

TROCAS GASOSAS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Francisco Jean da Silva Paiva¹, Geovani Soares de Lima², Vera Lucia Antunes de Lima³, Wesley Bruno Belo de Souza⁴, Lauriane Almeida dos Anjos Soares⁵, Rafaela Aparecida Frazão Torres⁶

RESUMO: A utilização de águas salinas na agricultura impõe desafios à produção, especialmente em culturas sensíveis como o maracujazeiro. Neste sentido, a adubação potássica surge como alternativa promissora para mitigar o estresse salino, atuando na regulação osmótica, transporte de solutos, atividade estomática e redução do estresse oxidativo. Objetivou-se com avaliar os efeitos da adubação potássica nas trocas gasosas do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salobras. O experimento foi realizado sob condições de campo na fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, em São Domingos, Paraíba. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio - DK (60; 80; 100 e 120% da recomendação de K₂O). O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acima de 0,3 dS m⁻¹ comprometeu as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo, reduzindo sua condutância estomática, transpiração e assimilação de CO₂. No entanto, a aplicação de 120% da recomendação de K₂O demonstrou ser uma estratégia eficiente para mitigar os efeitos negativos do estresse salino.

PALAVRAS-CHAVE: ajustamento osmótico, nutrição mineral, fruticultura

¹ Prof. Doutor, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE. CEP 49680-000. Fone (83) 99694-2079. E-mail: jeanpaiva@academico.ufs.br

² Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB.

³ Prof^a. Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB.

⁴ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB.

⁵ Prof^a. Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB.

⁶ Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB.

GAS EXCHANGE OF SOUR PASSION FRUIT UNDER SALINITY OF IRRIGATION WATER AND POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT: The use of saline water in agriculture poses challenges to crop production, especially for salt-sensitive species such as passion fruit. In this context, potassium fertilization emerges as a promising alternative to mitigate salt stress by contributing to osmotic regulation, solute transport, stomatal activity, and the reduction of oxidative stress. This study aimed to evaluate the effects of potassium fertilization on the gas exchange of sour passion fruit irrigated with saline water. The experiment was conducted under field conditions at the experimental farm of the Federal University of Campina Grande, in São Domingos, Paraíba, Brazil. A randomized block design was adopted in a 5×4 factorial scheme, with five levels of irrigation water electrical conductivity – EC_w (0.3, 1.1, 1.9, 2.7 and 3.5 dS m⁻¹) and four potassium doses – KD (60, 80, 100, and 120% of the recommended K₂O rate). An increase in irrigation water electrical conductivity above 0.3 dS m⁻¹ impaired the gas exchange of sour passion fruit by reducing stomatal conductance, transpiration, and CO₂ assimilation. However, the application of 120% of the recommended K₂O rate proved to be an effective strategy to mitigate the negative effects of salt stress.

KEYWORDS: osmotic adjustment, mineral nutrition, fruit growing

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá e, na safra de 2023, atingiu uma produção de 711.278 toneladas, sendo 71% provenientes da região Nordeste. Apesar da expressiva participação na produção nacional, a produtividade média do Nordeste brasileiro ainda é considerada baixa, de apenas 14.894 kg ha⁻¹, valor inferior à média nacional (15.543 kg ha⁻¹) e menor do que em outras regiões produtoras, como o Sul, Sudeste e Centro-Oeste (IBGE, 2025).

Um dos possíveis fatores pela baixa produtividade é o uso de água de irrigação com altos teores de sais, prática comum entre os produtores desta região. O estresse salino induz desequilíbrios nas plantas, comprometendo processos fisiológicos e bioquímicos, o que afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (Oliveira et al., 2019). O acúmulo de sais nos tecidos vegetais induz alterações no metabolismo celular de ordem morfológica, fisiológica e bioquímica das plantas (Gupta & Huang, 2014).

Dentre as estratégias de mitigação do estresse salino destaca-se a adubação potássica. O potássio ajuda a minimizar os danos do estresse salino nas plantas, reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), fortalecendo a atividade das enzimas antioxidantes e melhorando a eficiência do uso de nitrogênio (Tital et al., 2021).

Ante ao exposto, objetivou-se com avaliar os efeitos da adubação potássica sob as tocas gasosas do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’ irrigado com águas salobras em condições de Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no setor de fruticultura da fazenda experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em São Domingos, Paraíba.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , cujos tratamentos foram obtidos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1}) e quatro doses de potássio - DK (60; 80; 100 e 120% de K_2O da recomendação de Costa et al. (2008), com 3 repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Os níveis de CEa foram estabelecidos a partir de estudo desenvolvido por Lima et al. (2020). A dose de 100% correspondeu a 345 g de K_2O por planta por ano (Costa et al., 2008).

Na pesquisa, foi utilizado o genótipo de maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’, cujas mudas foram formadas em condições de ambiente protegido. Utilizou-se sacolas de polietileno com dimensões de 15×20 cm (3.534 cm^3), preenchidos com substrato composto pela mistura de solo e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1 m^3 (em base de volume), respectivamente.

O experimento foi realizado a pleno sol, em vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 100 L, preenchidos com 110 kg de um Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico de textura franco arenosa oriundo de uma propriedade particular localizada próximo à área experimental, cujas características físico-hídrica e químicas foram determinadas conforme metodologia de Teixeira et al. (2017), conforme dispostos a seguir: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+ = 3,00; 2,44; 0,05; 0,12$ e $0,69 \text{ cmolc kg}^{-1}$, respectivamente; $\text{pH} (\text{H}_2\text{O}, 1:2,5) = 6,01$; $\text{CEes} = 0,71 \text{ dS m}^{-1}$; matéria orgânica = $0,21 \text{ dag kg}^{-1}$; areia, silte e argila = 75,65; 20,21 e $4,34 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente; $\text{P} = 0,53 \text{ mg kg}^{-1}$; $\text{RAS} = 0,61 (\text{mmol L}^{-1})0,5$; $\text{PST} = 0,8\%$; $\text{CTC} = 6,25 \text{ cmolc kg}^{-1}$.

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira vertical, construída com arame liso de aço galvanizado nº 12, disposta a 1,2 m de altura da superfície do solo do lisímetro. O espaçamento adotado foi de 3,0 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras. O transplântio das mudas para os lisímetros foi realizado aos 60 dias após o semeio. Durante os primeiros 30 dias após o transplântio (DAT), todas as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e a partir do 31 DAT tiveram início às irrigações com os distintos níveis de condutividade elétrica da água, conforme tratamentos.

Na adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, foi utilizado a ureia (45% N), o superfosfato simples (20% P₂O₅; 16% Ca²⁺; 10% S) e o sulfato de potássio (51,5% K₂O), respectivamente. O fósforo foi aplicado em uma única vez em fundação, incorporado com o solo no enchimento dos lisímetros. A adubação com nitrogênio e potássio foi realizada de maneira parcelada, mensalmente ao longo do ciclo da cultura, adotando a relação (N/K) de 1/1 na fase de floração, 1/2 na fase de frutificação e 1/3 até o final da colheita, conforme recomendação de Costa et al. (2008). O suprimento com micronutrientes foi realizado fia foliar, quinzenalmente, na concentração de 1 g L⁻¹, utilizando-se o produto comercial Dripsol[®] micro.

A água utilizada na irrigação foi proveniente de um poço artesiano situado na área experimental, cuja composição química está apresentada a seguir: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, SO₄²⁻, HCO₃³⁻, CO₃³⁻ e Cl⁻ = 0,17; 0,61; 1,41; 0,29; 0,18; 0,81; 0,00 e 1,26 mmolc L⁻¹; CE = 0,22 dS m⁻¹; pH = 7,10; RAS = 2,26 (mmolc L⁻¹)^{0,5}. Para a obtenção dos níveis de condutividade elétrica, foi adicionado a água do poço, cloreto de sódio (NaCl), ajustando-as às concentrações da água disponível, sendo considerada a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954). Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, onde cada planta continha dois gotejadores autocompensantes com vazão de 10 L.h⁻¹.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados aos 118 DAT, através pela quantificação das trocas gasosas, sendo determinada a concentração interna de CO₂ - C_i (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mmol H₂O m⁻¹ s⁻¹), condutância estomática - g_s (mol H₂O m⁻¹ s⁻¹), e a taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), usando o equipamento portátil de medição de fotossíntese (IRGA) denominado “LCPro⁺” da ADC BioScientific Ltda. A avaliação foi realizada entre 6:30 e 10:00 horas da manhã, sendo mensurada na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical, em condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO₂ e usando uma fonte de radiação artificial de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹.

Os dados obtidos foram analisados por meio da análise de variância utilizando o teste F, considerando um nível de significância de p ≤ 0,05. Quando detectada significância, aplicou-se a análise de regressão polinomial para avaliar os efeitos da condutividade elétrica da água de

irrigação e das diferentes doses de adubação potássica. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR - ESAL, versão 5.7 (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

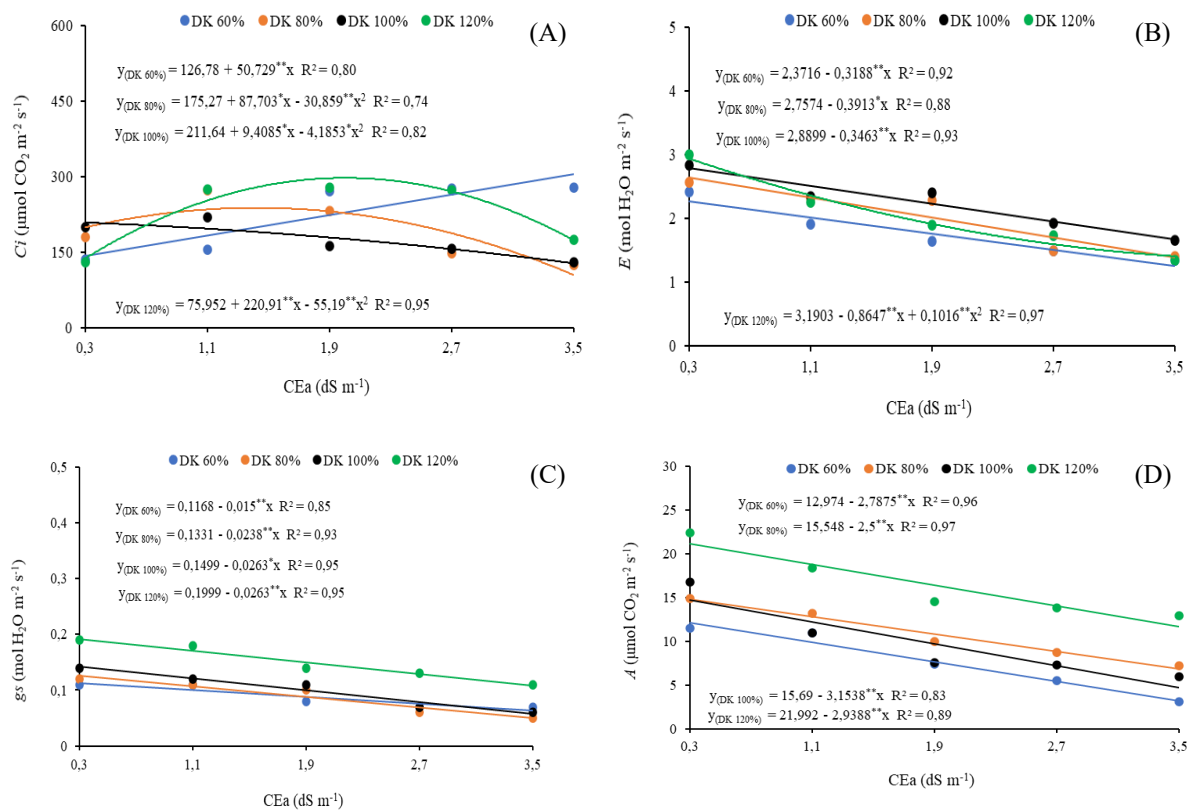
Constata-se, através da tabela dos resumos de análise de variância (Tabela 1), efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × DK) para todas as variáveis analisadas no maracujazeiro-azedo, aos 118 dias após o transplantio.

Tabela 1. Resumo das análises de variância referente a concentração interna de CO₂ (*C_i*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), e taxa de assimilação de CO₂ (*A*) do maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado' cultivado sob salinidade da água de irrigação (CEa) e adubação potássica (DK), aos 118 dias após o transplantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		<i>C_i</i>	<i>E</i>	<i>g_s</i>	<i>A</i>
Condutividade elétrica da água (CEa)	4	14144,00**	0,77**	0,010**	94,65**
Regressão Linear	1	9091,50**	0,13 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	40,51*
Regressão Quadrática	1	7052,57**	0,51*	0,0148**	11,85 ^{ns}
Doses de potássio (DK)	3	9149,33**	0,87**	0,009**	155,53**
Regressão Linear	1	189,60 ^{ns}	0,63*	0,005*	24,43 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	23147,70**	1,96**	0,023**	227,40**
Interação (CEa × DK)	12	11563,55**	1,33**	0,014**	56,65**
Bloco	2	2669,55	0,03	0,002	9,05
Resíduo	38	762,47	0,11	0,001	9,88
CV (%)		13,48	16,26	18,56	21,01

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (*) significativo a $p \leq 0,05$; (**) significativo a $p \leq 0,01$ de probabilidade; (^{ns}) não significativo pelo teste F ($p > 0,05$)

A adubação com 60% da recomendação de K₂O, promoveu aumento de 16,35% na concentração interna de CO₂ por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 1A). Já quando se elevou as doses para 80, 100 e 120% da recomendação de adubação potássica, os valores máximos estimados atingiram 237,57; 216,93 e 297,19 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, correspondendo aos níveis de CEa de 1,4; 1,1 e 2,0 dS m^{-1} . Em condições de estresse salino, as plantas tendem a reduzir a condutância estomática, a transpiração e a taxa de fotossíntese líquida, contudo aumenta a concentração interna de CO₂ (Tatagiba et al., 2014), resultado da limitação na difusão de carbono para a câmara subestomática, uma vez que esse processo depende diretamente da abertura dos estômatos (Taiz & Zeiger, 2013).



** e * representam respectivamente, significativo em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Figura 1. Concentração interna de CO₂ – Ci (A), transpiração – E (B), condutância estomática – gs (C) e taxa de assimilação de CO₂ – A (D) do maracujazeiro-azedo ‘BRS Sol do Cerrado’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e doses de potássio – DK, aos 118 dias após o transplântio.

Quanto à transpiração (*E*), verifica-se reduções de 13,44; 14,19; 13,02 e 27,10%, por incremento unitário da CEa para as doses de 60, 80, 100 e 120% da recomendação de K₂O, respectivamente (Figura 1B). Estes valores correspondem à uma redução total de 44,82; 47,43; 43,36 e 94,41% quando comparado o maior em relação ao menos nível de CEa de irrigação estudado. Em condições de estresse salino, a redução da condutância estomática é uma das respostas fisiológicas iniciais ao acúmulo de sais no solo. Essa adaptação visa mitigar a restrição hídrica causada pelo desequilíbrio osmótico, levando à diminuição da transpiração foliar (Prazeres et al., 2015; Silva et al. 2018). Lima et al. (2023), ao avaliarem o efeito da salinidade da água de irrigação variando de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹, observaram uma redução de 9,20% na transpiração por incremento unitário da condutividade elétrica da água, em plantas de maracujazeiro-azedo.

A redução da condutância estomática (*gs*) em função do incremento da condutividade elétrica da água de irrigação também pode ser constatado, sendo de 42,74; 60,46; 59,26 e 43,83% nas plantas adubadas com 60, 80, 100 e 120% da recomendação, respectivamente, quando comparado com as irrigadas com elevada condutividade elétrica (3,5 dS m⁻¹) em relação

às cultivadas sob baixa CEa (Figura 1C). A redução na abertura estomática observada neste estudo representa uma resposta fisiológica típica ao estresse salino. Esse tipo de estresse induz o fechamento estomático como mecanismo de defesa para minimizar perdas hídricas, conforme descrito por Taiz & Zeiger (2013). Em experimento com o maracujazeiro-azedo 'BRS Rubi do Cerrado', Ramos et al. (2021) também observaram redução na condutância estomática quando as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica superior a $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, aos 120 dias após o transplântio.

Quanto à taxa de assimilação de CO_2 (A), verifica-se efeito semelhante ao observado para a transpiração (E) e condutância estomática (g_s), redução em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 1D). Comparando-se os resultados alcançados quando as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ em relação à $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, nota-se reduções de 73,49% ($8,92 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 54,06% ($8,00 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 68,45% ($10,09 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e 44,55% ($9,40 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), quando as plantas receberam adubação potássica com 60, 80, 100 e 120%, respectivamente da recomendação de K_2O , respectivamente.

As condições de estresse salino impostas afetaram negativamente a transpiração e a condutância estomática (Figuras 1B e C, respectivamente) das plantas, o que, por consequência, também reduziu a taxa de assimilação de CO_2 , uma vez que esse parâmetro está diretamente relacionado aos anteriores. Ramos et al. (2021), ao cultivarem maracujazeiro-azedo irrigado com água salina com condutividade elétrica variando de $0,6$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, constataram uma redução de $4,63 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ na taxa de fotossíntese líquida ao comparar o maior nível de salinidade com o menor.

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acima de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ provoca redução na condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO_2 do maracujazeiro-azedo.

A aplicação de 120% da recomendação de K_2O é uma estratégia eficaz na atenuação dos efeitos negativos do estresse salino sob as trocas gasosas das plantas de maracujazeiro-azedo 'BRS Sol do Cerrado', aos 118 dias após o transplântio.

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

Costa, A. de F. S.; Costa, A. N.; 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 (Incaper. Documentos, 162). 2008. 56p.

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.

Gupta, B.; Huang, B. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. **International Journal of Genomics**, v.2014, n.1, p. 1-18, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2023**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>> Acesso em: mai. 2025.

Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Paiva, F. J. da S.; Soares, L. A. dos A.; Torres, R. A. F.; Silva, S. T. de; Gheyi, H. R.; Lopes, K. P. Tolerance of sour passion fruit cultivars to salt stress in a semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.10, p.785-794, 2023.

Lima, G. S. de; Souza, W. B. B. de; Soares, L. A. dos A.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, V. K. N. de. Dano celular e pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo em função da natureza catiônica da água. **Irriga**, v.25, n.4, p.663-669, 2020.

Oliveira, F. F. M.; Moraes, M. B.; Silva, M. E. S.; Saraiva, Y. K. F.; Arruda, M. V. M.; Silva, J. N. C.; Albuquerque, C. C. Ecophysiological response of *Lippia gracilis* (Verbanaceae) to duration of salt stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.178, n.1, p. 202-210, 2019.

Prazeres, S. da S.; Lacerda, C. F. de; Barbosa, F. E. L.; Amorim, A. V.; Araújo, I. C. da S.; Cavalcante, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@Mambiente**, v.9, n.2, p. 111-118, 2015.

Ramos, J. G.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Paiva, F. J. da S.; Nunes, K. G.; Pereira, M. de O.; Fernandes, P. D.; Saboya, L. M. F. Foliar application of H₂O₂ as salt stress attenuator in ‘BRS Rubi do Cerrado’ sour passion fruit. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 2253-2270, 2021.

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

Silva, E. M. da; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R.G.; Sá, F.V. da S.; Souza, L. de P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.11, p.776–781, 2018.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2013, 820 p.

Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista de Engenharia e Agricultura**, v.22, n.2, p.138-149, 2014.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 573 p. 2017.

Tital, M.; Mir, R.; A.; Jatav, K. S.; Agarwal, R. M. Supplementation of potassium alleviates water stress-induced changes in *Sorghum bicolor* L. **Physiologia Plantarum**, v.172, e.2, p.1149-1161, 2021.