

## TROCAS GASOSAS DE QUIABEIRO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO DE ELICITORES ABIÓTICOS

Vitor Manoel Bezerra da Silva<sup>1</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>2</sup>, Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>,  
Saulo Soares da Silva<sup>4</sup>, Flávia de Sousa Almeida<sup>5</sup>, Valéria Fernandes de Oliveira Sousa<sup>6</sup>.

**RESUMO:** No semiárido do Nordeste Brasileiro, a salinidade da água limita o desempenho das culturas, principalmente as sensíveis ao estresse salino. Portanto, é imprescindível a identificação de estratégias capazes de amenizar essa problemática. Nesse contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da aplicação foliar do ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio nas trocas gasosas do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’ em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem, sob condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, em arranjo fatorial  $2 \times 2$ , sendo dois níveis de condutividade elétrica da água – CEa ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) e dois elicitores abióticos: ácido ascórbico (60 mM) e peróxido de hidrogênio ( $50 \mu\text{M}$ ), com cinco repetições. A irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  restringiu as trocas gasosas do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’, aos 30 dias após a semeadura. A aplicação foliar de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio não amenizou os efeitos do estresse salino nas trocas gasosas do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Abelmoschus esculentus* L., ácido ascórbico, peróxido de hidrogênio.

<sup>1</sup> Mestrando, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB CEP 58840-000, Pombal, PB. Fone (87) 99211-5832. e-mail: vitortn20@gmail.com;

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB;

<sup>3</sup> Prof. Doutora, Unidade Acadêmica de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB;

<sup>4</sup> Pós-doutorando, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Pombal, PB;

<sup>5</sup> Mestranda, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Campus Pombal-PB;

<sup>6</sup> Pós-doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, UFCG, Pombal, PB.

## GAS EXCHANGE OF OKRA IRRIGATED WITH SALINE WATER AND APPLICATION OF ABIOTIC ELICITORS

**ABSTRACT:** In the semi-arid region of Northeastern Brazil, water salinity limits crop performance, especially those sensitive to salt stress. Therefore, it is essential to identify strategies capable of alleviating this problem. In this context, this study aimed to evaluate the effects of foliar application of ascorbic acid and hydrogen peroxide on the gas exchange of okra ‘Santa Cruz 47’ as a function of irrigation water electrical conductivity levels. The experiment was conducted in pots adapted as drainage lysimeters, under field conditions at the Center for Agri-Food Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, Campus of Pombal-PB. The experimental design adopted was a randomized block design in a  $2 \times 2$  factorial arrangement, with two levels of water electrical conductivity – EC<sub>w</sub> (0.3 dS m<sup>-1</sup> and 3.3 dS m<sup>-1</sup>) and two abiotic elicitors: ascorbic acid (60 mM) and hydrogen peroxide (50 μM), with five replicates. Irrigation with water at 3.3 dS m<sup>-1</sup> restricted the gas exchange of okra ‘Santa Cruz 47’ at 30 days after sowing. Foliar application of ascorbic acid and hydrogen peroxide did not alleviate the effects of salt stress on the gas exchange of okra ‘Santa Cruz 47’.

**KEYWORDS:** *Abelmoschus esculentus* L., ascorbic acid, hydrogen peroxide.

### INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma hortaliça anual adaptada a regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo, cuja produção limitava-se ao continente africano, porém, a aptidão culinária cativou outros continentes a sua exploração (HAFEEZ et al., 2020).

No Brasil, na região do semiárido do Nordeste, a expansão dessa cultura enfrenta limitações para ampliação das áreas de cultivo, devido principalmente a ocorrência de fontes hídricas com elevados teores de sais dissolvidos e composição distinta, predominando elevados teores de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, fato que compromete o crescimento e a produção da maioria das culturas (LIMA, et al., 2021).

O semiárido é caracterizado pelo desbalanço entre a pluviosidade anual e a taxa de evaporativa, resultando em déficit hídrico na maior parte dos meses do ano, e também contribui para o acúmulo de sais não dissolvidos na superfície do solo (BEZERRA et al., 2018; PINHEIRO et al., 2022). O acúmulo de sais restringe a absorção de água e nutrientes, devido

aos efeitos osmóticos e causam distúrbios na fisiologia, afetando o metabolismo e o equilíbrio iônico (ZHANG et al., 2019).

Neste contexto, é imprescindível a busca por alternativas capazes de amenizar os efeitos nocivos causados pelo uso de águas com elevados teores de sais, como a utilização de substâncias elicitoras. Dentre as alternativas, destaca-se o uso do ascórbico e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

O ácido ascórbico é um composto não enzimático que atua no sistema antioxidante, reduzindo os efeitos do estresse oxidativo (SALEEM et al., 2024). Já o peróxido de hidrogênio é um radical livre que em baixas concentrações é capaz de sinalizar os mecanismos de defesas das plantas para sobrevivência sob condições de estresse intenso (CAPITULINO et al., 2024).

Dessa forma, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio nas trocas gasosas do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’ em função dos níveis de condutividade elétrica da água.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condição de campo, nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB, cujas coordenadas geográficas situam-se em 6°48’16” S, 37°49’15” O e altitude média de 144 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 × 2, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,3 e 3,3 dS m<sup>-1</sup>) e dois elicitores abióticos: ácido ascórbico (60 mM) e peróxido de hidrogênio (50 µM), com cinco repetições. Estudo foi realizado com a cultivar de quiabeiro ‘Santa Cruz 47’.

O volume de água foi determinado através do balanço hídrico pela diferença entre o volume aplicado no evento anterior e o volume drenado, e uma fração de lixiviação estimada em 20% a cada 15 dias. a Eq. 1.

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \quad (1)$$

Em que:

VI = Volume de água a ser aplicada (mL);

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

Vd = volume de água drenado (mL); e

FL = fração de lixiviação (0,20), aplicada a cada 15 dias.

Os diferentes níveis de salinidade da água foram alcançados pela adição de NaCl, de acordo com os tratamentos pré-determinados. A fonte hídrica utilizada foi do sistema de abastecimento de abastecimento de Pombal - PB, que apresentava condutividade elétrica de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. No preparo da água foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais (mg L<sup>-1</sup> = 640 × CEa), de acordo com Richards (1954).

As aplicações de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio foram iniciadas 48 horas antes da irrigação das águas salinas, utilizando um pulverizador manual de modo a se obter o molhamento completo nas faces abaxial e adaxial das folhas, realizadas sempre ao fim da tarde (17:00h). Posteriormente as aplicações foram realizadas a cada 15 dias.

As trocas gasosas, foram determinadas aos 30 DAS através da condutância estomática ( $gs - mol H_2O m^{-2} s^{-1}$ ), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) ( $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $mmol de H_2O m^{-2} s^{-1}$ ) e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) ( $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ) utilizando um analisador de gases infravermelho - IRGA (Infrared Gas Analyser, modelo LCpro - SD, da ADC Bioscientific, UK). As leituras foram realizadas entre 7:00 e 10:00 horas da manhã, na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical sob condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO<sub>2</sub> e utilizando uma fonte artificial de radiação.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e posteriormente a análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Nos casos de significância, foi realizado o teste de F ( $p \leq 0,05$ ) para os níveis de condutividade elétrica da água e os elicitores abióticos, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2019). As variáveis condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> foram transformadas ( $\times 0.5$ ) para se ajustarem na análise estatística.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

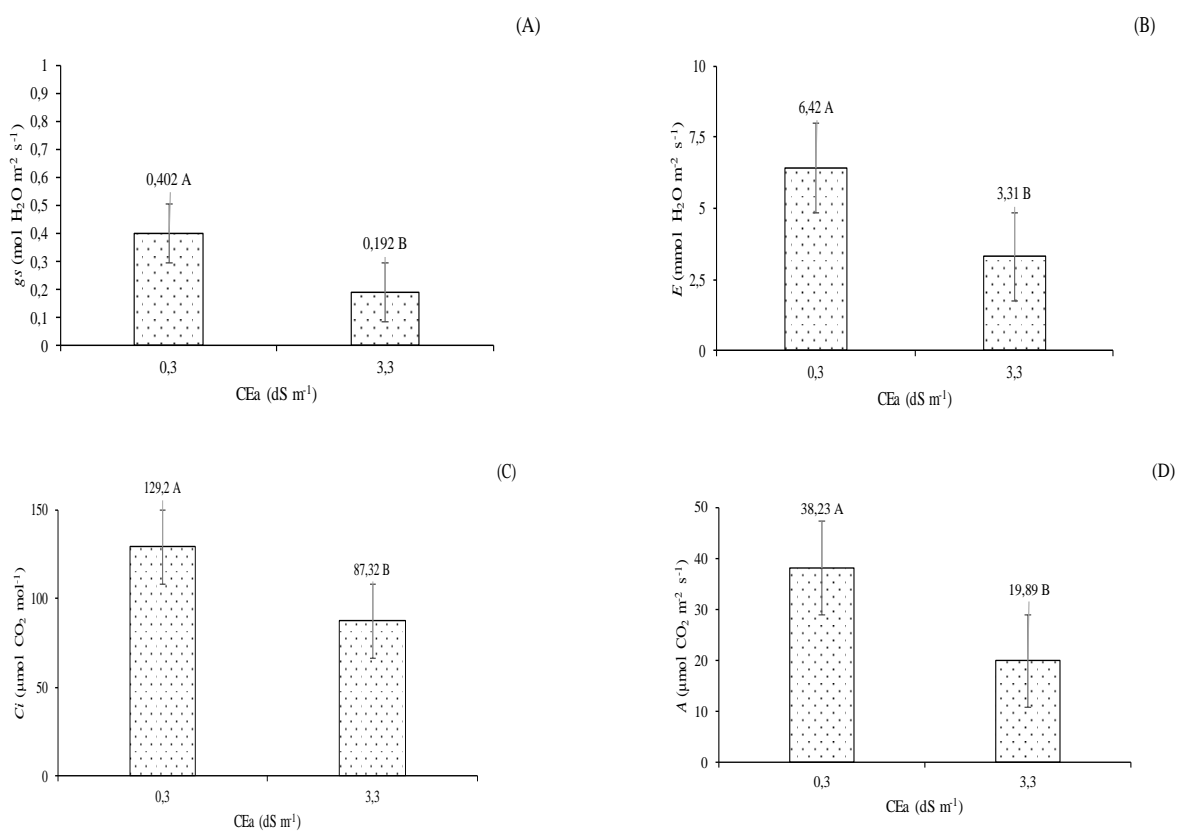
Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) dos níveis de condutividade elétrica da água (CEa) sobre todas as variáveis analisadas. A aplicação de elicitores abióticos (EA) e a interação entre os fatores (CEa × EA) não afetou de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  do quiabeiro aos 30 DAS.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		$G_s^1$	$E$	$C_i^1$	$A^1$
Condutividade elétrica da água (CEa)	1	0,220**	48,36**	8767,57*	1681,22**
Elictores (E)	1	0,008 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	4111,27 <sup>ns</sup>	4,02 <sup>ns</sup>
Interação (CEa × E)	1	0,002 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	149,87 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>
Bloco	4	0,026 <sup>ns</sup>	8,77**	1500,94 <sup>ns</sup>	185,96*
Resíduo	12	0,008	0,64	1152,51	41,37
CV (%)		16,77	16,53	17,65	12,69

GL - grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; \*\*significativo em nível de 0,01 de probabilidade; \* significativo em nível de 0,05% de probabilidade; ns não significativo; 1 dados transformados em (x0,5).

Observa-se que a irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  inibiu as a condutância estomática (Figura 1A), a transpiração (Figura 1B), a concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Figura 1C) e a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (Figura 1D), sendo inferior estatisticamente ao das irrigadas com CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . O fechamento estomático, inicialmente é uma estratégia para diminuir a perda de água para atmosfera nas plantas cultivadas sob restrição hídrica, e limita a entrada de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática necessária para o processo fotossintético (BUCKLEY, 2019).



As barras verticais representam o erro padrão (n = 5). Média seguida por letras diferentes difere de forma significativa pelo teste de F ( $p \leq 0,05$ ).

**Figura 1.** Condutância estomática –  $g_s$  (A); transpiração -  $E$  (B); concentração interna de  $\text{CO}_2$  –  $C_i$  (C); taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  -  $A$  (D) das plantas de quiabeiro ‘Santa Cruz 47’, em função dos níveis de condutividade elétrica da água, aos 30 dias após a semeadura (DAS).

A exposição prolongada sob irrigação com elevada salinidade aumenta influxo dos íons  $\text{Na}^+$  através da membrana plasmática, que por sua vez causa efluxo de íons de  $\text{K}^+$  e conseqüentemente uma redução na pressão de turgor (KEISHAM et al., 2018). A redução de turgor nas células-guarda tornam-nas flácidas e o ostíolo se fecha, reduzindo a capacidade de admissão de  $\text{CO}_2$  pelos estômatos (HASANUZZAMAN et al., 2023). A redução na captação de  $\text{CO}_2$  prejudica a fotossíntese ao impedir que o  $\text{CO}_2$  chegue até à RuBisCO nos cloroplastos, o que causa uma queda na taxa de produção de assimilados (LEAL et al., 2019).

## CONCLUSÕES

A irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  restringiu as trocas gasosas do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’, aos 30 dias após a semeadura. A aplicação foliar de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio não amenizou os efeitos do estresse salino nas trocas gasosas do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SANTOS, J. B. DOS; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Ambiente & Água**, v.13, e2130, 2018.

BUCKLEY, T. N. How do stomata respond to water status? **New Phytologist**, v. 224, n. 1, p. 21-36, 2019.

CAPITULINO, J. D.; LIMA, G. S. DE; ARRUDA, T. F. DE L.; SOUZA, A. R. DE; SOARES, L. A. DOS A.; NASCIMENTO, R. DO. Hydrogen peroxide in attenuating salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v.37, e11876, 2024.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema de análise computacional para projetos do tipo split plot com efeitos fixos. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

HAFEEZ, M.; HASSAN, S. M.; MUGHAL, S. S.; AYUB, A. R.; YASIN, M.; KHAN, M. N. M.; MUSHTAQ, M.; KHAN, M. K. Evaluation of Biological Characteristics of *Abelmoschus esculentus*. **International Journal of Biochemistry, Biophysics & Molecular Biology**, v.5, p. 44-51, 2020.

HASANUZZAMAN, M.; RAIHAN, M. R. H.; ALHARBY, H. F.; AL-ZAHRANI, H. S.; ALSAMADANY, H.; ALGHAMDI, K. M.; NAHAR, K. Foliar application of ascorbic acid and tocopherol in conferring salt tolerance in rapeseed by enhancing  $K^+/Na^+$  homeostasis, osmoregulation, antioxidant defense, and glyoxalase system. **Agronomy**, v.13, e361, 2023.

KEISHAM, M.; MUKHERJEE, S.; BHATLA, S. C. Mechanisms of Sodium Transport in Plants-Progresses and Challenges. **International Journal of Molecular Sciences**, v.19, p. 647, 2018.

LEAL, Y. H.; SOUSA, L. V. DE; MOURA, J. G. DE; BASÍLIO, A. G. DE S.; MELO FILHO, J. S. DE; SILVA, T. I. DA; GONÇALVES, A. C. DE M.; DIAS, T. J. Agronomic performance and gaseous exchanges of the radish under saline stress and ascorbic acid application. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v.13, p.89-98, 2019.

LIMA, G. S. DE; SOARES, M. G. DA S.; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, J. B. DA. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, p. 393-401, 2021.

PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A.; OLIVEIRA, S. G. DE; SILVA, F. A. DA. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, v.53, e20217816, p.1-11, 2022.

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

SALEEM, N.; NOREEN, S.; AKHTER, M. S.; ALSHAHARNI, M. O.; ATHAR, H. R.; ALZUAIBR, F. M.; AL-ZOUBI, O. M.; MAHMOOD, S. Ascorbic acid-mediated enhancement of antioxidants and photosynthetic efficiency: A strategy for enhancing canola yield under salt stress. **South African Journal of Botany**, v.173, p.196-207, 2024.

ZHANG, T.; ZHANG, Z.; LI, Y.; ELE, K. The Effects of Saline Stress on the Growth of Two Shrub Species in the Qaidam Basin of Northwestern China. **Sustainability**, v.11, p. 1-13, 2019.