

TROCAS GASOSAS EM PLANTAS DE SOJA IRRIGADAS COM ÁGUAS SALINAS EM SOLO COM BIOFERTILIZANTE BOVINO

G. G. de Sousa^{1*}, V. S. Rodrigues², S.C. da Soares³, I. N. Damasceno³, J. N. Fiusa^{3**},
S. E. L. Saraiva³

RESUMO: À salinidade é um fenômeno complexo que afeta os processos metabólicos da planta, alterando os índices fisiológicos e bioquímicos. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação sobre as trocas gasosas da cultura da soja em solo com biofertilizante bovino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza-CE, no período de maio a junho de 2016. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5×2 , referente aos níveis de salinidade da água: $0,8 \text{ dS m}^{-1}$; $1,6 \text{ dS m}^{-1}$; $2,4 \text{ dS m}^{-1}$; $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, no solo sem e com biofertilizante bovino, em cinco repetições. Aos 40 dias após plantio foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese, condutância estomática e transpiração em folha expandida. A salinidade da água de irrigação reduziu a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração, porém com menor intensidade nas plantas que receberam biofertilizante bovino na CEa de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ e 4 dS m^{-1} .

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* (L.), índices fisiológicos, adubo orgânico

GASEOUS EXCHANGES IN SOYBEAN PLANTS IRRIGATED WITH SALT WATER IN SOIL WITH BOVINE BIOFERTILIZE

ABSTRACT: Salinity is a complex phenomenon that affects the metabolic processes of the plant, changing the physiological and biochemical indexes. The objective of this work was to evaluate the effect of salinity of the irrigation water on the gas exchanges of the soybean crop in soil with bovine biofertilizer. The experiment was carried out in a greenhouse at the experimental area of the Federal University of Ceará-UFC, Fortaleza-CE, from May to June 2016. The treatments were randomly distributed in a 5×2 factorial scheme, Water salinity

¹ Doutor, Professor/IDR/UNILAB, Avenida da Abolição, n.03, CEP:62.790-000, Redenção, CE. Fone (85) 3332-6101. E-mail: sousagg@unilab.edu.br. *Bolsista de Produtividade da FUNCAP.

²Mestrando em Engenharia Agrícola, DENA/CCA/UFC, Fortaleza-Ceará. E-mail:valdeciorodrigues@hotmail.com

³Acadêmicos de Agronomia, IDR/UNILAB, Redenção, Ceará. E-mail: stallonesoares@hotmail.com; miilinobre@hotmail.com; estersaraiva21@gmail.com

** Bolsista de IC da FUNCAP.

levels: 0.8 dS m⁻¹; 1.6 dS m⁻¹; 2.4 dS m⁻¹; 3.2 dS m⁻¹ and 4.0 dS m⁻¹, in the soil without and with bovine biofertilizer, in five replicates. At 40 days after planting the following variables were evaluated: photosynthesis, stomatal conductance and transpiration in expanded leaf. The salinity of the irrigation water reduced photosynthesis, stomatal conductance and transpiration, but with lower intensity in the plants that received bovine biofertilizer in EC_w of 3.2 dS m⁻¹ and 4 dS m⁻¹.

KEY WORDS: *Glycine max* (L.), physiological índices, organic fertilizer

INTRODUÇÃO

A falta de águas de boa qualidade em todo o mundo evidencia cada vez mais o uso de águas salinas como uma alternativa importante para a agricultura, porém solos com alta concentração de sais, além de prejudicar as plantas, pela diminuição da disponibilidade hídrica, causam toxidez iônica pelo acúmulo de íons nas células (como Na e Cl), desequilíbrio nutricional ou inativação fisiológica de íons essenciais (VERSLUES et al., 2006).

O uso de águas salinas para irrigação deve ser realizado de forma criteriosa, pois quando utilizada na irrigação de plantas sensíveis pode provocar significativas reduções no crescimento e na produtividade das culturas, como por exemplo a Soja (Carvalho et al., 2012) o feijão (Sousa et al., 2014) e milho (Gomes et al., 2011).

À salinidade é um fenômeno complexo que afeta os processos metabólicos da planta, alterando os índices fisiológicos e bioquímicos (Gomes et al., 2011; Sousa et al., 2014). Prazeres et al. (2015) avaliando as trocas gasosas de plantas de feijão-caupi observaram que o estresse salino reduziu a taxa fotossintética das plantas de feijão.

A utilização de fontes orgânicas a base de esterco fresco de bovino através de fermentação aeróbia ou anaeróbia em áreas irrigadas com águas salinas, torna por exemplo os biofertilizante como uma alternativa que favorecem a aquisição de nutrientes e atenua o estresse salino sobre as plantas. Sousa et al. (2014) irrigando a cultura do feijão com água salinas em solo com biofertilizante bovino, constataram que o insumo orgânico atenuou as trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática e a transpiração) aos 45 dias após a semeadura.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação sobre as trocas gasosas da cultura da soja em solo com biofertilizante bovino.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em ambiente protegido pertencente a área experimental da Estação Agrometeorológica, no Campus do Pici, em Fortaleza-CE (3°45' S; 38° 33' W; 19 m), no período de maio à junho de 2016. O clima local é Aw', sendo a precipitação anual 1.564 mm, a temperatura média 27,0 °C e a umidade relativa do ar média de 78%, segundo dados da própria estação.

O substrato utilizado no experimento foi composto de areia, arrisco e esterco bovino na proporção 3-3-2, respectivamente. Na Tabela 1 podem ser visualizadas alguns atributos físicos e químicos do substrato antes da aplicação dos tratamentos, empregando a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Para o plantio utilizou-se vasos com capacidade de 6 L, que depois de preenchidos com o substrato, foram semeadas com sementes de soja a uma profundidade de 3 cm, colocando cinco sementes por vaso a fim de garantir o stand experimental por cada vaso.

Após o estabelecimento das plântulas, aos 10 dias após a semeadura (DAS), fez-se o desbaste deixando uma planta por vaso.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado seguindo o esquema fatorial 5 x 2, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) - (0,8 dS m⁻¹; 1,6 dS m⁻¹; 2,4 dS m⁻¹; 3,2 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹), aplicadas em vasos sem e com biofertilizante bovino.

A águas salinas foram preparadas utilizando os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1, de acordo com Medeiros (1992). A irrigação com as fontes de água de diferentes salinidades foi iniciada após o desbaste e a quantidade de água aplicada diariamente às plantas foi calculada de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem (Bernardo et al., 2008), mantendo-se o solo na capacidade de campo.

O biofertilizante bovino foi preparado a partir de uma mistura de partes iguais de esterco fresco bovino e água não salina (CEa = 0,8 dS m⁻¹) sob fermentação aeróbia, durante 30 dias, em recipiente plástico. O biofertilizante foi aplicado de uma única vez, em volume equivalente a 10% do volume do substrato (600 ml planta⁻¹). Já os teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn) presentes na composição química do biofertilizante bovino estão apresentados na Tabela 2.

Aos 40 DAS, avaliaram-se, em folhas completamente expandidas, as seguintes trocas gasosas: fotossíntese, transpiração e a 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 $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

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 ASSISTAT 7.6 Beta. 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 (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o resumo da análise de variância, as variáveis transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese (A) sofreram interferência da interação da irrigação com água salina versus biofertilizante bovino, com resposta significativa a 1% e 5 % de significância (Tabela 3).

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou de forma linear os valores da transpiração em plantas de soja na ausência e presença do biofertilizante bovino. Observa-se que o insumo orgânico consegue atenuar o efeito dos sais apenas na CEa de 3,2 e 4,0 dS m^{-1} .

Esse comportamento pode estar relacionado à tolerância da cultura em limitar o fluxo de sais para a parte aérea em razão da menor taxa transpiratória (Prazeres et al., 2015) ou pela maior disponibilidade de nutrientes essenciais (Tabela 2) desse fertilizante orgânico (Figura 1).

A redução da taxa transpiratória está relacionada com o fato de que as plantas em estresse salino fecham os estômatos para que não absorvam sais prejudiciais (Na^+ e Cl^-) e por isso há redução na absorção do CO_2 (Neves et al., 2009).

Trabalhando em casa de vegetação, Gomes et al. (2015) ao estudarem a cultura do girassol constataram que a transpiração foi afetada pelo aumento da salinidade da água de irrigação, porém menos afetadas as plantas com biofertilizante bovino. Este mesmo efeito foi observado por Silva et al. (2011) aplicando água salina e biofertilizante bovino em plantas de feijão de corda.

A figura 2 revela que o modelo linear decrescente apresentou-se como o mais adequado para a condutância estomática de plantas de soja em função da condutividade elétrica da água de irrigação em solo com e sem biofertilizante bovino. Vale ressaltar que plantas sob estresse salino fecham os estômatos para evitar a perda excessiva de água que é absorvida de maneira limitada pelas raízes sob menor potencial osmótico na solução do solo (Lima et al., 2011), evitando efeito prejudicial no processo de abertura estomática, por aumentar a resistência à difusão de CO_2 (Praxedes et al., 2014).

Prazeres et al. (2015) ao estudar a condutância estomática em plantas de feijão-de-corda submetido ao estresse salino, também verificaram redução nos valores de condutância estomática.

Já as plantas que receberam o fertilizante orgânico, apresentaram resultados similares ao de Gomes et al. (2015) trabalhando em casa de vegetação com plantas de girassol e por Sousa et al. (2014) em feijão caupi, onde verificaram redução da condutância estomática com o aumento da salinidade na água de irrigação. No entanto, esses mesmos autores descrevem que quando aplicou biofertilizante bovino e de caranguejo as plantas resistiram mais ao estresse salino e conseqüentemente apresentaram maior resistência estomática.

De acordo com a análise de regressão apresentada na Figura 3, o estresse salino inibiu linearmente a fotossíntese, porém com menor intensidade na presença do biofertilizante bovino. Silva et al. (2011) afirmam que as plantas fecham os estômatos associado ao efeito osmótico da salinidade reduzindo a transpiração e assim ocorre uma diminuição da taxa fotossintética.

Prazeres et al. (2015) investigando o efeito da irrigação com água salina em plantas de feijão observaram que houve um decréscimo nos valores da fotossíntese à medida que se aumentava os níveis de sais na água. Similarmente, Sousa et al. (2012) investigando o efeito da irrigação com água salina em plantas de pinhão- manso observaram que houve um decréscimo nos valores da fotossíntese à medida que se aumentava os níveis de sais na água, porém esses autores afirmam que a redução foi menos expressiva do que na condutância estomática.

Trabalhos que registraram efeito positivo do biofertilizante em ambiente salino, foram comprovados por Sousa et al. (2014) em plantas de feijão-de-corda e por Gomes et al. (2015) em girassol que, apesar da fotossíntese das plantas ser inibida com o aumento da salinidade das águas de irrigação, os resultados foram sempre superiores nos tratamentos com biofertilizante.

CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação reduziu a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração, porém com menor intensidade as plantas que receberam biofertilizante bovino na CEa de 3,2 dS m⁻¹ e 4 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A. Manual de Irrigação. 8. ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 2008. 611p.

CARVALHO, T.C.; SILVA, S.S.; SILVA, R.C.; PANOBIANCO, M. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. *Ciência Rural*, v.42, n.8, p.1366-1371, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 2. ed. Rio de Janeiro 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1). 1997.

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.

GOMES, K. R.; SOUSA, G.G.; LIMA, F.A. VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; SILVA, G.L. Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino. *Irriga*, v. 20, n. 4, p. 680-693, 2015.

LIMA, B. L. C. NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; ALVES, S.S.V.; JEFERSON LUIZ DALLABONA DOMBROSKI, J.L.D. Condutância estomática e área foliar do meloeiro cultivado em diferentes tipos de solos e submetido ao estresse salino. *Revista Verde*, v.6, n.2, p. 01 – 06, 2011.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande, 1992. 137P. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, UFPB.

NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Ciência Rural*, v.39, p.758-765, 2009.

PRAZERES, S.S.; LACERDA, C.F.; BARBOSA, F.E.L.; AMORIM, A.V.; ARAÚJO, I.C.S.; CAVALCANTE, L.F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente*. On-line, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

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.

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.

SOUSA, G.G.; AZEVDO, B.M.; ALBUQUERQUE, A.H.P.; MESQUITA, J.B.R.; VIANA, T. V.A. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. Revista Agro@mbiente On-line, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SOUSA, G.G. MARINHO, A.B.; ALBUQUERQUE, A.H.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

VERSLUES, P.E. AGARWAL M.; KATIYAR-AGARWAL S.; ZHU J.; ZHU J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. Plant Journal, v.45, n.4, p.523-539, 2006.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato

Variáveis	Unidade	Valores
Ds	g cm ⁻³	1,49
pH	-	6,9
MO	g Kg ⁻¹	5,48
Ca	cmolc Kg ⁻¹	1
Mg	cmolc Kg ⁻¹	1,8
Na	cmolc Kg ⁻¹	0,31
K	cmolc Kg ⁻¹	2,09
H+Al	cmolc Kg ⁻¹	0,99
SB	cmolc Kg ⁻¹	5,2
CTC	cmolc Kg ⁻¹	6,19
V	%	84
CEes	dS m ⁻¹	1,25
PST	%	5

Ds= densidade do solo; SB = soma de bases; CTC= capacidade de trocas de cátions; V = saturação por base; PST= porcentagem de sódio trocável; CEes= condutividade elétrica do extrato de saturação; MO=matéria orgânica

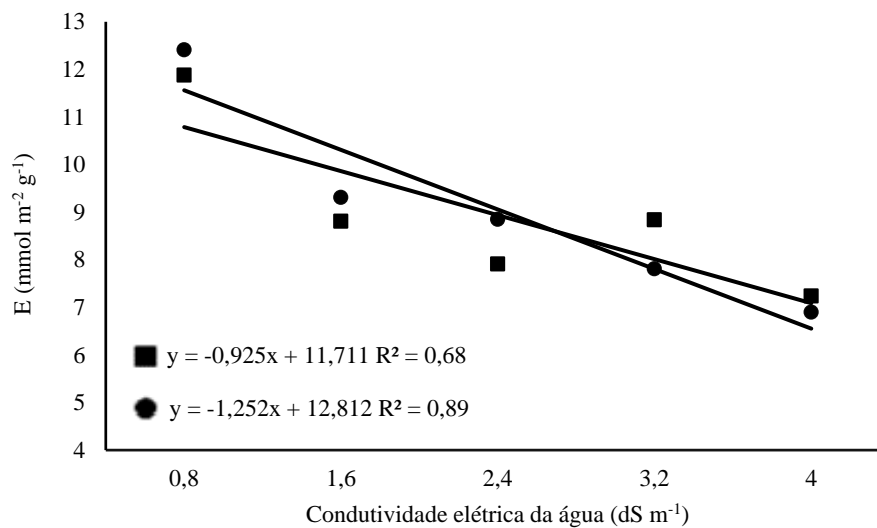
Tabela 2. Características químicas do biofertilizante bovino com fermentação aeróbia

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	Na	Ce	RAS	pH
	g L ⁻¹						dS m ⁻¹	mmol L ⁻¹	-
Biofertilizante	1,07	0,58	0,97	1,3	0,4	5,4	3,8	3,3	7

Tabela 3. Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs) e a fotossíntese (A) da soja em função de níveis de salinidade da água de irrigação em solo com e sem biofertilizante bovino

FV	Quadrado médio			
	GL	E	gs	A
Tratamentos	9	16,8**	0,04**	52,07**
Salinidade (S)	4	14,01**	0,03*	69,44**
Biofertilizantes (B)	1	1,38	0	0,86
SxB	4	23,44**	0,05**	47,50**
Resíduo	40	2,62	0,01	9,36
Total	49			
MG	-	8,99	0,38	22,03
CV (%)	-	17,99	27,7	13,89

FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; * significativo a 5% no teste de Tukey; ** significativo a 1% no teste de Tukey; ns - não significativo; CV - Coeficiente de variação

**Figura 1.** Transpiração em plantas de soja, irrigadas com águas salinas no solo com (■) e sem (●) biofertilizante bovino

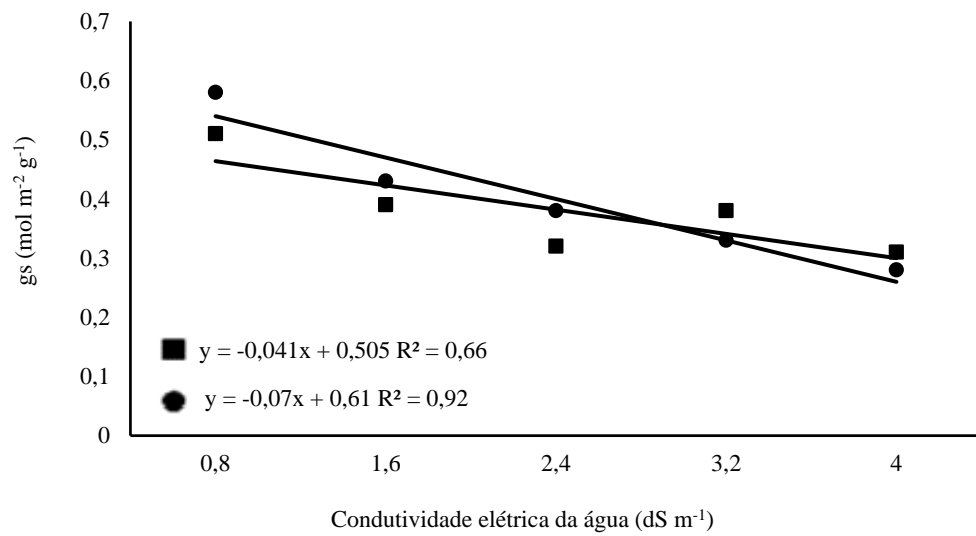


Figura 2. Condutância estomática em plantas de soja, irrigadas com águas salinas no solo com (■) e sem (●) biofertilizante bovino

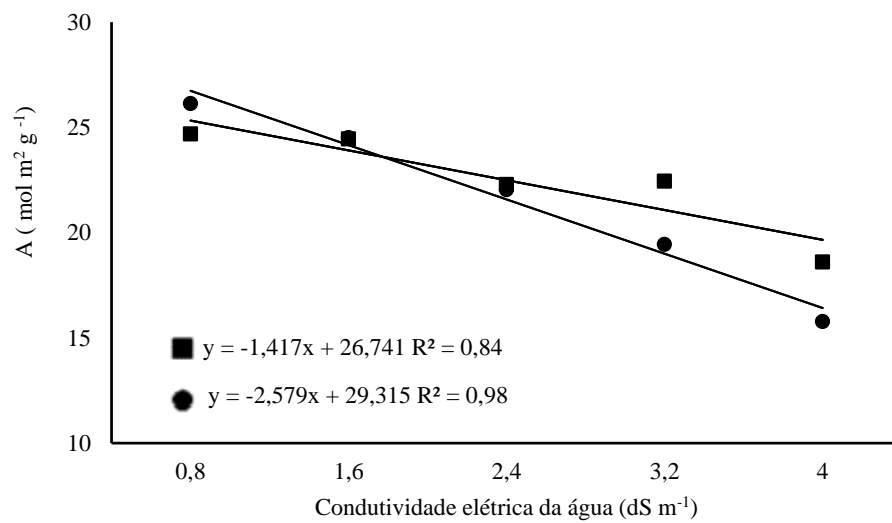


Figura 3. Fotossíntese em plantas de soja, irrigadas com águas salinas no solo com (■) e sem (●) biofertilizante bovino