

## ÁCIDO SALICÍLICO NA REGULAÇÃO IÔNICA DE MICROVERDES DE MANJERICÃO SOB CONDIÇÕES DE SALINIDADE

Jucilene Jesus Santos<sup>1</sup>, Isabel da Silva Teixeira Dourado<sup>2</sup>, Thainan Sipriano dos Santos<sup>3</sup>,  
Beatriz Meurer Bedra<sup>2</sup>, Laura Pereira dos Santos<sup>2</sup>, Toshik Iarley da Silva<sup>4</sup>

**RESUMO:** A crescente demanda por recursos hídricos tem impulsionado a busca por alternativas que viabilizem o uso de águas salobras na agricultura. Contudo, a salinidade da água de irrigação pode comprometer o crescimento das plantas e estratégias precisam ser usadas para mitigar tais efeitos adversos. Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da embebição de sementes com ácido salicílico na mitigação dos impactos da salinidade sobre os pigmentos fotossintéticos e o acúmulo de compostos inorgânicos em microverdes de manjericão ‘Limoncino’. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 3$ , sendo duas aplicações por embebição de sementes (0 e 1 mM de ácido salicílico) e três níveis de salinidade (0, 25 e 50 mM NaCl), com quatro repetições. Os teores sódio, potássio e cloreto foram avaliados. A aplicação de ácido salicílico (AS) não influenciou diretamente os teores de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  nas folhas de manjericão Limoncino sob estresse salino. Já para  $\text{K}^+$ , o AS promoveu aumento significativo em 50 mM de NaCl. A relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  foi reduzida com o uso de AS sob salinidade elevada, indicando efeito positivo na homeostase iônica. A aplicação de AS demonstrou efeitos seletivos nas plântulas de manjericão ‘Limoncino’, sob estresse salino, ajudando a manter os níveis de potássio ( $\text{K}^+$ ) e reduzindo a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , mesmo sem alterar significativamente os teores de  $\text{Cl}^-$  e sódio  $\text{Na}^+$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitormônio, Homeostase iônica, Estresse abiótico.

<sup>1</sup> Mestranda em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, CEP 44380-00, Cruz das Almas, Ba. Fone (75) 988278798, e-mail: Jucysantos.js5@gmail.com.

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

<sup>3</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

## SALICYLIC ACID IN THE IONIC REGULATION OF BASIL MICROGREENS UNDER SALINITY CONDITIONS

**ABSTRACT:** The increasing demand for water resources has driven the search for alternatives that enable the use of brackish water in agriculture. However, the salinity of irrigation water can compromise plant growth, and strategies must be adopted to mitigate such adverse effects. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of seed imbibition with salicylic acid on mitigating the impacts of salinity on photosynthetic pigments and the accumulation of inorganic compounds in ‘Limoncino’ basil microgreens. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a  $2 \times 3$  factorial scheme, with two salicylic acid concentrations applied by seed imbibition (0 and 1 mM) and three salinity levels (0, 25, and 50 mM NaCl), with four replications. Sodium, potassium, and chloride contents were evaluated. The application of salicylic acid (SA) did not significantly affect  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  levels in basil leaves under salt stress. However, under 50 mM NaCl, SA significantly increased  $\text{K}^+$  levels. The  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ratio was reduced with SA application under high salinity, indicating a positive effect on ionic homeostasis. These results suggest that SA had selective effects on ‘Limoncino’ basil microgreens under saline stress, helping to maintain potassium ( $\text{K}^+$ ) levels and reduce the  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ratio, even without significantly altering  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  concentrations.

**KEYWORDS:** Phytohormone, Ionic homeostasis, Abiotic stress.

## INTRODUÇÃO

A salinidade é reconhecida como um dos principais fatores abióticos que comprometem o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas, especialmente nas fases iniciais do ciclo vegetativo (SILVEIRA et al., 2010). O aumento da concentração de sais na água de irrigação afeta negativamente diversos processos fisiológicos das plantas, como a absorção de água e nutrientes, além de induzir alterações metabólicas significativas (Esteves & Suzuki, 2008). Muitas espécies cultivadas são sensíveis aos efeitos deletérios do estresse salino, o que compromete diretamente seu desempenho agrônomo.

Os microverdes, por sua vez, são plântulas jovens, de ciclo curto e cultivo simples, amplamente utilizados na gastronomia para o preparo de pratos devido às suas características sensoriais e nutricionais (XIAO et al., 2010). Estudos têm demonstrado que, por serem colhidos em estágios iniciais de desenvolvimento, os microverdes apresentam concentrações mais

elevadas de fitoquímicos e compostos bioativos em comparação às folhas de plantas adultas (PEREZ, 2010; XIAO et al., 2012). No entanto, como outras espécies vegetais, os microverdes são organismos sésseis e, por possuírem ciclo curto e estágio fenológico precoce, são particularmente suscetíveis a estresses ambientais, como a salinidade.

O ácido salicílico (AS), um fitormônio amplamente estudado, tem demonstrado eficácia na mitigação dos efeitos nocivos do estresse salino em diferentes espécies vegetais, atuando na modulação de respostas fisiológicas e bioquímicas (SILVA et al., 2024). Diante disso, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da embebição de sementes com ácido salicílico na mitigação dos impactos da salinidade sobre os pigmentos fotossintéticos e o acúmulo de compostos inorgânicos em microverdes de manjerição ‘Limoncino’.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local e delineamento experimental**

O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (12°40'19" S, 39°06'23" W, com altitude de 220 m), localizado no Campus universitário de Cruz das Almas, Ba. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, sendo duas concentrações de ácido salicílico (0 e 1 mM) aplicadas por embebição das sementes e três níveis de salinidade (0, 25 e 50 mM de NaCl), cada combinação de tratamento tiveram quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais.

### **Material vegetal e condições de cultivo**

As sementes de manjerição ‘Limoncino’ foram embebidas e em seguida, foram semeadas em bandejas de isopor com área útil de 16,5 cm × 8,5 cm, previamente preenchidas com substrato de fibra de coco umedecido com água deionizada, e alocadas em berçário. A irrigação foi conduzida por meio de sistema hidropônico do tipo NFT (Nutrient Film Technique) com recirculação, composto por bombas hidráulicas que impulsionavam a solução salina de acordo com os tratamentos, distribuída uniformemente através de uma rede de tubos aos recipientes com as mudas.

### **Variáveis analisadas**

Foram mensurados os teores dos íons sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ). Para isso, o material vegetal foi coletado, seco em estufa e posteriormente moído. Em seguida, aproximadamente 0,1 g de cada amostra foi pesado e transferido para tubos de ensaio, aos quais foram adicionados 10 mL de água deionizada. As amostras foram submetidas a aquecimento em banho termostático a 100 °C por 1 hora. Após o resfriamento, as soluções foram filtradas e preparadas para as análises.

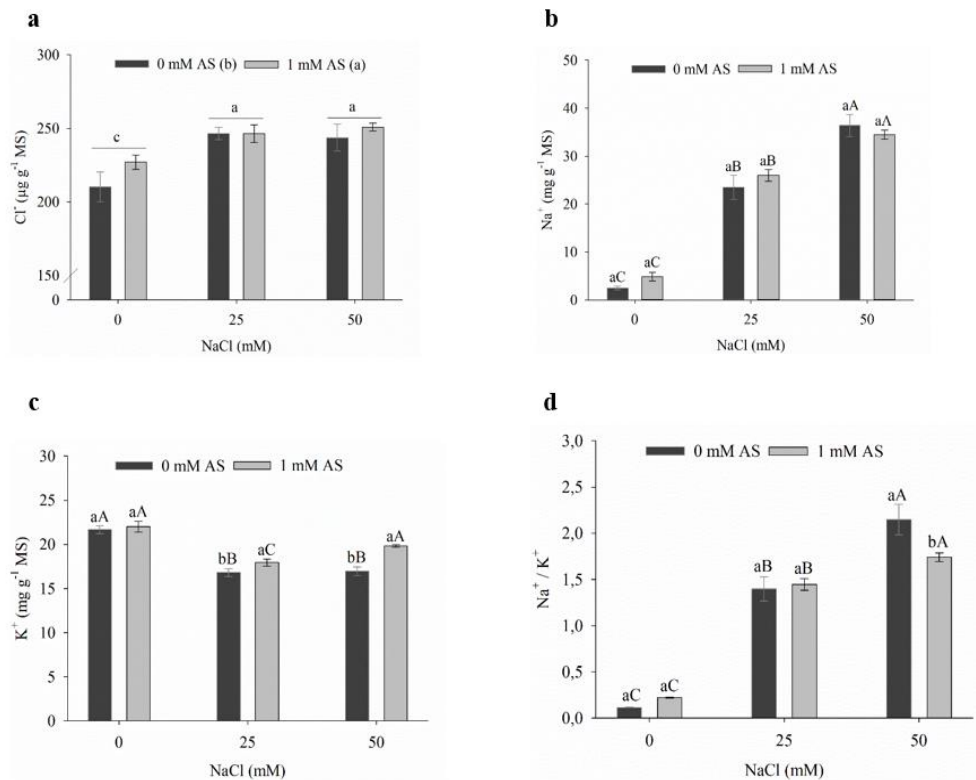
Os teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram determinados por fotometria de chama, conforme o método descrito por Silva et al. (2009). Já a concentração de  $\text{Cl}^-$  foi determinada por espectrofotometria, seguindo a metodologia proposta por Silva et al. (2010).

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey, com nível de significância de  $p \leq 0,05$ , utilizando o software R (R CORE TEAM, 2024).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foi observada interação entre os fatores para os teores de cloreto, porém, houve efeito isolado (Figura 1c). Contudo, o estresse salino aumentou os teores desse elemento em microverdes de manjerição ‘Limoncino’. A aplicação de ácido salicílico aumentou os teores de cloreto nos tecidos foliares. As variáveis teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e razão  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  tiveram interação entre os fatores (Figuras 1a, b e d). A salinidade aumentou os teores de  $\text{Na}^+$ , sendo os maiores valores observados com a irrigação de 50 mM NaCl. A aplicação de ácido salicílico não foi eficiente para diminuir a absorção e acumulação desse íon (Figura 1a). A aplicação de ácido salicílico aumentou os teores de  $\text{K}^+$  em microverdes de manjerição sob estresse salino, mas não teve efeito em plântulas sem estresse (0 mM NaCl, Figura 1b). A aplicação desse fitormônio diminuiu a razão  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  em microverdes irrigados com 50 mM NaCl, enquanto a salinidade aumentou essa variável (Figura 1d).



**Figura 1.** Teor de Na<sup>+</sup> (a), K<sup>+</sup> (b), Cl<sup>-</sup> (c) e razão Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> (d) em microverdes de manjericão ‘Limoncino’ submetido ao estresse salino (NaCl) e aplicação de ácido salicílico (AS). Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem para a embebição de sementes e de mesma letra maiúscula para estresse salino pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A aplicação de ácido salicílico apresentou efeitos seletivos em mudas de manjericão ‘Limoncino’ submetidas ao estresse salino, atuando de forma eficaz na regulação do equilíbrio iônico. Especificamente, o tratamento contribuiu para a manutenção dos níveis adequados de potássio (K<sup>+</sup>) nos tecidos vegetais e reduziu a relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, um dos principais indicadores de toxicidade iônica em condições salinas. Esse efeito sugere que o ácido salicílico pode atuar na modulação de canais ou transportadores de íons, favorecendo a seletividade na absorção e retenção de K<sup>+</sup>, mesmo diante do acúmulo excessivo de Na<sup>+</sup> no meio externo. Resultados semelhantes foram descritos por Tonel et al. (2013), ao avaliarem sementes e plântulas de milho expostas ao estresse salino, indicando que essa ação é consistente em diferentes espécies.

Embora o ácido salicílico não tenha revertido todos os efeitos deletérios da salinidade, ele contribuiu de forma significativa para a manutenção da homeostase iônica, especialmente sob níveis mais elevados de salinidade. Como destacado por Zhou et al. (2024), esse composto não elimina completamente os danos causados pelo estresse, mas atua pontualmente em mecanismos fisiológicos específicos, como a conservação do potássio e a estabilização do ambiente celular, ajudando a preservar funções metabólicas essenciais ao desenvolvimento vegetal.

## CONCLUSÕES

Em condições de estresse salino, a aplicação de ácido salicílico não reduziu a absorção de sódio nem os teores de cloreto nos microverdes de manjerição ‘Limoncino’, mas contribuiu para o aumento dos níveis de potássio e, conseqüentemente, para a redução da razão  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  sob alta salinidade. Embora o ácido salicílico não atenuar completamente os efeitos da salinidade, pode favorecer a manutenção do equilíbrio iônico em situações de estresse severo.

## 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

- ESTEVES, Bruno dos Santos; SUZUKI, Marina Satika. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662–679, 2008.
- R CORE TEAM. R: A **language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024.
- SILVA, E. N. et al. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 437-445, 2009.
- SILVA, E. N. et al. Contribution of organic and inorganic solutes to osmotic adjustment of physic nut under salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 437-445, 2009.
- SILVA, J. H. B. da et al. Salicylic acid reduces harmful effects of salt stress in *Tropaeolum majus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 4, p. e278566, 2024.

SILVEIRA, J. A. G. et al. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R. et al. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. v. 1. Campina Grande: INCTSal, 2010. p. 161–181.

TONEL, F. R. et al. Salicylic acid: physiological and biochemical changes in seeds and maize seedlings subjected to salt stress. **Journal of Seed Science**, v. 35, p. 457–465, 2013.

XIAO, Z. et al. 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.

XIAO, Z. et al. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 140–148, 2015.

ZHOU, H. et al. Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Journal of Genetics and Genomics**, v. 51, n. 1, p. 16–34, 2024.