

APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO EM SEMENTES DE MICROVERDES DE MAJERICÃO TOSCANO INDUZEM TOLERÂNCIA A SALINIDADE

Thainan Sipriano dos Santos¹, Isabel da Silva Teixeira Dourado², Laura Pereira dos Santos Santana², Jucilene Jesus Santos³, Mairton Gomes da Silva⁴, Toshik Iarley da Silva⁴

RESUMO: O manjerição é amplamente usado na gastronomia, medicina e produção de óleos essenciais. Recentemente, também tem ganhado destaque no cultivo de microverdes, devido ao seu ciclo de produção rápido, elevado valor nutricional e riqueza em compostos bioativos. Em regiões semiáridas, a salinidade da água de irrigação é um dos principais entraves ao desenvolvimento das culturas agrícolas. O uso do ácido salicílico (AS) no pré-tratamento de sementes surge como alternativa para mitigar esses efeitos. Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar os efeitos do pré-tratamento de sementes de manjerição toscano com ácido salicílico no teor de flavonoides, antocianinas, proteínas e carboidratos de microverdes cultivados sob diferentes níveis de salinidade em sistema hidropônico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (pré-tratamentos de sementes – 0 e 1 mM de AS) × 3 (concentrações de NaCl – 0, 25 e 50 mM) com quatro repetições. Foram avaliados os teores de antocianinas, flavonoides, proteínas e carboidrato. O AS aumentou os teores de carboidratos e proteínas e manteve os teores de antocianinas, especialmente na salinidade de 25 e 50 mM.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse salino, solutos orgânicos, antioxidantes.

APPLICATION OF SALICYLIC ACID IN TUSCAN BASIL MICROGREEN SEEDS INDUCES SALINITY TOLERANCE

ABSTRACT: Basil is widely used in gastronomy, medicine, and essential oil production. Recently, it has also gained prominence in microgreen cultivation due to its rapid production

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mail: thainansipriano96@gmail.com

² Graduandas em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

³ Mestranda em Recursos Genéticos Vegetais, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

⁴ Professores Doutores, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

cycle, high nutritional value, and richness in bioactive compounds. In semiarid regions, irrigation water salinity is one of the main obstacles to crop development. The use of salicylic acid (SA) in seed pretreatment emerges as an alternative to mitigate these effects. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of pretreating Tuscan basil seeds with salicylic acid on the flavonoid, anthocyanin, protein, and carbohydrate content of microgreens grown under different salinity levels in a hydroponic system. The experimental design was completely randomized in a 2 (seed pretreatments – 0 and 1 mM SA) $\times$ 3 (NaCl concentrations – 0, 25, and 50 mM) factorial arrangement with four replicates. The contents of anthocyanins, flavonoids, proteins, and carbohydrates were evaluated. AS increased carbohydrates and proteins and maintained anthocyanin contents, especially at salinities of 25 and 50 mM.

KEYWORDS: Saline stress, organic solutes, antioxidants.

INTRODUÇÃO

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), pertencente à família Lamiaceae, é uma erva aromática cultivada em diversas regiões do mundo e amplamente empregada na culinária, fitoterapia e extração de óleos essenciais (Simon et al., 1999). Nativo de regiões da Ásia e África, essa espécie apresenta variabilidade genética e química, dando origem a diferentes cultivares, como o manjeriço-doce, o roxo e o tailandês, cada um com perfis distintos de compostos bioativos (Paton et al., 1999). Além de seu valor gastronômico, a planta é reconhecida por suas propriedades farmacológicas, incluindo efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antimicrobianos, associados principalmente a seus constituintes fenólicos, como eugenol e linalol (Shahrajabian et al., 2020).

Além do cultivo convencional, o manjeriço tem se destacado na produção de microverdes. Microverdes são plântulas jovens colhidas no estágio inicial das folhas verdadeiras. Esses microverdes apresentam elevada densidade nutricional, ricos em compostos bioativos e sabores intensos, sendo uma opção viável e economicamente atrativa para agricultura urbana e de pequena escala (Di Gioia et al., 2017). Essa modalidade de cultivo é particularmente vantajosa em sistemas controlados, como a hidroponia, adaptando-se bem a ambientes urbanos com restrições de espaço e disponibilidade hídrica (Xiao et al., 2012).

Tanto o cultivo tradicional quanto o de microverdes de manjeriço são afetados pelo estresse salino, que prejudica a germinação e o desenvolvimento das plantas (Al Murad et al., 2020). A salinidade é um fator limitante para o cultivo de microverdes, o excesso de sais pode

alterar o perfil metabólico das plantas, afetando a síntese de compostos como proteínas e carboidratos, fundamentais para o desenvolvimento inicial das plântulas (Gupta & Huang, 2014). Esse problema é ainda mais crítico em regiões semiáridas, onde a água de irrigação apresenta alta concentração de sais, limitando a produção agrícola mesmo em sistemas hidropônicos (Munns & Tester, 2008).

Estratégias de indução de tolerância, como o pré-tratamento de sementes com ácido salicílico (AS), têm sido amplamente estudadas (Hayat et al., 2010). O AS atua como um sinalizador fisiológico, modulando a produção de flavonoides e antocianinas, que além de suas propriedades antioxidantes, auxiliam na proteção celular contra o estresse oxidativo induzido pelos sais (Nazar et al., 2011). Estudos demonstram que o tratamento com AS promove o acúmulo de osmólitos compatíveis, a estabilização de membranas celulares e o aumento da atividade de enzimas antioxidantes, melhorando a resistência das plantas desde os estágios iniciais de desenvolvimento (Khan et al., 2015). Adicionalmente, o AS pode influenciar positivamente o metabolismo primário, estimulando a síntese de proteínas e carboidratos, que são cruciais para o estabelecimento das plântulas sob condições adversas (Gunes et al., 2007). Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do pré-tratamento de sementes de manjerição ‘Toscano’ com ácido salicílico no teor de flavonoides, antocianinas, proteínas e carboidratos de microverdes cultivados sob diferentes níveis de salinidade em sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre 17 e 29 de maio de 2025, em casa de vegetação destinada a pesquisas hidropônicas, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). O experimento foi realizado no município de Cruz das Almas, Bahia, Brasil (coordenadas geográficas: 12° 40’ 19” S, 39° 06’ 23” O; altitude de 220 m). Um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 (dois pré-tratamentos de sementes de microverdes de manjerição - 0 e 1 mM de ácido salicílico) × 3 (três concentrações de salinidade - 0, 25, 50 mM de NaCl) com quatro repetições foi utilizado.

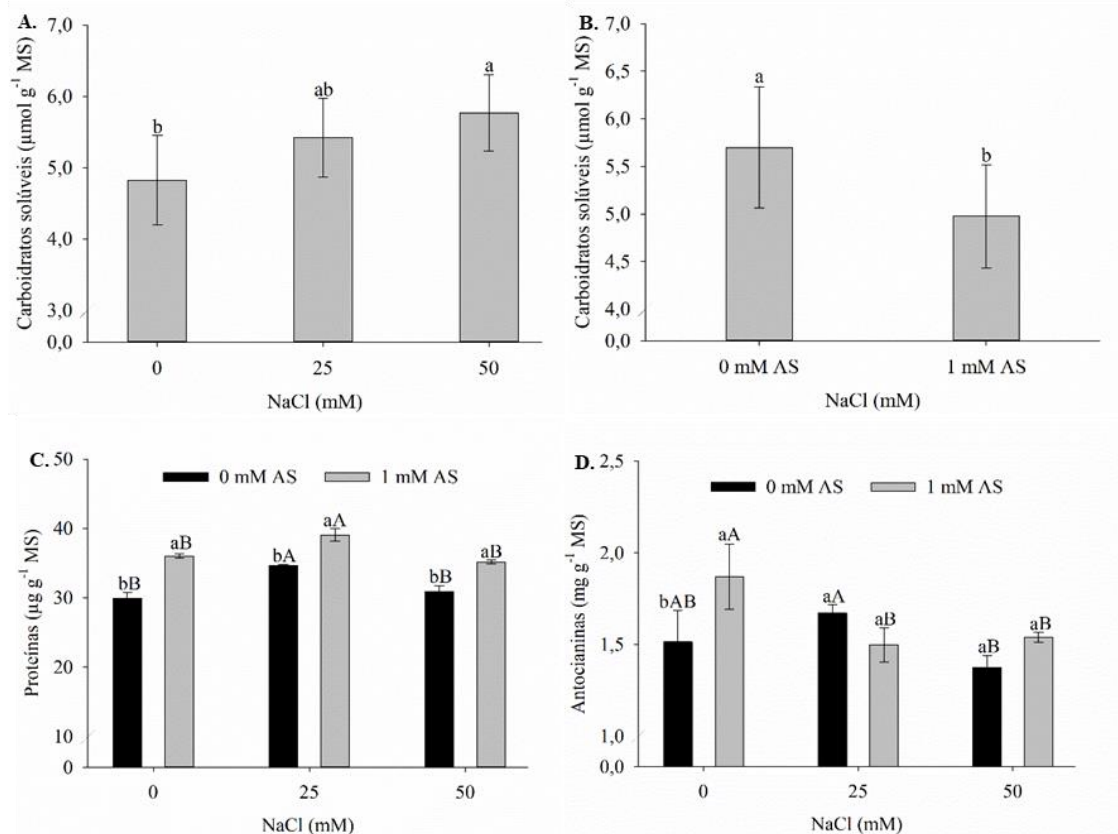
Para o pré-tratamento, foram utilizadas porções de 0,7 g de sementes, pesadas com balança de precisão. Estas sementes foram acondicionadas em recipientes e receberam 5mL da solução de tratamento (0 ou 1 mM de ácido salicílico - AS), permanecendo em imersão por 12

horas. Após este período, as sementes foram transferidas para a casa de vegetação, onde foram distribuídas de forma homogênea sobre o substrato de fibra de coco, contido em bandejas de isopor com perfurações para drenagem. O sistema de cultivo empregou a técnica hidropônica NFT (*Nutrient Film Technique*), utilizando telhas de PVC onduladas com declividade de 3% (para o escoamento da solução nutritiva (SN), assim como o retorno da mesma para o reservatório), um reservatório com capacidade para 40 L de SN à 100% com base nas recomendações de Furlani et al., 1999, e um sistema de recirculação (temporizador) programado com ciclos de 15 min de funcionamento alternados com 15 min de pausa durante o período diurno (6:00 às 18:00). Treze dias após a semeadura (DAS) foi realizada a colheita.

Para a determinação dos solutos orgânicos (proteínas e carboidratos) e compostos bioativos (flavonoides e antocianinas), foram retirados aproximadamente 0,5 g do material, colocados em saquinhos e levados ao liofilizador. Após a liofilização, as amostras foram maceradas, pesado 0,1 g em balança de precisão e adicionado 1,5 mL de etanol à 80% e posteriormente centrifugado a 14000 rpm por 15 min. Os sobrenadantes foram coletados e adicionado novamente 1,5 mL de etanol à 80%, repetindo o mesmo procedimento. A quantificação de carboidratos solúveis foi feita de acordo com os métodos indicados por Dubois et al. (1956) e proteínas solúveis com base na metodologia descrita por Bradford (1976). A determinação dos flavonoides e antocianinas foi feita com base no método descrito por Francis (1982). Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas usando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas através do software R (R Core Team, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de carboidratos solúveis (Figura 1A) aumentaram com a salinidade independente do pré-tratamento via sementes de microverdes de manjerição Toscano. Esse acúmulo em alta salinidade é esperado, pois os carboidratos atuam como osmólitos compatíveis, ajudando a manter o equilíbrio hídrico celular (Parida & Das, 2005). Enquanto o pré-tratamento com 1 mM de AS reduziu os teores de carboidratos (Figura 1B) em comparação com o controle nas mesmas concentrações de NaCl. Isso sugere que o AS melhorou a eficiência metabólica ativando os mecanismos alternativos de tolerâncias, reduzindo a necessidade de acúmulo de osmólitos para lidar com o estresse (Hayat et al., 2010).



Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem para concentrações de NaCl e letras minúsculas para para os pré-tratamentos com e sem ácido salicílico pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras são média $\pm$ desvio padrão.

Figura 1. Teores de carboidratos solúveis (A e B), proteínas solúveis (C) e antocianinas (D) de microverdes de manjericão toscano cultivado sob diferentes concentrações de NaCl e pré-tratamentos de sementes.

O pré-tratamento com 1 mM de AS aumentou os teores de proteínas (Figura 1C) em todos os níveis de salinidade (0, 25 e 50 mM) quando comparadas com o 0 mM de AS. Indicando uma ativação de rotas metabólicas relacionadas ao estresse, regulando a expressão gênica e promovendo maior estabilidade metabólica (Khan et al., 2015). Os níveis de antocianinas (Figura 1D) foram mais elevados nas plantas com pré-tratamento de 1 mM de AS sem salinidade, contudo, com o aumento da salinidade os níveis de antocianinas reduziram.

Ainda assim, os tratamentos com AS mantiveram os níveis relativamente estáveis sob 25 e 50 mM de NaCl. Sugerindo que o AS pode favorecer a síntese ou preservação de antocianinas, mesmo sob estresse. Ressaltando que as antocianinas são compostos antioxidantes importantes que atuam na neutralização de EROs, sendo essenciais para a resiliência das plantas sob estresse ambiental (Xu et al., 2017; Li et al., 2018). Não houve efeito dos tratamentos para os teores de flavonoides.

CONCLUSÕES

A aplicação de ácido salicílico em sementes de manjeriço ‘Toscano’ promoveu respostas bioquímicas benéficas sob estresse salino, com maior acúmulo de carboidratos e proteínas, e manutenção dos níveis de antocianinas, especialmente em condições de salinidade leve a moderada. Esses resultados reforçam a eficácia do *priming* com ácido salicílico como técnica para indução de tolerância ao estresse em microverdes cultivados em sistemas hidropônicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical - INCT AGRIS (CNPq/FUNCAP/CAPES), processos 406570/2022-1 (CNPq) e INCT-35960-62747.65.95/51 (FUNCAP), INCITE Economia Verde (FAPESB), Ciência na Mesa (FAPESB, Pedido Nº 4362/2024).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL MURAD, M.; KHAN, A. L.; MUNEER, S. Silicon in horticultural crops: cross-talk, signaling, and tolerance mechanism under salinity stress. **Plants**, v. 9, n. 4, p. 460, 2020.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry Journal**, v. 72, p. 248–254, 1976.
- DI GIOIA, F.; SANTAMARIA, P.; D'IMPERIO, M. Microgreens: a new food category with high nutritional value. In Sustainable Food Production, **Academic Press**. 2017. p. 201-224.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, P. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Analytical Biochemistry Journal**, v. 28, p. 350–356, 1956.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). Anthocyanins as food colors. Academic Press, 1982. p. 181–207.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 481, p. 777-778, 1999.

GUNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M.; CICEK, N.; GUNERI, E.; ERASLAN, F.; GUZELORDU, T. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 6, p. 728–736, 2007.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, p. 1–12, 2014.

HAYAT, S.; HAYAT, Q.; ALYEMENI, M. N.; WANI, A. S.; PICHTEL, J.; AHMAD, A. Role of salicylic acid in plant response to abiotic stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, n. 4, p. 373–380, 2010.

KHAN, M. I. R.; FATMA, M.; PER, T. S.; ANJUM, N. A.; KHAN, N. A. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 462, 2015.

LI, X.; LV, X.; WANG, X.; WANG, L.; ZHANG, M.; REN, M. Effects of abiotic stress on anthocyanin accumulation and grain weight in purple wheat. **Crop and Pasture Science**, v. 69, n. 12, p. 1208-1214, 2018.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008.

NAZAR, R.; IQBAL, N.; SYEED, S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, n. 8, p. 807–815, 2011.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324–349, 2005.

PATON, A. L. A. N.; HARLEY, R. M.; HARLEY, M. M. **Ocimum: an overview of classification and relationships**. Basil, p. 11-46, 1999.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024.

SHAHRAJABIAN, M. H.; SUN, W.; CHENG, Q. Chemical components and pharmacological benefits of basil (*Ocimum basilicum*): A review. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 1961-1970, 2020.

SIMON, J. E.; MORALES, M. R.; PHIPPEN, W. B.; VIEIRA, R. F.; HAO, Z. Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. **Perspectives on New Crops and New Uses**, v. 16, p. 499-505, 1999.

XIAO, Z.; LESTER, G. E.; LUO, Y.; WANG, Q.; ZHANG, M. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 31, p.7644 – 7651, 2012.

XU, Z.; MAHMOOD, K.; ROTHSTEIN, S. J. ROS induces anthocyanin production via late biosynthetic genes and anthocyanin deficiency confers the hypersensitivity to ROS-generating stresses in Arabidopsis. **Plant and Cell Physiology**, v. 58, n. 8, p. 1364-1377, 2017.