

## RELAÇÕES HÍDRICAS DE QUIABEIRO SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO FOLIAR DE ELICITORES

Flaviano Moura Pereira<sup>1</sup>, Saulo Soares da Silva<sup>2</sup>, Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>4</sup>, Flávia de Sousa Almeida<sup>5</sup>, Vitor Manoel Bezerra da Silva<sup>6</sup>

**RESUMO:** O estresse salino é um dos principais fatores que limitam o crescimento e a produtividade das plantas em todo o mundo. Assim, é essencial o desenvolvimento de estratégias que visem garantir a produção de das culturas mesmo em condições salinas. Desse modo, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da aplicação foliar de elicitores abióticos nas relações hídricas de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 cultivado sob irrigação com águas salinas. O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem, sob condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, em arranjo fatorial  $2 \times 2$ , sendo dois níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,3 e 3,3 dS m<sup>-1</sup>) e dois elicitores abióticos ácido ascórbico (60 mM) e peróxido de hidrogênio (50 μM), com cinco repetições. A irrigação com água com condutividade elétrica de 3,3 dS m<sup>-1</sup> aumenta o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar e o déficit de saturação hídrica, e diminuiu o conteúdo teor relativo de água e a eficiência no uso de água do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’, aos 30 dias após a semente. A aplicação foliar de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio não ameniza os efeitos do estresse salino nas plantas de quiabeiro, aos 30 dias após a semeadura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Abelmoschus esculentus* L., estresse salino, atenuantes

<sup>1</sup> Mestrando, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Campus Pombal-PB, CEP 58860-000, Paulista, PB. Fone (83) 99906-3123. e-mail: flaviano-paulista@hotmail.com;

<sup>2</sup> Pós-doutorando, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Pombal, PB;

<sup>3</sup> Profª. Doutora, Unidade Acadêmica de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB;

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB;

<sup>5</sup> Mestranda, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Pombal-PB;

<sup>6</sup> Mestrando, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB.

## WATER RELATIONS OF OKRA UNDER IRRIGATION WATER SALINITY AND FOLIAR APPLICATION OF ELICITORS

**ABSTRACT:** Saline stress is one of the main factors limiting plant growth and productivity worldwide. Therefore, it is essential to develop strategies that aim to guarantee crop production even in saline conditions. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of foliar application of abiotic elicitors on water relations of okra cv. Santa Cruz 47 cultivated under irrigation with saline water. The experiment was conducted in vessels adapted as drainage lysimeters, under field conditions at the Center for Agrofood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, Pombal-PB Campus. The experimental design adopted was randomized blocks, in a  $2 \times 2$  factorial arrangement, with two levels of water electrical conductivity – ECa (0.3 and 3.3 dS m<sup>-1</sup>) and two abiotic elicitors ascorbic acid (60 mM) and hydrogen peroxide (50 μM), with five replicates. Irrigation with water with electrical conductivity of 3.3 dS m<sup>-1</sup> increased the extravasation of electrolytes from the leaf blade and the water saturation deficit, and decreased the relative water content and water use efficiency of ‘Santa Cruz 47’ okra, 30 days after sowing. Foliar application of ascorbic acid and hydrogen peroxide does not alleviate the effects of saline stress on okra plants 30 days after sowing.

**KEYWORDS:** *Abelmoschus esculentus* L., salt stress, mitigating factors

### INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma planta da família Malvaceae de ciclo anual com um período de vegetativo que se diferencia entre as cultivares, sendo seus frutos particularmente apreciados por seu sabor característico (DANIEL et al., 2023). É uma cultura que se destaca como uma das principais opções para a agricultura familiar na região semiárida do Brasil (MOURA JUNIOR et al., 2024).

Contudo, as características edafoclimáticas desta região restringem a disponibilidade de água de baixa condutividade elétrica, impulsionando o uso de águas com elevadas concentrações de sais na irrigação (PINHEIRO et al., 2021). A irrigação com águas salinas impõe as plantas a dois estresses diretos principais, o osmótico/por déficit hídrico e o iônico, impactando negativamente diversos processos fisiológicos essenciais, como crescimento, trocas gasosas, absorção de água e íons, biossíntese, e balanço energético (LU; FRICKE, 2023).

Nesse contexto, a implementação de estratégias de irrigação com águas salinas torna-se fundamental para reduzir os efeitos da salinidade e otimizar a produção agrícola (SOARES et al., 2021). Dentre as estratégias destaca-se a utilização de elicitores abióticos que pode desencadear reações de defesa nas plantas as condições de estresse e aumentar a biossíntese de metabólitos secundários (BOZABA; KURU, 2024). Dentre estes elicitores, destacam-se o ácido ascórbico e o peróxido de hidrogênio. O ácido ascórbico (AsA) consiste em um composto não enzimático importante para diversas funções biológicas, atuando na eliminação e na manutenção do equilíbrio da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (CELI et al., 2023). O peróxido de hidrogênio atua como sinalizador e contribui na homeostase osmótica, induzindo o acúmulo de osmoprotetores, o que mantém a integridade hídrica celular sob condições de salinidade (GOHARRIZI et al., 2024).

Desse modo, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação foliar de elicitores abióticos nas relações hídricas de quiabeiro cultivado sob estratégias de irrigação com águas salinas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condição de campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB, cujas coordenadas geográficas situam-se em 6°48'16" S, 37°49'15" O e altitude média de 144 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 2$ , sendo os tratamentos constituídos da combinação de dois níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,3 e 3,3  $\text{dS m}^{-1}$ ) e dois elicitores abióticos: ácido ascórbico (60 mM) e peróxido de hidrogênio (50  $\mu\text{M}$ ), com cinco repetições. Foi avaliada a cultivar de quiabeiro 'Santa Cruz 47'.

A adubação com N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  foi realizada de acordo com Novais et al. (1991). O volume de água foi determinado através do balanço hídrico pela diferença entre o volume aplicado no evento anterior e o volume drenado, e uma fração de lixiviação estimada em 20% a cada 15 dias. Os diferentes níveis de salinidade da água foram alcançados pela adição de NaCl, de acordo com os tratamentos pré-determinados. A fonte hídrica utilizada foi a rede de abastecimento de Pombal - PB (CEa = 0,3  $\text{dS m}^{-1}$ ). No preparo da água foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais ( $\text{mg L}^{-1} = 640 \times \text{CEa}$ ), de acordo com Richards (1954).

As aplicações de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio foram iniciadas 48 horas antes da irrigação das águas salinas, utilizando um pulverizador manual de modo a se obter o molhamento completo nas faces abaxial e adaxial das folhas, realizadas sempre ao fim da tarde (17:00h). Posteriormente as aplicações foram realizadas a cada 15 dias.

Aos 30 dias após o semeio foram realizadas as avaliações das relações hídricas das folhas das plantas de quiabeiro por meio do extravasamento de eletrólitos do limbo foliar – %EE, déficit de saturação hídrica – DSH, conteúdo relativo de água – CRA e a eficiência no uso de água – EUA.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e posteriormente a análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Nos casos de significância, foi realizado o teste F ( $p \leq 0,05$ ) para ambas as fontes de variação, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2019). As variáveis extravasamento de eletrólitos do limbo foliar, déficit de saturação hídrica e eficiência no uso da água foram transformadas ( $\times 0.5$ ) para se ajustarem na análise estatística.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

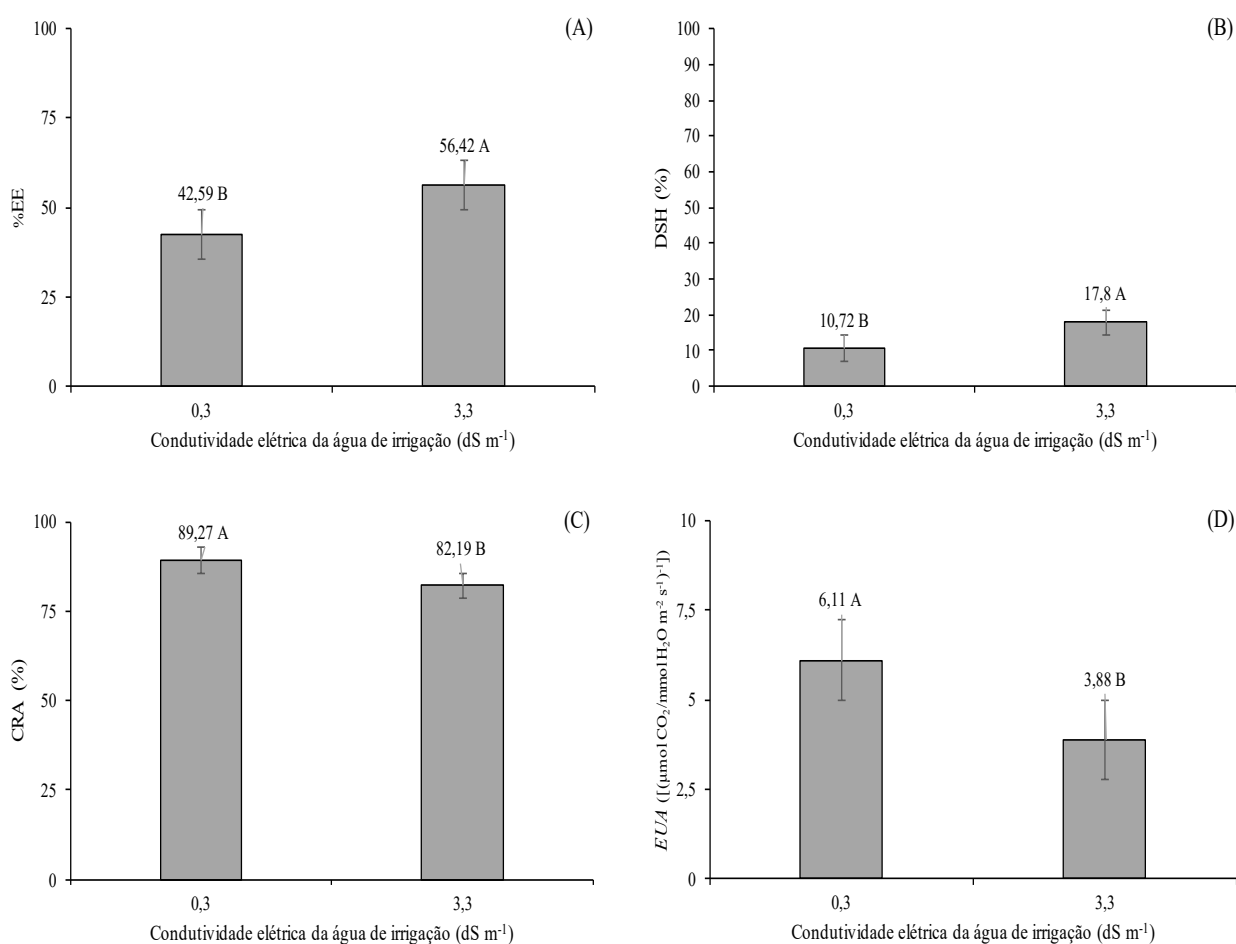
Houve diferença entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (NCA) para todas as variáveis de relações hídricas analisadas (Tabela 1). Com relação aos elicitores (E), assim como a interação entre os fatores (EM x E), não se constatou efeito significativo sobre todas as variáveis de relações hídricas analisadas das plantas de quiabeiro cultivar ‘Santa Cruz 47’, aos 30 dias após o transplantio.

**Tabela 1** – Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos do limbo foliar (%EE), déficit de saturação hídrica (DSH), conteúdo relativo de água (CRA), e eficiência no uso da água (EUA) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 30 dias após o semeio.

FV	GL	Quadrados médios			
		%EE <sup>1</sup>	CRA	DSH <sup>1</sup>	EUA <sup>1</sup>
Níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (NCA)	1	956,75*	250,70**	250,70**	24,99*
Elicitores (E)	1	0,68 <sup>ns</sup>	31,42 <sup>ns</sup>	31,42 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>
Interação (EM x E)	1	326,67 <sup>ns</sup>	105,29 <sup>ns</sup>	105,29 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>
Blocos	4	110,98 <sup>ns</sup>	112,66*	112,66*	8,83 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	128,85	26,84	26,84	2,95
CV (%)		11,41	6,04	19,66	21,28

FV – Fonte de variação; GL - grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; \*\*significativo em nível de 0,01 de probabilidade; \* significativo em nível de 0,05% de probabilidade; ns não significativo; 1 dados transformados em ( $\times 0.5$ )

As relações hídricas das plantas de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 foram influenciadas pela salinidade da água de irrigação, aos 30 dias após o semeio. Para o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar – %EE e o déficit de saturação hídrica – DSH (Figura 1A e 1B), respectivamente, verifica-se que o incremento nos níveis de condutividade elétrica da água de 0,3 para 3,3  $\text{dS m}^{-1}$  proporcionou os maiores valores (56,42 e 17,80%) para %EE e DSH, respectivamente. Enquanto para o conteúdo relativo de água – CRA e eficiência no uso de água – EUA (Figura 1C e 1D) a irrigação com água de 3,3  $\text{dS m}^{-1}$  reduziu de forma significativa, obtendo-se os menores valores de 82,19% e 3,88  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$  e para CRA e EUA, respectivamente.



As barras verticais representam o erro padrão ( $n = 5$ ). Média seguida por letras diferentes difere de forma significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

**Figura 1.** Extravasamento de eletrólitos do limbo foliar – %EE (A), déficit de saturação hídrica – DSH (B), conteúdo relativo de água – CRA (C) e eficiência no uso de água – EUA (D) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 30 dias após o semeio.

De uma forma geral as plantas quando se encontram sob altas concentrações de sais, ocorrem alterações fisiológicas e bioquímicas que comprometem o balanço hídrico celular. A presença excessiva de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no solo reduz o potencial hídrico do substrato, dificultando a

absorção de água pelas raízes (ISAYENKOV & MAATHUIS, 2019; VAN ZELM et al., 2020). Além disso, ocorre também um desbalanço iônico, levando à acumulação excessiva de sais no citosol, o que prejudica a homeostase celular (ARZANI & ASHRAF, 2021), onde esse acúmulo promove a peroxidação lipídica nas membranas devido ao aumento de espécies reativas de oxigênio (ZHANG et al., 2022), como resultado a integridade da membrana é comprometida, resultando em maior permeabilidade e vazamento de íons (FAROOQ et al., 2023).

Já o aumento no DSH (Figura 1B), pode estar associado a restrição na absorção de água devido a diminuição do potencial osmótico da solução do solo que altera o equilíbrio hídrico celular. O estresse salino também promove redução significativa no conteúdo relativo de água, devido a uma combinação de fatores osmóticos e fisiológicos. Os íons acumulados nos tecidos vegetais, causam desbalanço osmótico, levando à saída de água das células para o meio extracelular (ZHAO et al., 2020), induzindo o fechamento estomático como mecanismo de defesa, reduzindo a transpiração, mas também limitando a fotossíntese e a produção de energia necessária para o transporte ativo de água (JULKOWSKA & TESTERINK, 2015).

Já para a redução ocorrida no EUA (Figura 1D), a presença excessiva de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no solo reduz a disponibilidade hídrica, forçando as plantas a fecharem seus estômatos como mecanismo de proteção contra a perda de água (ZHANG et al., 2022; ALMEIDA et al., 2023). Como consequência, observa-se menor produção de biomassa por unidade de água transpirada, caracterizando a diminuição na EUA (FAROOQ et al., 2022), justificando assim o decréscimo ocorrido na EUA das plantas de quiabeiro com o a incremento na condutividade elétrica ( $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) da água de irrigação neste estudo.

## CONCLUSÕES

A irrigação com água com condutividade elétrica de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  aumenta o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar e o déficit de saturação hídrica, e diminui o conteúdo teor relativo de água e a eficiência no uso de água do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’, aos 30 dias após a sementeio.

A aplicação foliar de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio não ameniza os efeitos do estresse salino nas plantas de quiabeiro, aos 30 dias após a semeadura.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. M. et al. Stomatal regulation under salt stress: balancing water conservation and photosynthesis. **Plant Physiology**, v.191, p.789-805, 2023.

ARZANI, A.; ASHRAF, M. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.40, p.1-30, 2021.

BAGATTA, M.; PACIFICO, D.; MANDOLINO, G. Evaluation of the osmotic adjustment response within the Genus Beta. **Journal of Sugar Beet Research**, v.45, p.119-131, 2008.

BOZABA, T. O.; KURU, I. S. The effect of the combined application of elicitors to *Salvia virgata* Jacq. under salinity stress on physiological and antioxidant defense. **BMC Plant Biology**, v. 24, p.1-12, 2024.

CELI, G. E. A.; GRATÃO, P. L.; LANZA, M. G. D. B.; REIS, A. R. DOS. Physiological and biochemical roles of ascorbic acid on mitigation of abiotic stresses in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v 202, p.1-13, 2023.

DANIEL, M. A.; PACKIAM, S. M.; VEERAMUTHU, D. In vitro regeneration of multiple shoots in *Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench (Okra) via apical shoot meristem culture. **Current Biotechnology**, v.12, p.203-210, 2023.

FAROOQ, M. et al. Mitigation of salinity stress in plants by hydrogen sulfide: physiological and biochemical mechanisms. **Journal of Advanced Research**, v.37, p.53-64, 2022.

FAROOQ, M. et al. Oxidative stress and antioxidant defense under salt stress in plants. *Plant Stress*, v.7, p. 100140, 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

GOHARRIZI, K. J.; KARAMI, S.; GHANAIEI, S. Hydrogen peroxide priming promotes salinity tolerance in plants – A comprehensive review. **Agronomy Journal**, v.116, p.612-629, 2024.

ISAYENKOV, S. V.; MAATHUIS, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Frontiers in Plant Science**, v.10, p.80, 2019.

JULKOWSKA, M. M.; TESTERINK, C. Tuning plant signaling and growth to survive salt. **Trends in Plant Science**, v.27, p.586-594, 2015.

LU, Y.; FRICKE, W. Salt stress – regulation of root water uptake in a whole-plant and diurnal context. **International Journal of Molecular Sciences**, v.24, p.1-25, 2023.

MOURA JUNIOR, C. R.; GONÇALVES, L. D.; DOMINGOS, M. G. Avaliação de diferentes espaçamentos no desenvolvimento vegetativo e produtivo do quiabeiro. **Research, Society and Development**, v.13, p.1-7, 2024.

PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS. A.; SOUSA, P. F. DO N.; SOUZA, W. B. B. DE. Pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo sob estratégias de irrigação com águas salinas e adubação potássica. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 7., CONIRD, 3., 2021. Anais [...]. 2021.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (USDA Handbook, 60). **Department of Agriculture**, 1954.

SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v.25, p.1002-1013, 2013.

SOARES, L. A. DOS A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. DE; SILVA, S. S. DA; MOREIRA, R. C. L.; MEDEIROS, T. L. F. Phytomass and production components of colored cotton under salt stress in different phenological stages. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v.25, p.132-138, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 735p.

VAN ZELM, E.; ZHANG, Y.; TESTERINK, C. Salt tolerance mechanisms of plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.71, p.403-433, 2020.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, p.81-97, 1950.

ZHANG, H. et al. Mechanisms of plant water use efficiency under salinity stress. **Plant Physiology**, v.188, p.1235-1251, 2022.

ZHANG, H. et al. ROS-induced ion leakage in plant salinity stress: **Mechanisms and implications**. **Plant Cell Reports**, v.1, p.1125-1138, 2022.

ZHANG, Y. et al. Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis under salinity stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.206, e105165, 2023.

ZHAO, C. et al. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. **The Innovation**, v.1, e100017, 2020.