

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE PIMENTA ORNAMENTAL SOB SOLUÇÃO NUTRITIVA E PEROXIDO DE HIDROGENIO

Valeska Karolini Nunes Oliveira¹, Geovani Soares de Lima², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³, Daniel da Conceição Almeida⁴, Júlio Cesar Agostinho da Silva⁵, Hans Raj Gheyi⁶

RESUMO: Objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nos teores de pigmentos fotossintéticos de pimenta ornamental cultivado sob soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico com substrato. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em Pombal – PB. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×2 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} (2,1; 2,8; 3,5; 4,2 e 4,9 dS m⁻¹), e duas concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (0 e 24 µM), com três repetições. O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ inibiu a síntese de clorofila *b* e carotenoides de pimenta ornamental, aos 120 dias após o transplântio.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum frutescens*, espécie reativa de oxigênio, estresse salino.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF ORGANICAL PEPPER UNDER NUTRITIONAL SOLUTION AND HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effects of foliar application of hydrogen peroxide on the photosynthetic pigment levels of ornamental pepper grown under brackish nutrient solutions in a hydroponic system with substrate. The work was developed in a greenhouse at the Center for Agrofood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, in Pombal - PB. The experimental design was in randomized blocks, in a $5 \times$

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

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

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

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

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

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

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⁻¹), and two concentrations of hydrogen peroxide - H₂O₂ (0 and 24 µM), with three replicates. The increase in electrical conductivity of the nutrient solution from 2.1 dS m⁻¹ inhibited the synthesis of chlorophyll b and carotenoids in ornamental pepper, 120 days after transplanting.

KEYWORDS: *Capsicum frutescens*, reactive oxygen species, salt stress.

INTRODUÇÃO

No território brasileiro, as pimentas do gênero *Capsicum* são amplamente cultivadas em quase todos os estados, essas espécies têm origem nas Américas e evidências indicam que já eram consumidas há mais de 7.000 anos, especialmente na região que hoje corresponde ao México (KRAFT et al., 2014). Além de sua importância alimentícia, também apresentam potencial ornamental, devido à variedade de cores de seus frutos em diferentes fases de maturação, que ocorrem simultaneamente na mesma planta, bem como pela folhagem diferenciada e pelo porte reduzido (COSTA et al., 2019). O uso de águas salinas para irrigação, comum na região semiárida devido à escassez de fontes hídricas com águas com baixos níveis salinos, impõe desafios ao desenvolvimento dessa cultura (COSTA et al., 2020).

As águas que possuem elevadas concentrações de sais podem prejudicar os processos fisiológicos das plantas, como a absorção de nutrientes e a fotossíntese, resultando em inibição do crescimento e da produtividade (OLIVEIRA et al., 2024). O cultivo hidropônico é uma alternativa eficiente para o uso de águas salinas, permitindo controle preciso da solução nutritiva e otimizando o uso de recursos hídricos, especialmente em regiões com escassez de água (SINGH et al., 2024). Além disso, a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) tem se destacado uma estratégia promissora para mitigar os efeitos do estresse salino em plantas. O H₂O₂ atua como um sinalizador no processo de aclimação das plantas ao estresse, promovendo a ativação de mecanismos antioxidantes e melhorando a eficiência fotossintética (ISLAM et al., 2023). Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nos teores de pigmentos fotossintéticos de pimenta ornamental sob soluções nutritivas salobras 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⁻¹) e concentrações de H₂O₂ (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 H₂O₂ 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⁻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 fonte de micronutrientes, o ácido bórico (H₃BO₃), 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 (FeSO_4) e EDTA-Na, respectivamente.

As soluções salinas usadas no cultivo foram obtidas mediante adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 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.

$$Q \approx 10 \times CEa \quad (1)$$

Em que:

Q – Soma de cátions (mmolc L^{-1}); e

CEa – condutividade elétrica desejada após descontar a CEa da água do sistema de abastecimento municipal (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 H_2O_2 foram obtidas através da diluição do H_2O_2 em água deionizada em cada evento de aplicação. As aplicações de H_2O_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 H_2O_2 sobre as plantas vizinhas.

A quantificação dos teores de clorofila *a*, *b*, e carotenoides foi realizada de acordo com a metodologia de Cruz et al. (2007) utilizando extratos de amostras de discos da terceira folha a partir do ápice completamente madura. Em cada amostra, foi adicionada 5,0 mL de dimetilsulfóxido, mantidos no escuro por um período de 48 horas, quando então, os extratos foram analisados no espectrofotômetro (Thermo Scientific®, modelo Genesys 20) nas absorvâncias de 480, 649 e 665nm. A partir dos extratos, foram determinados os teores de clorofila e carotenoides de acordo a metodologia descrita por Wellburn (1994), utilizando-se as Eqs. 2,3 e 4 respectivamente, com resultados expressos em mg g⁻¹ MF.

$$Cl\ a = 12,19\ ABS665 - 3,45\ ABS649 \quad (2)$$

$$Cl\ b = 21,99 \times ABS649 - 5,32 \times ABS665 \quad (3)$$

$$Car = (1000\ ABS480 - 2,14\ Cl\ a - 70,16\ Cl\ b)/220 \quad (4)$$

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 os teores de clorofila *b* (Cl *b*) e carotenoides (Car) das plantas de pimenta, aos 120 dias após o transplântio. Os teores de clorofila *b* não foram influenciados pelas fontes de variação testadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*), e carotenoides (Car) das plantas de pimenta ornamental cultivado sob condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 120 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Car
Soluções nutritivas salobras (CEsn)	4	5,69 ^{ns}	3,78*	1,74*
Regressão Linear	1	8,55 ^{ns}	1,19*	0,85*
Regressão Quadrática	1	8,39 ^{ns}	11,98**	2,61**
Peroxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	1	27,36 ^{ns}	14,04*	9,59**
Interação (CEsn × H ₂ O ₂)	4	10,20 ^{ns}	9,97**	9,83**
Blocos	2	10,58	2,22	0,18
Resíduo	29	11,24	1,06	0,59
CV (%)		20,54	24,11	12,72

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.

Para os teores de clorofila b (Figura 1A) verifica-se que as plantas que não receberam à aplicação foliar de H_2O_2 ($0,0 \mu\text{M}$) obtiveram maior valor ($5,66 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) sob CEsn de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ e o menor valor ($2,34 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) nas plantas que receberam CEsn de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$. Já aplicação foliar de H_2O_2 na concentração de $24 \mu\text{M}$ resultou no valor máximo ($5,08 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) sob CEsn de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$. Comparando-se os efeitos da aplicação de H_2O_2 em cada nível de CEsn, verifica-se que as plantas cultivadas sob a concentração de $24 \mu\text{M}$ diferiram de forma significativa das submetidas ao tratamento controle ($0 \mu\text{M}$) na CEsn de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$.

O efeito benéfico da aplicação foliar de $24 \mu\text{M}$ 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., 2022). Em pesquisa realizada por Guedes et al. (2024) com tomate cereja cultivada em sistema hidropônico NFT sob estresse salino ($2,1$ a $4,2 \text{ dS m}^{-1}$) e aplicação de peróxido de hidrogênio (0 a $48 \mu\text{M}$), constataram com o aumento dos níveis de CEsn ocorreu a redução dos teores de pigmentos fotossintético, sendo o valor máximo estimado sob $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ e concentração de $18 \mu\text{M}$ de H_2O_2 .

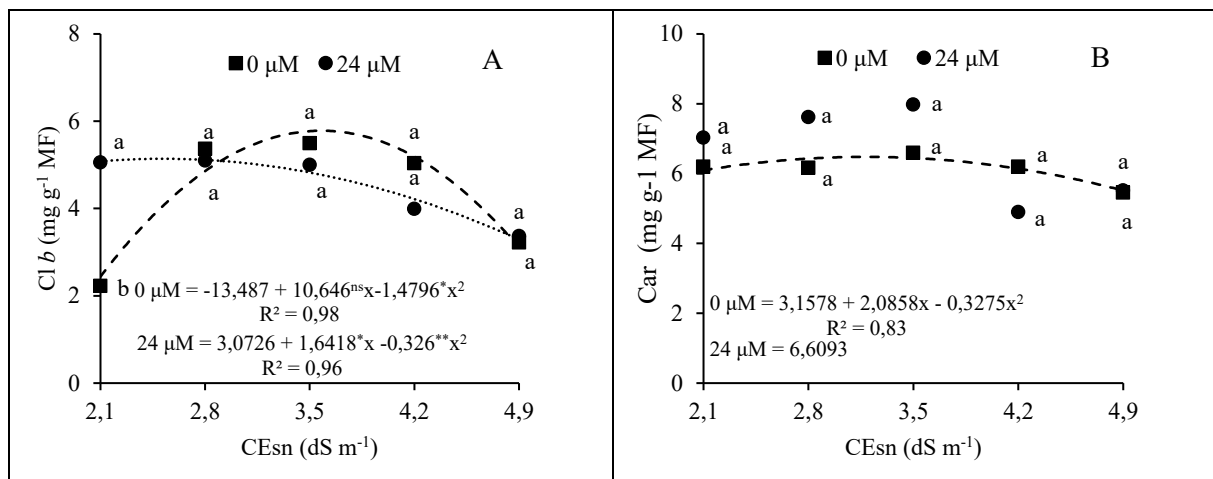


Figura 1. Teores de clorofila *b* – Cl *b* (A) e carotenoides – Car (B) de pimenta ornamental, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , aos 120 dias após o transplantio.

Para os teores de carotenoides (Figura 1B) verifica-se que as plantas que não receberam à aplicação foliar de H_2O_2 ($0 \mu\text{M}$) obtiveram o maior valor estimado ($6,47 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) sob CEsn de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ e o menor valor mínimo ($5,51 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) sob CEsn de $6,6 \text{ dS m}^{-1}$. Já aplicação foliar de H_2O_2 de $24 \mu\text{M}$ resultou em valor médio de $6,60$. A aplicação foliar de H_2O_2 na concentração de $0 \mu\text{M}$ não diferiu estatisticamente das plantas que receberam $24 \mu\text{M}$. A redução

na síntese de carotenoides pode ser atribuída ao fato de que o estresse salino induz a degradação do β -caroteno e redução dos teores de carotenoides, componentes integrados dos tilacóides que participam da absorção e transferência de luz para a clorofila (DIAS et al., 2019).

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ inibe a síntese de clorofila b e de carotenoides 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

COSTA, G.; NASCIMENTO, D.; SILVA, B.; LOPES, Â. C. D. A.; CARVALHO, L. C. B.; GOMES, R. L. F. Selection of pepper accessions with ornamental potential. **Revista Caatinga**, v.32, p.566-574. 2019.

COSTA, E.; ALIXAME, D.; SILVA, A. G. D.; PUPIM, R. D. S.; BINOTTI, F. F. D. S. Growth of ornamental pepper in colored containers under protected environments. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p.581-588. 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.

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. H₂O₂ 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).

ISLAM, M. M.; JAHAN, K.; SEN, A.; URMI, T. A.; HAQUE, M. M.; ALI, H. M.; MURATA, Y. Exogenous application of calcium ameliorates salinity stress tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and enhances fruit quality. **Antioxidants**, v.12, e558. 2023.

KRAFT, K. H.; BROWN, C. H.; NABHAN, G. P.; LUEDELING, E.; LUNA RUIZ, J. de J. Coppens d'Eeckenbrugge, G., Hijmans, R. J.; Gepts, P. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.111, p.6165-6170. 2014.

SINGH, S. K.; GUPTA, G.; PATIL, A. K.; DWIVEDI, P. N.; PATHAK, P. K.; KAUTKAR, S.; SATPUTE, A. N. Climate-smart hydroponic chamber for efficient green fodder production under resource deficit conditions of semi-arid region. **Journal of Plant Nutrition**, v. 47, p. 2799-2810.2024.

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, F. D. A. D.; SANTOS, S. T. D.; MELO, M. R. D. S.; OLIVEIRA, M. K. D.; PEREIRA, K. T.; AROUCHA, E. M.; LINHARES, P. C. Production and quality of bell pepper fruits grown under saline stress in different substrates. **Horticultura Brasileira**, v.42, e288947. 2024.

SANTOS, R. G. dos; DIAS, H.; VIANA, L. E.; RIBAS, D. Produção familiar de pimenta na comunidade rural de Brejo Bezerra, Iuiú-BA. **Cadernos Macambira**, v. 8, p. 61-62, 2023.

SILVA, A. A. R.; SOUSA, P. F. N; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos 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, e198, 2022.