante (B0); com biofertilizante de caranguejo enriquecido (B1); e com biofertilizante bovino comum (B2).

Na preparação da água salina, foram utilizados os sais de NaCl, CaCl₂·2H₂O e MgCl₂·6H₂O, na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992). A irrigação foi iniciada após o desbaste com uma frequência de irrigação diária.

O biofertilizante bovino comum foi preparado a partir de uma mistura de partes iguais de esterco fresco bovino e água não salina (condutividade elétrica da água (CEa) = 0,8 dS m⁻¹) sob fermentação anaeróbica, durante 30 dias, em recipiente plástico. Para se obter o sistema anaeróbico, a mistura foi colocada em uma bombona plástica de 240 L, deixando-se um espaço vazio de 15 a 20 cm no seu interior, e fechada hermeticamente. Na tampa foi adaptada uma mangueira com a outra extremidade mergulhada num recipiente com água na altura de 20 cm, para a saída de gases (PENTEADO, 2007).

O biofertilizante de caranguejo enriquecido com fermentação anaeróbica foi preparado a partir de uma mistura de 60 kg de restos de caranguejo (pata e cabeça) moído, 5 kg de rapadura preta moída, 2,0 L de leite e 100 L de água não salina (CEa = 0,8 dS m⁻¹) em um reservatório de 300 L, deixando-se fermentar por um período de 90 dias.

Cada tipo de biofertilizante foi diluído em água na razão de 1:1, aplicados de uma única vez, em volume equivalente a 10% (2,5 L planta⁻¹) do volume do substrato (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

Os teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn) na composição química da matéria seca dos biofertilizantes líquidos encontram-se na Tabela 2. As análises foram realizadas adotando-se as metodologias sugeridas por Malavolta *et al.* (1997).

Aos 45 dias após a sementeira, avaliaram-se, em folhas completamente expandidas, os seguintes índices fisiológicos: taxa fotossintética líquida, temperatura da folha, taxa de transpiração e condutância estomática. As medições foram realizadas utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹. As medições ocorreram sempre entre 10h e 11h, utilizando-se fonte de radiação artificial (cerca de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹).

Aos 45 dias após a sementeira, foram analisadas as seguintes variáveis: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e matéria seca da parte aérea (MSPA), que foram acondicionadas em sacos de papel e, em seguida, colocadas para secar em estufa a 60 °C.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, e as médias comparadas pelo teste de Tukey com p<0,05, utilizando-se o programa SAEG/UFV (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Na análise de regressão, as equações de regressão que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão ao nível de significância de 1%(**) e 5%(*) pelo teste F, e no maior coeficiente de determinação (R²).

Resultados e discussão

Verifica-se a partir da análise de variância que as variáveis altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar foram influenciadas, significativamente, pela interação entre salinidade da água de irrigação e biofertilizantes (Tabela 3), enquanto a massa seca da parte aérea foi a única variável que apresentou significância para a interação entre os fatores estudados.

Tabela 2 - Composição de macro e micronutrientes na matéria seca de biofertilizante de caranguejo enriquecido e bovino comum

Table 2 - Composition of macro and micronutrients in the dry matter of biofertilizers of crab enriched and bovine common

BIO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	g L ⁻¹					mg L ⁻¹			
B1	0,3	1,1	2,3	3,2	0,3	43,6	0,1	7,3	6,6
B2	0,96	0,34	0,16	2,3	0,44	31,3	1,64	8,8	4,96

BIO: biofertilizante; B1: biofertilizante de caranguejo enriquecido; B2: biofertilizante bovino comum.

BIO: biofertilizers; B1: crab enriched biofertilizers; B2: bovine common biofertilizers.

Tabela 3 - Análise de variância de diferentes níveis de salinidade em três condições de cultivo (sem biofertilizante, com biofertilizante bovino comum e com biofertilizante de caranguejo enriquecido) nas características agrônômicas de feijão-caupi

Table 3 - Analysis of variance of different salinity levels in three culture conditions (without biofertilizer, with common bovine biofertilizer and biofertilizer of crab enriched) on agronomic traits of cowpea

FV	GL	Quadrado médio				
		NF	AP	DC	AF	MSPA
Salinidade (S)	4	6,6**	106,4**	66,53**	3431,17**	1200,69**
Biofertilizantes (B)	2	7,22 ^{ns}	30,62*	0,33*	0,22**	748,22 ^{ns}
BxS	8	1,1**	50,12**	42,93**	2784,72**	655,76 ^{ns}
Resíduo	45	0,72	6,04	11,35	16,4	43,08
C.V. (%)	-	11,28	11,42	15,48	18,75	7,06

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; NF: número de folha; AP: altura de planta; DC: diâmetro de caule; AF: área foliar; MSPA: matéria seca da parte aérea; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação.

FV: Variation factor; GL: Degrees of freedom; NF: leaf number; AP: plant height; DC: stem diameter; AF: leaf area; MSPA: dry matter; *Significant by F test at 5%; **Significant by F test at 1%; ns: not significant; C.V.: coefficient variation.

De acordo com a Figura 1, os efeitos dos sais presentes na água de irrigação provocaram redução no número de folhas em todos os tratamentos estudados. No entanto, o biofertilizante bovino comum (B2) e o biofertilizante de caranguejo enriquecido (B1) exerceram efeito atenuador nessa variável em relação à testemunha (B0). Essa superioridade possivelmente está relacionada com a capacidade de o biofertilizante estimular a proliferação de micro-organismos e solubilizadores de nutrientes essenciais no solo, aumentando a sua disponibilidade às plantas (SOUSA *et al.*, 2013).

O número de folhas máximo na presença do biofertilizante de caranguejo enriquecido foi de 17,43 para uma condutividade elétrica da água de 2,7 dS m⁻¹, enquanto para o biofertilizante bovino comum o número de folha máximo foi de 15,33 para uma condutividade elétrica da água de 1,69 dS m⁻¹. Ressalta-se que a inibição provocada pelo estresse salino se torna mais prejudicial quando resulta em menor expansão foliar, com reflexos negativos na taxa de fotossíntese líquida, prejudicando os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas em geral (NUNES *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2011).

É provável que os teores de alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, presentes no biofertilizante bovino (Tabela 2), tenham contribuído para melhor desempenho das plantas em relação ao biofertilizante de caranguejo enriquecido e testemunha no menor nível salino (0,8 dS m⁻¹).

Trabalhando em ambiente salino com a cultura do feijão-caupi, Calvet *et al.* (2013) também constataram uma redução no número de folhas em diferentes estádios

de desenvolvimento. Em conformidade com esse estudo, Sousa *et al.* (2012) também encontraram uma redução do número de folhas na cultura do amendoim, sob irrigação com águas salinas, em solo com biofertilizante bovino comum de fermentação anaeróbia e aeróbia. Similaridade foi constatada por Souto *et al.* (2013) em plantas de noni irrigadas com águas salinas em solo com biofertilizante bovino de fermentação anaeróbia.

Na Figura 2, observa-se um decréscimo em altura de plantas com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação quando cultivadas na presença e na ausência dos biofertilizantes. No entanto, o aumento da concentração salina proporcionou uma tendência linear decrescente para o B0 e B2 e um modelo polinomial quadrático para B1, revelando uma altura de plantas máxima de 22,24cm para uma CEa de 2,96 dS m⁻¹.

Lima *et al.* (2007), estudando o desenvolvimento inicial do feijão-caupi, cultivar 'Quarentinha', irrigado com águas salinas em condições de casa de vegetação, registraram altura de 12 cm em plantas irrigadas com uma CEa de 5 dS m⁻¹. Da mesma forma, Silva *et al.* (2011) verificaram que os níveis crescentes de sais da água de irrigação prejudicaram o crescimento em altura de plantas de feijão-caupi cultivar Epace 10, mas com menos intensidade no solo com biofertilizante bovino.

Observa-se na Figura 3 que os tratamentos sem biofertilizante e com biofertilizante de caranguejo enriquecido proporcionaram um modelo linear decrescente para o diâmetro do caule, com o aumento da condutividade elétrica da água (CEa). Por outro lado, os valores de diâmetro do caule em função dos

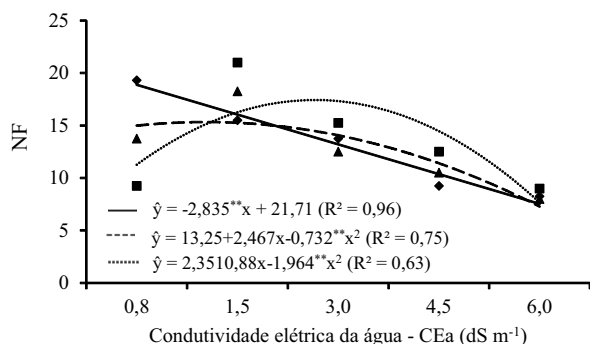


Figura 1 - Número de folhas de feijão-caupi irrigadas com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (◆), com biofertilizante de caranguejo enriquecido - B1 (▲) e biofertilizante bovino comum - B2 (■).

Figure 1 - Number of leaves of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (◆), with biofertilizer of crab enriched - B1 (▲) and common bovine biofertilizer - B2 (■).

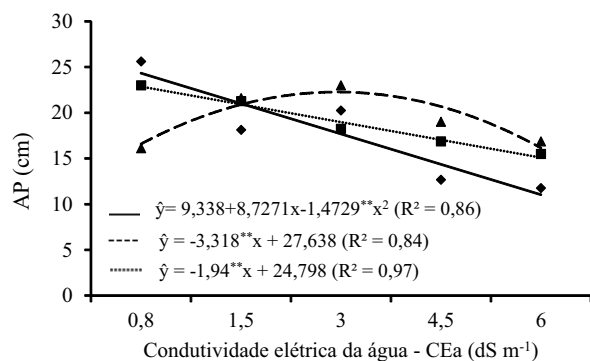


Figura 2 - Altura de plantas de feijão-caupi irrigada com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (◆), com biofertilizante de caranguejo enriquecido - B1 (▲) e biofertilizante bovino comum - B2 (■).

Figure 2 - Plant height of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (◆), with biofertilizer of crab enriched - B1 (▲) and common bovine biofertilizer - B2 (■).

níveis de salinidade da água de irrigação nas cultivadas com biofertilizante bovino foram ajustados a um modelo polinomial quadrático, evidenciando valor máximo de 17 mm de diâmetro para uma CEa de 4,55 dS m⁻¹. Esse comportamento da planta na presença do B1 possivelmente está associado ao efeito atenuador desse insumo orgânico e na adaptação dessa cultivar ao estresse salino. Andrade *et al.* (2013), trabalhando em casa de vegetação com a cultura do feijão-caupi, cultivar 'Quarentinha', verificaram

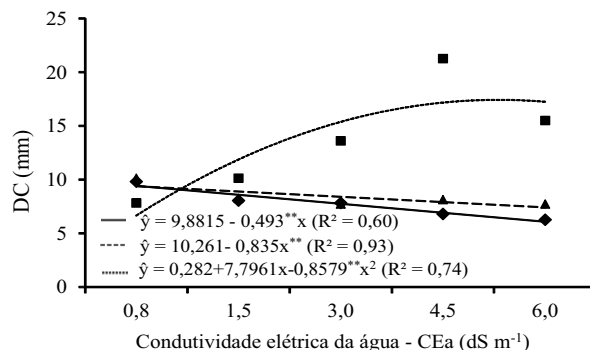


Figura 3 - Diâmetro do caule de feijão-caupi irrigada com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (◆), com biofertilizante de caranguejo enriquecido - B1 (▲) e biofertilizante bovino - B2 (■).

Figure 3 - Stem diameter of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (◆), with biofertilizer of crab enriched - B1 (▲) and common bovine biofertilizer - B2 (■).

um declínio no diâmetro do caule sob estresse salino aos 35 DAS.

Resultados similares, em que o biofertilizante estimulou o crescimento caulinar das plantas em ambientes salinos, foram reportados por Sousa *et al.* (2012) em amendoazeiro (*Arachis hypogaea* L.), Nunes *et al.* (2012) em plantas denoni (*Morinda citrifolia* L.).

Para a variável área foliar, o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou, com o aumento da condutividade elétrica da água (CEa) para o B0 e B1. Já para os valores contidos no B2, o melhor modelo foi o polinomial quadrático, mostrando uma área foliar máxima de 19,36 cm² para uma CEa de 2,15 dS m⁻¹ (Figura 4).

Provavelmente, a inibição da área foliar deve ter sido provocada, em maior parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, gerando ainda um distúrbio fisiológico na planta e comprometendo a abertura dos estômatos (LARCHER, 2006). Confirmando essa informação, Lima *et al.* (2007), ao avaliar o estresse salino em feijoeiro, também constataram diminuição da área foliar.

Resultados semelhantes ao observado nesse estudo foram evidenciados por Silva *et al.* (2011) com o cultivar feijão-caupi, cultivar Epace 10, em ambiente salino, em solo contendo biofertilizante bovino comum. Ferreira *et al.* (2011), avaliando o estresse salino na cultura do meloeiro adubada com resíduo de caranguejo, registraram superioridade na presença do insumo orgânico para essa

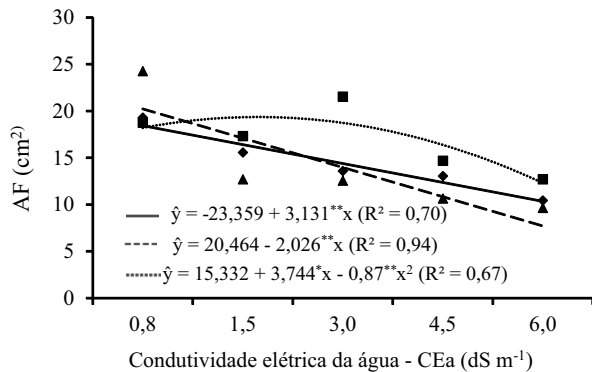


Figura 4 - Área foliar de feijão-caupi irrigada com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (♦), com biofertilizante de caranguejo enriquecido - B1 () e biofertilizante bovino comum - B2 ().

Figure 4 - Leaf area of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (♦), with biofertilizer of crab enriched - B1 () and common bovine biofertilizer - B2 ().

variável. Sousa *et al.* (2012), ao avaliarem estresse salino na cultura do amendoineiro adubada com biofertilizante bovino de fermentação aeróbia e anaeróbia, registraram superioridade na presença do insumo orgânico para essa variável.

A partir da análise de regressão apresentada na Figura 5, observa-se que houve efeito isolado do fator salinidade para matéria seca da parte aérea máxima, em que o máximo valor (55,86 g) foi obtido na condutividade elétrica de 3,5 dS m⁻¹. Vale lembrar que a cultivar ITAIM pode apresentar maior tolerância ao estresse salino em solo com condicionante orgânico.

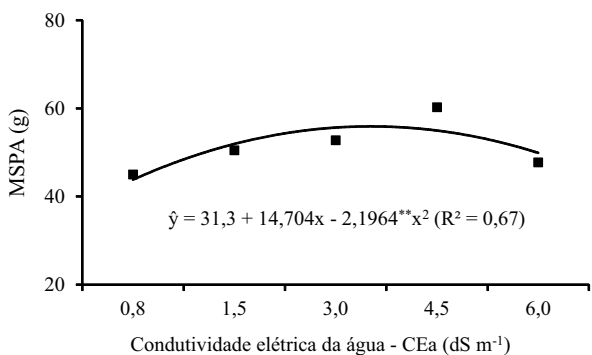


Figura 5 - Matéria seca da parte aérea de feijão-caupi em função de níveis de salinidade da água de irrigação.

Figure 5 - Dry matter of the area part of cowpea irrigated with saline water.

Para Lacerda *et al.* (2011), a redução da matéria seca da parte aérea em plantas de feijão-caupi irrigado com água salina está relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo; logo, a redução nos valores da matéria seca da parte aérea pode ser o reflexo do custo metabólico de energia. De forma similar, Ferreira *et al.* (2011), aplicando resíduos de caranguejo em plantas de meloeiro irrigado com água salina, observaram redução da matéria seca da parte aérea.

A interação salinidade *versus* biofertilizantes afetou de forma altamente significativa ao nível de significância de 1% a fotossíntese, a transpiração e a condutância estomática do feijoeiro (Tabela 4).

O estresse provocou redução na fotossíntese para o B0 e o B1 de forma linear decrescente, enquanto para o B2 o modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou com uma fotossíntese máxima de (9,17 μmol m⁻² s⁻¹) para um nível salino de (3,46 dS m⁻¹) (Figura 6).

É importante destacar que as reduções nas taxas fotossintéticas pelo estresse salino podem ser devidas ao fechamento parcial dos estômatos, associado ao efeito osmótico da salinidade (NEVES *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2011). Cabe ressaltar que a atividade fotoquímica apresenta resistência ao estresse salino de curta duração (SOUZA *et al.*, 2011), sem redução da eficiência quântica potencial do fotossistema II (PRAXEDES *et al.*, 2010).

Similaridade foi constatada por Neves *et al.* (2009) ao investigar as trocas gasosas em folhas de plantas de feijão-caupi sob estresse salino. Para esses autores, essa redução ocorre principalmente durante o estágio inicial de crescimento da cultura.

De forma semelhante, Silva *et al.* (2011) concluíram que o biofertilizante bovino aplicado via solo atenuou o efeito do estresse salino sob a taxa fotossintética em folha de feijão-caupi cultivar EPACE 10. Silva *et al.* (2013), aplicando o biofertilizante bovino via foliar na cultura do feijão-caupi sob estresse salino, também verificaram efeito positivo desse insumo em plantas sob estresse salino sobre essa variável.

O aumento da salinidade da água de irrigação provocou redução linear decrescente nos valores de transpiração para o B0 e o B1, enquanto para os valores presentes no B2 o modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou, com um valor máximo de transpiração de 24,11 μmol m⁻²s⁻¹ para uma CEa de 3,47 dS m⁻¹ (Figura 7). A superioridade desse insumo sobre a transpiração pode estar relacionada à maior quantidade de nutrientes essenciais (Tabela 2) e ao melhor ajustamento osmótico por essas plantas (SILVA *et al.*, 2011).

Confirmando esse resultado, Neves *et al.* (2009), ao avaliarem trocas gasosas na cultura do feijão-caupi

Tabela 4 - Análise de variância de diferentes níveis de salinidade em três condições de cultivo (sem biofertilizante, com biofertilizante bovino comum e com biofertilizante de caranguejo enriquecido) nas características agrônômicas de feijão-caupi

Table 4 - Analysis of variance of different salinity levels in three culture conditions (without biofertilizer, with common bovine biofertilizer and biofertilizer of crab enriched) on agronomic traits of cowpea

FV	GL	Quadrado médio			
		A	E	gs	Tf
Salinidade (S)	4	22,64 ^{ns}	3,97 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Biofertilizantes (B)	2	5,6 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,021 ^{ns}
BxS	8	50,03 ^{**}	16,45 ^{**}	0,119 ^{**}	0,025 ^{ns}
Resíduo	45	15,67	2,46	0,009	0,02
C.V. (%)		17,27	17,25	22,45	12,3

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; A: fotossíntese; E: transpiração; gs: condutância estomática; Tf: temperatura da folha; *Significativo pelo teste F a 5%; **Significativo pelo teste F a 1%; ns: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

FV: Variation factor; GL: Degrees of freedom; A: photosynthesis; E: transpiration; gs: stomatal conductance; Tf: leaf temperature; *Significant by F test at 5%; **Significant by F test at 1%; ns: not significant; CV: coefficient variation.

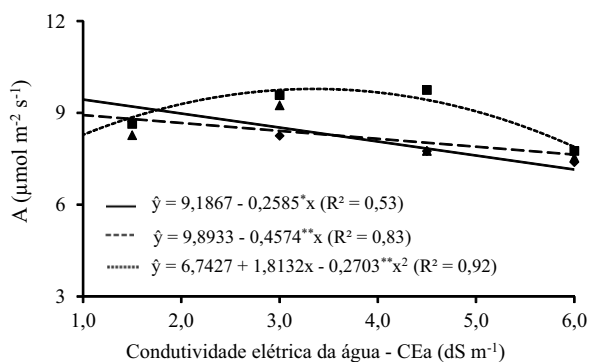


Figura 6 - Valores de fotossíntese em plantas de feijão-caupi irrigada com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (♦), com biofertilizante bovino comum - B1 () e biofertilizante de caranguejo enriquecido - B2 ().

Figure 6 - Values of photosynthesis in plants of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (♦), with biofertilizer of crab enriched - B1 () and common bovine biofertilizer - B2 ().

sob diferentes concentrações de sais na água de irrigação, verificaram efeito negativo sob valores de transpiração das plantas. Possivelmente essa cultivar apresenta boa eficiência do uso da água, resultando numa maior tolerância à salinidade ou pelo retardamento na acumulação de sais nas folhas ao limitar o fluxo de sais para a parte aérea em razão da menor taxa transpiratória (LÚCIO *et al.*, 2013).

Silva *et al.* (2011) reportaram, cultivando feijão-caupi em vaso com biofertilizante bovino, tendências similares aos dados em apreço, aos 45 dias após a semeadura. Nesta mesma direção, Silva *et al.* (2013), ao

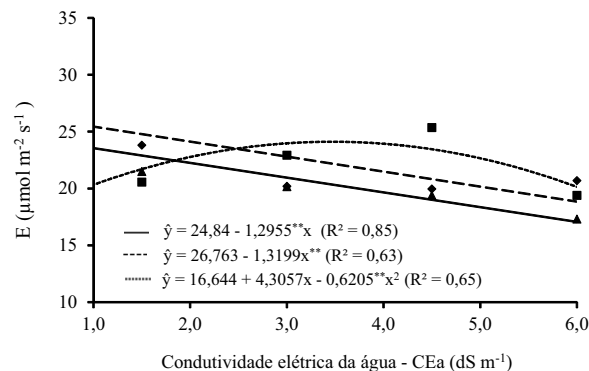


Figura 7 - Valores de transpiração em plantas de feijão-caupi irrigada com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (♦), com biofertilizante bovino comum - B1 () e biofertilizante de caranguejo enriquecido - B2 ().

Figure 7 - Values of transpiration in plants of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (♦), with biofertilizer of crab enriched - B1 () and common bovine biofertilizer - B2 ().

aplicarem biofertilizante bovino via foliar em folhas de feijão-caupi, verificaram menor efeito do estresse salino sobre a transpiração em plantas com esse fertilizante orgânico.

O estresse salino afetou de forma decrescente as plantas sem biofertilizante e o B1, enquanto o B2 favoreceu a condutância estomática em plantas de feijão-caupi (Figura 8). Silveira *et al.* (2010) afirmam que a salinidade elevada da água de irrigação exerce efeito prejudicial no processo de abertura estomática, por aumentar a resistência à difusão de CO₂. Sousa *et al.*

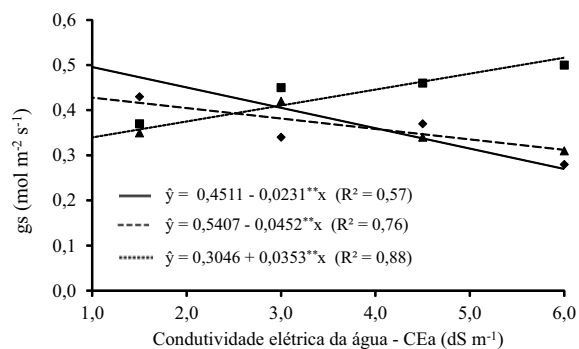


Figura 8 -Valores de condutância estomática em plantas de feijão-caupi irrigada com água salina em solo sem biofertilizante - B0 (♦), com biofertilizante bovino comum - B1 (○) e biofertilizante de caranguejo enriquecido - B2 (□).

Figure 8 - Stomatal conductance in plants of cowpea irrigated with saline water in soil without biofertilizer - B0 (♦), with biofertilizer of crab enriched - B1 (○) and common bovine biofertilizer - B2 (□).

(2012), estudando a condutância estomática em plantas de pinhão-manso submetidas a estresse salino e adubação fosfatada, também verificaram redução nos valores de transpiração.

Silva *et al.* (2011), trabalhando em casa de vegetação, e Silva *et al.* (2013), em condições de campo, investigando o efeito da irrigação com águas salinas em solo com e sem biofertilizante bovino na cultura do feijão-caupi, concluíram que em ambas as situações o estresse salino reduziu os valores de condutância estomática.

Conclusão

O biofertilizante de caranguejo enriquecido atenua com mais eficiência o estresse salino sobre a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, fotossíntese, transpiração e condutância estomática do feijão-caupi cultivar BRS ITAIM em relação às plantas sem biofertilizante e com biofertilizante bovino comum.

Literatura científica citada

ASSIS JUNIOR J. O.; LACERDA C. F.; SILVA F. B.; FRANCISCO SILVA L. B.; BEZERRA M. A.; GHEYI H. R. Produtividade do feijão-caupi e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 3, p.702-713, 2007.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, v. 7, n. 7, p. 1073-1086, 2012.

ANDRADE; J.R.; MAIA JUNIOR, S.O.; SILVA, P.F.; BARBOSA, J. W. S.; NASCIMENTO, R.; SOUSA, J. S. Crescimento inicial de genótipos de feijão caupis submetidos a diferentes níveis de água salina. *Agropecuária científica no semiárido*, v. 9, n. 4, p. 38- 43, 2013.

CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; LIMA, R. E. M.; MAIA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, M. A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-caupi irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. *Irriga*, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

FERREIRA, F. J.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, F. J. F.; LACERDA, C. F.; MARISETE D.; AQUINO, M. D. Salinização do solo e desenvolvimento de meloeiro com a aplicação de resíduo de caranguejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2011, v.15, n.4, p. 359-364, 1807-1929.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. p. 27-92.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.365-370, 2011.

LACERDA, C.F.; SOUSA, G.G.; SILVA, F.L.B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.4, p.663-675, 2011.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. *Revista Verde*, v. 2, n. 2, p. 79-86, 2007.

LÚCIO W. S.; LACERDA C. F.; MENDES FILHO, P. F.; HERNANDEZ; F. F. F.; NEVES, A. L. R.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. *Semina*, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE.** 1992. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão de corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, suplemento, p. 873-881, 2009.
- NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1152-1158, 2012.
- PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica: Compostos orgânicos e biofertilizantes.** 2. ed. Campinas: Edição do autor, 2007.162 p.
- PRAXEDES, S. C.; LACERDA, C. F.; DAMATTA, F. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, p.193-204, 2010.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG.** Viçosa: UFV, 2001. 301 p.
- 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-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p.383-389, 2011.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-caupi. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.
- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. p. 161 - 180, 2010. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F.(editores). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: INCTSal, 2010. 472 p.
- SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MESQUITA, J. B. R.; VIANA, T. V. A. Características agrônomicas do amendoimzeiro sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes. **Revista Agro@ambiente**, v. 6, n. 2, p. 124-132, 2012.
- SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; BORGES, F. R. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino: efeitos no crescimento, trocas gasosas e na produtividade do pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.503-509, 2013.
- SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; MESQUITA, F. O.; LIMA NETO, A. J. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 442-453, 2013.
- 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.587-592, 2011.