

ÁCIDO SALICÍLICO AUMENTA A SÍNTESE DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB ESTRESSE SALINO

André Alisson Rodrigues da Silva¹, Geovani Soares de Lima², Carlos Alberto Vieira de Azevedo³, Thiago Filipe de Lima Arruda⁴, Denis Soares Costa⁵, Lauriane Almeida dos Anjos Soares⁶

RESUMO: Objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico na redução dos efeitos deléteiros da salinidade da água de irrigação sobre a síntese de pigmentos fotossintéticos do cajueiro anão precoce. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Campina Grande - PB, utilizando-se o delineamento em 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 $3,6 \text{ dS m}^{-1}$) e quatro concentrações de ácido salicílico (0; 1; 2 e 3 mM) com três repetições. A síntese de pigmentos fotossintéticos do cajueiro anão precoce foi afetada negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acima de $0,4 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM reduziu os efeitos deleterios da salinidade da água de irrigação até $3,6 \text{ dS m}^{-1}$, proporcionando aumento nos teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *total* e carotenoides, aos 150 dias após o transplântio. O ácido salicílico aplicado em concentrações maiores que 1 mM, intensificou os efeitos do estresse salino sobre os pigmentos fotossintéticos.

PALAVRAS-CHAVE: *Anacardium occidentale* L., estresse abiótico, fitormônio.

SALICYLIC ACID INCREASES THE SYNTHESIS OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN EARLY DWARF CASHEW UNDER SALINE STRESS

¹ Pesquisador, CNPq/UFCG/PPGEA, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB. Fone: (83) 99840-8028, e-mail: andrealisson_cgpb@hotmail.com

² Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

³ Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

⁴ Doutorando em Irrigação e Drenagem, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

⁵ Graduando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

⁶ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias - UAGRA/CCT, UFCG, Pombal, PB

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of foliar application of salicylic acid in reducing the deleterious effects of irrigation water salinity on the synthesis of photosynthetic pigments in early dwarf cashew trees. The experiment was carried out in a greenhouse in Campina Grande - PB, using a randomized block design, in a 5×4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - EC_w (0.4, 1.2, 2.0, 2.8 and 3.6 dS m⁻¹) and four concentrations of salicylic acid (0, 1, 2 and 3 mM) with three replications. The synthesis of photosynthetic pigments in early dwarf cashew trees was negatively affected by increasing the electrical conductivity of irrigation water above 0.4 dS m⁻¹. However, the foliar application of salicylic acid at a concentration of 1.0 mM reduced the deleterious effects of irrigation water salinity by up to 3.6 dS m⁻¹, providing an increase in the levels of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids, at 150 days after transplanting. Salicylic acid applied in concentrations greater than 1 mM intensified the effects of saline stress on photosynthetic pigments.

KEYWORDS: *Anacardium occidentale* L., abiotic stress, phytohormone.

INTRODUÇÃO

Na região Nordeste, a baixa pluviosidade e a alta taxa de evaporação favorece a presença excessiva de sais nos mananciais utilizados para irrigação, inviabilizando muitas vezes o cultivo agrícola (DANTAS et al., 2022). A salinidade é um dos estresses abióticos mais devastadores que limitam o crescimento e o rendimento das plantas, principalmente em regiões semiáridas (BADEM & SOYLEMEZ, 2022).

Sendo assim, estratégias que possam viabilizar o uso e/ou mitigar os efeitos deletérios da salinidade na água de irrigação sobre o cultivo do irrigado são imprescindíveis. Dentre essas estratégias, destaca-se a utilização de substâncias elicitoras (VELOSO et al., 2022). O ácido salicílico, trata-se de um fitohormônio, capaz de induzir a tolerância das plantas a estresses abióticos e bióticos (SILVA et al., 2022).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta perene amplamente cultivada na região semiárida do Nordeste do Brasil, destacando-se como uma importante opção na geração de emprego e renda (LIMA et al., 2020). Diante do exposto, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico na redução dos efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre síntese de pigmentos fotossintéticos do cajueiro anão precoce.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de fevereiro e julho de 2022 em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEEA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar do local do experimento estão dispostos na Figura 1.

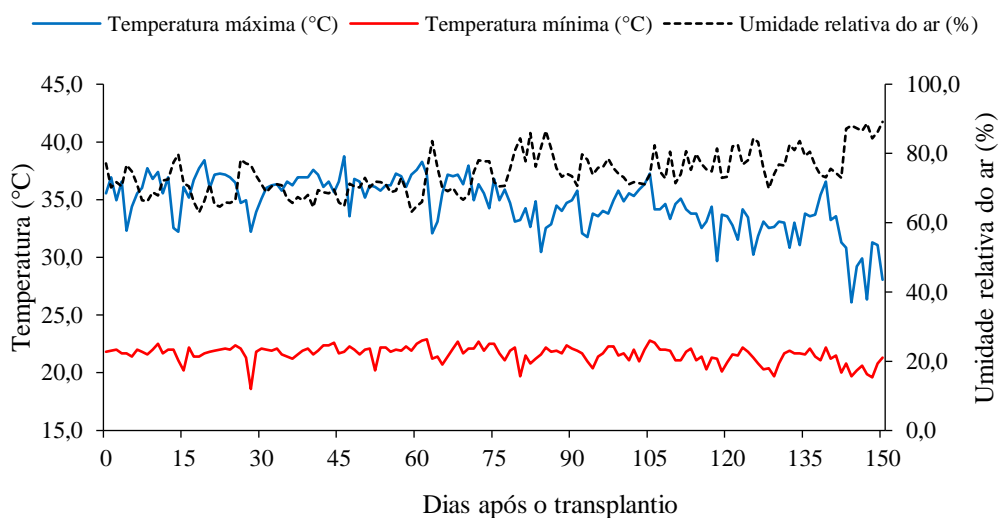


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima e, umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5×4 , sendo, cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e $3,6 \text{ dS m}^{-1}$) e quatro concentrações de ácido salicílico – AS (0; 1; 2 e 3 mM), com três repetições e uma planta por parcela. As concentrações de ácido salicílico utilizadas nesta pesquisa foram adaptadas a partir do estudo realizado com graviolera ‘Morada Nova’ (SILVA et al., 2021), enquanto os níveis de condutividade elétrica da água foram baseados no estudo realizado por Lima et al. (2020) com a cultura do cajueiro anão precoce.

As águas salinas foram preparadas mediante adição de sais NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ na água de abastecimento local, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1 de Na, Ca e Mg respectivamente, que representa a composição média das águas do semiárido nordestino (MEDEIROS, 1992). No preparo das águas de irrigação, foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (RICHARDS, 1954). As mudas foram adquiridas do viveiro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Município de Pacajus – CE, cultivadas em

sacolas de polietileno com dimensões 10 × 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L, enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando porta-enxerto e enxerto dos clones CCP 76 e BRS 226, respectivamente.

Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 250 kg de solo classificado como *Entisol* (UNITED STATES, 2014), coletado na profundidade de 0-30 cm, procedente do município de Lagoa Seca-PB, cujas as características físico-químicas (Tabela 1) foram determinadas conforme Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo, na camada de 0-0,30 m, utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2, 5)	MO dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST (%)	CEes (dS m ⁻¹)
6,12	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (g)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42*	1519,5**				
760,9	164,5	74,6	FA	13,07	5,26	7,81	41,79	1,56	2,68

MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com CaOAc 0,5 M pH 7,0; PST - Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco arenoso; AD – Água disponível; DA - Densidade aparente; DP - Densidade de partículas; * - Capacidade do campo; ** - Ponto de murchamento.

A irrigação com água salina iniciou-se aos 45 dias após o transplântio (DAT), realizada a cada 2 dias de forma manual, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. O volume de água aplicado foi determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimado pelo balanço hídrico acrescido da fração de lixiviação de 10%, aplicada a cada 30 dias para evitar acúmulo excessivo de sais.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram realizadas conforme recomendação de Oliveira (2002) para a cultura do cajueiro anão precoce. As concentrações de ácido salicílico foram obtidas mediante dissolução do produto em 30% de álcool etílico (95,5%), por se tratar de uma substância de baixa solubilidade em água à temperatura ambiente. Para diminuir a tensão superficial das gotas na superfície foliar foi utilizado na preparação da solução o adjuvante Wil fix na concentração de 0,5 mL L⁻¹ de solução. As aplicações foliares iniciaram 30 (DAT), aplicadas nas faces abaxial e adaxial das folhas. Aplicações subsequentes foram realizadas em intervalos de 30 dias utilizando-se um pulverizador de bomba manual entre as 17:00 e 17:45 horas.

Aos 150 dias após o transplântio das mudas foram quantificados os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, clorofila *total* e carotenoides), realizado de acordo com Arnon

(1949), com extratos vegetais a partir de amostras de discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice. Em cada amostra foi utilizado 8,0 mL de Acetona P.A a 80%. Por meio destes extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenóides nas soluções com a utilização do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 647, e 663 nm), sendo os valores expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk). Subsequente foi realizado análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, feita uma análise de regressão, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA et al., 2019). A escolha do modelo foi baseado nos coeficientes de determinação. Em caso de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot v.12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as concentrações de ácido salicílico (CEa \times AS) influenciou de forma significativa ($p \leq 0,01$) todas as variáveis de pigmentos fotossintéticos do cajueiro anão precoce (Tabela 2), aos 150 dias após o transplântio.

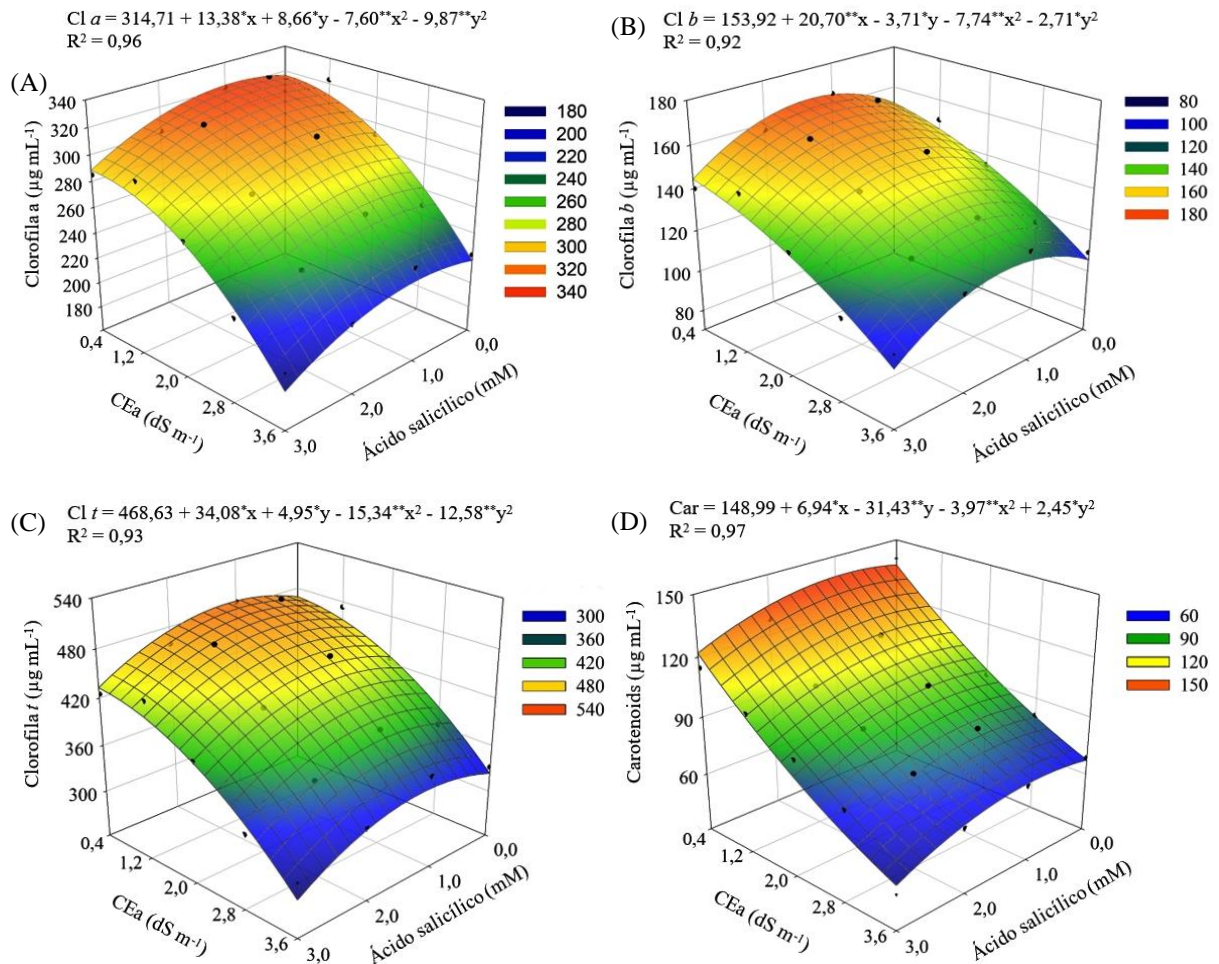
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente à clorofila a (Cl *a*), clorofila b (Cl *b*), clorofila total (Cl *t*), e carotenoides (Car) do cajueiro anão precoce irrigado com diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e aplicação foliar de ácido salicílico, aos 150 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>t</i>	Car
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	4	21598,22**	4458,54**	45579,66**	9270,18**
Regressão linear	1	76946,46**	15995,37**	163103,29**	35990,27**
Regressão quadrática	1	5211,07*	470,94*	8814,99*	415,42 ^{ns}
Ácido salicílico (AS)	3	4273,08**	1495,48**	9829,61**	1143,49**
Regressão linear	1	7891,17**	555,85**	12635,77*	1838,77*
Regressão quadrática	1	3135,79 ^{ns}	3749,66*	13742,27**	948,51**
Interação (CEa \times AS)	12	20,51**	421,14**	44,26**	138,52**
Blocos	2	3561,58 ^{ns}	6,01 ^{ns}	5550,30 ^{ns}	127,21 ^{ns}
Resíduo	38	796,29	20,66	709,59	15,99
CV (%)		10,30	6,34	6,50	4,18

ns, *, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

Os teores de clorofila *a* e clorofila *b* do cajueiro anão precoce foram beneficiadas pela aplicação foliar com ácido salicílico até a concentração de 1 mM, independente da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2A e 2B). As plantas submetidas à

concentração de 1,0 mM e irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ obtiveram os maiores valores de Cl *a* (322,73 µg mL⁻¹) e Cl *b* (165,81 µg mL⁻¹). Ao comparar em termos relativos os teores de clorofila a e clorofila b de plantas irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ e submetidas a concentração de ácido salicílico de 1 mM com a de plantas cultivadas com o mesmo nível de salinidade e sem aplicação do ácido salicílico (0 mM), houve incrementos de 1,83% (5,78 µg mL⁻¹) e 9,09% (13,81 µg mL⁻¹), respectivamente.



X e Y – Ácido salicílico e CEa, respectivamente; *, ** Significativo a p ≤ 0,05 e 0,01 pelo teste F.

Figura 2. Clorofila a - Cl *a* (A), Clorofila b - Cl *b* (B), Clorofila total - Cl *t* (C) e carotenoides - Car (D) do cajueiro anão precoce, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as concentrações de ácido salicílico, aos 150 dias após o transplante.

O efeito benéfico do ácido salicílico sobre a síntese de pigmentos fotossintéticos pode estar relacionado à capacidade do ácido salicílico em melhorar as atividades enzimáticas e fotossintéticas, mantendo também o equilíbrio entre a produção e eliminação de espécies reativas de oxigênio - EROs (BATISTA et al., 2019). Os resultados obtidos neste estudo, corroboram com Silva et al. (2022), em pesquisa com gravioleira, em que constataram que a pulverização foliar com ácido salicílico na concentração de 1,4 mM proporcionou aumento nos pigmentos fotossintéticos das plantas sob estresse salino (CEa variando de 0,8 a 4,0 dS m⁻¹).

Assim como observado na Cl *a* e Cl *b*, a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1 mM também promoveu aumento nos teores de clorofila total (Figura 2C), independentemente da condutividade elétrica da água de irrigação. As plantas submetidas à concentração de 1.0 mM e irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ registraram os maiores valores de Cl *t* (487,52 µg mL⁻¹), ao comparar em termos relativos a clorofila total das plantas irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ e submetidas a concentração de ácido salicílico de 1 mM com a de plantas cultivadas com o mesmo nível de salinidade e sem aplicação do ácido salicílico (0 mM), houve acréscimo de 4,04% (18,93 µg mL⁻¹).

Por outro lado, o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, reduziu os teores de carotenoides do cajueiro anão precoce (Figura 2D), em todas as concentrações de ácido salicílico, verifica-se ainda que, a aplicação foliar de ácido salicílico em concentrações maiores que 1 mM intensificaram os efeitos do estresse salino sobre os teores de carotenoides, obtendo o menor valor de Car (52,68 µg mL⁻¹) nas plantas irrigadas com CEa de 3,6 dS m⁻¹ e pulverizadas com a concentração de 3 mM de ácido salicílico, ou seja, redução de 25,4% (17,94 µg mL⁻¹) em relação as plantas irrigadas com o mesmo nível de CEa (3,6 dS m⁻¹) e submetida a concentração de 1 mM de ácido salicílico.

O ácido salicílico quando aplicado em concentrações elevadas podem causar altos níveis de estresse oxidativo, levando à redução da tolerância ao estresse salino (AIRES et al., 2022), tal resposta pode estar relacionada a redução da síntese de pigmentos fotossintéticos em concentrações maiores que 1,0 mM observada no presente estudo.

CONCLUSÕES

A síntese de pigmentos fotossintéticos do cajueiro anão precoce é afetada negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acima de 0,4 dS m⁻¹. No entanto, a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM reduzem os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação até 3,6 dS m⁻¹, proporcionando aumento nos teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *total* e carotenoides, aos 150 dias após o transplântio. O ácido salicílico aplicado em concentrações maiores que 1 mM, intensificam os efeitos do estresse salino sobre os pigmentos fotossintéticos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ pela concessão de auxílio financeiro (Edital No 09/2021 – Demanda Universal, Termo de Outorga No 3161/2021) para condução da pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa de PDJ ao primeiro autor (Proc. 150927/2022-3) e de bolsa de produtividade em pesquisa ao terceiro autor (Proc. 309696/2021-6), e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – PPGEA/UFCG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, E. S.; FERRAZ, A. K. L.; CARVALHO, B. L.; TEIXEIRA, F. P.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Foliar application of salicylic acid intensifies antioxidant system and photosynthetic efficiency in tomato plants. **Bragantia**, v. 81, n. 1, e1522, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210320>>.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949. Disponível em: <<https://doi.org/10.1104%2Fpp.24.1.1>>.

BADEM, A.; SÖYLEMEZ, S. Effects of nitric oxide and silicon application on growth and productivity of pepper under salinity stress. **Journal of King Saud University-Science**, v. 34, n. 6, e102189, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102189>>.

BATISTA, V. C. V.; PEREIRA, I. M. C.; PAULO-MARINHO, S. DE O.; CANUTO, K. M.; PEREIRA, R. DE C. A.; RODRIGUES, T. H. S.; DALOSO, D. DE M.; GOMES FILHO, E.; CARVALHO, H. H. DE. Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant *Egletes viscosa*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 167, n. 1, e103870, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103870>>.

DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. DOS A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress

and H₂O₂ application. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 2, p. 436-449, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n219rc>>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>>.

LIMA, G. S. DE; SILVA, J. B.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P. Physiological indices and phytomass partition in precocious dwarf cashew clones irrigated with saline waters. **Comunicata Scientiae**, v. 11, n. 1, e3196, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3196>>.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE.** (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992, 173p.

OLIVEIRA, V. H. **Cultivo do cajueiro anão precoce.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002, 44p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: U.S. Department of Agriculture. 1954. 160p. USDA Handbook 60.

SILVA, A. A. R. DA; LIMA, G. S. DE; AZEVEDO, C. A. V. DE; GHEYI, H. R., SOARES, L. A. DOS A.; VELOSO, L. L. S.A. Salicylic acid improves physiological indicators of soursop irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 412-419, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n6p412-419>>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo.** 3rd ed.; Embrapa Solos: Brasília, Brasil, 2017, p. 573.

United States - Department of Agriculture. **Keys to soil taxonomy.** Washinton: Natural Resources Conservation Service. 2014. 372p.

VELOSO, L. L. DE S. A.; SILVA, A. A. R. DA; LIMA, G. S. DE; AZEVEDO, C. A. V. DE; GHEYI, H. R.; MOREIRA, R. C. L. Growth and gas exchange of soursop under salt stress and hydrogen peroxide application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p119-125>>.