

Trocas gasosas em feijoeiro e efluxo de CO₂ em solo irrigado com águas salinas ⁽¹⁾

Edivan Rodrigues de Souza⁽²⁾; Wanderson José de Oliveira⁽³⁾; Jailson Cavalcante Cunha⁽⁴⁾; Lucas Yago de Carvalho Leal⁽⁵⁾; Venâncio de Lima Veloso⁽⁵⁾; Cristiane Guiselini⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq (projeto Universal n° 473817/2013-6) e FACEPE.

⁽²⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Pernambuco; edivanrs@hotmail.com; ⁽³⁾ Doutorando; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Doutor; Universidade Federal Rural de Pernambuco ⁽⁵⁾ Graduando; Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO: Medições instantâneas de trocas gasosas em vegetais cultivados sob estresses abióticos são de grande relevância. Assim como a medição do efluxo de CO₂ do solo. Conduziu-se um experimento em casa de vegetação de março a maio de 2014 com o objetivo de avaliar o impacto da salinidade sobre as trocas gasosas no feijão-caupi IPA 206 e o efluxo de CO₂ em Neossolo Flúvico coletado no município de Pesqueira-PE. Foram utilizadas águas com seis níveis de condutividade elétrica (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 dS m⁻¹) formuladas a partir de NaCl e de uma mistura de sais semelhante a água de poços do local de coleta do solo, formando um arranjo fatorial 6 x 2 com 4 repetições. Aos 20 dias após o plantio (DAP) foram determinadas as trocas gasosas por meio do Infra-red gas analyser em folhas do terço médio da planta. Aos 60 DAP foi medido o efluxo de CO₂ no solo com câmara de fluxo de CO₂. A eficiência de uso da água e a eficiência intrínseca de uso da água aumentaram, enquanto a condutância estomática e a fotossíntese líquida decresceram com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. O efluxo de CO₂ no solo diferiu significativamente entre os tipos de sais e reduziu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação provoca danos as trocas gasosas da planta e ao efluxo de CO₂ no solo.

Termos de indexação: *Vigna unguiculata*, fotossíntese, condutância estomática.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi 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 (Freire Filho et al., 2005).

Um problema ambiental que tem causado grandes prejuízos a agricultura no mundo é a salinização dos solos.

O grau de tolerância do feijão-caupi ao estresse salino varia entre os diferentes genótipos (Dantas et

al., 2002). Ayers & Westcot (1999) o consideram uma espécie moderadamente tolerante à salinidade da água de irrigação.

O efeito da toxidez induzido pela salinidade pode causar danos agudos a fotossíntese devido às alterações nas trocas gasosas, causando limitações a condutância estomática e a outros processos bioquímicos (Silva et al., 2011). Além de provocar também alterações no efluxo de CO₂ no solo.

Neves et al. (2009); Silva et al. (2013b) e Wilson et al. (2006) verificaram que o aumento da concentração salina das águas reduziu a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração da cultura do feijão-caupi.

Tendo em vista a grande área de solos salinizados no mundo e a importância do feijão caupi para o Brasil, principalmente para o Nordeste, o objetivo dessa pesquisa foi investigar os efeitos da salinidade nas trocas gasosas da planta e no efluxo de CO₂ no solo na cultura do feijão-caupi cultivado com diferentes tipos de água salina e diferentes condutividades elétricas.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e preparo do solo

O material de solo utilizado no experimento foi coletado no Município de Pesqueira - PE, na profundidade de 0-30 cm e classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013), isento de problemas de salinidade e sodicidade.

Caracterização químico-física do solo

O extrato de saturação foi obtido conforme metodologia descrita por Richards (1954) onde determinou-se Ca²⁺ (19,07), Mg²⁺ (3,81), Na⁺ (27,04), K⁺ (1,4) e Cl (2,64) mmol L⁻¹, CE (0,99 dS m⁻¹) e pH (1:2,5) 8,71 seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997). No complexo sortivo foi determinado Ca²⁺ (5,53), Mg²⁺ (2,22), Na⁺ (0,26), K⁺ (0,5) e SB (8,51) cmolc kg⁻¹, PST (3%) e pH (1:2,5) 7,7 segundo Thomas (1988).

Para a caracterização física foi utilizada a metodologia da EMBRAPA (1997). O solo possuía de areia fina (312), areia grossa (117), silte (422),

argila (149) e argila dispersa em água (102 g kg⁻¹), densidade do solo (1,24) e densidade de partícula (2,52) g cm⁻³, porosidade total (50,79%), capacidade de campo (0,24) e ponto de murcha permanente (0,05) g g⁻¹.

Montagem do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco coordenadas 08° 00' 59,9" S e 34° 56' 38,6" W durante os meses de março a maio de 2014, totalizando 60 dias de acompanhamento. Foram cultivadas plantas de feijão-caupi em vasos com capacidade para seis litros preenchidos com solo.

Os vasos foram mantidos com 80% da capacidade de campo. Cada parcela foi formada por um vaso com solo e duas plantas.

Para suprir as necessidades nutricionais da cultura foi realizada uma adubação segundo o Manual de Recomendação de Adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008).

A irrigação era realizada ao final do dia repondo a água perdida por evapotranspiração aferida por uma balança digital. Durante os sete primeiros dias se utilizou água destilada e, a partir do oitavo dia, utilizou-se água com valores de CE de modo crescente para que não houvesse choque osmótico.

Tratamentos

O solo foi irrigado com águas de condutividades elétricas de 0; 2,5; 5; 7,5; 10 e 12,5 dS m⁻¹ elaboradas a partir de NaCl e de uma mistura de sais, simulando a composição encontrada em poços na região de Pesqueira-PE (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades necessárias de sal (g L⁻¹) para a obtenção dos valores de condutividade elétrica (dS m⁻¹) utilizadas para as águas de irrigação de ambas as fontes de sais e o potencial osmótico das soluções (MPa).

Fontes de água						
NaCl						
CE	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
NaCl	0	1,36	2,906	4,669	6,650	8,826
Ψ _o	0	-0,10	-0,22	-0,36	-0,51	-0,68
Mistura de Sais						
CE	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
NaCl	0	1,051	1,990	3,201	4,650	6,501
KCl	0	0,005	0,013	0,016	0,027	0,040
MgCl ₂	0	0,306	0,556	0,886	1,297	1,823
CaCl ₂	0	0,244	0,443	0,693	1,006	1,409
Total	0	1,606	3,002	4,796	6,980	9,773
Ψ _o	0	-0,12	-0,23	-0,35	-0,59	-0,71

Determinação das trocas gasosas

Aos 20 DAP foram determinadas a fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), eficiência de uso da água [EUA = fotossíntese (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) / transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)] e eficiência intrínseca de uso da água [EIUA = fotossíntese (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) / condutância estomática (mol CO₂ m⁻² s⁻¹)] utilizando-se o Infra Red Gas Analyzer (IRGA Modelo LICOR XT6400). Aos 60 DAP foi determinado o efluxo de CO₂ do solo com o auxílio de uma Câmara de fluxo de CO₂ (Modelo 6400-09) acoplada ao IRGA.

Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 4 repetições num arranjo fatorial 6 x 2 correspondendo a seis níveis de condutividade elétrica e duas fontes de água. Foi feito ajuste do modelo de regressão para os níveis de salinidade e teste de comparação de médias para as fontes de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condutância estomática

Aos 20 DAP não houve diferença significativa entre as fontes de sais (P<0,05), mais ocorreu redução significativa entre as CE's para a condutância estomática (P<0,01) (Figura 1)

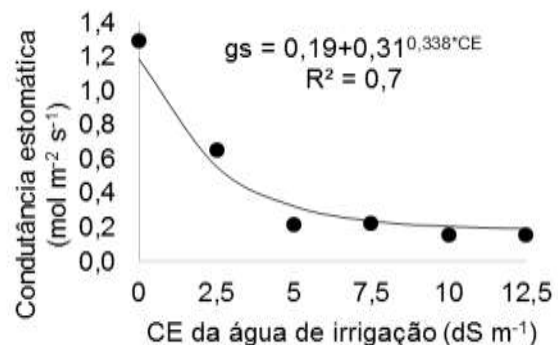


Figura 1. Condutância estomática (gs) em plantas de feijão caupi cultivados com água salina em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) aos 20 dias após o plantio. CV% 48,52.

A condutividade elétrica de 2,5 dS m⁻¹ apresentou redução de 49% na condutância estomática em relação a testemunha. Para as CE's 5 e 7,5 dS m⁻¹ a redução foi de 83%. Para as CE's 10 e 12,5 dS m⁻¹ foi de 87%. Neves et al. (2009) e Silva et al. (2013) também encontraram redução da condutância estomática com o aumento da concentração salina da água de irrigação. Essa diminuição é uma resposta ao aumento da salinidade da água de

irrigação devido ao efeito osmótico causado pela acumulação de sais solúveis no solo e na planta.

Fotossíntese líquida

A fotossíntese líquida diferiu significativamente apenas entre as CE's ($P < 0,01$). A fotossíntese líquida diminuiu com o aumento da salinidade. A diminuição entre a testemunha e o tratamento com CE de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 8%, e o decréscimo continuou de forma linear alcançando, 42, 41, 58 e 68% de decréscimo para as CE's 5; 7,5; 10; e $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2).

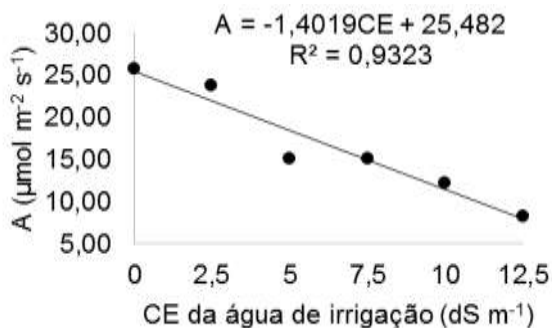


Figura 2. Fotossíntese líquida (A) em plantas de feijão caupi cultivados com água salina em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) aos 20 dias após o plantio. CV% = 29,19.

Praxedes et al. (2010) encontraram redução da fotossíntese líquida trabalhando com feijão caupi sobre estresse salino. Campos et al. (2012) também observaram redução da fotossíntese líquida com o aumento da salinidade. Essa diminuição está relacionada a menor entrada de CO_2 na folha, provocada pela diminuição da condutância estomática que consequentemente diminui a concentração interna de CO_2 . O mesmo foi encontrado por Hirich et al. (2014) trabalhando com plantas de quinoa irrigadas com água salina.

Eficiência de uso da água e eficiência intrínseca de uso da água

Não houve diferença significativa entre os tipos de sais ($P > 0,05$), mas houve diferença significativa entre as CE's da água de irrigação ($P < 0,05$) (Figura 3). Houve um aumento de 15, 20, 18, 12 e 16% para as CE's 0; 2,5; 5; 7,5; 10 e $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ respectivamente. Para a eficiência intrínseca de uso da água, que relaciona a quantidade de CO_2 fixado com a condutância estomática, também não ocorreu diferença significativa entre as fontes de sais ($P > 0,05$), e sim para as CE's ($P < 0,01$) (Figura 3).

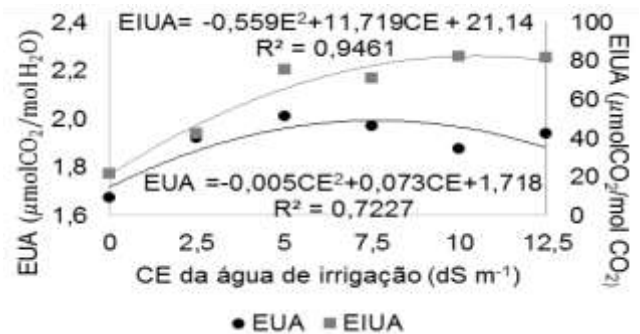


Figura 3. Eficiência de uso da água (EUA) e eficiência intrínseca de uso da água (EIUA) em plantas de feijão caupi cultivados com água salina em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) aos 20 dias após o plantio. CV% (EUA) = 11,23; CV% (EIUA) = 26,4.

Fernández-García et al. (2014) encontraram aumento na eficiência intrínseca de uso da água cultivando plantas de Henna com concentrações crescentes de NaCl na solução nutritiva. Azizian & Sepaskhah (2014) encontraram um incremento nos valores da eficiência intrínseca de uso da água cultivando milho com água salina. Ashraf (2001) investigando diversas espécies de Brassicas identificou maiores valores de eficiência de uso da água e eficiência intrínseca de uso da água nas espécies mais tolerantes a salinidade.

Efluxo de CO_2 no solo

O efluxo de CO_2 no solo apresentou diferença significativa entre os tipos de sais ($P < 0,05$) e entre as CE's ($P < 0,01$) (Figura 4). Ocorreu um decréscimo de 52% (NaCl) e 37% (Mistura de sais) em relação a testemunha para a CE de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. Para as CE's de 5 a $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ nos tratamentos com NaCl o decréscimo foi semelhante para todos, com uma média de $77 \pm 0,02\%$ de redução. Os tratamentos com Mistura de sais apresentaram decréscimo de 52, 62, 71 e 86% nas mesmas CE's.

Essa diminuição se deve principalmente a diminuição da respiração das raízes, que diminuem em massa com o aumento da CE do solo e com a redução da fotossíntese líquida. Reth et al. (2005) também encontraram uma importante correlação entre a massa de raízes e o efluxo de CO_2 no solo. Lai et al. (2012) também relatam correlação negativa entre o aumento da CE e o efluxo de CO_2 no solo.

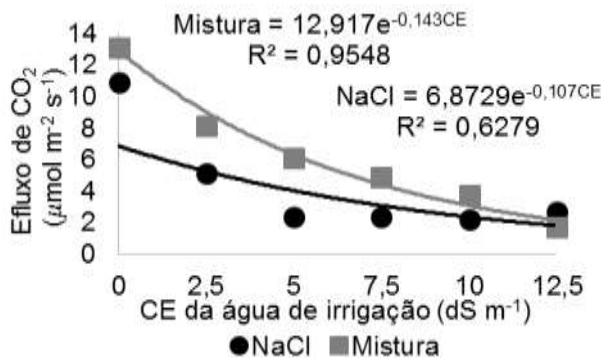


Figura 4. Efluxo de CO₂ no solo em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) aos 20 dias após o plantio. CV% = 64,07.

CONCLUSÕES

A diminuição da condutância estomática é uma resposta ao aumento da salinidade da água de irrigação resultando na diminuição da fotossíntese líquida e no aumento da eficiência de uso da água e da eficiência intrínseca de uso da água.

O efluxo de CO₂ no solo está intimamente ligado as trocas gasosas na parte aérea, já que reduções na condutância estomática resultam em menor fotossíntese líquida e afeta o crescimento das raízes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FACEPE e aos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água para irrigação. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
ASHRAF, M. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt-tolerant amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. *Environmental and Experimental Botany*, 45: 155-163, 2001.
AZIZIAN, A. & SEPASKHAH, A. R. Maize response to water, salinity and nitrogen levels: physiological growth parameters and gas exchange. *International Journal of Plant Production*, 8: 131-162, 2014.
CAMPOS, M. L. D. O.; HSIE, B. S. D.; GRANJA, J. A. D. A.; CORREIA, R. M.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S. D. & POMPELLI, M. F. Photosynthesis and antioxidant activity in *Jatropha curcas* L. under salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 24: 55-67, 2012.
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, p. 425-430, 2002.

Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353 p.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; OLMOS, E.; BARDISI, E.; GARCÍA-DE LA GARMA, J.; LÓPEZ-BERENGUER, C. & RUBIO-ASENSIO, J. S. Intrinsic water use efficiency controls the adaptation to high salinity in a semi-arid adapted plant, henna (*Lawsonia inermis* L.). *Journal of plant physiology*, 171: 64-75, 2014.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A. & RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: Avanços tecnológicos. Brasília, Distrito Federal: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519p.

HIRICH, A.; JELLOUL, A.; CHOUKR-ALLAH, R. & JACOBSEN, S. E. Saline water irrigation of quinoa and chickpea: Seedling rate, stomatal conductance and yield responses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200: 378-389, 2014.

LAI, L. M.; ZHAO, X. C.; JIANG, L. H.; WANG, Y. J.; LUO, L. G.; ZHENG, Y. R.; CHEN, X.; RIMMINGTON, G. M. Soil Respiration in Different Agricultural and Natural Ecosystems in an Arid Region. *PLOS ONE*, 7:e48011, 2012.

RETH, S.; REICHSTEIN, M.; FALGE, E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux - A modified model. *Plant And Soil*, 268: 21-33, 2005.

IPA. Manual de Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco: 2a. aproximação. 2 ed. rev. Recife, 2008. 212p.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. de; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES FILHO, E. & FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13: 873-881, 2009.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p.

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*, 196: 193-204, 2010.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agrícola*, 68: 62-68, 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*, 18: 304-317, 2013.

THOMAS, G. W. Exchangeable cations. In: *Methods of soil analysis. Part-2 chemical methods*. Madison: American Society of Agronomy, 159-165, 1982.