

## ACÚMULO DE MASSA SECA EM QUIABEIRO SOB ESTRESSE SALINO DOSES DE POTÁSSIO

Maurício Vinicius Rodrigues<sup>1</sup>, Francisco de Assis de Oliveira<sup>2</sup>, Francisco Canindé Gondim de França Junior<sup>3</sup>, Maria Júlia da Silva Oliveira<sup>4</sup>, Maria Eduarda Bezerra Alves Cordeiro<sup>4</sup>, Karen Geovana da Silva Carlos<sup>4</sup>

**RESUMO:** O quiabeiro possui grande importância econômica nas regiões subtropicais, destacando-se pelo alto teor de umidade em seus frutos e por ser fonte de nutrientes essenciais. É sensível à salinidade do solo ou da água de irrigação. A adequada nutrição potássica, por participar de funções vitais das plantas, pode aumentar sua tolerância ao estresse salino. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de K sobre o acúmulo de biomassa em quiabeiro submetido à salinidade. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em um manejo com água de baixa salinidade ( $0,55 \text{ dS m}^{-1}$  e  $6 \text{ g planta}^{-1}$  de K) e quatro com água salina ( $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) associada a doses de 6, 9, 12 e  $15 \text{ g planta}^{-1}$  de K. As doses foram definidas para incluir um valor de referência, níveis próximos ao provável ponto ótimo e uma dose elevada para verificar possível excesso. A fertirrigação foi semanal, conforme a marcha de absorção da cultura. Foram avaliadas massa seca de folha, caule, frutos e total. A salinidade reduziu todas as variáveis de massa seca, mas as doses de 12 e  $15 \text{ g planta}^{-1}$  mitigaram parcialmente esses efeitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Abelmoschus esculentus* L. Moench), salinidade, nutrição potássica

<sup>1</sup> Estudante do Curso de Agronomia, Dep de Ciências Agrárias, UFERSA, Mossoró, RN., CEP 59611-140. Fone (84) 98603-8922. E-mail: Mauricio.rodrigues@alunos.ufersa.edu.br

<sup>2</sup> Prof. Adjunto, Depto de Engenharia e Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró, RN.

<sup>3</sup> Mestrando no Programa de Pós-graduação em Manejo Solo e Água.

<sup>4</sup> Estudante do Curso de Agronomia, Dep de Ciências Agrárias, UFERSA, Mossoró, RN.

## DRY MASS ACCUMULATION IN OKRA UNDER SALINE STRESS POTASSIUM DOSES

**ABSTRACT:** Okra holds significant economic importance in subtropical regions, standing out for its high fruit moisture content and as a source of essential nutrients. It is sensitive to soil or irrigation water salinity. Adequate potassium nutrition, due to its role in vital plant functions, can enhance tolerance to salinity stress. This study aimed to evaluate the effect of K doses on biomass accumulation in okra under salinity conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design, with five treatments and four replications. Treatments consisted of one management with low-salinity water ( $0.55 \text{ dS m}^{-1}$  and  $6 \text{ g plant}^{-1}$  of K) and four with saline water ( $3.5 \text{ dS m}^{-1}$ ) combined with K doses of 6, 9, 12, and  $15 \text{ g plant}^{-1}$ . The doses were established to include a reference value, intermediate levels near the probable optimum, and a high dose to assess potential excess effects. Fertigation was applied weekly according to the crop's nutrient uptake pattern. The evaluated variables were leaf dry mass, stem dry mass, fruit dry mass, and total dry mass. Salinity reduced all dry mass variables; however, K doses of 12 and  $15 \text{ g plant}^{-1}$  partially mitigated these effects.

**KEYWORDS:** *Abelmoschus esculentus* L. Moench), salinity, potassium nutrition

## INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) é uma planta anual da família Malvaceae, cultivada em regiões tropicais e subtropicais devido ao seu valor econômico e nutricional. Seus frutos, que devem ser consumidos ainda imaturos, são ricos em flavonoides, açúcares, alcaloides, fibras alimentares, ferro, cálcio e manganês, conferindo-lhes elevado valor nutricional e potencial funcional para a alimentação humana (Guebebia et al., 2023). Além disso, suas sementes são comestíveis e constituem uma fonte importante de proteínas e óleo, podendo ser aproveitadas na indústria alimentícia e na produção de suplementos nutricionais. Com rápido ciclo produtivo, contribuindo para dietas equilibradas e auxiliando na prevenção de doenças associadas à deficiência de fibras, antioxidantes e micronutrientes essenciais (Lima et al., 2015). Quanto à salinidade, o quiabeiro é classificado como sensível, apresentando limiar de  $1,3 \text{ dS m}^{-1}$  no extrato de saturação acima deste valor, há uma queda progressiva no crescimento das plantas e na produtividade. (Gheyi et al., 2016).

O estresse salino, resultante do excesso de sais na zona do solo explorada pelas raízes, compromete diversos processos fisiológicos fundamentais para o crescimento vegetal. Entre os

principais efeitos estão a redução da densidade radicular, a diminuição da pressão de turgor nas células das raízes e a interferência na absorção eficiente de água e nutrientes essenciais. Esses fatores inter-relacionados provocam um desequilíbrio hídrico e nutricional que, em última instância, prejudica o desenvolvimento e a produtividade da planta (Habib et al., 2016). A toxicidade por íons específicos, principalmente sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), ocorre pela absorção de água salina pelas raízes, causando ruptura das membranas celulares e alterações metabólicas prejudiciais, como desequilíbrio osmótico e estresse oxidativo. Esses efeitos comprometem o crescimento vegetativo e reduzem significativamente a produção de fitomassa, prejudicando o desempenho da planta sob alta salinidade (Ali et al., 2021). Em situações de uso inevitável de água salina na irrigação, é necessário adotar estratégias que reduzam o estresse salino nas plantas. O potássio desempenha papel essencial na ativação de enzimas envolvidas em processos metabólicos vitais, incluindo a produção de piruvato, contribuindo para a manutenção da pressão osmótica do vacúolo e garantindo o turgor celular necessário ao crescimento e desenvolvimento sob condições salinas (EVELIN et al., 2019).

A aplicação de potássio no meio de crescimento tem demonstrado promover melhorias no desenvolvimento vegetativo e na produção de biomassa de plantas sob estresse salino, devido ao seu papel na regulação da condutância metabólica e estomática, essenciais para a manutenção eficiente da fotossíntese em ambientes salinos (LIU et al., 2019). Diante disso, o presente estudo objetivou investigar o efeito de diferentes doses de potássio sobre o acúmulo de massa seca em quiabeiro submetido à salinidade. O objetivo é compreender como a nutrição potássica pode mitigar os impactos adversos da salinidade, oferecendo subsídios para estratégias nutricionais que promovam maior produtividade e vigor vegetativo. A avaliação de diferentes níveis de K permite identificar a faixa ideal de fornecimento, bem como os limites em que sua aplicação pode deixar de ser benéfica ou gerar efeitos de excesso, otimizando o manejo em condições de estresse salino.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil. O delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco manejos de fertirrigação, sendo um manejo sem água salina ( $0,55 \text{ dS m}^{-1}$  e  $6 \text{ g planta}^{-1}$  de K) e os demais tratamentos utilizando água salina ( $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), variando doses de K ( $6, 9, 12$  e  $15 \text{ g planta}^{-1}$ ) a definição dessas doses foi baseada no estudo de (Costa et al. 2022), que avaliou o efeito de diferentes níveis de potássio sobre o quiabeiro irrigado com água salina. Os autores

observaram que as maiores produções de frutos foram alcançadas com doses de 9,56 e 10,23 g/planta de K. Dessa forma, a dose de 6 g foi adotada como referência, 9 e 12 g como valores próximos ao ponto ótimo de produtividade, e 15 g para avaliar possíveis efeitos negativos por excesso.

Cada repetição experimental consistiu em um vaso plástico com capacidade de 25 litros, utilizado como unidade experimental individual. Esse volume foi escolhido para permitir o adequado desenvolvimento do sistema radicular do quiabeiro, garantindo espaço suficiente para a absorção de água e nutrientes, além de permitir o manejo eficiente da fertirrigação e o controle da salinidade da solução nutritiva.

O uso de vasos padronizados também assegura a uniformidade das condições de cultivo entre as repetições, cada vaso foi preenchido com solo classificado como Argissolo, apresentando as seguintes características químicas: pH = 7.30; CE(1:2.5) = 0.41 dS m<sup>-1</sup>; MO = 3.31; (P = 1.9; K<sup>+</sup> = 26.9; Na<sup>+</sup> = 4.7; Ca<sup>2+</sup> = 1.1) mg dm<sup>-3</sup>; (Mg<sup>2+</sup> = 0.7; (H+Al) = 1.49; SB = 1.89; t = 1.89; CTC = 3.37) cmolc dm<sup>-3</sup>; V(%) = 56; PST(%) = 1.21. A implantação da cultura foi realizada através da semeadura direta, colocando 4 sementes de quiabeiro, cv. Santa Cruz, em cada vaso, realizando-se o desbaste 10 dias após a germinação, deixando-se uma planta por vaso. Após o desbaste iniciou-se a aplicação dos tratamentos. As fertirrigações foram realizadas semanalmente, de acordo com cada tratamento. Utilizou-se a marcha de absorção de macronutrientes da cultura do quiabo, obtido por Galati et al. (2013), com as seguintes quantidades de nutrientes: N = 2,9 g planta<sup>-1</sup>; P = 0,47 g planta<sup>-1</sup>; K = 6 g planta<sup>-1</sup>; Ca = 4,7 g planta<sup>-1</sup>; Mg = 1,2 g planta<sup>-1</sup>; S = 0,44 g planta<sup>-1</sup>. O desbaste das plantas foi realizado ao 11º dia. As plantas foram coletadas 110 dias após o desbaste, momento em que foram separadas em folhas, caule e frutos. Em seguida as amostras foram postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar (65 °C) até apresentarem massa constante.

Em seguida foram pesadas em balança analítica (0,01 g) para determinação de massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de frutos (MSFR) e massa seca total (MST). A MST foi obtida pelo somatório MSF+MSC+MSFR. Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F). As médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey (p ≤ 0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Sisvar (Ferreira, 2014).

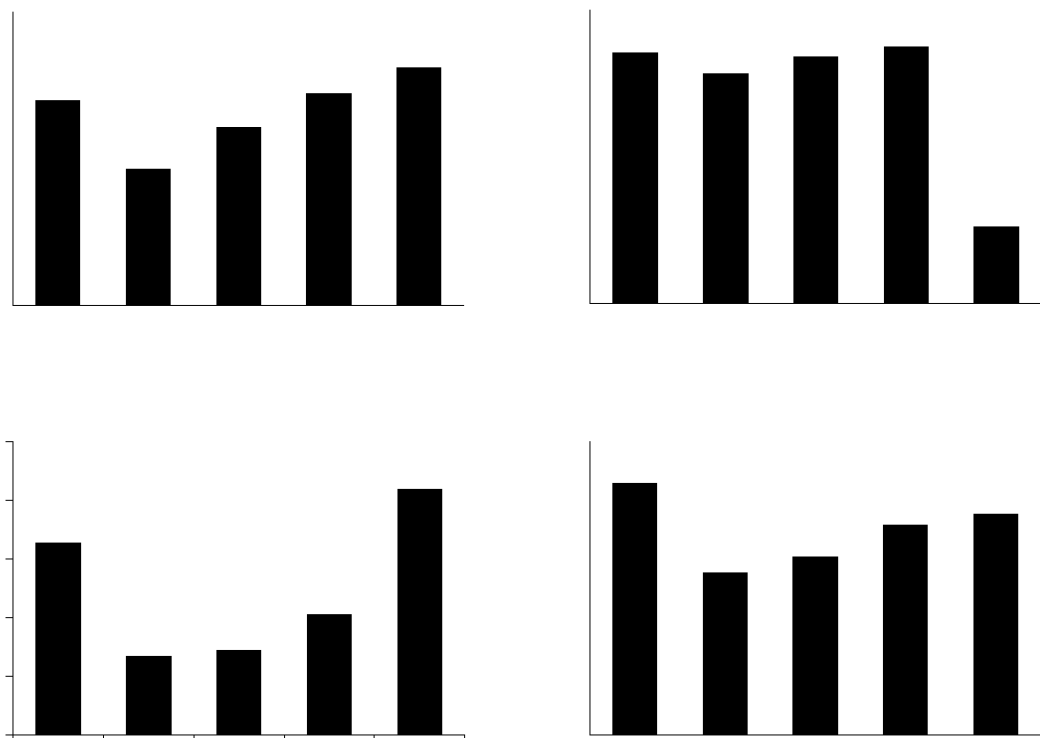
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As plantas fertirrigadas de acordo com o manejo utilizando água de baixa salinidade (M1) proporcionou valores médios de 42,09; 137,27; 164,06 e 343,42 g planta<sup>-1</sup>, para massa seca de folhas (Figura 1A), massa seca de caule (Figura 1B), massa seca de frutos (Figura 1C)

e massa seca total (Figura 1D), respectivamente. Analisado o efeito da salinidade (M2), verifica-se que o estresse salino resultou em perdas de 33,57; 58,88 e 35,55%, para MSF, MSFR e MST, respectivamente. Com relação às doses de K, verificou-se respostas variadas de acordo com a variável analisada.

Para a MSF, o aumento nas doses de K sob condição salina proporcionou aumento nessa variável, de forma que as maiores doses de K (F4 e F5) anularam o efeito do estresse salino (Figura 1A). A massa seca de caule não foi afetada pelo estresse salino (F2), no entanto, quando foi aplicada a maior dose de K (F5) em condição salina obteve-se redução de 69,34% na MSC, essa redução ocorre, pois, sob condições de estresse salino, especialmente quando associada a altas doses de potássio, pode ser atribuída à alocação diferencial de assimilados para órgãos vitais, priorizando as folhas e os frutos em detrimento do caule (Shani et al., 2024) (Figura 1B).

Para a massa seca de frutos, verifica-se que, sob estresse salino, as menores doses de K (F2 e F3) resultaram em menores valores, no entanto, na maior dose de K (F5) obteve maior valor de MSFR (Figura 1C). Quanto à massa seca total, foi observado que as doses maiores de K (F4 e F5) atuaram reduzindo o efeito do estresse salino sobre a MST (Figura 1D).



**Figura 1.** Teores de sólidos solúveis (A), pH (B), acidez titulável (C), vitamina C (D) e razão SS/AT em suco foliar de couve folha submetida ao estresse salino e concentrações de K em cultivo hidropônico

\* difere significativamente do tratamento controle; ns – não difere significativamente do tratamento controle (Teste Dunnett,  $p \leq 0,05$ ).

O efeito da salinidade sobre o quiabeiro reduz de forma significativa a massa seca de folhas, caules e raízes, bem como a altura e o diâmetro das plantas. Esses efeitos adversos estão associados ao estresse osmótico e iônico, que comprometem a absorção de água e nutrientes pelas raízes, prejudicam a fotossíntese e afetam processos celulares fundamentais, como a divisão celular (Nascimento et al., 2017).

Estudos realizados em condições hidropônicas demonstram que o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva limita significativamente o desenvolvimento vegetativo do quiabeiro, mesmo quando a eficiência no uso da água é mantida ou otimizada até determinados níveis de salinidade, resultando em menor acumulação de biomassa. Esses efeitos evidenciam que, mesmo em sistemas controlados como a hidroponia, a tolerância do quiabeiro à salinidade é limitada e que estratégias nutricionais e de manejo da solução nutritiva são fundamentais para mitigar os impactos do estresse salino (Modesto et al., 2019). A salinidade é um dos principais fatores de estresse abiótico que afeta o metabolismo celular das plantas, comprometendo seu crescimento e produtividade, esse estresse resulta de múltiplos mecanismos fisiológicos interconectados. Primeiramente, a presença excessiva de íons tóxicos, como sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), altera o equilíbrio iônico celular, prejudicando a homeostase e a função enzimática. Além disso, a salinidade induz estresse hídrico, reduzindo a absorção de água pelas raízes devido à diminuição do potencial hídrico do solo. Esse efeito é exacerbado quando as plantas são expostas a condições de alta luminosidade, que aumentam a taxa de transpiração e intensificam o déficit hídrico. Em resposta, as plantas podem reduzir a abertura estomática para minimizar a perda de água, mas isso também limita a entrada de  $\text{CO}_2$ , essencial para a fotossíntese (Orzechowska et al., 2021).

A ação benéfica da nutrição potássica sobre o acúmulo de biomassa seca do quiabeiro ocorre devido à função indispensável do potássio em diversos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. O  $\text{K}^+$  é essencial para a regulação da bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , contribuindo para a manutenção do equilíbrio iônico celular e a integridade das membranas, o que é fundamental para preservar a homeostase celular (Shani et al., 2024). Dessa forma, o fornecimento adequado de potássio auxilia na mitigação dos efeitos adversos da salinidade, promovendo maior absorção de água, melhor fotossíntese e crescimento celular mais eficiente, resultando em maior acúmulo de biomassa seca e vigor vegetativo. Esses mecanismos destacam o papel crucial do potássio como nutriente estratégico em situações de estresse salino, garantindo o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

## CONCLUSÕES

O estresse salino provocou redução significativa na massa seca de folhas, na massa seca de frutos e, conseqüentemente, na massa seca total do quiabeiro, evidenciando os efeitos negativos do excesso de sais sobre o crescimento e o acúmulo de biomassa da cultura. Entretanto, a aplicação de doses de 12 e 15 g planta<sup>-1</sup> de K mostrou-se eficiente para atenuar esses impactos, favorecendo o acúmulo de massa seca mesmo em condições de salinidade. Isso indica que a suplementação potássica, dentro dessas faixas de dose, desempenha papel importante na manutenção do metabolismo e no equilíbrio osmótico das plantas, contribuindo para a tolerância ao estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEBISI, S. A. et al. Nutritional composition and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*). **Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 8, n. 6, p. 227-234, 2020.
- ALI, M.; NIAZ, Y.; ABBASI, G. H.; AHMAD, S.; MALIK, Z.; KAMRAN, M.; IQBAL, R.; ZAHEER, M. S.; BODLAH, M. A.; NAWAS, M.; ALI, H.; AAMER, M.; AYAS, M. Exogenous zinc induced NaCl tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus*) by ameliorating osmotic stress and oxidative metabolism. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 52, p. 743-755, 2021.
- COSTA, Jessilanne Plinia B. M.; OLIVEIRA, Francisco A.; SANTOS, Sandy T. dos; OLIVEIRA, Mychelle K. T.; MARQUES, Isabelly C. S.; CORDEIRO, Carla Jamile X.; GÓIS, Helena M. Morais Neta. Okra salt stress reduction under potassium fertigation. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 360–366, 2022.
- EVELIN, H.; DEVI, T. S.; GUPTA, S.; KAPOOR, R. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: current understanding and new challenges. **Frontiers in Plant Science**, v.10, 470, 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2014.

GALATI, V. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; GALATI, V. C.; ALVES, A. U. Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.191-200, 2013.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. 504 p.

GUEBEBIA, S.; GHARSALLAOUI, A.; DUMAS, E.; BAGHI, F.; ZOURGUI, L.; ROMDHANE, M.; AGUSTI, G.; GHNIMI, S. Microencapsulation of phenolic compounds extracted from okra (*Abelmoschus esculentus* L.) leaves, fruits and seeds. **Applied Sciences**, v.13, n.22, 12273, 2023.

HABIB, S. H.; KAUSAR, H.; SAUD, H. M. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in okra through ROS-scavenging enzymes. **BioMed research international**, v.1, 6284547, 2016.

LIU, B.; SOUNDARARAJAN, P.; MANIVANNAN, A. Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. **Plants**, v.8, n.9, 307, 2019.

LIMA, F.; SOUSA, A. P. B.; LIMA, A. PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DO MAXIXE E DO QUIABO/ NUTRITIONAL PROPERTIES OF GHERKIN AND OKRA. **Revista Saúde em Foco**, v. 2, n. 1, p. 113–129, 2015.

MODESTO, F. J. N.; SANTOS, M. A. C. M.; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, v.24, p.86-97, 2019.

NASCIMENTO, P. S.; PAZ, V. P. S.; FRAGA JÚNIOR, L. S.; COSTA, I. P. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, v.13, p.10-15, 2017.

ORZECZOWSKA, A.; TRTÍLEK, M.; TOKARZ, K. M.; SZYMANSKA, R.; NIEWIADOMSKA, E.; ROZPADEK, P.; WATOR, K. Thermal analysis of stomatal response under salinity and high light. **International Journal Molecular Sciences**, v.22, 4663, 2021.

SHANI, M. Y.; ASHRAF, M. Y.; BUTT, A. K.; ABBAS, S.; NASIF, M.; KHAN, Z.; MAURO, R. P.; CANNATA, C.; GUL, N.; GHAFAR, M.; AMIN, F. Potassium nutrition induced salinity mitigation in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] by altering biomass and physio-biochemical processes. **Horticulturae**, v.10, 549, 2024.