

TROCAS GASOSAS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE GLUTATIONA REDUZIDA

WESLEY BRUNO BELO DE SOUZA¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES², VALÉRIA FERNANDES DE OLIVEIRA SOUSA³, SMYTH TROTSK DE ARAUJO SILVA¹, EVANILSON SOUZA DE ALMEIDA⁴

RESUMO: O excesso de sais na água de irrigação prejudica a atividade agrícola, especialmente em regiões com baixa pluviosidade, pois afeta consideravelmente o desenvolvimento das plantas, devido à limitação da disponibilidade de água e/ou ao acréscimo excessivo de íons nos tecidos vegetais. Portanto, é essencial a busca por alternativas que possam mitigar os efeitos do estresse salino, visando a garantir a sustentabilidade dos cultivos. Sendo assim, objetivou-se com a pesquisa, avaliar os efeitos da aplicação foliar de glutaciona reduzida, com vistas à mitigação dos efeitos deletérios do estresse salino sobre as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo. A condução do experimento foi em casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8; 3,6 dS m⁻¹) e quatro concentrações de glutaciona reduzida - GSH (0,40, 80 e 120 mg L⁻¹). O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação elevou a concentração interna de CO₂ e reduziu a taxa de assimilação de CO₂ do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1', aos 118 dias após o transplantio. A aplicação de 50 e 106 mg L⁻¹ de GSH em maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' irrigado com águas salobras, proporciona um aumento significativo na condutância estomática e transpiração, respectivamente. A aplicação de 50 mg L⁻¹ de GSH em maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' proporciona redução na concentração interna de CO₂, aos 118 dias após o transplantio.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis Sims*; antioxidante; salinidade.

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola (PPGEA), UFCG, Campus: Campina Grande-PB;

² Professor(a) Dr(a) do curso de graduação em Agronomia, CCTA/UFCG, Campus: Pombal-PB;

³ Pós-Doutoranda PPGHT/UFCG, Campus: Pombal - PB;

⁴ Graduando em Agronomia, CCTA/UFCG, Campus: Pombal - PB.

GAS EXCHANGE OF SOUR PASSION FRUIT UNDER SALINE STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF REDUCED GLUTATHIONE

ABSTRACT: Excess salts in irrigation water are detrimental to agricultural activity, especially in regions with low rainfall, as they considerably affect plant development by limiting the availability of water and/or by excessively adding ions to plant tissues. It is therefore essential to look for alternatives that can mitigate the effects of saline stress in order to guarantee the sustainability of crops. The aim of this research was to evaluate the effects of foliar application of reduced glutathione in mitigating the deleterious effects of salt stress on the gas exchange of sour passion fruit. The experiment was carried out in a greenhouse at the Agricultural Engineering Academic Unit of the Federal University of Campina Grande, using a randomized block design in a 5×4 factorial scheme, with five levels of electrical water conductivity - ECw (0.4; 1.2; 2.0; 2.8; 3.6 dS m⁻¹) and four concentrations of reduced glutathione - GSH (0.40, 80 and 120 mg L⁻¹). Increasing the electrical conductivity of the irrigation water increased the internal CO₂ concentration and reduced the CO₂ assimilation rate of the 'BRS GA1' sour passion fruit at 118 days after transplanting. The application of 50 and 106 mg L⁻¹ of reduced glutathione to 'BRS GA1' passion fruit irrigated with brackish water resulted in a significant increase in stomatal conductance and transpiration, respectively. The application of 50 mg L⁻¹ of GSH to 'BRS GA1' sour passion fruit leads to a reduction in internal CO₂ concentration at 118 days after transplanting.

KEYWORDS: *Passiflora edulis Sims*; antioxidant; salinity.

INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* compreende mais de 500 espécies, distribuídas em áreas tropicais e subtropicais em todo o mundo, porém com apenas cerca de 20 variedades comestíveis, sendo a *Passiflora edulis Sims* a mais dominante (Guimarães et al., 2020; Melo et al., 2020; Malacrida & Jorge, 2012). Essa variedade também é conhecida como maracujazeiro-azedo, sendo mais cultivado comercialmente, devido ao seu valor nutritivo e à presença de vários compostos biologicamente ativos que têm propriedades medicinais (Costa et al., 2023; Xu et al., 2023). A produção brasileira de maracujá na safra de 2023 foi de 711.278 t com uma área colhida de 45.761 ha, destacando-se a região Nordeste como a maior produtora, sendo responsável por cerca de 71, 06% do total produzido nacionalmente, o que corresponde a 505.461 t. Nessa safra,

a Paraíba foi responsável por 9.552 t, em área colhida de 1.003 ha, com rendimento de 9,523 t ha⁻¹ (IBGE, 2025). Apesar da região do Nordeste brasileiro apresentar condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo do maracujazeiro, seu desenvolvimento ainda é limitado pela ocorrência de fontes hídricas com elevados teores de sais dissolvidos. Essa condição está diretamente ligada às áreas de clima árido e semiárido, onde a taxa de evaporação supera a pluviosidade, acarretando na concentração sais na superfície do solo e lençóis freáticos (Castro, Santos, 2020; Freire et al., 2020). O excesso de sais na água é um fator de estresse e inibe o crescimento das plantas por meio dos efeitos osmóticos e iônicos, alterando a estabilidade das membranas celulares, afetando as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, levando a distúrbios nas relações hídricas, alterações na absorção de água e nutrientes, como também uma superprodução de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Taibi et al., 2016; Tang & Luo, 2018; Lima et al., 2019; Pinheiro et al., 2022a). Para evitar os danos oxidativos, as plantas têm um complexo sistema antioxidante de defesa, composto por componentes enzimáticos e não enzimáticos, capazes de neutralizar a toxicidade das EROs. A Glutaciona reduzida – GSH participa da degradação do H₂O₂ por meio de uma reação catalisada pela enzima Glutaciona Peroxidase (GSH-Px), e atua também no ciclo Ascorbato-Glutaciona (AsA-GSH), juntamente com o AsA, operando no cloroplasto, plastídio, mitocôndria e peroxissomos combatendo a superprodução de EROs (Barbosa et al., 2014; Gill & Tuteja, 2010; Sachdev et al., 2021). Portanto, objetivou-se com este trabalho, avaliar as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo sob irrigação com águas salobras e aplicação foliar de glutaciona reduzida em área semiárida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre abril e dezembro de 2023, sob condições de casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, em Campina Grande - PB. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 × 4, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e 3,6 dS m⁻¹) e quatro concentrações de glutaciona reduzida – GSH (0, 40, 80 e 120 mg L⁻¹), com três repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Foram utilizadas sementes de maracujazeiro-azedo cv. BRS Gigante Amarelo (BRS GA1). Foram utilizados vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, sendo preenchidos com 250 kg de solo, classificado como Neossolo Regolítico, coletado na profundidade de 0-30 cm, advindo do município de Lagoa

Seca - PB. As águas utilizadas para irrigação das plantas foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m⁻¹), considerando a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954). As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio, durante a fase de formação das mudas, foram realizadas de acordo a recomendação de Novais et al. (1991). A adubação, pós transplantio, foi realizada conforme recomendação de Costa et al. (2008). As concentrações de glutathiona reduzidas foram preparadas a partir da dissolução da Glutathiona-L Reduzida (GSH) em água destilada, de acordo com cada tratamento, sendo adicionado, o espalhante adesivo não iônico Wil Fix® na concentração de 0,5 ml L⁻¹ em todos os tratamentos, com o propósito promover uma maior absorção foliar. Nas plantas referentes ao tratamento testemunha (0 mg L⁻¹), foi aplicado apenas água destilada com espalhante adesivo. Aos 118 dias após o transplantio foram avaliadas entre as 07h00min e 10h00min da manhã as trocas gasosas, através das variáveis de condutância estomática - g_s (mol H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ - C_i (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), utilizando-se de um analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo "LCPro+" da ADC BioScientific Ltda. Os dados coletados, foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) e, quando não normais foram transformados em \sqrt{x} . Posteriormente foi realizado análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019). A escolha do modelo de regressão (linear ou quadrática) foi feita pela significância dos coeficientes de determinação. Em caso de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot 12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × GSH) sobre a taxa de assimilação de CO₂ do maracujazeiro-azedo, aos 118 dias após o transplantio. A salinidade da água de irrigação afetou significativamente a concentração interna de CO₂, enquanto a aplicação foliar de Glutathiona reduzida afetou significativamente a condutância estomática, a transpiração e a concentração interna de CO₂ do maracujazeiro-azedo.

A aplicação foliar de GSH proporcionou aumento na condutância estomática, sendo o valor máximo (0,2082 mol H₂O m⁻² s⁻¹) obtido nas plantas que receberam a aplicação foliar de

50 mg L⁻¹ de GSH (Figura 1A). De forma similar a *g_s*, a transpiração (Figura 1B) também aumentou com a aplicação foliar de GSH, sendo o valor máximo estimado (3,41 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), nas plantas cultivadas sob concentração de 106 mg L⁻¹ de GSH, sendo superior em 49,03% ao tratamento controle (0 mg L⁻¹). A manutenção da condutância estomática e transpiração pela GSH, podem estar relacionados a função dessa enzima no controle das EROs no fotossistema, bem como no acúmulo de solutos próximos ao sistema radicular da planta, mantendo influxo da solução do solo e controle de íons específicos no sistema radicular (Gill et al., 2013).

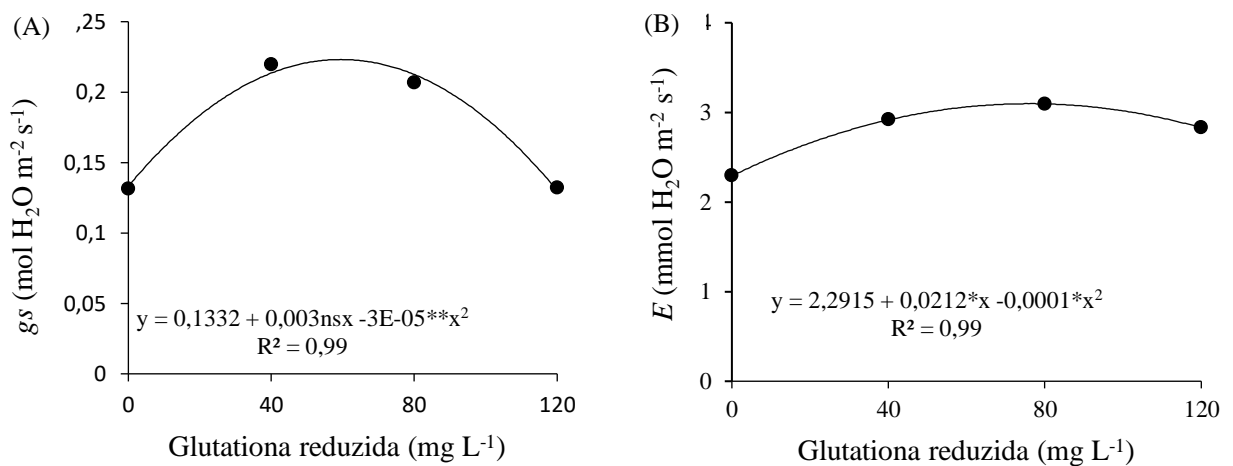


Figura 1. Condutância estomática - *g_s* (A) e transpiração - *E* (B) do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função das concentrações de glutaciona reduzida - GSH, aos 118 dias após o transplantio.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação proporcionou incremento na concentração interna de CO₂, sendo os maiores valores (273,95 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) obtidos nas plantas sob CEa de 2,64 dS m⁻¹, com um aumento de 13,16% em relação as irrigadas com o menor nível de CEa (Figura 2A). Já em relação a GSH, verifica-se um decréscimo na *C_i* até a concentração de 50 mg L⁻¹, sendo o menor valor (253,06 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), uma redução de 4,74% em comparação as plantas sem aplicação de GSH (Figura 2B). O maior valor (276,59 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi observado nas plantas que receberam 120 mg L⁻¹ de GSH. O aumento da *C_i* em razão da CEa é um indicativo de danos oxidativos ao aparato fotossintético pelo estresse salino, que reduzem a função carboxilase da RuBisCO e, porventura, o consumo de carbono no ciclo de Calvin (Pan et al., 2021). Por outro lado, a redução da *C_i* em relação a GSH, pode ser explicada pelas suas funções que evitam a formação de radicais livres, pelo sequestro ou degradação, prevenindo os possíveis danos celulares (Sachdev et al., 2021).

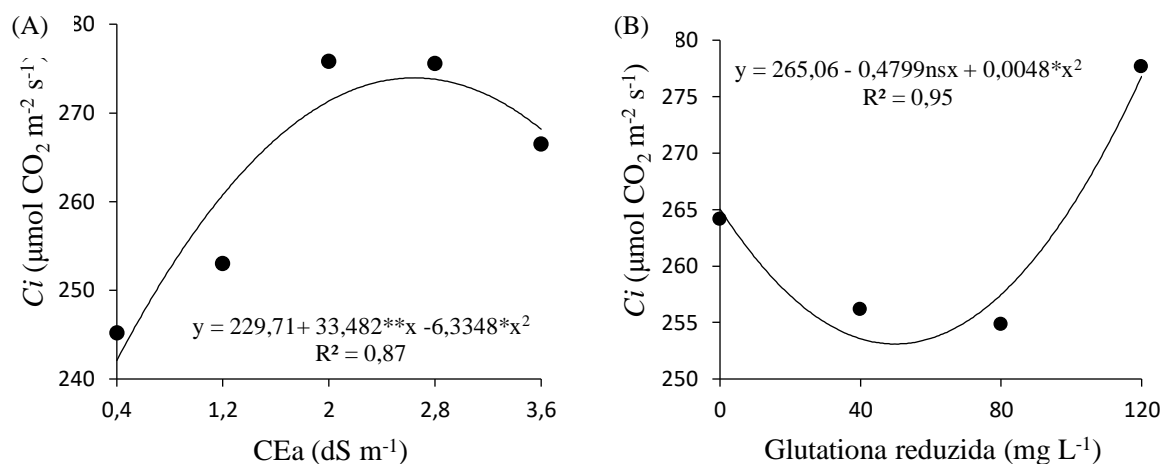
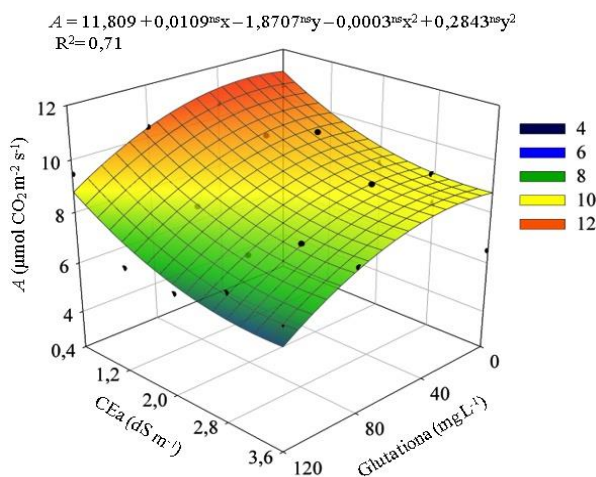


Figura 2. Concentração interna de CO₂ do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação – CEa (A) e das concentrações de glutaciona reduzida – GSH (B), aos 118 dias após o transplantio.

Nota-se na Figura 3, referente à taxa de assimilação de CO₂, que o aumento da CEa e das concentrações de GSH ocasionou reduções nos valores de A, sendo o valor máximo (11,21 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), encontrado nas plantas irrigadas com água de 0,4 dS m⁻¹ e aplicação de GSH na concentração de 18 mg L⁻¹, enquanto o menor (5,72 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi obtido nas plantas sob CEa de 3,3 dS m⁻¹ e na maior concentração de GSH (120 mg L⁻¹). A redução na taxa de assimilação de CO₂ em plantas cultivadas sob estresse salino normalmente ocorre em função das limitações estomáticas e/ou não estomáticas, uma vez que o incremento na concentração de sais na zona radicular provoca alterações no potencial osmótico do solo, tornando-o mais negativo, limitando a absorção de água pelas plantas (Lima et al., 2020).



X e Y - Condutividade elétrica da água – CEa e concentrações de glutaciona reduzida – GSH; ns – Não significativo (p > 0,05) e significativo a p ≤ 0,01 pelo teste F, respectivamente

Figura 3. Taxa de assimilação de CO₂ do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função da interação entre os fatores níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e concentrações de glutaciona reduzida - GSH, aos 118 dias após o transplantio.

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação eleva a concentração interna de CO₂ e reduz a taxa de assimilação de CO₂ do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1', aos 118 dias após o transplante. A aplicação de glutatona reduzida na concentração de 50 mg L⁻¹ reduz a concentração interna de CO₂ e proporciona aumento na condutância estomática em maracujazeiro-azedo 'BRS GA1', o que pode indicar uma maior eficiência fotossintética. A aplicação de 106 mg L⁻¹ de glutatona reduzida proporciona aumento na transpiração do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1', aos 118 dias após o transplante, podendo ajudar no controle térmico das plantas. A aplicação de GSH contribui de forma positiva nas trocas gasosas do maracujazeiro-azedo, aos 118 dias após o transplante.

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

Barbosa M. R., Silva M. M. D. A., Willadino L., Ulisses C., Câmara T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 453-460, 2014.

Castro, F. C.; Santos, A. M dos. **Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida**. Mercator, v. 19, p. e19002, 2020.

Costa, A. de F. S. da; Costa, A. N. da; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. DE M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. de. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória, Es: Incaper, 2008. 56 p.

Costa, C.A.R. da; Machado G.G.L.; Rodrigues L.J.; Barros, H. E. A. de; Natarelli, C. V. L.; Vilas Boas, E. V. de, B. **Phenolic compounds profile and antioxidant activity of purple**

passion fruit's pulp, peel and seed at different maturation stages. *Scientia Horticulturae* v.321, p. 1–8, 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.

Freire, J. L. de O.; Nascimento, G. dos S.; Medeiros, A. K. de A. **Teores e acúmulos de nutrientes em mudas de maracujazeiros sob salinidade hídrica e uso de urina de vaca.** *Nativa: Pesquisas agrárias e ambientais*,

Gill, S. S.; Anjum, N. A.; Hasanuzzaman, M.; Gill, R.; Trivedi, D. K.; Ahmad, I.; Tuteja, N. Glutathione and glutathione reductase: a boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 204-212, 2013.

Gill, S.; Tuteja, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p. 909-930, 2010.

Guimarães, S.F.; Lima I.M.; Modolo L.V. Phenolic content and antioxidant activity of parts of *Passiflora edulis* as a function of plant developmental stage. **Acta Botanica Brasilica**, v.34, p. 74–82, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, 2023. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/al>> Acesso em: Maio, 2025.

Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p.184-194, 2020

Malacrida, C. R.; Jorge, N. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, p.127-134. 2012.

Melo, N.J. de A.; Negreiros A.M.P.; Sarmiento J.D.A.; Morais P. L. D. de. Physical-chemical characterization of yellow passion fruit produced in different cultivation systems. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, p. 897 908, 2020.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, 1991. Cap.12, p.189-253.

Pan, T.; Liu, M.; Kreslavski, V. D.; Zharmukhamedov, S. K.; Nie, C.; Yu, M.; Kuznetsov, V. V.; Allakhverdiev, S. I.; Shabala, S. Non-stomatal limitation of photosynthesis by soil salinity. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 51, p.791-825, 2021.

Richards, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture. 160p. 1954.

Sachdev, S.; Ansari S. A.; Ansari, M. I.; Fujita, M., Hasanuzzaman, M. **Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms**. *Antioxidants*, v. 10, e277, 2021.

Taibi, K.; Taibi, F.; Abderrahim, L. A.; Ennajah, A.; Belkhodja, M.; Mulet, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v.105, p. 306-312, 2016.

Tang W.; Luo C. Overexpression of zinc finger transcription factor zat6 enhances salt tolerance. **Open Life Sciences**, v.13, p.431-445, 2018.

Xu, H.; Qiao, P.; Pan, J.; Qín, Z., Lí, X.; Khoo, H. E.; Dong, X. CaCl₂ treatment effectively delays postharvest senescence of passion fruit. **Food Chemistry**, v. 417, p. 1–10, 2023.