

TROCAS GASOSAS DE TOMATE CEREJA HIDROPÔNICO CULTIVADO SOB SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA E ÁCIDO SALICÍLICO

Rafaela Aparecida Frazão Torres¹, Geovani Soares de Lima², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³, Francisco Jean da Silva Paiva⁴, Valeska Karolini Nunes Oliveira⁵, Valéria Fernandes de Oliveira Sousa⁶

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico nas trocas gasosas de tomate cereja utilizando soluções nutritivas salinas em sistema hidropônico. O experimento foi desenvolvido em sistema hidropônico tipo técnica de Fluxo Laminar de Nutriente (NFT) sob condições de casa de vegetação na Universidade Federal de Campina Grande, campus de Pombal-PB, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CE_{sn} (2,1 – controle; 2,6; 3,1; 3,6 e 4,1 dS m⁻¹) e as subparcelas de duas concentrações de ácido salicílico – AS (0 e 2,4 mM), com três repetições e duas plantas por parcela. O aumento da salinidade da solução nutritiva a partir de 3,6 dS m⁻¹ promoveu redução na condutância estomática, concentração interna de CO₂ e transpiração das plantas de tomate cereja, aos 51 dias após o transplantio. A aplicação de AS na concentração de 2,4 mM aumentou a taxa de assimilação de CO₂ das plantas de tomate cereja hidropônico.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum* L., salinidade, fitormônio

¹ Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone: (83) 99816-5504. e-mail: rafaela.aparecida@estudante.ufcg.edu.br

² Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: lauriane.soares@ufcg.edu.br

³ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: lauriane.soares@ufcg.edu.br

⁴ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrônoma do Sertão (DEAS), UFS, Nossa Senhora da Glória, SE. e-mail: jeanpaiva@academico.ufs

⁵ Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: valeska.karolini@estudante.ufcg.edu.br

⁶ Bolsista de Pós - Doutorado da FAPESq, UFCG, Pombal, PB. e-mail: valeria.fernandes@estudante.ufcg.edu.br

GAS EXCHANGE OF HYDROPONIC CHERRY TOMATO GROWN UNDER SALINE NUTRITIONAL SOLUTION AND SALICYLIC ACID

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of foliar application of salicylic acid on gas exchange of cherry tomatoes using saline nutrient solutions in a hydroponic system. The experiment was developed in a hydroponic system using the Laminar Nutrient Flow (NFT) technique under greenhouse conditions at the Federal University of Campina Grande, Pombal-PB campus, using a completely randomized design in a split-plot scheme. The plots consisted of five levels of electrical conductivity of the nutrient solution - CEsn (2.1 - control; 2.6; 3.1; 3.6 and 4.1 dS m⁻¹) and the subplots of two concentrations of salicylic acid - SA (0 and 2.4 mM), with three replicates and two plants per plot. Increasing the salinity of the nutrient solution from 3.6 dS m⁻¹ promoted a reduction in stomatal conductance, internal CO₂ concentration, and transpiration of cherry tomato plants 51 days after transplanting. The application of SA at a concentration of 2.4 mM increased the CO₂ assimilation rate of hydroponic cherry tomato plants.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum* L., salinity, phytohormone

INTRODUÇÃO

O tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça de elevado valor nutricional e de crescente importância econômica, devido à sua versatilidade culinária, sabor adocicado e demanda no mercado consumidor (Gonçalves et al., 2018; Quintanilha et al., 2019).

No Brasil, apesar do destaque econômico, a produção na região nordeste ainda é limitada devido a restrição na disponibilidade hídrica, envolvendo aspectos tanto quantitativos como qualitativos (Lima et al., 2019). Nessa região é comum as fontes hídricas apresentarem elevados teores de sais resultando em limitações nos aspectos fisiológicos, crescimento e produção de diversas culturas (Lima et al., 2019; Lima et al., 2020).

O manejo inadequado da água salina juntamente com a escassez hídrica pode causar alterações na estrutura do solo, afetando a sua capacidade de retenção de água e nutrientes para as plantas, além de contribuir para a degradação do solo pelos processos de salinização e/ou sodificação (Lima et al., 2020).

Nesse cenário, o cultivo hidropônico destaca-se como uma alternativa promissora, permitindo maior eficiência no uso da água, controle sobre os fatores ambientais e o

fornecimento de nutrientes (Costa et al., 2020). Outra estratégia utilizada para amenizar o efeito dos sais sobre as plantas é a aplicação foliar de ácido salicílico (AS), que atua na regulação de processos fisiológicos e bioquímicos relacionados à tolerância das plantas ao estresse salino (Mendonça et al., 2022; Oliveira et al., 2023).

Nessa perspectiva, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico nas trocas gasosas de tomate cereja vermelho utilizando-se solução nutritiva salina em sistema hidropônico tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente - NFT.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente ao centro de ciências e tecnologia agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande, em Pombal, Paraíba.

Os tratamentos foram distribuídos no delineamento inteiramente casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} (2,1; 2,6; 3,1; 3,6 e 4,1 dS m⁻¹) e as subparcelas de duas concentrações de ácido salicílico - AS (0 e 2,4 mM), com três repetições e duas plantas por parcela.

Foi utilizado o sistema hidropônico do tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente - NFT, confeccionado com cano de policloreto de vinil (PVC) de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento, composto por cinco subsistemas espaçados 0,80 m, cada subsistema composto com três canais espaçados 0,4 m. A solução nutritiva utilizada foi recomendada por Hoagland e Arnon (1950).

As soluções nutritivas salinas foram obtidas pela adição de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e de magnésio (MgCl₂.6H₂O), na proporção de 7:2:1, respectivamente (Richards, 1954). As aplicações do ácido salicílico foram realizadas 72 h antes do início da utilização das soluções nutritivas salinas, e posteriormente com intervalos de 12 dias.

As trocas gasosas foram avaliadas 51 dias após o transplante (DAT) nas folhas localizadas no terço médio com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro⁺ Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), irradiação de 1200 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e fluxo de ar de 200 mL min⁻¹, e concentração de CO₂ atmosférico, mediante determinação de condutância estomática - g_s

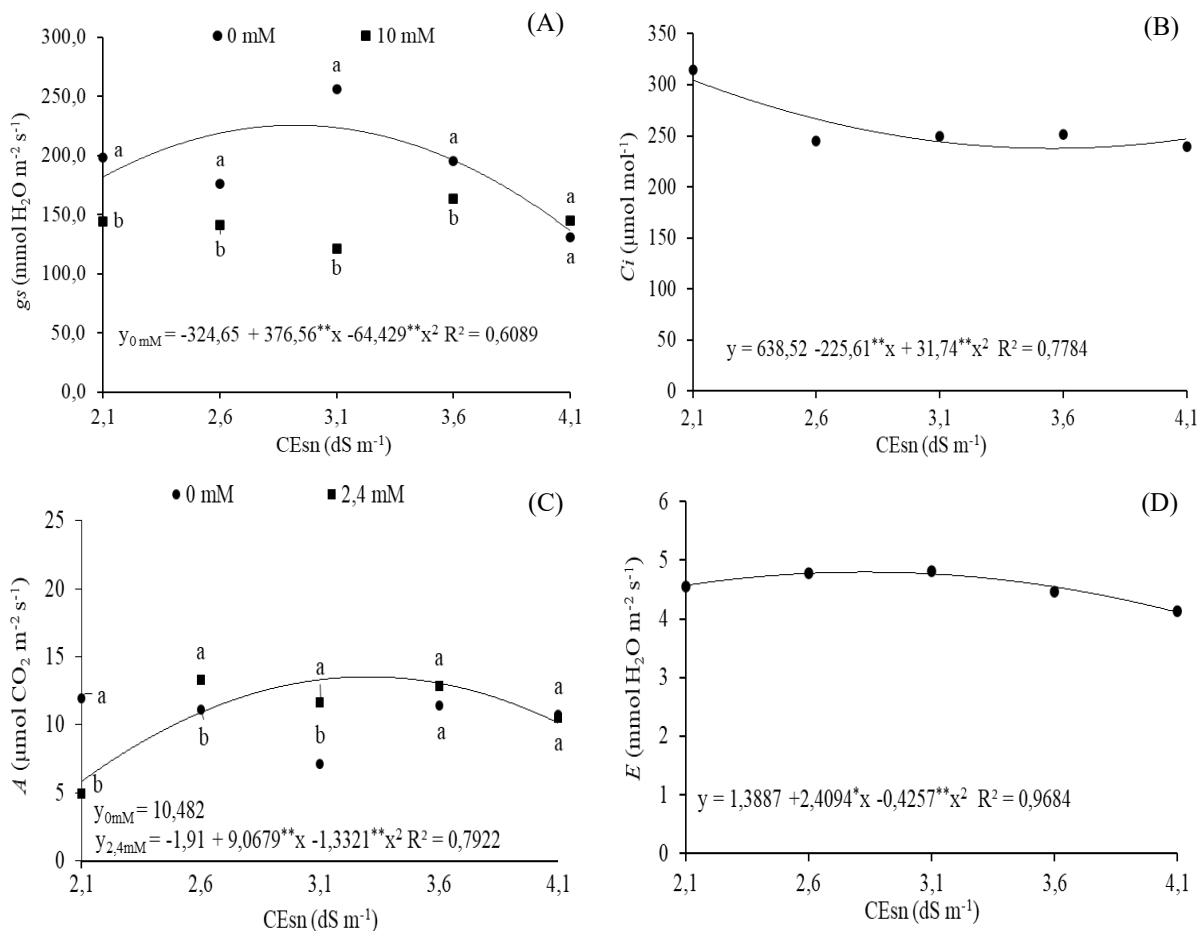
($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro e Wilk) e posteriormente, realizado análise de variância pelo teste 'F' em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Quando o resultado foi significativo, realizou-se análise de regressão polinomial para os níveis de solução nutritiva salina e teste F para as concentrações de ácido salicílico, com o auxílio do software estatístico SISVAR – ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina e as concentrações de ácido salicílico ($\text{CESn} \times \text{AS}$) para a condutância estomática (g_s) e a taxa de assimilação de CO_2 (A) das plantas de tomate cereja. Os níveis de CESn promoveram efeito significativo sobre a concentração interna de CO_2 (C_i) e a transpiração (E) das plantas de tomate cereja, aos 51 DAT.

Observa-se que para a condutância estomática (Figura 1A) as plantas que não receberam aplicação foliar de AS (0 Mm) obtiveram o valor máximo estimado de $225,60 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sob condutividade elétrica da solução nutritiva estimada de $2,9 \text{ dS m}^{-1}$. Em contrapartida, o menor valor estimado ($136,34 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), foi obtido sob maior nível salino ($4,1 \text{ dS m}^{-1}$). Por outro lado, a aplicação de ácido salicílico na concentração de $2,4 \text{ mM}$ não se ajustou de forma satisfatória aos modelos testados, sendo alcançado um valor médio de $142,90 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. No desdobramento da interação, nota-se que as plantas cultivadas sem aplicação de AS (0 mM) foram superiores estatisticamente em relação a aplicação na concentração de $2,4 \text{ mM}$ em todos os níveis salinos, com exceção apenas para CESn de $4,1 \text{ dS m}^{-1}$. Em condições de estresse salino, o fechamento estomático é um mecanismo fisiológico ativado que reduz a absorção de íons tóxicos, como Na^+ e Cl^- (Dias et al., 2019). Mendonça et. al (2023) em estudo com quiabeiro hidropônico sob estresse salino observaram redução na condutância estomática em plantas cultivadas com CESn a partir de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.



*, **, significativo em $p \leq 0,05$ e $0,01$, respectivamente, pelo teste F. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste F.

Figura 1: Condutância estomática – g_s (A) e taxa de assimilação de CO_2 (C) das plantas de tomate cereja em função da interação entre os níveis salinos da solução nutritiva – CEsn e concentrações de ácido salicílico – AS, e concentração interna de CO_2 – C_i (B) e transpiração – E (D) em função dos níveis de CEsn, aos 51 dias após o transplântio.

A salinidade da solução nutritiva reduziu de forma quadrática a concentração interna de CO_2 (Figura 1B), sendo o valor máximo estimado ($304,71 \mu\text{mol mol}^{-1}$) encontrado nas plantas cultivadas sob CEsn de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$. Já o valor mínimo estimado ($237,67 \mu\text{mol mol}^{-1}$) foi obtido nas plantas submetidas a CEsn de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$. A redução da C_i com o aumento da CEsn pode estar relacionada à redução do consumo de carbono pela Rubisco no ciclo de Calvin, devido ao desequilíbrio energético causado pelo acúmulo de sais e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (Veloso et al., 2022).

Observa-se que para a taxa de assimilação de CO_2 (Figura 1C) houve interação entre solução nutritiva salina e aplicação foliar de ácido salicílico. Nota-se que a aplicação foliar de AS na concentração de 0 mM não se ajustou aos modelos testados, alcançando valor médio de $10,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Por outro lado, a aplicação de ácido salicílico na concentração de $2,4$

mM resultou em valor máximo de $13,52 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sob condutividade elétrica da solução nutritiva de $3,4 \text{ dS m}^{-1}$, e valor mínimo ($11,25 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) sob o menor nível salino ($2,1 \text{ dS m}^{-1}$). No desdobramento da interação, observa-se que houve diferença estatística entre as concentrações de AS nos níveis de CEs_n de 2,1, 2,6 e 3,1 dS m^{-1} . O ácido salicílico participa na regulação estomática, proteção do aparato fotossintético e ativação de enzimas antioxidantes, atenuando os danos causados pelo estresse salino e favorecendo a fixação de carbono (Oliveira et al., 2023).

Para a transpiração das plantas de tomate cereja (Figura 1D) observa-se que o valor máximo estimado de $4,79 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ foi encontrado sob salinidade de $2,8 \text{ dS m}^{-1}$. Em contrapartida o valor mínimo de $4,11 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ foi verificado sob o maior nível salino ($4,1 \text{ dS m}^{-1}$).

A redução da transpiração em plantas de tomate cereja (Figura 1D) está relacionada à diminuição da condutância estomática, uma resposta fisiológica adaptativa à salinidade que visa limitar a perda de água (Figura 1A). O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva reduz seu potencial osmótico, dificultando a absorção de água pelas raízes e promovendo o fechamento estomático, onde, embora esse mecanismo contribua para a conservação hídrica, também acaba limitando a difusão de CO_2 para o mesófilo foliar, resultando na redução da taxa fotossintética (Dias et al., 2019; Oliveira et al., 2023; Mendonça et al., 2023;).

CONCLUSÕES

A salinidade da solução nutritiva variando de 3,6 a 4,1 dS m^{-1} reduz a condutância estomática, a concentração interna de CO_2 e a transpiração das plantas de tomate cereja, aos 51 dias após o transplante.

A aplicação de ácido salicílico na concentração de 2,4 mM aumenta a taxa de assimilação de CO_2 das plantas de tomate cereja cultivadas em sistema hidropônico.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Costa, L. F. da; Soares, T. M.; Silva, M. G. da; Modesto, F. J. N.; Queiroz, L. de A.; Pereira, J. S. de. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1060-1070, 2020.

Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 429-439, 2019.

Ferreira, D. F. Sisvar. computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

Gonçalves, D. C.; Fernandes, C. H. dos S.; Tejo, D. P.; Vidal, T. C. M. Cultivo do tomate cereja sob sistema hidropônico: Influência do turno de rega. **Uniciências**, v. 22, p. 20-23, 2018.

Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **California Agricultural Experiment Station**, v. 347, 1950, 32p.

Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 214-225, 2019.

Lima, G. S. de; Silva, A. R. P. da; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 217-225, 2020.

Mendonça, A. J. T.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, V. K. N.; Gheyi, H. R.; Lacerda, C. F. de; Azevedo, C. A. V. de; Lima, V. L. A. de; Fernandes, P. D. Salicylic acid modulates okra tolerance to salt stress in hydroponic system. **Agriculture**, v. 12, e1687, 2022.

Mendonça, A. J., Lima, G. S. de., Soares, L. A. dos A., Oliveira, V. K., Gheyi, H. R., Silva, L. de A., Fernandes, P. D. Gas exchange, photosynthetic pigments, and growth of hydroponic okra under salt stress and salicylic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 673-681, 2023.

Oliveira, V. K. N.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Lacerda, C. F. de; Azevedo, C. A. V. de; Nobre, R. G.; Chaves, L. H. G.; Fernandes, P. D.; Lima, V. L. A. de. Foliar application of salicylic acid mitigates saline stress on physiology,

production, and post-harvest quality of hydroponic Japanese cucumber. **Agriculture**, v. 13, e395, 2023.

Quintanilha, K. T.; Tavares, É. B.; Corcioli, G. Mapeamento do fluxo dos tomates comercializados no CEASA-Goiás em 2017 e 2018. **Research, Society and Development**, v. 8, e138101199, 2019.

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

Veloso, L. L. de S. A.; Silva, A. A. R. da; Lima, G.S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Moreira, R. C. Growth and gas exchange of soursop under salt stress and hydrogen peroxide application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 119-125, 2022.