

MORFOFISIOLOGIA DO TOMATEIRO-CEREJA SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS E ÁCIDO ASCÓRBICO EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO

Fellype Jonathar Lemos da Silva¹, Hans Raj Gheyi², Geovani Soares de Lima³, Rafaela Aparecida Frazão Torres⁴, Allesson Ramos de Souza⁴, Lucyelly Dâmela Araújo Borborema⁴

RESUMO: O tomateiro se destaca entre as hortaliças fruto devido à sua relevância socioeconômica na região semiárida do Nordeste brasileiro. Nessa região, a utilização de águas salobras na irrigação tem se intensificado durante os períodos de escassez hídrica, sendo uma alternativa para cultivos em sistemas hidropônicos. Entretanto, o uso dessas águas com elevados teores de sais em dissolução, pode ocasionar efeitos de natureza osmótica e iônica e, assim, restringir o crescimento das culturas. Nessa perspectiva, a aplicação foliar de ácido ascórbico surge como uma alternativa para mitigar os efeitos do estresse salino nas plantas. Desse modo, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico na morfofisiologia do tomateiro-cereja ‘Laranja’ cultivado sob soluções nutritivas salobras. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CESn (2,1-Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m^{-1}) e quatro concentrações do ácido ascórbico - AsA (0, 150, 300 e 450 mg L^{-1}), com quatro repetições. A CESn a partir de 2,1 dS m^{-1} associada à pulverização a partir de 450 mg L^{-1} de ácido ascórbico reduziu o número de folhas e a altura das plantas. O incremento dos níveis de CESn inibiu o crescimento em diâmetro caulinar do tomateiro, aos 47 dias após a semeadura. A aplicação foliar de 450 mg L^{-1} de AsA reduziu o extravasamento de eletrólitos em plantas irrigadas sob a CESn de até 3,5 dS m^{-1} , aos 82 dias após a semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*; composto não-enzimático; estresse salino.

¹ Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, CEP 58429-900, Campina Grande, Paraíba. Fone: (83) 99698-8528. e-mail: fellype.jonathar@estudante.ufcg.edu.br

² Professor titular da Universidade Federal de Campina Grande. UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: hgheyi@gmail.com

³ Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: geovani.soares@professor.ufcg.edu.br

⁴ Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, Paraíba. e-mail: rafaela.aparecida@estudante.ufcg.edu.br; allesson.ramos@estudante.ufcg.edu.br; lucyellyd@gmail.com

MORPHOPHYSIOLOGY OF CHERRY TOMATO PLANT UNDER BRAZILIAN NUTRITIONAL SOLUTIONS AND ASCORBIC ACID IN HYDROPONIC SYSTEM WITH SUBSTRATE

ABSTRACT: Tomatoes stand out among fruit vegetables due to their socioeconomic importance in the semiarid region of Northeast Brazil. In this region, the use of brackish water for irrigation has intensified during periods of water scarcity, providing an alternative for hydroponic crops. However, the use of these waters, with high dissolved salt contents, can cause osmotic and ionic effects and thus restrict crop growth. From this perspective, foliar application of ascorbic acid emerges as an alternative to mitigate the effects of salt stress on plants. Therefore, the objective was to evaluate the effects of foliar application of ascorbic acid on the morphophysiology of 'Laranja' cherry tomatoes grown in brackish nutrient solutions. A randomized block design was used in a 5×4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECsn (2.1-Control; 2.8; 3.5; 4.2 and 4.9 dS m^{-1}) and four concentrations of ascorbic acid - AsA (0, 150, 300 and 450 mg L^{-1}), with four replicates. ECsn from 2.1 dS m^{-1} associated with spraying from 450 mg L^{-1} of ascorbic acid reduced the number of leaves and plant height. The increase in ECsn levels inhibited the growth in stem diameter of tomato plants, at 47 days after sowing. Foliar application of 450 mg L^{-1} of AsA reduced electrolyte leakage in irrigated plants under ECsn of up to 3.5 dS m^{-1} , 82 days after sowing.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum*; non-enzymatic compound; saline stress.

INTRODUÇÃO

Pertencente à família botânica Solanaceae, o tomateiro se destaca como uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, principalmente pela importância nutricional, econômica, social e medicinal (Gonçalves & Paula, 2014). A produção nacional de tomate, no ano de 2023, totalizou 4.166.017 toneladas, sendo a região Nordeste responsável por 704.424 toneladas, destacando-se a Bahia como o Estado maior produtor (IBGE, 2025). Nessa região, as águas subterrâneas são as mais empregadas na irrigação, devido à sua maior abundância, todavia, é comum apresentarem níveis moderados a elevados de sais em dissolução, em função do território nordestino ser constituído por mais de 80% de rochas cristalinas (Guimarães et al., 2016).

O excesso de sais na água altera o potencial osmótico, restringindo a absorção de água e nutrientes pela planta, promovendo toxidez de íons e desequilíbrio nutricional, o que ocasiona alterações nas funções fisiológicas das plantas (Braz et al., 2019), causando inibição no crescimento (Minhas et al., 2020). Nesse contexto, faz-se necessária a busca por estratégias que mitiguem os efeitos do estresse salino sobre as plantas, dentre essas alternativas se destaca a aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA). Esse composto, é uma molécula antioxidante solúvel em água que atua como um substrato primário na via cíclica para a desintoxicação de radicais livres (Sharma et al., 2019).

Na literatura, há relatos da aplicação foliar de AsA como alternativa para reduzir os efeitos do estresse salino, em diversas culturas, como no morangueiro (Crizel et al., 2020), maracujazeiro-azedo (Caetano et al., 2024) e tomateiro (Chen et al., 2024) em sistemas convencionais de cultivo. Entretanto, não há informações sobre sua aplicação em tomate-cereja em sistema hidropônico com substrato.

Ante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido ascórbico na morfofisiologia do tomateiro-cereja 'Laranja' cultivado sob soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a julho de 2024, em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEEA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba, altitude média de 550 m.

Foram estudados cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} (2,1- Testemunha; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹) e quatro concentrações do ácido ascórbico - AsA (0, 150, 300 e 450 mg L⁻¹), utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 5 × 4, com quatro repetições. A cultura estudada foi o tomate-cereja 'Laranja'.

As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico com substrato instalado em vasos com capacidade de 10 L, com a base perfurada para conectar um dreno de 10 mm de diâmetro; foi colocado um arame com 15 cm de comprimento no dreno para fixá-lo no vaso. Uma garrafa plástica com capacidade de 2 L foi utilizada para a coleta, a recirculação, o monitoramento da CE e pH das soluções nutritivas drenadas e, também, estimar o consumo hídrico das plantas. Na parte interna dos vasos, sobre as saídas dos drenos, foi colocada uma manta geotêxtil não tecida (Bidim). Em seguida, os vasos foram preenchidos com 13 kg de areia lavada, n.º 0. O

semeio foi realizado utilizando-se 3 sementes diretamente nos vasos e aos 33 dias após a semeadura (DAS) as plantas foram conduzidas por tutoramento vertical.

Foi realizado o preparo da solução nutritiva conforme recomendação de Hoagland & Arnon (1950). Inicialmente, na fase de formação de mudas, foi fornecida a solução nutritiva de ‘meia força’ (50% da recomendação de Hoagland & Arnon (1950)), com início aos 14 DAS. A partir dos 23 DAS foi fornecida a solução nutritiva completa (100% da recomendação). O pH da solução nutritiva manteve-se entre 5,5 e 6,5. As soluções nutritivas salobras foram preparadas mediante adição de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (Richards, 1954). A recirculação da solução nutritiva foi realizada duas vezes ao dia, manhã e tarde. A irrigação com as soluções nutritivas salobras iniciou-se 72h após a aplicação do ácido ascórbico (31 DAS).

As concentrações do ácido ascórbico foram obtidas pela dissolução em água destilada, conforme tratamento, cujo preparo foi realizado no dia de cada aplicação. As aplicações foliares com o ácido ascórbico foram iniciadas 72 h antes de aplicação de soluções nutritivas salobras (28 DAS). Posteriormente, as aplicações foram realizadas a cada 10 dias até o início da fase de frutificação, totalizando três aplicações. Com o auxílio de pulverizador manual, pulverizou-se as duas faces das folhas, de modo a se obter o molhamento completo.

Mensurou-se a altura de plantas – AP, o número de folhas – NF e o diâmetro caulinar – DC, aos 47 DAS. E aos 82 DAS, avaliou-se o extravasamento de eletrólitos – EE% no limbo foliar, de acordo com Scotti-Campos et al. (2013).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e, posteriormente, realizou-se a análise de variância pelo teste ‘F’ em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Realizou-se análise de regressão polinomial para os níveis de solução nutritiva salobras e concentrações de ácido ascórbico, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019). Para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores ($\text{CEsn} \times \text{AsA}$) foi utilizado o software SigmaPlot®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o resumo das análises de variâncias (Tabela 1), observa-se que a interação entre os fatores ($\text{CEsn} \times \text{AsA}$) influenciou significativamente a altura de plantas (AP), o número de folha (NF) das plantas de tomateiro cereja aos 47 dias após a semeadura (DAS); e o

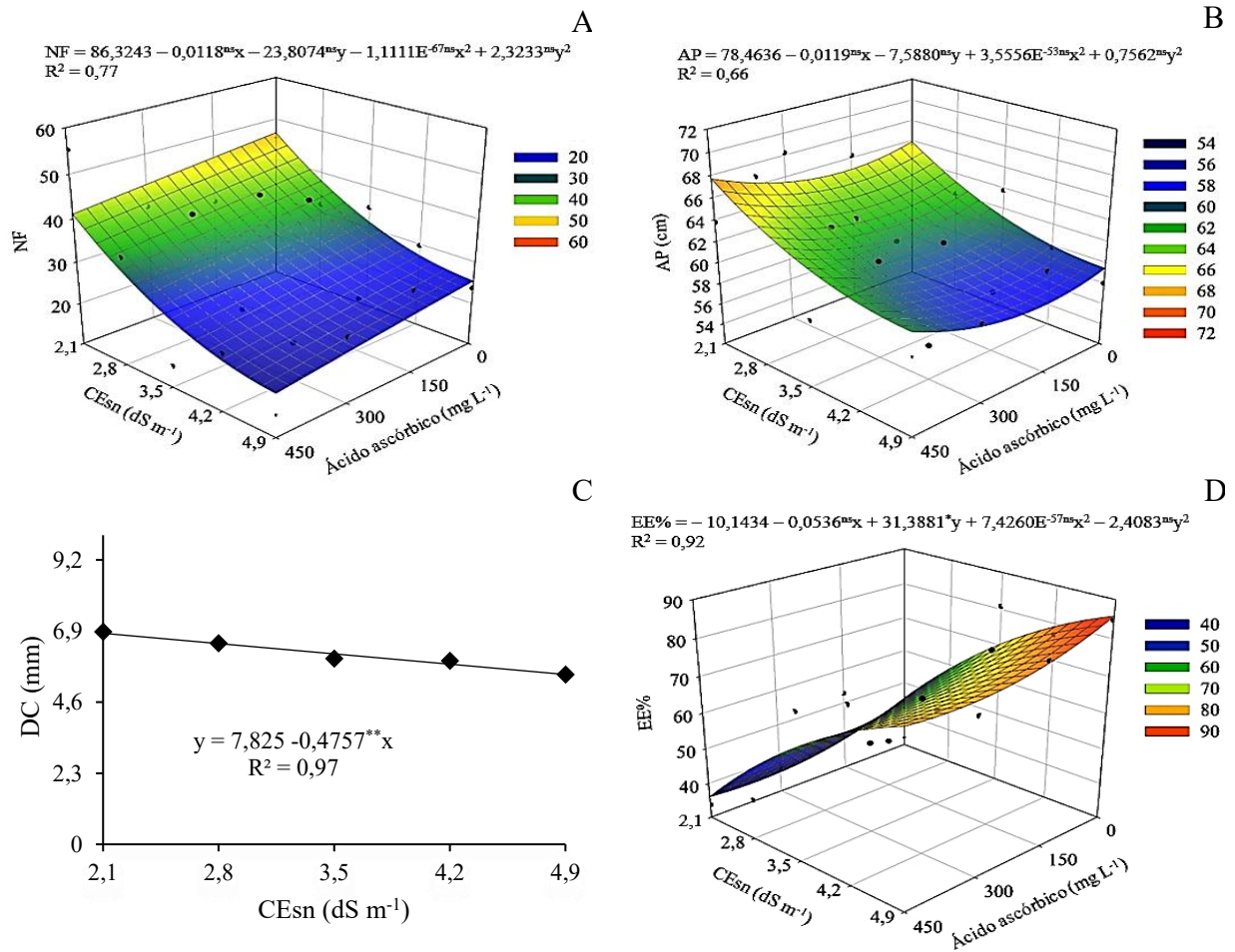
extravasamento de eletrólitos (EE%), aos 82 DAS. A condutividade elétrica da solução nutritiva afetou, de maneira significativa, apenas o diâmetro do caule aos 47 DAS. Não houve efeito significativo, de forma isolada, para as concentrações do ácido ascórbico em nenhuma das variáveis estudadas.

Tabela 1. Resumo das análises de variâncias para altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), aos 47 dias após a semeadura (DAS); e extravasamento de eletrólitos (EE%), aos 82 DAS, de plantas de tomate-cereja ‘Laranja’ sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação foliar de ácido ascórbico (AsA).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		AP	DC	NF	EE%
Condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn)	4	111,8250**	4,5685**	1203,2812**	4446,0004**
Regressão linear	1	412,8062**	17,7489**	4462,6562**	16552,295**
Regressão quadrática	1	30,7545 ^{ns}	0,0799 ^{ns}	290,2901**	311,9249**
Ácido ascórbico (AsA)	3	29,95*	0,1222 ^{ns}	144,2333**	394,2361**
Regressão linear	1	37,21*	0,0412 ^{ns}	338,56**	913,3169**
Regressão quadrática	1	51,20*	0,2531 ^{ns}	0,05 ^{ns}	223,3377*
Interação (CEsn × AsA)	12	55,6896**	1,8416 ^{ns}	272,6812**	185,9509**
Blocos	3	2,0833 ^{ns}	0,0751 ^{ns}	8,1 ^{ns}	49,9951 ^{ns}
Resíduo	56	8,1886	0,6044	18,7667	41,0296
CV (%)		4,61	12,62	13,97	10,39

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (ns) não significativo.

O número de folhas – NF (Figura 1A) e altura das plantas – AP (Figura 1B) de tomateiro-cereja foram inibidos com o aumento dos níveis de CEsn, além disso a pulverização com o AsA intensificou os efeitos do estresse salino. É possível observar inibição no NF e na AP mesmo em condições de baixa salinidade ($2,1 \text{ dS m}^{-1}$) e quando associada a pulverização com 450 mg L^{-1} do AsA, houve uma redução de 20,45% no NF e 8,35% na AP ao comparar com as plantas que não receberam aplicação de AsA (0 mg L^{-1}) e irrigadas com a mesma CEsn ($2,1 \text{ dS m}^{-1}$). Plantas cultivadas sob estresse salino podem ter uma restrição na sua absorção de água e nutrientes devido aos efeitos osmóticos e iônicos que alteram a taxa fotossintética e o metabolismo das plantas, conseqüentemente, reduzem o seu crescimento (Lima et al., 2020). Roque et al. (2022) também verificaram reduções no NF e na AP, ao cultivarem o tomateiro-cereja ‘Vermelho’ com diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ($\text{CEa } 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 \text{ e } 4,3 \text{ dS m}^{-1}$).



x e y - Concentração do ácido ascórbico e condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn respectivamente;
 ns,*,** - não significativo, significativo em $p \leq 0,05$ e $e \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 1. Número de folhas – NF (A) e altura de plantas – AP (B) das plantas de tomate-cereja ‘Laranja’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CESn e concentrações de ácido ascórbico – AsA, aos 60 dias após a semeadura (DAS); Diâmetro caulinar – DC (C), em função dos níveis de CESn, aos 60 DAS; Extravasamento de eletrólitos – EE em função da interação entre os níveis de CESn e AsA, aos 82 dias após a semeadura.

O aumento nos níveis de CESn inibiu o crescimento em diâmetro caulinar – DC (Figura 1C) do tomateiro-cereja, cujo decréscimo foi de 6,08% por incremento unitário na CESn. Ao comparar as plantas cultivadas sob a maior e menor CESn, verifica-se redução 19,51% (1,33 mm). O estresse salino pode comprometer o crescimento em diâmetro do caule devido à alteração nos processos fisiológicos, notadamente na expansão e no alongamento celular (Nóbrega et al., 2022). Guedes et al. (2024), em estudos com o tomateiro-cereja sob estresse salino (CESn 2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 $dS\ m^{-1}$), também constataram que o diâmetro do caule das plantas diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de condutividade da solução nutritiva, sendo este inibido em 9,3% por incremento unitário da CESn.

Para o extravasamento de eletrólitos – EE (Figura 1D), a aplicação de ácido ascórbico se mostrou eficaz contra os efeitos negativos do estresse salino. Observa-se que as plantas

cultivadas sob a CEs_n de até 3,5 dS m⁻¹ e aplicação foliar de 450 mg L⁻¹ de AsA, não obtiveram dano a membrana celular, sendo observado um valor de 46,09% no EE. Conforme Sullivan et al. (1971), é considerado dano quando ultrapassa 50% de vazamento de eletrólitos. O efeito positivo do ácido ascórbico pode ser devido ao aumento da tolerância à salinidade, como resultado de seu efeito antioxidante (Dawood et al., 2017).

CONCLUSÕES

A solução nutritiva salobra com condutividade elétrica a partir de 2,1 dS m⁻¹ associada à aplicação foliar a partir de 450 mg L⁻¹ de ácido ascórbico reduz o número de folhas e a altura de plantas de tomateiro-cereja. O incremento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva inibe o crescimento do diâmetro caulinar do tomateiro, aos 47 dias após a semeadura.

A aplicação foliar de 450 mg L⁻¹ de ácido ascórbico diminui o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar do tomate-cereja irrigado com condutividade elétrica de até 3,5 dS m⁻¹, aos 82 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAZ, R. dos S.; LACERDA, C. F. de; ASSIS JÚNIOR, R. N. de; FERREIRA, J. F. da S.; OLIVEIRA, A. C. de; RIBEIRO, A. de A. Growth and physiology of maize under water salinity and nitrogen fertilization in two soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, p.907-913, 2019.

CAETANO, E. J. M.; SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; VELOSO, L. L. S. A. de; ARRUDA, T. F. L. de; SOUZA, A. R. de; SOARES, L. A. A. dos; GHEYI, H. R.; DIAS, M. S. dos. Application techniques and concentrations of ascorbic acid to reduce saline stress in passion fruit. **Plants**, v.13, e2718, 2024.

CHEN, X.; HAN, H.; CONG, Y.; LI, X.; ZHANG, W.; CUI, J.; XU, W.; PANG, S.; LIU, H. Ascorbic acid improves tomato salt tolerance by regulating ion homeostasis and proline synthesis. **Plants**, v.13, e1672, 2024.

CRIZEL, R. L.; PERIN, E. C.; SIEBENEICHLER, T. J.; BOROWSKI, J. M.; MESSIAS, R. S.; ROMBALDI, C. V.; GALLI, V. Abscisic acid and stress induced by salt: Effect on the

phenylpropanoid, L-ascorbic acid and abscisic acid metabolism of strawberry fruits. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.152, p.211–220, 2020.

DAWOOD, M. G.; EL-AWADI, M. E. S.; ABDEL-BAKY, Y. R.; SADAK, M. S. Physiological role of ascorbin on sunflower plants irrigated with sodium chloride solution. **Agricultural Engineering International**, v.1, p.16-26, 2017.

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

GONÇALVES, H. M; PAULA, J. R. **Produção de tomate cereja** (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) **em cultivo hidropônico no sistema NFT sob diferentes soluções nutritivas**. São João Evangelista, MG: IFMG, 2014.

GUEDES, M. A.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, L. de A.; OLIVEIRA, V. K. N.; BRITO, L. A.; SILVA, A. A. R. da. H₂O₂ as attenuator of salt stress on the physiology and growth of hydroponic cherry tomato. **Revista Caatinga**, v.37, e12002, 2024.

GUIMARÃES, M. J.; SIMÕES, W. L.; TABOSA, J. N.; SANTOS, J. E. dos.; WILLADINO, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish-farming under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 461-465, 2016.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **California Agricultural of Experimental Station Bull**, v.347, p.1-32, 1950.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>. Acesso em: abril de 2025.

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.

MINHAS, P. S.; RAMOS, T. B.; BEN-GAL, A.; PEREIRA, L. S. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, v.227, e105832, 2020.

NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. de A.; SILVA, T. I. da; FÁTIMA, R. T. de; FERREIRA, J. T. A.; RIBEIRO, J. E. da S. R.; Bruno, R. de L. A. Ecophysiology of

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze (Lamiaceae) under saline stress and salicylic acid. **Ciência Rural**, v.52, p.1-9, 2022.

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

Roque, I. A.; Soares, L. A. dos A.; Lima, G. S. de; Lopes, I. A. P.; Almeida, A. K. C. de; Oliveira, S. G. de. Growth and physicochemical characterization of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.13, e3785, 2022.

SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, A. T.; SEMEDO, 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, p.1002-1013, 2013.

SHARMA, R.; BHARDWAJ, R.; THUKRAL, A. K.; AL-HUQAIL, A. A.; SIDDIQUI, M. H.; AHMAD, P. Oxidative stress mitigation and initiation of antioxidant and osmoprotectant responses mediated by ascorbic acid in Brassica juncea L. subjected to copper (II) stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.182, e109436, 2019.

SULLIVAN, C.Y. **Mechanisms of heat drought resistance in grain sorghum and methods of measurement**. In: Sorghum in Seventies; Rao, N.G.P., House, L.R., Eds.; Oxford and IBH Publ. Co.: New Delhi, India, 1971; 247p.