



TROCAS GASOSAS NA CULTURA DA BETERRABA SUBMETIDA A FORMAS DE ADUBAÇÃO E ESTRESSE SALINO

Francisco Hermeson Rodrigues Costa¹, Benito Moreira de Azevedo², Geocleber Gomes de Sousa³, Samuel de Oliveira Santos¹, Girna dos Santos Oliveira¹, Luís Gustavo Chaves da Silva³

RESUMO: Objetivou-se avaliar o estresse salino nas trocas gasosas da cultura da beterraba sob diferentes formas de adubação. O experimento foi realizado na estufa da Unidade de Produção de Mudas Auroras (UPMA), pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus das Auroras, Redenção, Ceará. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 4×3 , correspondendo a quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): (0,8; 2,2; 4,2; 6,2 dS m^{-1}), e três formas de adubação: FA1 – sem adubação (controle); FA2 - (adubação mineral) e FA3 - (adubação orgânica), com 5 repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs). O estresse salino afeta negativamente a transpiração, condutância estomática e a fotossíntese da cultura da beterraba a partir da CEa 2,2 dS m^{-1} . O aumento da salinidade da água de irrigação afetou a fotossíntese, porém com menor intensidade no tratamento com adubação orgânica, seguindo da adubação mineral e o (controle) sem adubação.

PALAVRAS-CHAVE: *Beta vulgaris* L., salinidade, fisiologia.

GAS EXCHANGE IN BEET CROP SUBMITTED TO FORMS OF FERTILIZATION AND SALINE STRESS

ABSTRACT: The objective was to evaluate the saline stress in the gaseous exchanges of the beet crop under different forms of fertilization. The experiment was carried out in the greenhouse of the Mudás Auroras Production Unit (UPMA), belonging to the University of

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. Fone: (85) 98225-7930, e-mail: hermesonrc@gmail.com

² Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

³ Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE

International Integration of Afro-Brazilian Lusofonia (UNILAB), Campus das Auroras, Redenção, Ceará. The experimental design used was completely randomized (DIC) in a 4×3 factorial arrangement, corresponding to four levels of electrical conductivity of irrigation water (ECa): (0.8; 2.2; 4.2; 6.2 dS m⁻¹), and three forms of fertilization: FA1 – without fertilization (control); FA2 - (mineral fertilization) and FA3 - (organic fertilization), with 5 repetitions. The following variables were evaluated: photosynthesis (A), transpiration (E) and stomatal conductance (gs). Salt stress negatively affects transpiration, stomatal conductance and photosynthesis in beet crop from ECa 2.2 dS m⁻¹. The increase in irrigation water salinity affected photosynthesis, but with less intensity in the treatment with organic fertilization, followed by mineral fertilization and the (control) without fertilization.

KEYWORDS: *Beta vulgaris* L., salt stress, physiology.

INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) está entre as principais culturas hortícolas produzidas no Brasil. A origem dessa planta se dá a partir da *Beta vulgaris* spp. marítima, proveniente do continente europeu, sendo posteriormente difundido mundialmente. A maior utilização dessa cultura está na produção de açúcar (FILGUEIRA, 2012; TIVELLI, 2011).

A cultura da beterraba é adaptada as regiões do Brasil, porém no Nordeste devido a variabilidade climática, elevadas taxas de evapotranspiração, e menor precipitação, podem ocasionar a salinidade na água e no solo pelo excesso de sais, o que pode prejudicar no desenvolvimento das culturas agrícolas, principalmente as hortícolas. O estresse salino reduz o potencial osmótico do solo, conseqüentemente o fechamento parcial dos estômatos, além de afetar a transpiração e a fotossíntese (GADELHA et al., 2021; SOUSA et al., 2021).

A adubação é essencial no desenvolvimento das plantas, seja na forma mineral ou orgânica. O uso da matéria orgânica tem efeito no solo com o melhoramento das propriedades físicas e químicas. Já o efeito na planta tem destaque no desenvolvimento radicular, crescimento da área foliar, melhoria na absorção de nutrientes, conseqüentemente maior produtividade (TRANI et al., 2013)

Na forma orgânica o uso do biofertilizante líquido torna-se uma estratégia para atenuar os efeitos deletérios do estresse salino e o NPK em conjunto ou de forma isolada como opção mineral (SOUZA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2022).

Diante do contexto, objetivou-se avaliar o estresse salino nas trocas gasosas da cultura da beterraba sob diferentes formas de adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estufa da Unidade de Produção de Mudas Auroras (UPMA), pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus das Auroras, Redenção, Ceará, 4°13'33'' S; 38°43'50'' W e altitude de 92 m.

O clima da região é classificado como BSh', conforme o sistema de classificação global de Köppen, com temperaturas muito quentes e com chuvas predominantes nas estações do verão e outono (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos são referentes aos valores médios durante a condução do experimento, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Dados médios das variáveis climáticas durante a condução do experimento, Redenção, Ceará, 2023.

Ambiente Protegido	Umidade Relativa do ar (%)		Temperatura do ar (°C)	
	Min	Max	Min	Max
	50	57	30,5	39,2

Fonte: Dados coletados na unidade de produção mudas auroras (UPMA).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 4×3 , correspondendo a quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): (0,8; 2,2; 4,2 e 6,2 dS m⁻¹), e três formas de adubação: FA1 - sem adubação (controle); FA2 - (adubação mineral) e FA3 - (adubação orgânica), com 5 repetições.

Para adubação mineral utilizou-se a recomendação de Resende & Cordeiro (2007), correspondendo a dosagem de 60 kg ha⁻¹ de N, 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicando-se 6 g de ureia como fonte de nitrogênio, 21 g de superfosfato simples como fonte de fósforo e 12 g de cloreto de potássio como fonte de potássio.

A adubação orgânica foi através do biofertilizante enriquecido, preparado de forma aeróbica, na proporção de (1:5 vv), distribuído em 20L de esterco bovino fresco, com 100 L de água, acrescentado por 1kg de torna de mamona e 1kg de farinha de ossos, sob fermentação com duração de 30 dias, armazenados em um recipiente plástico com capacidade de 100L.

Na realização do estudo utilizou-se vasos plástico com capacidade volumétrica de 8 litros, onde adotou-se na composição do substrato uma proporção de 5:4:1, correspondendo de arisco, areia e esterco bovino respectivamente. A análise físico-química foi realizada em um

laboratório pertencente à Universidade Federal de Lavras (UFL), apresentados na Tabela 2 de acordo com a metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 2. Atributos físico-químico do substrato, Redenção, Ceará, 2023.

Atributos Químicos		
pH (H ₂ O)		6,5
MO	dag kg ⁻¹	0,8
N	g kg ⁻¹	0,8
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,39
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,99
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,3
H ⁺ +Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	1,1
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0
SB	cmol _c dm ⁻³	2,19
CTC	cmol _c dm ⁻³	2,19
(P) meh	mg dm ⁻³	68,6
Na ⁺	mg dm ⁻³	112
(V)	(%)	67
CEes	(dS m ⁻¹)	376,3
Atributos Físicos		
Característica	Profundidade (m)	
	0,0 a 0,2	
Areia Total (g kg ⁻¹)	830	
Silte (g kg ⁻¹)	25	
Argila (g kg ⁻¹)	145	
Classe textural	Franco arenoso	

MO= matéria orgânica; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; V - Saturação de base SB= soma de bases; CTC=capacidade de troca de cátions.

As sementes de beterraba usada corresponderam a cv. Early Wonder, sendo colocado cinco sementes por vaso. Aos 12 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste deixando apenas duas plantas por vaso.

A água salobra foi preparada a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992), obedecendo à relação entre CEa e sua concentração (mmolc L⁻¹ = CE × 10) conforme Richards (1954). A irrigação foi realizada manualmente e calculado de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem mantendo o solo na capacidade de campo aplicando uma fração de lixiviação de 15% conforme recomendado por Ayers & Westcot (1999) após iniciada a diferenciação dos tratamentos. O volume de água a ser aplicado consistirá pela (Eq. 1):

$$VI = \frac{(V_p - V_d)}{(1 - LF)} \quad (1)$$

Onde:

VI = Volume de água a ser aplicado no evento de irrigação (mL);

V_p = volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

V_d = Volume de água drenado (mL); e,

LF = fração de lixiviação de 0,15.

Aos 45 dias após a semeadura (DAS) foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs), através de um analisador de gás no infravermelho IRGA (LI 6400 XT da LICOR), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL mim^{-1} ; as medições foram feitas entre 8 e 11h, em folhas completamente expandidas.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, nos casos de significância os dados foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o Assistat software 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com análise variância apresentado na tabela 3, houve interação entres os fatores água salina (AS) e formas de adubação (FA) para a variável fotossíntese (A), e efeito isolado para as variáveis transpiração (E) e condutância estomática (gs).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis fotossíntese (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs), em plantas de beterraba submetidas a níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e diferentes formas de adubação.

FV	GL	Quadrado Médio		
		A	E	gs
Água salina (AS)	3	50,04**	2,87**	36,06**
Formas de adubação (FA)	2	3,69 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Interação (AS x FA)	6	3,78*	0,34 ^{ns}	2,60 ^{ns}
Tratamento	11	16,38**	1,08**	11,31**
Resíduo	48	1,34	0,2	1,79
Total	59			
CV (%)	-	10,36	10,65	34,3
Média	-	11,18	4,23	3,9

FV = fonte de variação; CV = coeficiente de variação; MG = média geral; GL = grau de liberdade; 'ns' não significativo; (*) significativo pelo teste F a 5%; (**) significativo pelo teste F a 1%*.

Para a taxa fotossintética (Figura 1), o modelo linear decrescente foi que melhor se ajustou para o tratamento com biofertilizante, expressando o valor de $13,6 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, para condutividade elétrica da água de irrigação de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ e $9,05 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ para água de irrigação de $6,2 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando uma redução de 33%. Já o modelo polinomial quadrático apresentou o melhor ajuste para o tratamento com adubação mineral, onde o ponto máximo de $13,42 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ foi na CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ e para o tratamento sem adubação (controle), onde o valor mínimo de $9,55 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ foi na CEa de $6,1 \text{ dS m}^{-1}$.

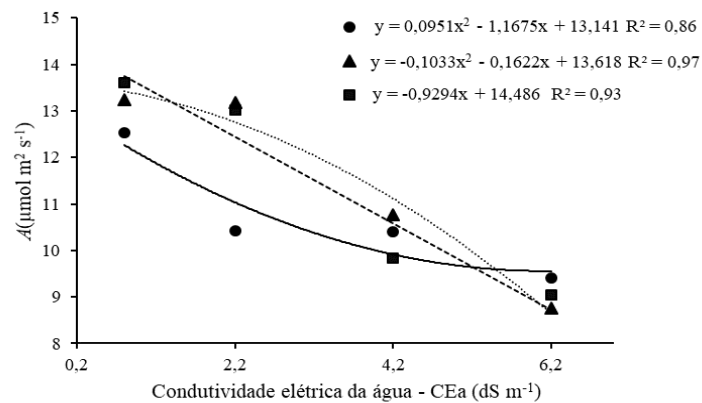


Figura 1. Fotossíntese (A) em plantas de beterraba submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,8; 2,2; 4,2 e 6,2 dS m⁻¹) e formas de adubação: FA1 = Controle - Sem adubação (●), FA2= Adubação mineral (▲) e FA3= Adubação orgânica (■).

O efeito osmótico e fechamento dos estômatos são uma das causas da diminuição da taxa fotossintética. Corroborando com esse resultado Souza et al. (2019) demonstraram no seu estudo que o estresse salino prejudicou a fotossíntese na cultura da fava.

O aumento da salinidade reduziu de forma linear a transpiração das plantas de beterraba (Figura 2). Irrigado com água de menor nível salino 0,8 dS m⁻¹, o valor da taxa transpiratória foi de 4,62 mmol m² g⁻¹, e 3,79 mmol m² g⁻¹ para o maior nível salino (6,2 dS m⁻¹), tendo uma redução de 17,96% respectivamente.

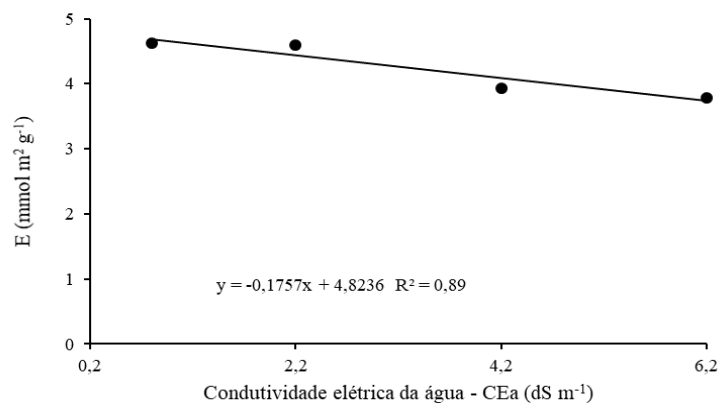


Figura 2. Transpiração (E) em plantas de beterraba em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,8; 2,2; 4,2 e 6,2 dS m⁻¹).

Possivelmente o estresse salino induziu para uma menor taxa da transpiração na planta, onde o efeito dos sais prejudicou a abertura e fechamento dos estômatos. Tendência similar foi verificado por Souza et al. (2019), onde a salinidade afetou negativamente a transpiração da cultura da fava quando se aumentou os níveis salino da água de irrigação de 0,5 para 4,5 dS m⁻¹.

De acordo com a figura 3, o aumento crescente dos níveis salino da água de irrigação, de 0,8 para 6,2 dS m⁻¹, houve uma redução da condutância estomática em 61%, onde o valor inicial da gs foi de 5,36 para 2,09 mol m² s⁻¹.

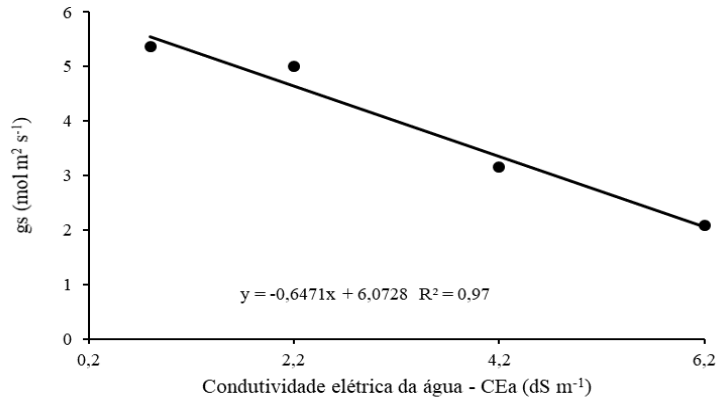


Figura 3. Condutância estomática (gs) em plantas de beterraba em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,8; 2,2; 4,2 e 6,2 dS m⁻¹).

O resultado da salinidade para a condutância estomática implica numa menor capacidade de as folhas realizar as trocas gasosas através da abertura dos estômatos. Resposta semelhante ao desse trabalho foi encontrado por Rodrigues et al. (2022), na cultura do girassol onde observaram decréscimo da gs.

CONCLUSÕES

O estresse salino afeta negativamente a transpiração, condutância estomática e a fotossíntese da cultura da beterraba a partir da CEa 2,2 dS m⁻¹.

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou a fotossíntese, porém com menor intensidade no tratamento com adubação orgânica, seguindo da adubação mineral e o (controle) sem adubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p. 711-728, 2013.

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

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. 418p.

GADELHA, B. B.; FREIRE, M. H. C.; SOUSA, H. C.; COSTA, F. H. R.; LESSA, C. I. N.; SOUSA, G. G. Crescimento e produção de beterraba irrigada com água salina em diferentes tipos de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 12, p. 847-852, 2021.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação Mestrado

RESENDE, G. M.; CORDEIRO, G. G. **Uso de água salina e condicionador do solo na produtividade de beterraba e cenoura no semi-árido do Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 4p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. USDA Agriculture Handbook, 60.

RODRIGUES, V. S.; SOUSA, G. G.; GOMES, S. P.; SOARES, S. D. C.; SILVA JUNIOR, F. B. D.; FREIRE, M. H. D. C.; LIMA, J. M. D. P. Gas exchange and growth of sunflower subjected to saline stress and mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 840-847, 2022.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SOUSA, J. T. M.; SOUSA, G. G.; SILVA, E. B.; SILVA JUNIOR, F. B.; VIANA, T. V. A. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizers. **Revista Caatinga**, v.34, p.682-691, 2021.

SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, G. L.; VIANA, T. V. A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, p.1-8, 2019.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Org.), **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2017. 577p.

TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 2011. 45p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 210).

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. Campinas, SP: IAC, 2013.