

TROCAS GASOSAS EM PIMENTÃO SOB SALINIDADE E APLICAÇÕES DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

JÉSSICA ARAGÃO¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA³ ALLESSON RAMOS DE SOUZA⁴, EDMILSON JÚNIO MEDEIROS CAETANO¹

¹Mestrando(a) em Eng. Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, jessica_aragao@outlook.com; edmilsonjunio18@gmail.com;

²Dr. Professor, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, geovani.soares@cnpq.br;

³Dra. Profa. Titular, UAEA/UFCG, Campina Grande-PB, antuneslima@gmail.com;

⁴Graduando em Eng. Agrícola, UAEA/UFCG, Campina Grande-PB, allesson13@outlook.com;

RESUMO: O pimentão é uma hortaliça de grande importância econômica no mercado brasileiro. É uma cultura que se desenvolve em climas quentes e úmidos. Todavia, o cultivo em regiões semiáridas pode ser limitado pelo uso de águas com elevadas concentrações de sais. A pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos do peróxido de hidrogênio como atenuador dos estresses salinos no pimentão 'All Big', para isso foi utilizado as trocas gasosas como parâmetro. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação sob delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5×5 , referente a cinco condutividades elétricas - CEa (0,8; 1,4; 2,0; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (0, 15, 30, 45 e 60 µM), com três repetições. A aplicação de H₂O₂ nas concentrações estimadas de 32,5, 34,3 e 31,14 µM e 34,1, 27,6 e 27,6 µM promovem aumento na taxa de assimilação de CO₂ e transpiração, respectivamente sob irrigação com água de CEa 0,8, 1,4 e 2,0 dS m⁻¹. O aumento da salinidade da água a partir de 0,8 dS m⁻¹ reduz a condutância estomática nas plantas de pimentão 'All Big', aos 60 dias após o semeio.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum annuum* L., estresse abiótico, transpiração.

GAS EXCHANGE IN BELL PEPPER UNDER SALINITY AND HYDROGEN PEROXIDE APPLICATIONS

ABSTRACT: Bell pepper is a vegetable of great economic importance in the Brazilian market. A culture grows in hot and humid climates. However, cultivation in semi-arid regions may be limited by the use of water with high concentrations of salts. The research aimed to evaluate the effects of hydrogen peroxide as an attenuator of saline stresses in the 'All Big' bell pepper, for which gas exchange was used as a parameter. The study was carried out in a greenhouse under a randomized block design, in a 5×5 factorial arrangement, referring to five electrical conductivities - ECw (0.8; 1.4; 2.0; 2.6 and 3.2 dS m⁻¹) and five concentrations of hydrogen peroxide - H₂O₂ (0, 15, 30, 45 and 60 µM), with three replications. The application of H₂O₂ at estimated concentrations of 32.5, 34.3 and 31.14 µM and 34.1, 27.6 and 27.6 µM promote an increase in the rate of CO₂ assimilation and transpiration, respectively under irrigation with water from ECw 0.8, 1.4 and 2.0 dS m⁻¹. The increase in water salinity from 0.8 dS m⁻¹ reduces stomatal conductance in 'All Big' sweet pepper plants, at 60 days after sowing.

KEYWORDS: *Capsicum annuum* L., abiotic stress, transpiration.

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça altamente utilizada na culinária de países subtropicais, principalmente pela versatilidade das formas de consumo e alto valor nutricional. O Brasil produz cerca de 5 milhões de toneladas ano⁻¹ (Giacomin et al., 2021).

As áreas de cultivos no semiárido do Nordeste brasileiro possuem variações nas condições edafoclimáticas, sendo comum a ocorrência de fontes de águas com elevadas concentrações de sais. O excesso de sais nas águas podem induzir alterações fisiológicas, redução do crescimento e do rendimento. Os efeitos da salinidade são atribuídos aos estresses iônicos (toxicidade específica) e aos osmóticos (restrição na absorção de água), afora os efeitos secundários, como o estresse oxidativo (Silva et al., 2018)

A redução da taxa de assimilação de CO₂ nas folhas pode induzir a remobilização dos carboidratos armazenados para os tecidos de maior demanda, afetando o desenvolvimento e a produtividade das culturas (Silva et al., 2019).

É sabido que o peróxido de hidrogênio é um subproduto da fotossíntese, produzido normalmente pela planta e eliminado pelo sistema de defesa antioxidante enzimático e não enzimático. Em pequenas concentrações, o H₂O₂ pode atuar como uma molécula sinalizadora do estresse, desempenhando função na ativação do sistema de defesa da planta (Silva et al., 2019). Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas do pimentão vermelho ‘All Big’ irrigado com água salina e aplicações foliares de peróxido de hidrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante o período de março de 2022 a julho de 2022 em ambiente protegido (casa de vegetação), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado em Campina Grande, Paraíba, Brasil, cujas coordenadas geográficas locais são 07° 15 '18" S, 35° 52' 28" W e altitude média de 550 m.

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 5 × 5, correspondendo a cinco níveis de condutividades elétricas - CEa (0,8; 1,4; 2,0; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹) associados a cinco concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (0, 15, 30, 45 e 60 µM), resultando em vinte e cinco tratamentos, com três repetições e uma planta por parcela.

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos adaptados a lisímetros de drenagem com capacidade de 10 L, possuindo uma tela de malha fina na base e conectada a um coletor de água drenada por meio de uma mangueira com diâmetro interno de 3 mm e externo de 5 mm. Acima da tela, os vasos receberam uma camada de brita de 3 cm de espessura e 12 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa coletado na profundidade de 0-20 cm proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas características físico-hídricas e químicas foram determinadas conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2011): Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺ + H⁺ = 26,0; 36,6; 1,6; 2,2 e 19,3 cmolc kg⁻¹, respectivamente; pH (água 1:2,5) = 5,9; CEes (dS m⁻¹) = 1,0; matéria orgânica (%) = 1,36; areia, silte e argila = 732,9, 142,1, e 125,0 dag kg⁻¹, respectivamente; densidade aparente 1,39 (g cm⁻³).

Na semeadura foram utilizadas cinco sementes distribuídas de forma equidistante em cada lisímetro, à profundidade de 2 cm. Após a emergência das plântulas, foi realizado desbaste em duas etapas, quando as plantas apresentarem com dois e três pares de folhas definitivas, respectivamente, deixando-se no último desbaste, uma planta por recipiente.

As adubações com N, P e K foram realizadas segundo recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado 50 mg de N, 150 mg de P₂O₅ e 75 mg de K₂O kg⁻¹, nas formas de ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio. Os adubos foram aplicados via fertirrigação, aos a partir de 30 dias após o semeio (DAS) e divididas em 12 aplicações. A adubação foliar de micronutrientes foi realizada quinzenalmente, com solução nutritiva na concentração de 1,0 g L⁻¹ do produto comercial Dripsol® micro contendo: Mg (1,1%), Zn (4,2%), B (0,85%), Fe (3,4%), Mn (3,2%), Cu (0,5%), Mo (0,05%), aplicados nas faces adaxial e abaxial. As águas salinizadas foram preparadas de forma a ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca: Mg, respectivamente, a partir da dissolução dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O em água de abastecimento local (0,38 dS m⁻¹), sendo considerada a relação entre a concentração de sais e a CEa, segundo Richards (1954).

As aplicações foliares de H₂O₂ ocorreram antes do início das irrigações com água salina, aos 30 DAS se repetiram com intervalo de 12 dias até o aparecimento do primeiro fruto (80 DAS), totalizando 4 aplicações. Foram efetuadas com o auxílio de um pulverizador manual de 1,6 L. A irrigação foi

realizada de modo a manter a umidade do solo em nível proporcional à capacidade de campo, utilizando volumes de água de acordo com cada tratamento.

Aos 60 DAS foi realizada avaliação do efeito dos tratamentos sobre a fisiologia do pimentão, através da concentração interna de CO₂ (*C_i*) (μmol mol⁻¹), da taxa de assimilação de CO₂ (*A*) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), da transpiração (*E*) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) e da condutância estomática (*g_s*) (mol m⁻² s⁻¹) sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹. Estas medidas foram aferidas com um determinador de trocas gasosas em plantas, contendo um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gas Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade e em seguida à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de condutividade elétrica da água e concentrações de H₂O, utilizando-se do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação afetaram significativamente ($p \leq 0,01$) a transpiração (*E*) e a condutância estomática (*g_s*), sendo a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) a ($p \leq 0,05$) (Tabela 1). A *E*, *g_s* ($p \leq 0,01$) e *A* ($p \leq 0,05$) foram influenciadas de forma significativa pela interação entre os níveis salinos da água e as concentrações de peróxido de hidrogênio (NS×H₂O₂).

Tabela 1. Resumo do teste F, concentração interna de CO₂ (*C_i*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*) e condutância estomática (*g_s*) do pimentão ‘All Big’ irrigado com águas salinas e aplicação de concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 60 dias após o semeio.

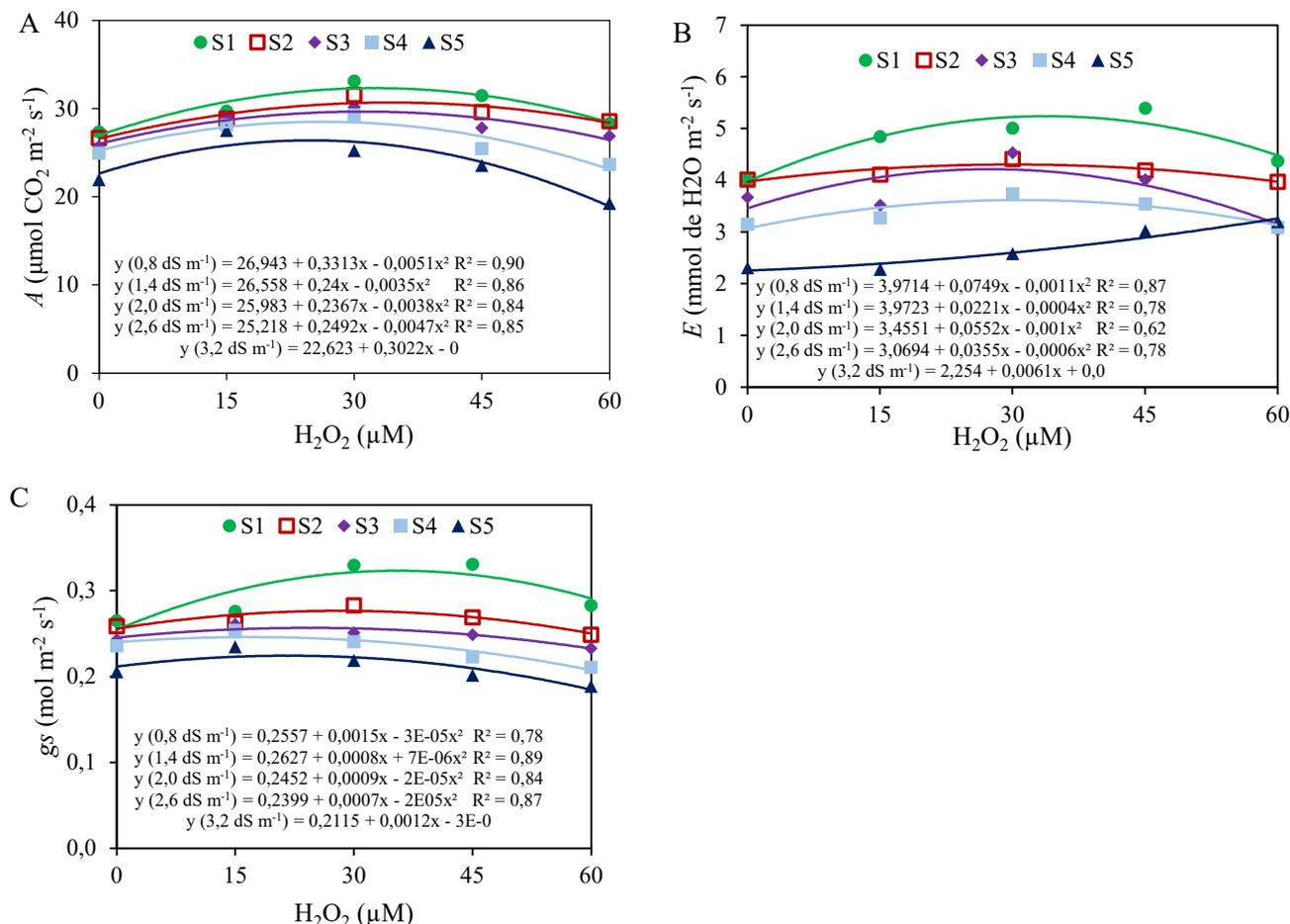
Fonte de variação	GL	Teste F			
		<i>C_i</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>g_s</i>
Níveis Salinos (NS)	4	ns	*	**	**
Regressão linear	1	-	**	**	**
Regressão quadrática	1	-	ns	ns	ns
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	ns	ns	ns	ns
Regressão linear	1	-	-	-	-
Regressão quadrática	1	-	-	-	-
Interação (NS × H ₂ O ₂)	16	ns	*	**	**
Blocos	2	ns	ns	ns	ns
CV (%)		9,66	26,77	15,67	26,97

GL= graus de liberdade; ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$.

As plantas submetidas a irrigação com CEa de 0,8; 1,4 e 2,0 dS m⁻¹ obtiveram os valores máximos no *A* de 32,3, 26,6 e 29,7 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ sob aplicação de H₂O₂ nas concentrações estimadas de 32,5, 34,3 e 31,14 μM, respectivamente (Figura 1A). Contudo, as plantas submetidas a CEa de 2,6 dS m⁻¹ reduziram a taxa de assimilação de CO₂, sendo os decréscimos de 14,26% (3,56 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) quando comparado a testemunha (0 μM). Este tipo de comportamento evidencia a ocorrência não só de dano ao aparato fotossintético na etapa de carboxilação, mas também, aumento no processo de fotorespiração, já que a Rubisco como oxigenase é quem catalisa o primeiro passo dessa rota (Soares et al., 2013).

Para a transpiração, as plantas submetidas a CEa de 0,8, 1,4 e 2,0 dS m⁻¹ obtiveram valores máximos de 5,24, 4,27 e 4,21 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ sob aplicação de peróxido de hidrogênio nas concentrações estimadas de 34,1, 27,6 e 27,6 μM, respectivamente (Figura 1B). A redução da transpiração provavelmente é uma consequência do fechamento estomático que é tida como um mecanismo de tolerância a salinidade que reduz o processo transpiratório como também regula a entrada de água nas plantas com isso evitando também a entrada de sais, reduzindo dessa forma a toxicidade por íons específicos para reduzir a perda de água (Flowers & Flowers, 2005). O maior valor de *E* foi percebido na CEa de 0,8 dS m⁻¹, indicando que em concentrações adequadas àquelas plantas, o H₂O₂ vem como agente auxiliador a aclimação ao estresse salino.

Figura 1. Taxa de assimilação de CO₂ – A (A), transpiração – E (B) e condutância estomática – gs (C) em função da interação dos níveis salinos e concentrações de peróxido de hidrogênio.



A condutância estomática (g_s) em função da irrigação com níveis crescentes da CEa, apresentou redução e segundo a equação de regressão constata-se que as plantas irrigadas com água de 3,2 dS m^{-1} tiveram um decréscimo de 29,78% em comparação com as plantas sob irrigação com CEa de 0,8 dS m^{-1} (Figura 1C). Nota-se que o fechamento parcial dos estômatos é decorrente do efeito osmótico, associado ao acúmulo de sais no solo, e também em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (Gomes et al., 2015).

É possível notar que plantas que receberam H_2O_2 em doses estimadas de 25 μM e CEa de 0,8 dS m^{-1} , apresentaram uma condutância maior que a testemunha (0 μM) de 7%. O efeito benéfico do peróxido de hidrogênio em baixas concentrações pode estar associado ao seu papel de molécula sinalizadora, regulando diversas vias, incluído respostas ao estresse salino (Baxter et al., 2014).

CONCLUSÃO

A aplicação de H_2O_2 nas concentrações estimadas de 32,5, 34,3 e 31,14 μM promovem aumento na taxa de assimilação de CO_2 sob irrigação com água de CEa 0,8, 1,4 e 2,0 dS m^{-1} . A transpiração aumenta quando há aplicação de peróxido de hidrogênio nas concentrações estimadas de 34,1, 27,6 e 27,6 μM quando irrigadas com CEa de 0,8, 1,4 e 2,0 dS m^{-1} , respectivamente. O aumento da salinidade da água a partir de 0,8 dS m^{-1} reduz a condutância estomática nas plantas de pimentão ‘All Big’, aos 60 dias após o semeio.

REFERÊNCIAS

- Baxter, A.; Mittler, R.; Suzuki, N. EROS as key players in plant stress signalling. *Journal of Experimental Botany*, v. 65, n. 5, p. 1229–1240, 2014.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.1, p.529-535, 2019.
- Flowers, T.J.; Flowers, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- Giacomin, R.M; Ruas, C. F.; Baba, V.Y.; De Godoy, S.M. Sudré, C.P. Bento, C.S.; Da Cunha, M.; Da Costa Geronimo, I.G. Rodrigues, R.; Gonçalves, L.S. Phenotypic, molecular and pathogenic characterization of *Colletotrichum scovillei* infecting *Capsicum* species in Rio de Janeiro, Brazil. *PeerJ*, 2021.
- Gomes, K. R.; Sousa, G. G. de; Lima, F. A.; Viana, T. V. de A.; Azevedo, B. M.; Silva, G. L. da. 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.
- Silva, E. M. da; Lima, G.S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Sá, F. V. da S.; Souza, L. de P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.776-781, 2018.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. de S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.49, p.1-10, 2019.
- Soares, L. A. dos A.; Lima, G. S. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Pereira, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada, *Revista Verde*, v. 8, n.1, p.247-256, 2013.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S. Department of Agriculture. *Agriculture Handbook*, 1954. 160 p.