









ORIGINAL PAPER

Aplicação foliar de H₂O₂ no cultivo hidropônico de tomate cereja sob soluções nutritivas salinas

Maria Amanda Guedes^{1*}, Hans Raj Gheyi¹, Geovani Soares de Lima², Lauriane Almeida dos Anjos Soares², Valeska Karolini Nunes Oliveira de Sá¹, Luderlândio de Andrade Silva², Fellype Jonathar Lemos da Silva¹ & Rafaela Aparecida Frazão Torres¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil

²Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil

Resumo: Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da aplicação foliar de H₂O₂ na mitigação dos efeitos do estresse salino em tomate cereja Laranja, cultivado em sistema hidropônico. O estudo foi conduzido, no município de Pombal, PB, em casa de vegetação, em cultivo hidropônico tipo técnica de fluxo laminar de nutrientes. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas 4 × 5, onde as parcelas corresponderam a quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m⁻¹) e as subparcelas cinco concentrações de H₂O₂ (0; 12; 24; 36 e 48 μM), com seis repetições e duas plantas por parcela. A salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹, sob a concentração de 0 μM de H₂O₂, inibiu o crescimento, a partição de fotoassimilados e os teores de pigmentos fotossintéticos nas plantas de tomate cereja, aos 30 e 70 dias após o transplântio (DAT). A aplicação de 36 μM de H₂O₂ associada à solução nutritiva salina de 2,1 dS m⁻¹ resultou em uma maior taxa de crescimento relativo em número de folhas e diâmetro do caule das plantas de tomate cereja no período de 15 a 30 DAT. A CESn acima de 2,1 dS m⁻¹ reduziu o crescimento, os pigmentos fotossintéticos e a fitomassa seca total das plantas de tomate cereja Laranja, em cultivo hidropônico.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., água salina, hidroponia, espécie reativa de oxigênio.

Foliar application of H₂O₂ in hydroponic cultivation of cherry tomatoes under saline nutrient solutions

Abstract: The aim of this research was to evaluate the effect of foliar application of H₂O₂ in mitigating the effects of salt stress in Laranja cherry tomatoes grown in a hydroponic system. The study was conducted in the municipality of Pombal, PB, in a greenhouse, in hydroponic cultivation using the laminar nutrient flow technique. The experimental design used was completely randomized, in a 4 × 5 split-plot scheme, where the plots corresponded to four levels

* Autor correspondente: E-mail: amandaguedscc@gmail.com

Editores: Mairton Gomes da Silva & Petterson Costa Conceição Silva

Recebido em: 27 de agosto de 2024

Aceito em: 24 de outubro de 2024

of electrical conductivity of the nutrient solution - ECns (2.1, 2.8, 3.5, and 4.2 dS m⁻¹) and the subplots five concentrations of H₂O₂ (0, 12, 24, 36, and 48 µM), with six replicates and two plants per plot. The salinity of the nutrient solution starting from 2.1 dS m⁻¹, concentration with the concentration of 0 µM H₂O₂, inhibited the growth, partitioning of photoassimilates and the contents of photosynthetic pigments in cherry tomato plants, at 30 and 70 days after transplanting (DAT). The application of 36 µM H₂O₂ associated with the saline nutrient solution of 2.1 dS m⁻¹ resulted in a higher relative growth rate in number of leaves and stem diameter of cherry tomato plants in the period from 15 to 30 DAT. The ECsn above 2.1 dS m⁻¹ reduced the growth, photosynthetic pigments and total dry matter of Laranja cherry tomato plants, in hydroponic cultivation.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., saline water, hydroponics, reactive oxygen species.

Introdução

O tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* L.) apresenta grande potencial econômico, social e comercial no Nordeste brasileiro, sendo uma cultura promissora nessa região (Pinheiro et al., 2022). No entanto, as limitações hídricas no Nordeste brasileiro, que muitas vezes impõem o uso de águas com elevados teores de sais na irrigação, podem impactar o crescimento, a fisiologia e a produção das culturas (Silva et al., 2022a).

O excesso de sais na água e/ou solo limita a capacidade das plantas de absorver água, resultando na redução do potencial osmótico da solução do solo. O acúmulo de íons de sódio (Na⁺) e cloreto (Cl⁻) pode causar toxicidade específica e provocar desequilíbrios nutricionais, prejudicando o transporte de nutrientes nas plantas, o que inibe o crescimento e a produção das culturas (Ramos et al., 2022). Sob estresse salino, as plantas tendem a reduzir a absorção de água, levando ao fechamento parcial dos estômatos, resultando em uma menor transpiração e a fixação de CO₂, o que limita a atividade fotossintética devido à redução da assimilação de CO₂ e a eficiência no uso da água (Silva et al., 2016). Diante desse desafio, é crucial adotar estratégias para otimizar o uso da água e mitigar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas (Viol et al., 2017).

Em pesquisa desenvolvida por Roque et al. (2022) com o propósito de avaliar os efeitos da irrigação com águas salobras na produção do tomate cereja, foi constatada

uma redução nos componentes de produção quando irrigado com condutividade elétrica da água a partir de 0,3 dS m⁻¹, demonstrando a sensibilidade do tomate cereja ao estresse salino. Batista et al. (2021) avaliando a produção de cultivares de tomate cereja em sistema hidropônico, também constataram reduções com aumento da salinidade da solução nutritiva acima de 2,5 dS m⁻¹. O cultivo hidropônico, por sua vez, destaca-se como uma técnica promissora, pois dispensa o uso de solo, mantendo as raízes das plantas submersas em uma solução nutritiva composta por água e os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (Silva et al., 2018; Silva et al., 2023). O cultivo em sistema hidropônico apresenta-se como uma alternativa viável em áreas onde as águas possuem elevadas concentrações de sais, permitindo o uso racional dos recursos hídricos, com uma economia de até 70% em relação aos sistemas convencionais. Além disso, possibilita o controle preciso do pH, da condutividade elétrica e do uso eficiente de fertilizantes (Sausen et al., 2020). De acordo com Guimarães et al. (2019), o uso de água salina na hidroponia é uma técnica promissora para o cultivo de hortaliças, especialmente em áreas com escassez de recursos hídricos, como o semiárido do Nordeste brasileiro.

Dentre as alternativas empregadas para amenizar os efeitos do estresse salino nas plantas destacam-se a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (Veloso et al., 2022). O H₂O₂, sendo uma espécie reativa de

oxigênio (ERO), atua como uma molécula sinalizadora crucial na mediação de processos fisiológicos e metabólicos, reduzindo os efeitos negativos do estresse nas plantas, aumentando a atividade das enzimas antioxidantes e estabilizando as membranas celulares, resultando em maior tolerância das plantas aos estresses abióticos (Gohari et al., 2020; Shalaby et al., 2023). A exposição de plantas ao H_2O_2 em baixas concentrações sob condições de estresse induz ao aumento da tolerância, devido à sua atuação como sinalizadora molecular e no fortalecimento dos mecanismos de defesa antioxidante, o que contribui para elevar a tolerância das plantas (Silva et al., 2024). Estudos mostraram que a aplicação foliar com H_2O_2 pode reduzir os efeitos negativos causados pelo estresse salino em diversas hortaliças, como tomate (Hajivar; Zare-Bavani, 2019), abobrinha italiana (Dantas et al., 2022), mini melancia (Silva et al., 2022b), pimentão (Aragão et al., 2023) e melão (Pereira et al., 2023). Porém, deve-se levar em consideração que o efeito positivo da aplicação do H_2O_2 depende de fatores como a concentração aplicada, espécie vegetal, estágio de desenvolvimento e método de aplicação (Liu et al., 2020; Capitulino et al., 2023).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico do tipo NFT, utilizando-se soluções nutritivas salinas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre novembro de 2022 a fevereiro de 2023 em uma casa de vegetação, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Pombal, Paraíba, Brasil, situada nas coordenadas geográficas $6^{\circ} 46' 13''$ S e $37^{\circ} 48' 06''$ W, a uma altitude de 193 m. O clima da região é semiárido quente e seco, com evaporação média anual de 2.000 mm e precipitação média anual de aproximadamente 750 mm, segundo classificação climática de Köppen adaptada para o Brasil (Alvares et al., 2013). Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar durante o período experimental foram coletados diariamente utilizando-se um termohigrômetro digital no interior da casa de vegetação (Figura 1).

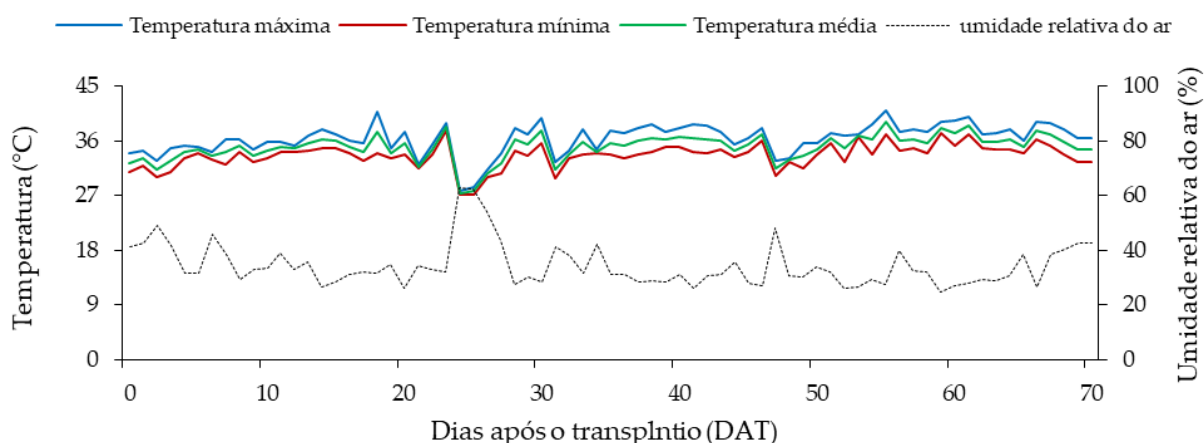


Figura 1: Dados diários de temperaturas (máxima, mínima e média) e umidade relativa média do ar durante o período experimental de novembro de 2022 a fevereiro de 2023.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os quatro níveis de condutividade elétrica da solução

nutritiva – CESn testados (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 $dS\ m^{-1}$) como parcelas e as concentrações de H_2O_2 (0, 12, 24, 36 e 48 μM), como subparcelas. Os níveis de CESn foram

definidos a partir da pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2022a). Já as concentrações de H₂O₂, seguiram o estudo de Dantas et al. (2022), realizado com abobrinha.

Foram utilizadas sementes de tomate cereja Laranja, da Topseed Garden®. Essa espécie possui um ciclo em torno de 90 dias, com plantas de crescimento indeterminado, excelente estrutura foliar e altamente produtiva.

As mudas foram obtidas a partir de sementes, as quais foram semeadas em copos de polietileno com capacidade de 80 mL, contendo substrato de fibra de coco, dispostas em bandejas. A fibra de coco foi previamente higienizada com hipoclorito de sódio a 2,5%. Durante o estágio de germinação, até o surgimento da primeira folha verdadeira (em média oito dias após a semeadura), utilizou-se uma solução nutritiva a meia-força (50%). Após o surgimento da primeira folha verdadeira, a fibra de coco foi removida e as mudas foram inseridas nos perfis hidropônicos, passando a receber solução nutritiva da concentração plena.

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo técnica de fluxo laminar de nutrientes – NFT, confeccionado com tubos de policloreto de vinil (PVC) de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento, espaçados por 0,40 m. No perfil hidropônico, o espaçamento foi de 0,50 m entre plantas e 1,0 m entre tratamentos (subsistemas), e as células para plantio tiveram diâmetro de 54,17 mm. Os perfis hidropônicos foram apoiados por cavaletes de 0,60 m de altura, com 4% de inclinação para permitir o fluxo de solução nutritiva.

Ao final de cada subsistema, foi instalado um recipiente de polietileno de 150 L para coletar o excesso de solução nutritiva, permitindo sua recirculação no sistema. A solução nutritiva foi injetada no perfil hidropônico no topo de cada canal, utilizando uma bomba de 35 W com vazão de 3 L min⁻¹. Um timer foi configurado para programar a circulação da solução nutritiva, com fluxo intermitente de 15 min durante o

dia (06:00 às 18:00 horas) e 30 min durante a noite (18:00 às 06:00 horas).

No estudo, foi utilizada a solução nutritiva recomendada por Hoagland e Arnon (1950) contendo N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe nas concentrações de 210; 31; 234; 200; 48; 64; 0,5; 0,5; 0,05; 0,02; 0,01 e 5 mg L⁻¹, respectivamente. Os fertilizantes utilizados como fontes de macronutrientes no preparo da solução foram fosfato de potássio monobásico (KH₂PO₄), nitrato de potássio (KNO₃), nitrato de cálcio (Ca(NO₃)₂.4H₂O) e sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O). Como fontes de micronutrientes, foram usados o ácido bórico (H₃BO₃), sulfato de manganês (MnSO₄.4H₂O), sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O), sulfato de cobre (CuSO₄.5H₂O), molibdato de amônio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O), sulfato ferroso (FeSO₄) e EDTA-Na.

As soluções salinas usadas no cultivo foram obtidas mediante adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e de magnésio (MgCl₂.6H₂O) à solução nutritiva preparada em água do sistema de abastecimento do município de Pombal, Paraíba – Brasil, sendo incorporadas na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, correspondendo às concentrações de Na, Ca e Mg comumente presentes nas águas de irrigação do semiárido nordestino (Silva Junior et al., 1999). As soluções nutritivas salinas foram preparadas considerando a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954), conforme Equação 1.

$$Q \approx 10 \times CE$$

(1)

Em que:

Q – soma de cátions (mmol_c L⁻¹); CE – condutividade elétrica desejada após descontar a CEa da água do sistema de abastecimento municipal (dS m⁻¹).

Após a preparação, as águas foram devidamente calibradas. A substituição completa da solução nutritiva ocorreu a cada 12 dias. Contudo, a condutividade

elétrica e o pH foram monitoradas diariamente, ajustando-se conforme necessário, quando fossem necessárias, adicionava-se água de abastecimento com CEa de 0,3 dS m⁻¹ ou solução nutritiva 100% com a quantidade de sais de cada nível, de modo a manter a CESn conforme os tratamentos estabelecidos. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl). As plantas foram cultivadas em um sistema de tutoramento vertical.

As soluções com concentrações desejadas de H₂O₂ foram preparadas por diluição em água deionizada para cada aplicação. As aplicações de H₂O₂ foram iniciadas, antes da aplicação dos diferentes níveis de CESn (8 dias após o transplante – DAT), via pulverização foliar, às 17:00 horas, e repetida a cada 12 dias entre 17:00 e 18:00 horas, totalizando três aplicações até o surgimento dos primeiros frutos. Cada planta recebeu, em média, 19 mL de solução. As aplicações foram feitas com o auxílio um pulverizador manual, garantindo o molhamento completo das folhas, tanto na face abaxial quanto adaxial. Durante a pulverização, foi utilizada uma estrutura de papelão para evitar a deriva do H₂O₂ sobre as plantas vizinhas.

A quantificação dos pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, total e carotenoides) foi realizada segundo Arnon (1949). Amostras de discos retirados da terceira folha completamente madura, a partir do ápice, foram extraídas com 6,0 mL de acetona PA a 80%. Os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides foram determinados em espectrofotômetro nas absorbâncias (ABS) de 470, 646, e 663 nm, por meio das Equações 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

$$Cl a = 12,21 \times ABS_{663} - 2,81 \times ABS_{646} \quad (2)$$

$$Cl b = 20,13 \times ABS_{646} - 5,03 \times ABS_{663} \quad (3)$$

$$ClT = 17,3 \times ABS_{646} + 7,18 \times ABS_{663} \quad (4)$$

$$Car = \frac{(1000 \times ABS_{470} - 1,82 \times Cl a - 85,02 \times Cl b)}{198} \quad (5)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides foram expressos em mg g⁻¹ MF (matéria fresca).

A determinação do conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas foi realizada através da coleta de quatro discos foliares (113 mm²), que foram pesados em balança analítica para obtenção de massa fresca (MF). Após 24 h submersos em água destilada, foi medida a massa túrgida (MT), e a massa seca (MS) foi obtida após 48 h de secagem em estufa com ventilação forçada a 60°C. O CRA foi determinado de acordo com a metodologia de Weatherley (1950), utilizando-se a Equação 6.

$$CRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100 \quad (6)$$

O extravasamento de eletrólitos (%EE) foi determinado utilizando-se cinco discos foliares com uma área de 1,54 cm² cada. Os discos foram acondicionados em beakers com 50 mL de água destilada e mantidos em temperatura de 25 °C por 24 h. Transcorridos esse tempo, com o auxílio de um condutivímetro de bancada foi mensurada a condutividade elétrica inicial do meio (Ci). Depois os beakers tampados, foram aquecidos a 80 °C por 120 min em estufa para posterior aferição da condutividade final (Cf). O extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi feito de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), conforme Equação 7.

$$\%EE = \frac{Ci}{Cf} \times 100 \quad (7)$$

Aos 15 e 30 DAT avaliou-se o crescimento em diâmetro de caule (DC), altura de plantas (AP) e número de folhas (NF). O diâmetro de caule foi mensurado 5 cm acima dos perfis hidropônicos. A altura de plantas foi determinada do orifício do sistema hidropônico até a inserção do meristema apical. A quantificação do número de folhas foi realizada contando as folhas que apresentaram um comprimento

mínimo de 5 cm. Determinaram-se as taxas de crescimento absoluto (TCA) (Equação 8) e relativo (TCR) (Equação 9) para AP (TCA_{AP} em cm dia⁻¹ e TCR_{AP} em cm cm⁻¹ dia⁻¹), DC (TCA_{DC} em mm dia⁻¹ e TCR_{DC} em mm mm⁻¹ dia⁻¹) e NF (TCA_{NF} e TCR_{NF}) para o período entre 15 DAT (T1) e 30 DAT (T2), de acordo com Benincasa (2003).

$$TCA = \frac{(A2 - A1)}{(T2 - T1)}$$

(8)

$$TCR = \frac{(\ln A2 - \ln A1)}{(T2 - T1)}$$

(9)

Para determinar o acúmulo de fitomassa, as plantas foram coletadas após 70 DAT e separadas em folhas, caule e raiz. O material foi então acondicionado em sacos de papel identificados e colocado em uma estufa de circulação de ar a 65°C por 72 h. Após o peso constante, foram mensuradas a fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca de raiz (FSR) utilizando-se uma balança de precisão de 0,01 g. A fitomassa seca da parte aérea (FSPA) foi obtida pelo somatório da FSF e FSC; enquanto a fitomassa seca total (FST), foi obtida pelo somatório da FSPA e FSR.

A relação raiz/parte aérea (R/PA) (Equação 10) foi obtida pela relação entre a FSR e a FSPA conforme Benincasa (2003).

$$R/PA = \frac{FSR}{FSPA}$$

(10)

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foi realizada uma análise de variância pelo teste F em nível de $p \leq 0,05$. Quando os resultados foram significativos, procedeu-se com a análise de regressão polinomial para avaliar os níveis de solução nutritiva salina e as concentrações de H₂O₂, utilizando o software SISVAR – ESAL (Ferreira, 2019). Para a elaboração das curvas de superfície de resposta, empregou-se o software SigmaPlot®, nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEsn × H₂O₂). Ressalta-se que para as variáveis em que houve efeito da interação entre os fatores, dispensaram-se a sua apresentação de forma isolada.

Resultados e Discussão

Conteúdo relativo de água, extravasamento de eletrólitos e pigmentos fotossintéticos

Houve efeito significativo da interação entre a solução nutritiva salina e as concentrações de peróxido de hidrogênio (CEsn × H₂O₂) sobre conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (%EE) e os teores de clorofila total (C1T) nas plantas de tomate cereja (Tabela 1). Além disso, os níveis salinos da solução nutritiva (CEsn) afetaram de forma significativa os teores de clorofila *a* (Cla), já as concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas do tomate cereja, aos 30 DAT.

Tabela 1: Resumo da análise de variância para o conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (EE), teores de clorofila *a* (Cla), *b* (C1b), clorofila total (C1T) e carotenoides (Car) em folhas de tomate cereja Laranja sob cultivo com soluções nutritivas salinas (CEsn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplântio

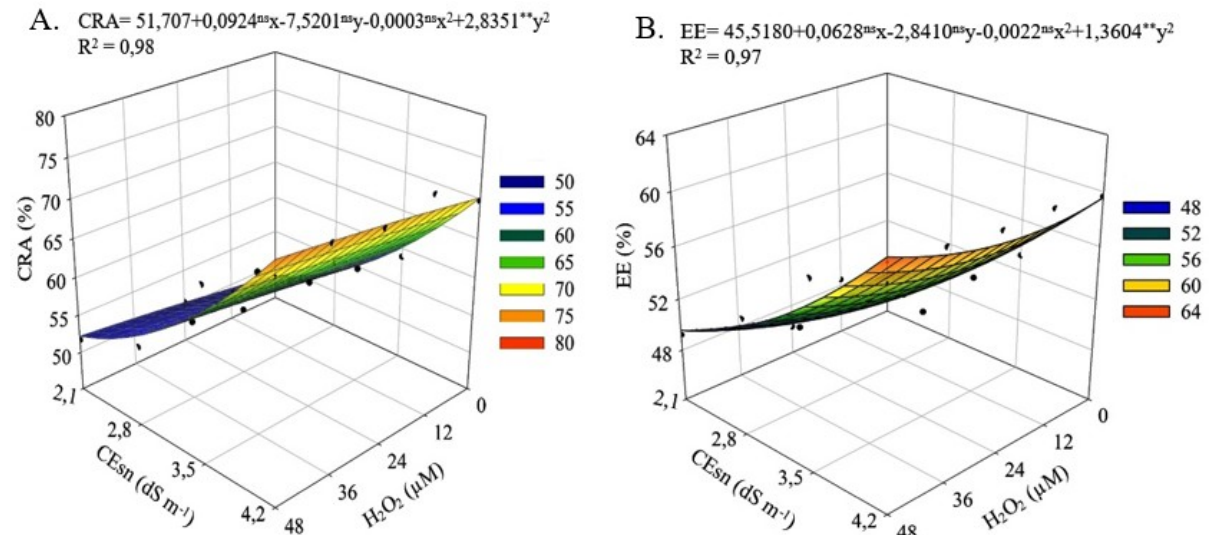
Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		CRA	EE	Cl _a	Cl _b	Cl _T	Car
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	1384**	426,4**	0,038**	0,05 ^{ns}	0,160**	0,00073 ^{ns}
Regressão linear	1	4069**	1246**	0,023**	0,012**	0,326**	0,00027 ^{ns}
Regressão quadrática	1	80,48**	30,97*	0,001 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,00012 ^{ns}
Resíduo 1	6	1,94	1,30	0,0005	0,0001	0,002	0,0008
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	25,79 ^{ns}	12,54**	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0064**	0,00018 ^{ns}
Regressão linear	1	10,89 ^{ns}	30,20*	0,0006 ^{ns}	0,002**	0,005 ^{ns}	0,00048 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1,08 ^{ns}	15,84*	0,0003 ^{ns}	0,0002**	0,0008 ^{ns}	0,00020 ^{ns}
Interação (CEsn × H ₂ O ₂)	12	8,07**	5,25**	0,001 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,007**	0,00026 ^{ns}
Resíduo 2	34	1,92	0,61	0,007	0,0001	0,009	0,00042
CV 1(%)		2,33	2,15	7,41	6,25	3,59	4,58
CV 2(%)		2,32	1,47	8,75	10,62	6,57	10,39

GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; **, * significativo a $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$, respectivamente, e ns – não significativo pelo teste F.

A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em concentrações de até 48 μM proporcionou um aumento no conteúdo relativo de água (Figura 2A), mesmo quando as plantas foram cultivadas com a maior CEsn (4,2 dS m^{-1}). O maior valor de CRA (73,87%) foi obtido nas plantas submetidas à CEsn de 2,1 dS m^{-1} com a concentração de 48 μM de peróxido de hidrogênio, correspondendo um aumento de 3,25% em relação às plantas cultivadas com CEsn de 2,1 dS m^{-1} e sem aplicação do peróxido de hidrogênio (0 μM). Entretanto, em concentrações mais baixas de H₂O₂, foram observados efeitos deletérios do estresse salino sobre o conteúdo relativo de água, sendo obtido o menor valor (49,48%) nas plantas que receberam CEsn de 2,1 dS m^{-1} e concentração de 12 μM de peróxido de hidrogênio.

Para o extravasamento de eletrólitos (Figura 2B), verifica-se que as plantas submetidas a uma CEsn de 4,2 dS m^{-1} e tratadas com peróxido de hidrogênio na concentração de 36 μM , obtiveram o maior valor estimado (60,65%). Por outro lado, os menores teores de extravasamento de eletrólitos (46,18%) foram obtidos nas plantas cultivadas sob concentração de

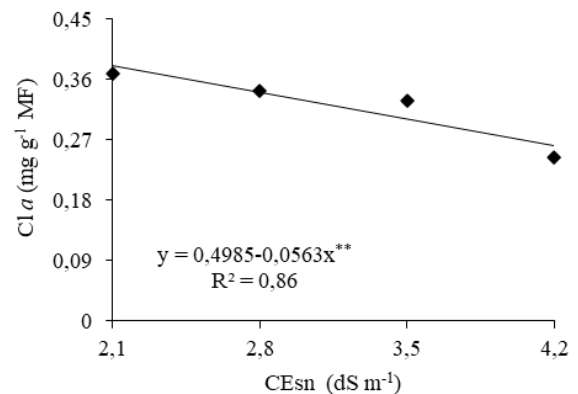
peróxido de hidrogênio de 12 μM e CEsn de 2,1 dS m^{-1} . O extravasamento de eletrólitos pode afetar negativamente a fisiologia das plantas, resultando em desidratação celular, danos às membranas celulares e alterações na função metabólica (Batista et al., 2021). O estresse salino também aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio, que pode danificar proteínas e ácidos nucleicos, isso ocorre quando a produção de radicais livres supera a capacidade dos sistemas antioxidantes de neutralizá-los (Rady et al., 2020; Sachdev et al., 2021). Por outro lado, o peróxido de hidrogênio em baixas concentrações está envolvido nos mecanismos de defesa enzimática, e atuam contra os efeitos osmóticos e iônicos, possibilitando que a planta absorva água e nutrientes, evitando o estresse oxidativo, atuando como parte do sistema antioxidante e servindo como um sinalizador para a resposta adaptativa das plantas ao estresse salino (Capitulino et al., 2023). Destaca-se que na concentração de H₂O₂ de 12 μM ocorreu um menor valor de extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de tomate cereja.



x – concentração de peróxido de hidrogênio (H₂O₂); y – condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn); ** significativo a $p \leq 0,01$ e ns – não significativo pelo teste F.

Figura 2: Conteúdo relativo de água – CRA (A) e extravasamento de eletrólitos – EE (B) no limbo foliar de tomate cereja Laranja, em função da interação entre níveis de salinidade da solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplantio.

Os teores de clorofila *a* (Cl_a) nas plantas de tomate cereja Laranja, reduziu linearmente com o incremento dos níveis da CEsn, sendo a diminuição de 11,29% por aumento unitário na CEsn. As plantas submetidas à CEsn de 4,2 dS m⁻¹ tiveram uma redução nos teores de Cl_a de 5,13 mg g⁻¹ MF, em relação as que receberam CEsn de 2,1 dS m⁻¹ (Figura 3). Essa inibição na síntese de clorofila *a* é atribuída do estresse oxidativo, além de ser resultante da degradação mediada pela enzima clorofilase em plantas sob estresse salino (Nóbrega et al., 2020). Batista et al. (2021) avaliaram o tomate cereja em solução nutritiva salina (CEsn variando de 2,5 a 8,5 dS m⁻¹) em sistema hidropônico do tipo NFT e constataram que o estresse salino afetou negativamente a síntese de pigmentos fotossintetizantes, principalmente com o prolongamento do estresse.

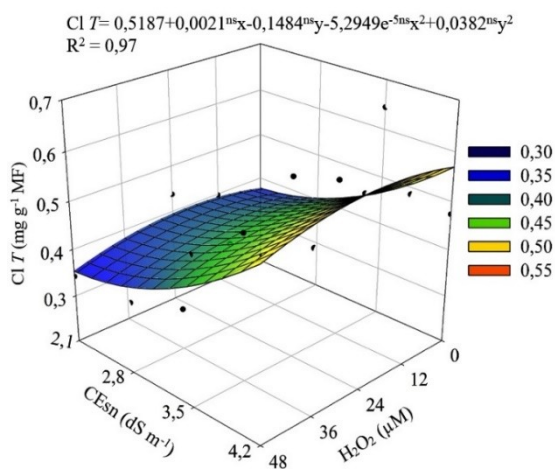


** significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F.

Figura 3: Teores de clorofila *a* – Cl_a do tomate cereja Laranja em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn, aos 30 dias após o transplantio.

Para os teores de clorofila total (Figura 4), observa-se que o valor máximo estimado de 0,56 mg g⁻¹ FM foi obtido nas plantas submetidas a CEsn de 4,2 dS m⁻¹ e aplicação foliar de H₂O₂ na concentração de 12 µM. Por outro lado, o valor mínimo estimado de 0,11 mg g⁻¹ FM foi alcançado nas plantas cultivadas sob salinidade da solução nutritiva de 2,1 dS m⁻¹ e concentração de H₂O₂ de 48 µM. O aumento nos teores de clorofila ocorre devido às alterações metabólicas desencadeadas pelo H₂O₂,

estimulando a atividade de enzimas antioxidantes que reduzem a degradação dos pigmentos fotossintéticos (Ashraf et al., 2015). Neste estudo, o efeito benéfico da aplicação foliar de 12 μM de peróxido de hidrogênio possivelmente estar relacionado ao seu papel como sinalizador, contribuindo para a produção de proteínas e carboidratos, além de impulsionar o sistema de defesa das plantas, desintoxicando as espécies reativas de oxigênio e auxiliando no aumento da fotossíntese das plantas (Silva et al., 2022b).



x – concentração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2); y – condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn); ns – não significativo pelo teste F.

Figura 4: Teores de clorofila total – ClT do tomate cereja Laranja, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , aos 30 dias após o transplantio.

Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas de tomate cereja

Houve efeito significativo da interação entre a solução nutritiva salina e as concentrações de peróxido de hidrogênio ($\text{CESn} \times \text{H}_2\text{O}_2$) sobre a taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA_{AP}), o diâmetro do caule (TCA_{DC}) e o número de folhas (TCA_{NF}) para o período de 15 a 30 DAT (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância referente à taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA_{AP}), diâmetro do caule (TCA_{DC}) e número de folhas (TCA_{NF}) de plantas de tomate cereja Laranja cultivados em sistema hidropônico com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no período de 15 a 30 dias após o transplantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		TCA_{AP}	TCA_{DC}	TCA_{NF}
Solução nutritiva salina (CESn)	3	3234,56**	10,55**	596,74**
Regressão linear	1	9337,93**	26,63**	1772,76**
Regressão quadrática	1	339,22**	1,55*	2,26 ^{ns}
Resíduo 1	6	0,73	0,21	0,43
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	4	65,12**	0,565 ^{ns}	49,15**
Regressão linear	1	159,00**	1,55 ^{ns}	0,456 ^{ns}
Regressão quadrática	1	36,09**	0,041 ^{ns}	90,44**
Interação ($\text{CESn} \times \text{H}_2\text{O}_2$)	12	79,377**	0,733*	24,71**
Resíduo 2	34	0,73	0,21	1,22
CV 1 (%)		1,25	6,40	1,80
CV 2 (%)		1,37	7,10	3,04

GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; **, * significativo a $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$, respectivamente, e ns – não significativo pelo teste F.

A taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (Figura 5A), o número de folhas (Figura 5B) e o diâmetro do caule (Figura

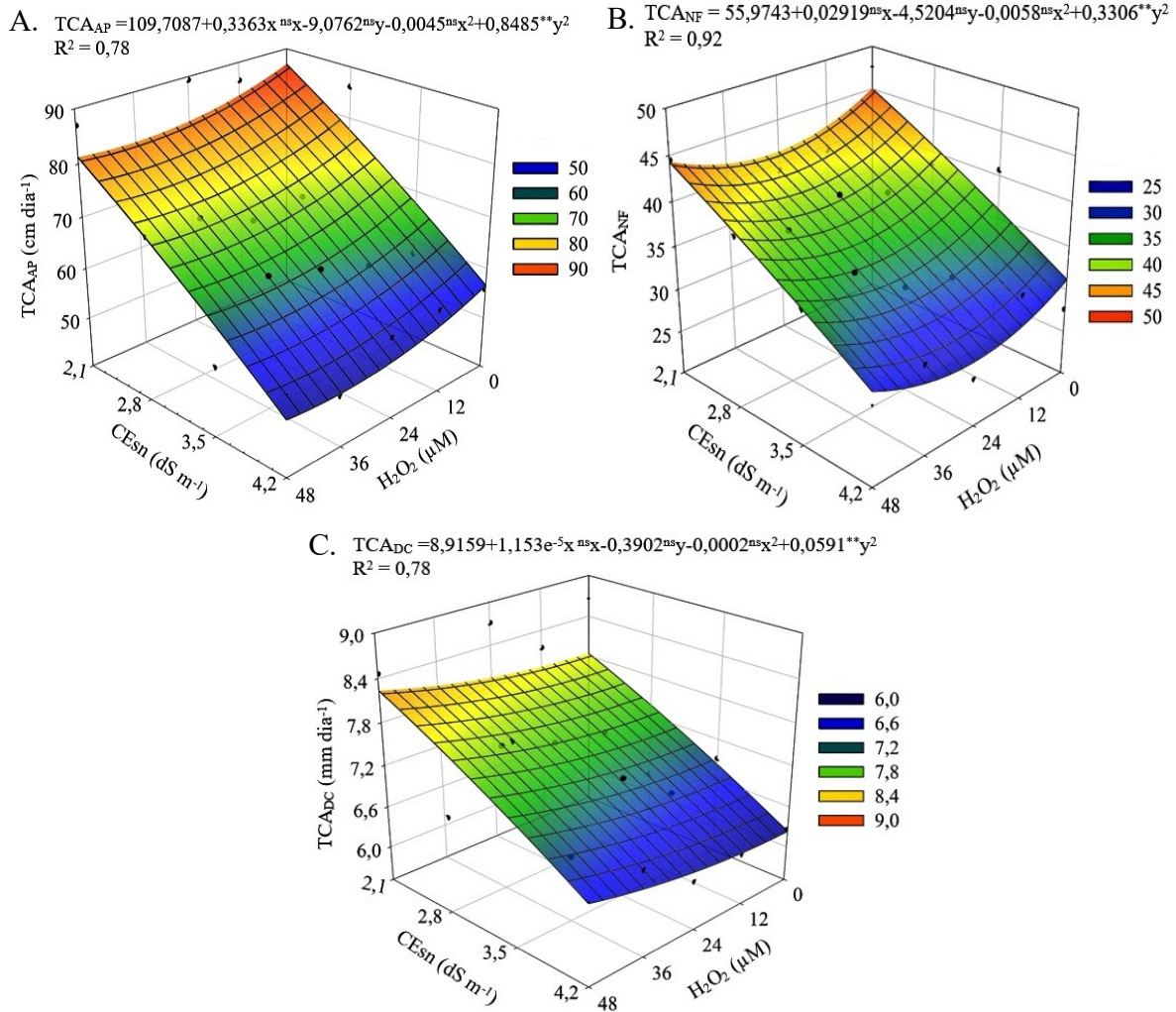
5C) das plantas de tomate cereja Laranja, reduziu com o incremento nos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva.

Para a taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (Figura 5A), verifica-se que as plantas cultivadas sob CEs_n de 2,1 dS m⁻¹ obtiveram o maior valor estimado (90,82 cm cm⁻¹ dia⁻¹) quando submetidas à concentração de 0 μM de H₂O₂. O maior valor da taxa de crescimento absoluto do número de folhas (40,48 mm mm⁻¹ dia⁻¹) foi alcançado nas plantas cultivadas na CEs_n 2,1 dS m⁻¹ com aplicação de H₂O₂ (36 μM) (Figura 4B). Já o maior valor da taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (8,71 mm mm⁻¹ dia⁻¹) foi alcançado nas plantas cultivadas na CEs_n 2,1 dS m⁻¹ e com aplicação de H₂O₂ (36 μM) (Figura 4B).

A redução das taxas de crescimento absoluto para altura de plantas, número de folhas e diâmetro do caule, demonstram os danos causados pelo estresse salino, decorrentes do fechamento parcial dos estômatos, resultante de efeitos osmóticos e iônicos, que provocam alterações na taxa fotossintética e no metabolismo das plantas, reduzindo a pressão de turgescência, o alongamento celular e a elasticidade da parede celular, inibindo assim o seu crescimento (Rodríguez-Ortega et al.,

2019). Essa inibição no crescimento está associada não somente ao efeito iônico e osmótico, mas também ao estresse oxidativo, gerado pelo acúmulo excessivo de espécies reativas de oxigênio (Andrade et al., 2022). Esse resultado foi observado por Tabassum et al. (2024) em ervilha, Gohari et al. (2020) em manjerição e Aragão et al. (2023) em pimentão.

Vale ressaltar que, neste estudo, a aplicação de 36 μM de H₂O₂ aumentou a TCA_{AP} das plantas de tomate cereja, demonstrando seu papel benéfico na proteção contra efeitos deletérios do estresse salino, devido à sua ação como molécula sinalizadora, induzindo a regulação de processos metabólicos que aumentam a tolerância das plantas à salinidade, como observado em ervilha (*Pisum sativum* L.) por Dito e Gadallah (2019). Além disso, o H₂O₂ pode induzir atividade enzimática, melhorar a estabilidade da membrana e atuar no metabolismo de lipídios, ácidos graxos e carboidratos, aumentando a tolerância da planta ao estresse (Shalaby et al., 2019).



x – concentração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2); y – condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn); ** significativo a $p \leq 0,01$ e ns – não significativo pelo teste F.

Figura 5: Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas – TCA_{AP} (A), número de folhas – TCA_{NF} (B) e diâmetro do caule – TCA_{DC} (C) do tomate cereja Laranja em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , no período de 15 a 30 dias após o transplantio.

Taxa de crescimento relativo em altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas de tomate cereja

A interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de peróxido de hidrogênio ($CEsn \times H_2O_2$), não influenciaram de forma significativa a taxa de crescimento relativo do tomate cereja Laranja no período de 15 a 30 DAT (Tabela 3). Não foi influenciado de forma isolada pelas concentrações de peróxido de hidrogênio, no entanto, houve efeito significativo dos níveis salinos da solução nutritiva sobre a TCR_{NF} no período de 15 – 30 DAT.

A condutividade elétrica da solução nutritiva causou uma redução linear na taxa de crescimento relativo para o número de folha – TCR_{NF} do tomate cereja Laranja (Figura 6), cujo decréscimo foi de 12,11% por aumento unitário da CEsn. Ao comparar as plantas submetidas a CEsn de $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as cultivadas sob solução nutritiva de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$, verifica-se uma redução de 31,25%. A inibição no crescimento das plantas sob condições de estresse salino possivelmente está relacionada à diminuição da absorção de água e nutrientes, o fechamento parcial dos estômatos geralmente ocorre em resposta a

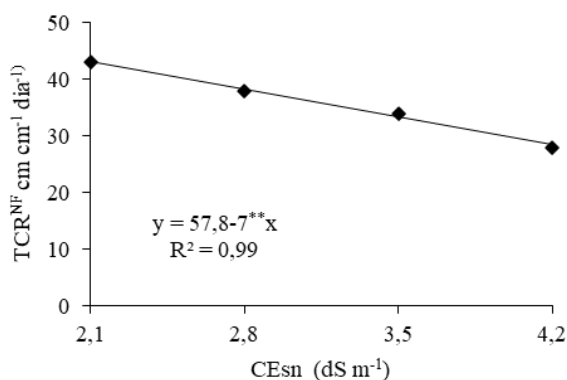
condições de estresse, como o salino. Essas condições podem causar danos celulares e reduzir a eficiência dos processos metabólicos, afetando negativamente o crescimento (Silva Júnior et al., 2017). As plantas podem limitar a emissão de novas folhas para conservar energia e minimizar a perda de água por transpiração

(Albuquerque et al., 2016). Modesto et al. (2019) também observaram redução no número de folhas em quiabeiro cv Speedy com o aumento da salinidade da água a partir de 1,8 dS m⁻¹, aos 101 dias após a semeadura.

Tabela 3: Resumo da análise de variância referente à taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR_{AP}), diâmetro do caule (TCR_{DC}) e número de folhas (TCR_{NF}) de plantas de tomate cereja cultivados em sistema hidropônico com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio, no período de 15 a 30 dias após o transplantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		TCR _{AP}	TCR _{DC}	TCR _{NF}
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	0,74 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,41 ^{**}
Regressão linear	1	1,05 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,22 ^{**}
Regressão quadrática	1	0,65 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo 1	6	0,27	0,01	0,001
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	0,18 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,046 ^{ns}
Regressão linear	1	0,43 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,20 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,095 ^{ns}
Interação (CEsn × H ₂ O ₂)	12	0,13 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo 2	34	0,02	0,03	0,002
CV 1 (%)		12,74	5,97	0,99
CV 2 (%)		11,47	9,32	1,43

GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; ** significativo a $p \leq 0,01$ e ns – não significativo pelo teste F.



** significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F.

Figura 6: Taxa de crescimento relativo em número de folhas – TCR_{NF} do tomate cereja Laranja em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn, no período de 15 a 30 dias após o transplantio.

Fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca total e relação raiz/parte aérea de tomate cereja

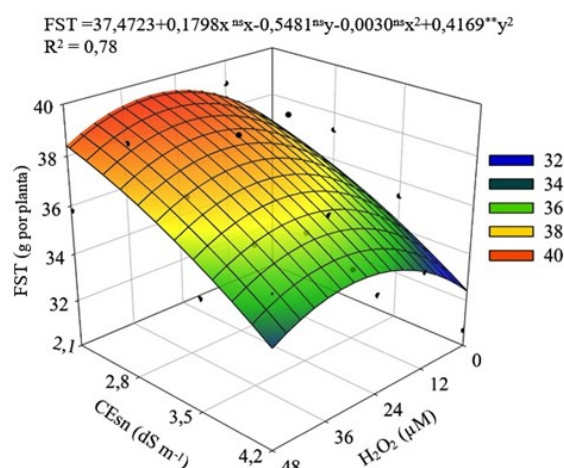
Os níveis salinos da solução nutritiva influenciaram de forma significativa a fitomassa seca total (FST) do tomate cereja Laranja, aos 70 dias após o transplantio. Por outro lado, as concentrações de peróxido de hidrogênio e a interação entre os fatores (CEsn × H₂O₂) não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas, nesse período (Tabela 4).

Tabela 4: Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca total (FST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) das plantas de tomate cereja cultivadas com solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações foliar de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em sistema hidropônico, aos 70 dias após o transplântio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		FSPA	FST	R/PA
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	34,66 ^{ns}	67,39*	0,0024 ^{ns}
Regressão linear	1	100,07 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,22**
Regressão quadrática	1	0,011 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo 1	6	4,33	3,81	0,0005
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	4	10,31 ^{ns}	14,66 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
Regressão linear	1	5,52 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Regressão quadrática	1	30,83 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Interação (CEsn × H_2O_2)	12	14,00 ^{ns}	12,98*	0,0031 ^{ns}
Resíduo 2	34	4,55	5,04	0,001
CV 1 (%)		7,08	5,35	16,23
CV 2 (%)		7,26	6,15	13,30

GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; **, * significativo a $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$, respectivamente, e ns – não significativo pelo teste F.

A fitomassa seca total (Figura 7) das plantas de tomate cereja Laranja reduziu de forma acentuada com o incremento nos níveis salinos da solução nutritiva, cujo valor máximo de 40,95 g por planta foi obtido sob CEsn de 2,1 dS m^{-1} e concentração de 24 μM de H_2O_2 . O menor valor de FST (30 g por planta) foi alcançado nas plantas submetidas à salinidade da solução nutritiva de 4,2 dS m^{-1} e concentração de 0 μM de peróxido de hidrogênio. A produção de fitomassa total das plantas de tomate cereja foi reduzida pelo estresse salino, em decorrência da diminuição da produção e acúmulo de fotoassimilados nos diferentes órgãos. O excesso de sais é um fator limitante para o desenvolvimento das plantas, devido aos efeitos osmóticos, fitotoxicidade iônica e estresse oxidativo, que inibem os processos de alongamento e expansão celular (Ma et al., 2021). No presente estudo, a aplicação de H_2O_2 na concentração de 24 μM estimulou a produção de fitomassa em plantas submetidas a CEsn de 2,1 dS m^{-1} , corroborando observações semelhantes em pimentão (Aragão et al., 2023) e abobrinha (Dantas et al., 2022) cultivados com soluções nutritivas salinas em sistema hidropônico.



x – concentração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2); y – condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn); ** significativo a $p \leq 0,01$ e ns – não significativo pelo teste F.

Figura 7: Fitomassa seca total (FST), do tomate cereja Laranja em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 .

Conclusões

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m^{-1} reduz o crescimento do tomate cereja Laranja.

A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio na concentração de 36 μM

atenua os efeitos deletérios do estresse salino sobre o número de folhas e no diâmetro do caule, tornando uma alternativa viável para a atenuação do estresse salino.

Concentrações de peróxido de hidrogênio superiores a 36 µM podem diminuir os efeitos do estresse salino no crescimento do tomate cereja.

Referências

Albuquerque, J. R. T.; Sá, F. V. S.; Oliveira, F. A.; Paiva, E. P.; Araújo, E. B. G.; Souto, L. S. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de pepino sob estresse salino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 2, p. 486-495, 2016. <https://doi.org/10.7127/rbai.v10n200355>

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Moraes, G.; Leonardo, J.; Sparovek, G. Köppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22 n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Andrade, E. M. G.; Lima, G. S.; Lima, V. L. A.; Silva, S. S.; Dias, A. S.; Gheyi, H. R. Hydrogen peroxide as attenuator of salt stress effects on the physiology and biomass of yellow passion fruit. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26 n. 8, p. 571-578, 2022. https://doi.org/doi:10.1590/1807_1929/agriambi.v26n8p571-578

Aragão, J.; Lima, G. S.; Lima, V. L. A.; Silva, A. R.; Santos, L. F. S.; Dias, M. S.; Arruda, T. F. L.; Souza, A. R.; Soares, L. A. A. Hydrogen peroxide in the mitigation of salt stress in bell pepper. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 44, n. 1, p. 217-238, 2023. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023.v44n1p217>

Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>

Batista, M. C.; Nascimento, R.; Maia Júnior, S. O.; Nascimento, E. C. S.; Bezerra, C. V. C.; Lima, R. F. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 4, p.

219-227, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n4p219-227>

Benincasa, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

Capitulino, J. D.; Lima, G. S.; Azevedo, C. A. V.; Silva, A. A. R.; Arruda, T. F. L.; Soares, L. A. A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Farias, M. S. S.; Silva, F. A.; Dias, M. S. Influence of foliar application of hydrogen peroxide on gas exchange, photochemical efficiency, and growth of soursop under salt stress. *Plants*, v. 12 n. 3, 599, 2023.

<https://doi.org/10.3390/plants12030599>

Dantas, M. V.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H₂O₂ application. *Revista Caatinga*, v. 35, n. 2, p. 436-449, 2022.

<https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n219rc>

Dito, S.; Gadallah, M. Hydrogen peroxide supplementation alleviates the deleterious effects of cadmium on photosynthetic pigments and oxidative stress and improves growth, yield and pods quality of pea (*Pisum sativum* L.) plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 41, 113, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2901-2>

Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Gohari, G.; Alavi, Z.; Esfandiari, A.; Panahirad, S.; Hajihoseinlou, S.; Fotopoulos, V. Interaction between hydrogen peroxide and sodium nitroprusside following chemical priming of *Ocimum basilicum* L. against salt stress. *Physiologia Plantarum*, v. 168, n. 2, p. 361-373, 2020.

<https://doi.org/10.1111/ppl.13020>

Guimarães, R. F. B.; Maia Júnior, S. O.; Nascimento, R.; Melo, D. F.; Ramos, J. G.; Andrade, J. R. Trocas gasosas em cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico com água salina. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 13, n. 4, p. 3599-3609, 2019. <https://doi.org/10.7127/rbai.v13n4001091>

- Hajivar, B.; Zare-Bavani, M. R. Alleviation of salinity stress by hydrogen peroxide and nitric oxide in tomato plants. *Advances in Horticultural Science*, v. 33, n. 3, p. 409-416, 2019. <https://doi.org/10.13128/ahs-24335>
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circular 347).
- Liu, L.; Huang, L.; Lin, X.; Sun, C. O. Hydrogen peroxide alleviates salinity induced damage by increasing proline buildup in wheat seedlings. *Plant Cell Reports*, v. 39, n. 5 p. 567-575, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02513-3>
- Ma, Y.; Liu, J.; Liu, X.; Liu, F. Growth and physiological responses of cotton plants to salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 207, n. 3, p. 565-576, 2021. <https://doi.org/10.1111/jac.12484>
- Modesto, F. J. N.; Santos, M. A. C.; Soares, T. M.; Santos, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. *Irriga*, v. 24, n. 1, p. 86-97, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p86-97>
- Nóbrega, J. S.; Silva, T. I.; Ribeiro, J. E. S.; Vieira, L. S.; Figueiredo, F. R. A.; Fátima, R. T.; Bruno, R. L. A.; Dias, T. J. Emergência e crescimento inicial de melancia submetida a salinidade e doses de ácido salicílico. *Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 7, n. 2, p. 162-171, 2020. <https://doi.org/10.20873/uftv7-8169>
- Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Oliveira, S. G.; Silva, F. A. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. *Revista Ciência Agronômica*, v. 53, e20217816, 2022. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220009>
- Pereira, F. H.; Santos, G. L.; Lacerda, F. H.; Sousa, D. D.; Sousa, V. F. O.; Fernandes, J. E. M.; Barboza, J. B. Use of hydrogen peroxide in acclimatization of melon to salinity of irrigation water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, n. 1, p. 51-56, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n1p51-56>
- Rady, M. M.; Belal, H. E.; Gadallah, F. M.; Semida, W. M. Selenium application in two methods promotes drought tolerance in *Solanum lycopersicum* plant by inducing the antioxidant defense system. *Scientia Horticulturae*, v. 266, 109290, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109290>
- Rakkamal, K.; Priya, A.; Pandian, S.; Maharajan, T.; Rathinapriya, P.; Satish, L.; Ceasar, S. A.; Sohn, S.-I.; Ramesh, M. Conventional and omics approaches for understanding the abiotic stress response in cereal crops-An updated overview. *Plants*, v. 11, n. 21, 2852, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11212852>
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A.; Lima, G. S.; Paiva, F. J. S.; Pereira, M. O.; Nunes, K. G. Hydrogen peroxide as salt stress attenuator in sour passion fruit. *Revista Caatinga*, v. 35, n. 2, p. 412-422, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n217rc>
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Roque, I. A.; Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Lopes, I. A. P.; Silva, L. A.; Fernandes, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, v. 35, n. 3, p. 686-696, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n320rc>
- Rodríguez-Ortega, W. M.; Martínez, V.; Nieves, M.; Simón, I.; Lidón, V.; Fernandez-Zapata, J. C.; Martínez-Nicolas, J. J.; Cámara-Zapata, J. M.; García-Sánchez, F. Agricultural and physiological responses of tomato plants grown in different soilless culture systems with saline water under greenhouse conditions. *Scientific Reports*, v. 9, 6733, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42805-7>
- Sachdev, S.; Ansari, S. A.; Ansari, M. I.; Fujita, M.; Hasanuzzaman, M. Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, v. 10, n. 2, 277, 2021. <https://doi.org/10.3390/antiox10020277>

Sausen, D.; Ferreira, C. R. L.; Lopes, S. C. D.; Marques, L. P.; Souza, A. J. M.; Alves, E. C. G. A.; Cordeiro, K. A. S. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 14888-14903, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-381>

Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, A.-T.; Smedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 25, n. 12, p. 1002-1013, 2013. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16733>

Shalaby, O. A. E.-S.; Farag, R.; Ibrahim, M. F. M. Effect of hydrogen sulfide and hydrogen peroxide on growth, yield and nutrient content of broccoli plants grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, v. 316, 112035, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112035>

Silva, A. A. R.; Capitulino, J. D.; Lima, G. S.; Azevedo, C. A. V.; Arruda, T. F. L.; Souza, A. R.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A. Hydrogen peroxide in attenuation of salt stress effects on physiological indicators and growth of soursop. *Brazilian Journal of Botany*, v. 84, e261211, 2024. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.261211>

Silva, A. A. R.; Veloso, L. L. S. A.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Chaves, L. H. G.; Silva, F. A.; Dias, M. S.; Fernandes, P. D. Induction of salt stress tolerance in cherry tomatoes under different salicylic acid application methods. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 43, n. 3, p. 1145-1166, 2022a. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p1145>

Silva, A. A. R.; Sousa, P. F. N.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Gheyi, H. R.; Azevedo, C. A. V. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. *Water Air Soil Pollution*, v. 233, 198, 2022b. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05669-8>

Silva, E. M.; Lacerda, F. H. D.; Medeiros, A. S.; Souza, L. P.; Pereira, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 11, n. 3, p. 1-7, 2016.

<https://doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4343>

Silva, J. S.; Paz, V. P. S.; Soares, T. M.; Almeida, W. F.; Fernandes, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 3, p. 947-961, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p947>

Silva Junior, L. G. A.; Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n1p07-10>

Silva, M. G.; Costa, I. P.; Alves, L. S.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R. Coriander cultivation under different nutrient solution depths in hydroponic systems: a comparison between conventional DFT and adapted DFT with PVC pipes. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 12, n. 1-3, p. 29-43, 2023. <https://doi.org/10.19149/wrim.v12i1-3.3077>

Tabassum, M.; Noreen, Z.; Aslam, M.; Shah, A. N.; Usman, S.; Waqas, A.; Alsharif, E. A.; Korany, S. M.; Nazim, M. Chitosan modulated antioxidant activity, inorganic ions homeostasis and endogenous melatonin to improve yield of *Pisum sativum* L. accessions under salt stress. *Scientia Horticulturae*, v. 323, 112509, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112509>

Veloso, L. L. A. S.; Silva, A. A. R.; Lima, G. S.; Azevedo, C. A. V.; Gheyi, H. R.; Moreira, R. C. L. Growth and gas exchange of soursop under salt stress and hydrogen peroxide application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p119-125>

Viol, M. A.; Carvalho, J. A.; Lima, E. M. C.; Rezende, F. C.; Gomes, L. A. A. Efeito da salinidade no crescimento e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 8, p. 2120-2131, 2017. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n800692>

Weatherley, P. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1950.tb05146.x>