



CRESCIMENTO E COMPARTIMENTAÇÃO DE ÍONS EM SORGO SACARINO SOB SALINIDADE E ESTRESE HÍDRICO

Gabriela Carvalho Maia de Queiroz¹, José Francismar de Medeiros², Francimar Maik da Silva Morais³, Carla Jamile Xavier Cordeiro¹, Rodrigo Rafael da Silva³, Anderson Patrício Fernandes dos Santos³

RESUMO: O sorgo é uma gramínea C4, adaptado às regiões semiáridas e apresenta tolerância moderada à salinidade e escassez hídrica, em que o caldo das cultivares sacarinas pode ser usado na produção de bioetanol. Desse modo, o objetivo dessa pesquisa foi identificar as respostas do sorgo BRS 506 frente níveis de estresses salino e hídrico. O experimento foi delineado em blocos casualizados com 4 repetições, em esquema fatorial 3x3 considerando níveis de salinidade e lâmina de irrigação. A salinidade foi expressa pela condutividade elétrica da água de irrigação (S1 = 1,50; S2 = 3,75 e S3 = 6,00 dS m⁻¹), ao passo que as lâminas, pela ETc da cultura (L1 = 55; L2 = 83; L3 = 110% da ETc). Estudaram-se variáveis associadas ao crescimento, extravasamento de eletrólitos, conteúdo relativo de água, acúmulo de solutos e teor dos íons Na⁺, K⁺ e Cl⁻ aos 39, 60 e 81 dias após o plantio. A análise estatística adotada foi componentes principais. A menor salinidade proporcionou maior umidade das folhas aos 60 DAP, e, associada à maior lâmina, foi o tratamento que resultou nos melhores parâmetros de crescimento. Sob CE de 6,00 dS m⁻¹, houve o acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ nas raízes, de modo a evitar a translocação desses íons para as folhas. Como conclusão, o principal mecanismo adotado pelo sorgo sob estresses abióticos foi a compartimentação dos íons nas raízes.

PALAVRAS-CHAVE: respostas fisiológicas, distribuição de íons, semiárido.

GROWTH AND ION COMPARTMENTATION IN SWEET SORGHUM UNDER SALINITY AND WATER DEFICIT

¹ Doutoranda em Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, UFERSA, Mossoró, RN. e-mail: gabriela.queiroz@alunos.ufersa.edu.br

² Pesquisador CNPq, Prof. Doutor, Centro de Ciências Agrárias, UFERSA, Mossoró, RN

³ Doutorando em Manejo de Solo e Água, Centro de Ciências Agrárias, UFERSA, Mossoró, RN

ABSTRACT: Sorghum is a C4 grass, adapted to semi-arid regions and has moderate tolerance to salinity and water scarcity, in which the juice of saccharine cultivars can be used in the production of bioethanol. Thus, the objective of this research was to identify the responses of sorghum BRS 506 to saline and water stress levels. The experiment was designed in randomized blocks with 4 replications, in a 3x3 factorial scheme considering salinity levels and irrigation depth. Salinity was expressed by the electrical conductivity of the irrigation water ($S1 = 1.50$; $S2 = 3.75$ and $S3 = 6.00 \text{ dS m}^{-1}$), while the depths were expressed by the ET_c of the crop ($L1 = 55$; $L2 = 83$; $L3 = 110\%$ of ET_c). Variables associated with growth, electrolyte leakage, relative water content, solute accumulation, and Na^+ , K^+ , and Cl^- ion content at 39, 60, and 81 days after planting were studied. The adopted statistical analysis was principal components. Lower salinity provided higher leaf moisture at 60 DAP and, associated with higher water depth, was the treatment that resulted in the best growth parameters. Under an EC of 6.00 dS m^{-1} , Na^+ and Cl^- accumulated in the roots to avoid translocating these ions to the leaves. In conclusion, the main mechanism adopted by sorghum under abiotic stresses was the compartmentalization of ions in the roots.

KEYWORDS: physiological responses, ion distribution, semiarid.

INTRODUÇÃO

O sorgo é uma gramínea de metabolismo C4, resistente a estresses abióticos como a escassez hídrica e salinidade (DAR et al., 2018) e, portanto, com potencial para desenvolver-se em regiões semiáridas. As cultivares sacarinas, como é o caso do sorgo BRS 506 estudado, armazenam no colmo um caldo rico em açúcares fermentáveis, os quais: sacarose, frutose e glicose (PINNAMANENI et al., 2022). O principal uso deste caldo na indústria é a produção de bioetanol, visto ser uma fonte renovável de energia, em contraste aos combustíveis fósseis.

Sob irrigação deficitária, plantas tolerantes buscam estratégias a nível morfológico, fisiológico e/ou bioquímico para contornar as condições adversas impostas pelos estresses e garantir a sobrevivência da cultura até o fim do ciclo. No estresse salino, alguns dos mecanismos adotados são a osmorregulação, mediada pelo acúmulo de aminoácidos (principalmente prolina) e açúcares (WEIMBERG et al., 1984) e a compartimentação de íons (YANG et al., 2020) com vista a homeostase iônica. Já sob escassez hídrica, uma resposta comum é a priorização do desenvolvimento das raízes, passando para a parte aérea quando o estresse passa a ser moderado (MA et al., 2020).

Assim como no estresse salino, o déficit hídrico pode causar toxicidade iônica e desequilíbrio osmótico das células (GUPTA et al., 2022), de modo que as respostas do efeito interativo desses estresses podem ser diferentes de quando os mesmos são aplicados isoladamente. Nesse sentido, o presente trabalho visa identificar quais variáveis, tanto as ligadas ao crescimento como as de respostas fisiológicas são destacadas diante dos níveis de estresse salino e escassez hídrica estudados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo ocorreu em um Cambissolo localizado no sítio Cumaru, em Upanema – RN, uma região de clima BSh (DUBREUIL et al., 2018), onde estudou-se o sorgo sacarino BRS 506. O experimento foi delineado em blocos casualizados completos em 4 repetições, em esquema duplo fatorial 3 x 3, considerando níveis de salinidade e lâminas de irrigação. A salinidade foi expressa em termos de condutividade elétrica da água de irrigação, ao passo que as lâminas, conforme a evapotranspiração (ET_c) da cultura.

A salinidade foi obtida da mistura dos sais CaCl₂.2H₂O, MgSO₄.7H₂O e NaCl, na proporção de Na:Ca:Mg de 7:2:1, a fim de representar a composição das águas do semiárido brasileiro (MEDEIROS, 1992). Os níveis foram de 1,50; 3,75 e 6,00 dS m⁻¹, definidos pela tolerância da cultura, em que a CE de 6,00 dS m⁻¹ proporciona uma redução de 50 a 75% na produtividade (AYERS & WESTCOTT, 1985). As lâminas de irrigação estudadas foram a 55, 83 e 110% da ET_c, em que a ET_o foi monitorada em campo diariamente por estação meteorológica instalada em campo e o Kc obtido por planilha eletrônica em laboratório, ajustado pelo método do Kc dual (ALLEN et al., 2004).

Foram conduzidas análises de crescimento, aos 39, 60 e 81 dias após o plantio (DAP), onde avaliou-se a área foliar (AF), diâmetro do colmo (DC), altura do colmo (HC) e altura total (HTot). Aos 39 e 60 DAP foram coletadas 5 folhas diagnose por parcela para as análises de extravasamento de eletrólitos (EE) (MARTINS et al., 2018) e conteúdo relativo de água (CRA) (WEATHERLEY, 1950), enquanto aos 81 DAP, 3 folhas diagnose por parcela utilizadas nas análises de prolina (Pro), aminoácidos totais (Amino) e açúcares solúveis totais (Acuc), conforme as metodologias de Bates et al. (1973), Yemm et al. (1955) e Yemm & Willis (1954), respectivamente.

Aos 39, 60 e 81 DAP coletaram-se 2 plantas por parcela para quantificação da massa seca (MS) e teor dos íons Na⁺, K⁺ e Cl⁻ no tecido vegetal. Para a MS, as plantas foram divididas em

desenvolvimento do sorgo BRS 506, mas sim, que condições de menor salinidade e maior lâmina são mais favoráveis.

Sob salinidade intermediária ($CE = 3,75 \text{ dS m}^{-1}$) a menor lâmina proporcionou um teor de $19,00 \text{ mg g}^{-1}$ de Cl^- no colmo ao fim do ciclo, reduzindo para $17,75$ e $15,25 \text{ mg g}^{-1}$ conforme o aumento da lâmina para 83 e 110% da ET_c (dados não apresentados). O mesmo padrão pôde ser observado nos tratamentos com salinidade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ para o colmo e $3,75 \text{ dS m}^{-1}$ nas folhas, em que o aumento da lâmina reduziu o teor de Cl^- aos 81 DAP. O Cl^- pode estar relacionado à manutenção do turgor celular (WEIMBERG et al., 1984), de modo que a maior concentração deste ânion nos tratamentos de maior salinidade e menor lâmina pode ser uma estratégia para manter a água nos tecidos celulares do sorgo, evitando o estresse.

Os tratamentos com a salinidade de $6,00 \text{ dS m}^{-1}$ destacaram o teor dos íons nos órgãos do sorgo nas três fases do ciclo estudadas. Especialmente o tratamento de maior estresse (S3L1) destacou o teor de Na^+ e Cl^- na raiz em todos os períodos estudados, indicando que a maior concentração de sais na água de irrigação resulta no acúmulo desses íons na raiz. É válido destacar que o Na^+ pode causar danos ao aparelho fotossintético (YANG et al., 2020), de modo que há uma redução da assimilação de CO_2 e excesso de luz absorvida, levando à produção de espécies reativas de oxigênio (MA et al., 2020). Portanto, o acúmulo desse cátion nas raízes é um meio de impedir a translocação deste para as folhas, garantindo o desenvolvimento pleno da cultura.

CONCLUSÕES

O sorgo BRS 506 mostrou maior sensibilidade ao estresse hídrico que ao salino, visto que as variáveis ligadas ao crescimento responderam melhor aos tratamentos de maior lâmina. Além disso, sob maior salinidade, o sorgo acumula o Na^+ nas raízes como meio de impedir a translocação desse íon para as folhas, desse modo, preservando o desenvolvimento da planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)**. [s.l.: s.n.]

AYERS, R. S.; WESTCOTT, D. W. Salinity Problems. Em: **Water quality for agriculture**. 1. ed. [s.l.] FAO, 1985. p. 13–58.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205–207, ago. 1973.

DAR, R. A.; DAR, E. A.; KAUR, A.; PHUTELA, U. G. Sweet sorghum-a promising alternative feedstock for biofuel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 4070–4090, 1 fev. 2018.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. Os tipos de climas anuais no Brasil: Uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, n. 37, 24 set. 2018.

GUPTA, A.; BANO, A.; RAI, S.; MISHRA, R.; SINGH, M.; SHARMA, S.; PATHAK, N. Mechanistic insights of plant-microbe interaction towards drought and salinity stress in plants for enhancing the agriculture productivity. **Plant Stress**, v. 4, p. 100073, 1 abr. 2022.

MA, Y.; DIAS, M. C.; FREITAS, H. Drought and Salinity Stress Responses and Microbe-Induced Tolerance in Plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1750, 13 nov. 2020.

MARTINS, A. C.; LARRÉ, C. F.; BORTOLINI, F.; BORELLA, J.; EICHHOLZ, R.; DELIAS, D.; AMARANTE, L. DO. Tolerância ao déficit hídrico: adaptação diferencial entre espécies forrageiras. **Iheringia, Série Botânica.**, v. 73, n. 3, p. 228–239, 1 dez. 2018.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados do RN, PB e CE**. 1992. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T.; PEZZOPANE, J. E. M. Teor relativo de água e danos celulares em folhas de *Coffea arabica* L. submetidas ao déficit hídrico. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. **Anais...**, 2017. Embrapa Café.

PINNAMANENI, S. R.; SOMANNA, A. K. G.; RAMU, P.; VANAMALA, J. K. P.; SRIVASTAVA, R. K. Assessment of Phenotypic and Genotypic Diversity in Elite Temperate and Tropical Sweet Sorghum Cultivars. **Sugar Tech**, v. 24, n. 6, p. 1670–1679, 1 dez. 2022.

SILVA, E. DE B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. **BT 31 - Análise de cloreto em tecido vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 3 dez. 2021.

SILVA, F. C. DA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 1–627 p.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. **New Phytologist**, v. 49, n. 1, p. 81–97, 1 mar. 1950.

WEIMBERG, R.; LERNER, H. R.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Changes in growth and water-soluble solute concentrations in *Sorghum bicolor* stressed with sodium and potassium salts. **Physiologia Plantarum**, v. 62, n. 3, p. 472–480, 1 nov. 1984.

YANG, Z.; LI, J. L.; LIU, L. N.; XIE, Q.; SUI, N. Photosynthetic Regulation Under Salt Stress and Salt-Tolerance Mechanism of Sweet Sorghum. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1722, 15 jan. 2020.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209–214, 1 jan. 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508, 1954.