

## TROCAS GASOSAS DE PIMENTA ORNAMENTAL SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS E PEROXIDO DE HIDROGÊNIO

Valeska Karolini Nunes Oliveira<sup>1</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>2</sup>, Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>,  
Daniel da Conceição Almeida<sup>4</sup>, Júlio Cesar Agostinho da Silva<sup>5</sup>, Hans Raj Gheyi<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nas trocas gasosas de pimenta ornamental cultivado sob soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, em Pombal – PB, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial  $5 \times 2$ , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CESn (2,1; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m<sup>-1</sup>), e duas concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0 e 24 µM), com três repetições. O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup> reduziu as trocas gasosas da pimenta ornamental, aos 120 dias após o transplantio - DAT. A aplicação foliar de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 24 µM não atenuou os efeitos do estresse salino na pimenta ornamental, aos 120 dias após o transplantio.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Capsicum frutescens*, estresse salino, cultivo sem solo

## GAS EXCHANGE OF ORGANICAL PEPPER UNDER NUTRITIONAL SOLUTIONS AND HYDROGEN PEROXIDE

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the effects of foliar application of hydrogen peroxide on gas exchange of ornamental pepper grown under brackish nutrient solutions in a hydroponic system with substrate. The work was developed in a greenhouse in Pombal - PB, using a randomized block design in a  $5 \times 2$  factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the nutrient solution - CESn (2.1, 2.8, 3.5, 4.2 and 4.9 dS m<sup>-1</sup>), and two

<sup>1</sup> Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. Fone: (83) 996063339. e-mail: valeska-nunesoliveira@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: geovani.soares@professor.ufcg.edu.br.

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

<sup>4</sup> Graduando de Agronomia, Centro de ciências e tecnologia agroalimentar, UFCG, e-mail: danielconceicao4008@gmail.com

<sup>5</sup> Graduando de Agronomia, Centro de ciências e tecnologia agroalimentar, UFCG, e-mail: julio.agostinho09@gmail.com

<sup>6</sup> Prof. Doutor, UFCG, Campina Grande-PB, e-mail: hgheyi@gmail.com

concentrations of hydrogen peroxide -  $H_2O_2$  (0 and 24  $\mu M$ ), with three replicates. Increasing the electrical conductivity of the nutrient solution from 2.1  $dS\ m^{-1}$  reduced gas exchange in ornamental pepper at 120 days after transplanting - DAT. Foliar application of  $H_2O_2$  at a concentration of 24  $\mu M$  did not attenuate the effects of salt stress in ornamental pepper at 120 days after transplanting.

**KEYWORDS:** *Capsicum frutescens*, soilless cultivation, salt stress

## INTRODUÇÃO

O cultivo de pimentas ornamentais tem se consolidado como uma atividade agrícola promissora no semiárido brasileiro, especialmente entre pequenos produtores. Essas agregam valor estético ao ambiente, e possuem potencial econômico significativo devido à sua adaptabilidade às condições locais e à crescente demanda por produtos diferenciados no mercado (SILVERA et al., 2025). Apesar da grande expressão dessa cultura na região Nordeste, a escassez qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos ainda é um fator limitante, devido a irregularidade das precipitações, e elevadas taxas de evapotranspiração que aceleram a redução do volume de água dos reservatórios (SANTOS et al., 2020).

Entretanto, devido as altas concentrações de sais dissolvidos nessas águas, o desenvolvimento de culturas sensíveis ao estresse salino é afetado de forma negativa, devido a diminuição do potencial osmótico do solo, interferindo na absorção de água e nutrientes, além de provocar alterações nos processos fisiológicos e morfológicos das plantas (OLIVEIRA et al., 2020). Nesse sentido, a utilização de sistemas de cultivos que viabilizem a utilização desses recursos, a exemplo de cultivo hidropônico com substrato (LIMA et al., 2020). Dentre alternativas para amenizar os efeitos do estresse salino destaca-se a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). O  $H_2O_2$  atua como molécula sinalizadora em plantas submetidas aos estresses bióticos ou abióticos (GE et al., 2015). Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas de pimenta ornamental cultivado com solução nutritiva salobra e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em sistema hidropônico com substrato.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de abril a setembro de 2024 em casa de vegetação, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Pombal, Paraíba, Brasil, localizada em coordenadas geográficas 6° 46'13" S e 37°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 tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (2,1; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m<sup>-1</sup>) e concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 8; 16 e 24 µM), em arranjo fatorial 5 × 4, distribuídos no delineamento de blocos casualizados, com três repetições totalizando 60 unidades experimentais, as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram baseadas em estudo realizado por Dantas et al. (2022).

Foi utilizado sementes de Pimenta Etna ornamental da ISLA®. Variedade indicada para cultivo ornamental, produz cachos deslumbrantes com frutos verdes quando imaturos e vermelhos quando maduros. Mesmo sendo uma pimenta ornamental, seus frutos são comestíveis, com grau de ardência de 5.000 a 30.000 SHU. Planta compacta e resistente a PVY\* e TMV\*. Possui ciclo em torno de 100 dias, plantas de crescimento determinado, com ótima estrutura foliar e altamente produtiva (ISLA, 2024).

As mudas de Pimenta Etna ornamental foram obtidas a partir de sementes, as quais foram semeadas em copos de polietileno com capacidade de 110 mL, contendo areia dispostas em bandejas. A areia foi esterilizada antes da semeadura. Na fase de germinação até o surgimento da primeira folha verdadeira (em média oito dias após a semeadura), foi utilizada solução nutritiva meia-força (50%). Após o surgimento da terceira folha verdadeira foi realizado o transplante para os vasos de polietileno de 10 litros onde o substrato que foi utilizado foi areia e após ter efetuado a inserção das mudas nos vasos passou-se a utilizar solução nutritiva da concentração plena (100%).

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<sup>-1</sup>, respectivamente. Os fertilizantes utilizados como fontes de macronutrientes no preparo da solução foram fosfato de potássio monobásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>), nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) e sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O). Como fonte de micronutrientes, o ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), sulfato de

manganês ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), molibdato de amônio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) e EDTA-Na, respectivamente

As soluções salinas usadas no cultivo foram obtidas mediante adição de sais de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e de magnésio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 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. Trata-se da proporção de Na, Ca e Mg comumente encontradas nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (SILVA JÚNIOR. et al., 1999). As soluções nutritivas salinas foram preparadas considerando a relação entre CEa e concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme Eq.1.

$$Q \approx 10 \times \text{Cea} \quad (1)$$

Em que:

Q – Soma de cátions ( $\text{mmolc L}^{-1}$ ); e

CEa – condutividade elétrica desejada após descontar a CEa da água do sistema de abastecimento municipal ( $\text{dS m}^{-1}$ ).

A irrigação era realizada no horário das 09:00, 14:00 e as 18:00, os vasos foram preparados com um furo na base e colocados uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa pet de 2 L para coleta do volume drenado, assim fazendo a circulação da solução durante o dia. Após a preparação soluções foram feitas em vasos de 100 litros, a condutividade elétrica e o pH foram monitoradas diariamente, e sempre que necessário era realizado o ajuste da solução mantendo sempre a CEsn de acordo com os tratamentos estabelecidos. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 pela adição de 0,1 M hidróxido de potássio (KOH) ou ácido clorídrico (HCl). As plantas foram cultivadas utilizando um sistema de tutoramento vertical.

As concentrações  $\text{H}_2\text{O}_2$  foram obtidas através da diluição do  $\text{H}_2\text{O}_2$  em água deionizada em cada evento de aplicação. As aplicações de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foram realizadas via pulverização foliar, entre 17:00 e 18:00 h, com início às 17 h antes da aplicação dos diferentes níveis de CEsn (10 DAT), e posteriormente foram realizadas em intervalos de 10 dias. O volume médio aplicado por planta foi de 40 mL. As aplicações foram feitas manualmente, com um pulverizador, de modo a obter um molhamento completo das folhas (faces abaxial e adaxial). Durante a pulverização, foi utilizada uma estrutura de papelão para evitar a deriva do  $\text{H}_2\text{O}_2$  sobre as plantas vizinhas.

As trocas gasosas foram mensuradas utilizando-se um medidor de gás infravermelho, portátil LCPro+™ da ADC BioScientific Ltda (IRGA), na terceira folha completamente expandida contada a partir da gema apical. Determinou-se a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> -  $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), a transpiração -  $E$  ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática -  $g_s$  ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração interna de CO<sub>2</sub> -  $C_i$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). A partir destes dados avaliou-se a eficiência instantânea no uso da água -  $EiUA (A/E)$  [ $(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}) - 1$ ] e eficiência instantânea da carboxilação -  $EiCi$  [ $(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) - 1$ ]. As medições foram realizadas às 7 h sob condições naturais de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>, utilizando fonte de radiação artificial de  $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo na interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> das plantas de pimenta cultivado em sistema hidropônico com substrato, aos 120 dias após o transplantio.

**Tabela I.** Resumo da análise de variância referente a condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) e transpiração ( $E$ ) das plantas de pimenta ornamental cultivado sob soluções nutritivas salobras (CEsn) e aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 120 dias após o transplantio.

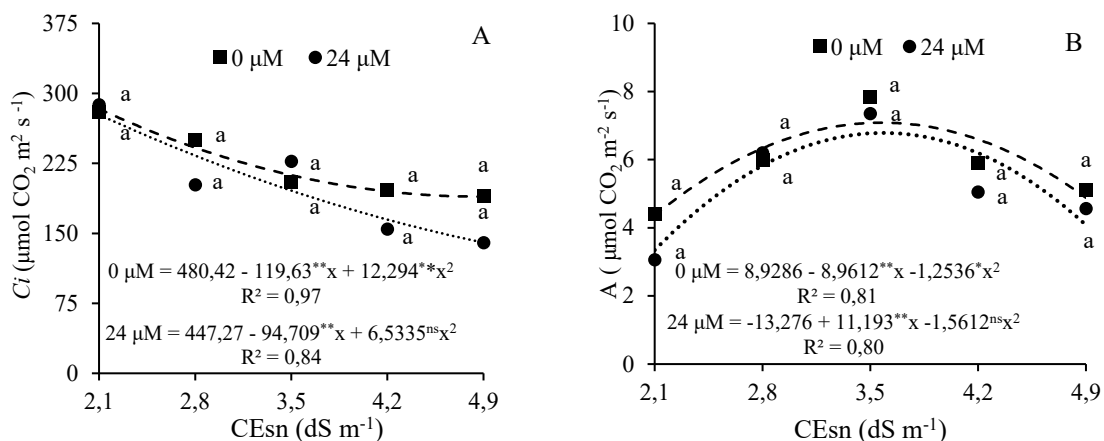
Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		$g_s$	$C_i$	$A$	$E$
Soluções nutritivas salobras (CEsn)	4	378,50 <sup>ns</sup>	12552,30 <sup>**</sup>	13,06 <sup>**</sup>	0,4595 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	717,60 <sup>ns</sup>	6171,20 <sup>**</sup>	6,30 <sup>**</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	132,50 <sup>ns</sup>	27234,00 <sup>**</sup>	27,25 <sup>**</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Peroxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1	31,00 <sup>ns</sup>	986,13 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,3328 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	4	351,84 <sup>ns</sup>	7595,69 <sup>**</sup>	5,81 <sup>**</sup>	0,177 <sup>ns</sup>
Blocos	2	288,52	1056,22	1,83	1,01
Resíduo	29	137,11	941,62	1,14	0,19
CV (%)		16,12	12,66	20,54	16,53

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

Concentração interna de CO<sub>2</sub> reduziu com o incremento da CEsn, independente da concentração do peróxido de hidrogênio (Figura 1A). As plantas que não receberam à aplicação foliar de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0  $\mu\text{M}$ ) obtiveram o maior valor estimado de 283,41  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  sob CEsn de 2,1 dS  $\text{m}^{-1}$  e o menor valor estimado (189,41  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) nas plantas que receberam

CEsn de  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Já aplicação foliar de  $\text{H}_2\text{O}_2$  na concentração de  $24 \text{ }\mu\text{M}$  resultou em maior valor ( $277,19 \text{ }\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) sob CEsn de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , cujo menor valor ( $140,87 \text{ }\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) foi observado na CEsn de  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ , ocorrendo um decréscimo de  $49,47\%$  entre o maior e menor nível de CEsn.

Verifica-se que a aplicação foliar de  $\text{H}_2\text{O}_2$  na concentração de  $0 \text{ }\mu\text{M}$  não se diferiu estatisticamente das plantas que receberam  $24 \text{ }\mu\text{M}$ . Durante o processo de fotossíntese o  $\text{CO}_2$  fixado na célula do mesofilo é consumido na síntese de açúcares, o que resulta em uma redução (DIAS et al., 2018). Dantas et al. (2022) em estudo com abobrinha italiana cultivada com CEsn ( $2,1$  a  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) em sistema hidropônico tipo NFT, verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação diminuiu a concentração interna de  $\text{CO}_2$ , sendo o menor valor estimado nas plantas submetidas à CEsn de  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ .



Médias seguidas de letras idênticas indica não haver diferença significativa pelo teste de F.

**Figura 1:** Concentração interna de  $\text{CO}_2$  –  $C_i$  (A) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  –  $A$  (B) de pimenta ornamental, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de peróxido de hidrogênio –  $\text{H}_2\text{O}_2$ , aos 120 dias após o transplântio.

Para taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  das plantas de pimenta ornamental (Figura 1B), observa-se que o maior valor estimado ( $7,09 \text{ }\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi obtido sob CEsn de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ , e o menor valor estimado ( $4,36 \text{ }\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi alcançado nas plantas irrigadas com a CEsn de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ . Já aplicação foliar de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de  $24 \text{ }\mu\text{M}$  verifica-se que as plantas cultivadas sob CEsn de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  obtiveram o maior valor estimado ( $6,79 \text{ }\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), enquanto o menor valor ( $3,35 \text{ }\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi observado nas plantas submetidas à CEsn de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , obtendo um acréscimo de  $50,68\%$ . Nota-se que a aplicação foliar de  $\text{H}_2\text{O}_2$  na concentração de  $0 \text{ }\mu\text{M}$  não diferiu estatisticamente das plantas que receberam  $24 \text{ }\mu\text{M}$ .

## CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup> reduz a concentração interna de CO<sub>2</sub> e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de pimenta ornamental, aos 120 dias após o transplântio. A aplicação foliar de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 24 µM não atenua os efeitos do estresse salino nas plantas de pimenta ornamental, aos 120 dias após o transplântio.

## 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

- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. **Revista Caatinga**, v.35, p.436-449, 2022.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de, SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A., FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22 p.628-633, 2021.
- 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.
- GE, X. M.; CAI, H. L.; LEI, X.; ZOU, X.; YUE, M. E.; HE, J. M. Heterotrimeric G protein mediates ethylene-induced stomatal closure via hydrogen peroxide synthesis in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v. 82, p. 138-150, 2015.
- GUEDES, M. A.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, L. de A.; OLIVEIRA, V. K. N.; SILVA, A. A. R. da. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as attenuator of salt stress on the physiology and growth of hydroponic cherry tomato. **Revista Caatinga**, v.37, e12002, 2024.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circular 347).

LIMA, B. R. de; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 679-689, 2020.

MEDEIROS, P.R.F. de; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S.; SILVA, M. F. D. Tolerância Do Pepino À Salinidade Em Ambiente Protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v. 15, p. 301-311, 2010.

OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, R. do; NASCIMENTO, E. C. S.; LIMA, R. F. de; BEZERRA, C. V. de C. Emergence and growth of maize submitted to inoculant doses associated with saline water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e66102, 2020.

SANTOS, R. H. S. dos; REIS, L. S.; DIAS, M. dos S.; SILVA, F. D. A.; SANTOS, J. P. de O.; SANTOS, S. C. dos; TAVARES, C. L. Desempenho da rúcula sob condições de sombreamento e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colloquium Agrariae**, v. 16, p. 38-45, 2020.

SILVERA, C. M. O.; SUÁSTEGUI, J. M. M.; AMADOR, B.M.; SÁNCHEZ, D.B.; SÁNCHEZ, D.B.; BERNAL, M.G. Capsicum annuum L. Response to highly diluted bioactive compounds application in germination and initial growth under saline conditions. **Revista Terra Latino-americana**. v.43.p. 1-12. 2025