



FITOMASSAS DE QUIABEIRO CULTIVADO SOB ÁGUAS SALINAS E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Iara Almeida Roque¹, Iracy Amélia Pereira Lopes², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³,
Geovani Soares de Lima⁴, Luderlândio de Andrade Silva⁵, Reginaldo Gomes Nobre⁶

RESUMO: O uso de águas salinas em regiões semiáridas, tem se tornado comum na produção de hortaliças, em virtude da restrição na disponibilidade de água com baixos teores de sais. Para tal, são necessárias estratégias que mitiguem os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas, destacando-se a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. Diante disso, objetivou-se avaliar o acúmulo de fitomassas no quiabeiro em função da irrigação com águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. O experimento foi conduzido em condições de campo, cujos tratamentos foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5×3 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m^{-1}) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 25 e 50 μM), com cinco repetições. A aplicação de 50 μM de H_2O_2 proporcionou maior acúmulo de fitomassa seca de folhas, independente da condutividade elétrica da água de irrigação. A concentração de 50 μM de H_2O_2 associado a irrigação com água de maiores salinidades (3,3 e 4,3 dS m^{-1}), proporcionou maior fitomassa seca do caule, raízes e total em comparação as concentrações de 0 e 25 μM .

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus* L., salinidade, aclimatação.

PHYTOMASSES OF OKRA CULTIVATED UNDER SALINE WATER AND HYDROGEN PEROXIDE

¹ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Telefone: (83) 996515807, E-mail: yara.roque.sb@gmail.com

² Agroecóloga, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: iracyamelia.lopes@gmail.com

³ Dra. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: lauriane.almeida@professor.ufcg.edu.br

⁴ Dr. Engenharia agrícola, Universidade Federal de Campina Grande-CTRN/UFCEG, E-mail: geovanisoareslima@gmail.com

⁵ Pós-Doutorando em Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: luderlândioandrade@gmail.com

⁶ Doutor, Universidade Federal Rural do Semiárido/Departamento de Ciências e Tecnologia, rgomesnobre@yahoo.com.br

ABSTRACT: The use of saline water in semi-arid regions has become common in the production of vegetables, due to the restriction in the availability of water with low levels of salts. To this end, strategies are needed to mitigate the deleterious effects of salt stress on plants, highlighting the exogenous application of hydrogen peroxide. Therefore, the objective was to evaluate the accumulation of phytomass in okra as a result of irrigation with saline water and foliar application of hydrogen peroxide. The experiment was conducted under field conditions, whose treatments were distributed in a randomized block design, in a 5×3 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.3; 1.3; 2.3; 3.3 and 4.3 dS m^{-1}) and three concentrations of hydrogen peroxide (0, 25 and 50 μM), with five replicates. The application of 50 μM of H_2O_2 provided greater accumulation of leaf dry matter, regardless of the electrical conductivity of the irrigation water. The concentration of 50 μM of H_2O_2 associated with irrigation with water of higher salinities (3.3 and 4.3 dS m^{-1}), provided greater dry phytomass of the stem, roots and total compared to the concentrations of 0 and 25 μM .

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus* L., salinity, acclimatization

INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma hortaliça de importância socioeconômica que se destaca por suas características nutricionais devido aos altos teores de vitamina A, C e E, carboidratos e fibras (LIMA et al., 2015; SILVA et al., 2021), além da sua versatilidade para uso em diversos pratos, sendo assim grande geradora de renda e emprego no meio agrícola (BRITO et al., 2017).

Apesar de apresentar boa adaptação as condições edafoclimáticas de regiões semiáridas (GOES et al., 2020), o quiabeiro encontra limitações na sua produção, devido à baixa disponibilidade hídrica, ocasionada pelos longos períodos de estiagem e elevadas evapotranspirações nessas regiões (BRASIL, 2015).

A irrigação com águas salinas presente em poços cartesianos de propriedades locais, pode ser uma alternativa para garantir uma produção agrícola, porém o excesso de sais como Cl^- , Na^+ e B (RIBEIRO et al., 2016), fornecidos para a planta, ocasionam efeitos de natureza osmótica e iônica na maioria das espécies agricultáveis, sendo as hortaliças consideradas sensíveis aos efeitos dos sais na planta (LIMA et al., 2020). O efeito osmótico é caracterizado pela retenção de água no solo causada pela redução do potencial osmótico em virtude do acúmulo de sais; já

o iônico corresponde a toxidez de íons e competição pela absorção de nutrientes importantes para a planta, resultando em um desequilíbrio nutricional (PEREIRA et al., 2020).

Contudo, existem alternativas que podem mitigar tais efeitos, como a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio, que atua como sinalizador de estresse abiótico, para que a planta desenvolva mecanismos de defesa mesmo em condições adversas, como o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis responsáveis pelo ajustamento osmótico em plantas, entre outros efeitos (ANDRADE et al., 2018).

Com isto, objetivou-se com este avaliar o acúmulo de fitomassas do quiabeiro em função da irrigação com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG em Pombal, Paraíba. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5×3 , referente a cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m^{-1}) e três concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (0, 25 e 50 μM), com cinco repetições e uma planta por parcela. Os diferentes níveis salinos e concentrações de H_2O_2 foram determinados com base em trabalhos realizados por Soares et al. (2020) e Dantas et al. (2021), respectivamente.

Foi utilizada a cv. Clemson Americano 80, cuja semeadura foi realizada em bandeja de polietileno com 162 células, com capacidade de 50 ml; o substrato utilizado foi obtido pela mistura de solo, areia e esterco bovino curtido na proporção de 2:1:1, respectivamente. Aos 20 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o transplântio para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com 20 L de capacidade, os quais receberam uma camada de 3 cm de brita sob uma manta geotêxtil cobrindo a base do recipiente, para evitar a obstrução dos drenos pelo material de solo. Na base de cada recipiente, foi instalada uma mangueira de 15 mm de diâmetro, como dreno, acoplada a um recipiente plástico (2L) para coleta da água drenada. Em seguida, os vasos receberam 22 kg de um Neossolo Flúvico de textura Franco Arenoso. cuja as características químicas e físico-hídricas (Tabela 1) foram determinadas de acordo com Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

| Características químicas | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|--|---|---|------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------|
| pH H ₂ O) | MO. | P | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H ⁺ |
| (1:2,5) | g kg ⁻¹ | (mg kg ⁻¹) |cmol _c kg ⁻¹ | | | | | |
| 5,58 | 2,93 | 39,2 | 0,23 | 1,64 | 9,07 | 2,78 | 0,0 | 8,61 |
|Características químicas..... | | |Características físicas..... | | | | | |
| CEes | CTC | RAS | PST | Fração granulométrica (g kg ⁻¹) | | | Umidade (dag kg ⁻¹) | |
| (dS m ⁻¹) | cmol _c kg ⁻¹ | (mmol L ⁻¹) _{0,5} | % | Areia | Silte | Argila | 33,42 kPa ¹ | 1519,5 kPa ² |
| 2,15 | 22,33 | 0,67 | 7,34 | 572,7 | 100,7 | 326,6 | 25,91 | 12,96 |

pH – Potencial hidrogeniônico, 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⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; 1, 2 referente aos limites de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação foi realizada conforme recomendação de Novais et al. (1991). A irrigação foi determinada através do balanço hídrico, conforme os níveis salinos, acrescido de uma fração de lixiviação estimada em 15%, a cada 15 dias, a fim de minimizar o acúmulo de sais na zona radicular. As plantas receberam manualmente (borrifador), conforme tratamento, a aplicação exógena do peróxido de hidrogênio nas faces abaxial e adaxial, no intervalo de 15 dias após transplântio e 72 horas antes do início da aplicação dos níveis salinos, conforme seus respectivos tratamentos, totalizando três aplicações.

Aos 82 dias após o transplântio (DAT), as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caules e raízes e, posteriormente, foram levadas para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65°C, durante um período de 72 horas; posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g, obtendo-se a fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC) e de raiz (FSR), cujo somatório destas resultou na fitomassa seca da total (FST) e a relação raiz/parte aérea (R/PA).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ e nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se (Tabela 2) efeito significativo para a interação entre fatores níveis salinos e concentrações de peróxido (NS × H₂O₂) para fitomassa seca de caule (FSC), raízes (FSR), total (FST) e relação raiz / parte aérea (R/PA). A fitomassa seca das folhas foi influenciada, de maneira isolada, pelos níveis salinos (NS) e as concentrações de peróxido (H₂O₂).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raízes (FSR), total (FST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) do quiabeiro, cv. Clemson Americano 80, cultivado com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 82 DAT.

| Fontes de variação | GL | Quadrados médios | | | | |
|---|----|--------------------|---------------------|---------------------|------------|---------------------|
| | | FSF | FSC | FSR | FST | R/PA |
| Níveis salinos (NS) | 4 | 480,87** | 593,06** | 1163,05** | 6454,04** | 0,14** |
| Regressão Linear | 1 | 1911,16** | 2340,13** | 4608,83** | 25593,68** | 0,56** |
| Regressão Quadrática | 1 | 9,62 ^{ns} | 30,83* | 22,68 ^{ns} | 180,05* | 0,008 ^{ns} |
| Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) | 2 | 61,38** | 35,26 ^{ns} | 122,27** | 477,21** | 0,07** |
| Interação (NS × H ₂ O ₂) | 8 | 5,31 ^{ns} | 26,99** | 103,80** | 236,85** | 0,04** |
| Blocos | 4 | 4,40 ^{ns} | 4,19 ^{ns} | 13,87 ^{ns} | 38,05** | 0,004 ^{ns} |
| CV (%) | | 9,36 | 14,00 | 15,64 | 9,77 | 16,59 |
| Média | | 21,57 | 18,71 | 17,31 | 57,60 | 0,40 |

ns, *, **, respectivamente não significativos e significativo a $p < 0,05$ e $< 0,01$; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade.

A fitomassa seca de folhas do quiabeiro (FSF) apresentou decréscimo de 11,98% por incremento unitário da CEa. Comparando-se a FSF das plantas submetidas à CEa de 4,3 dS m⁻¹ em relação as que estavam sob irrigação com o menor nível de condutividade elétrica (0,3 dS m⁻¹), constata-se redução de 49,72% (14,27 g por planta) (Figura 1A). Esse é um reflexo do efeito osmótico que reduz a absorção de água pelas plantas sob condições de salinidade, ocasionando efeitos negativos na fotossíntese e expansão foliar (ROQUE et al., 2022).

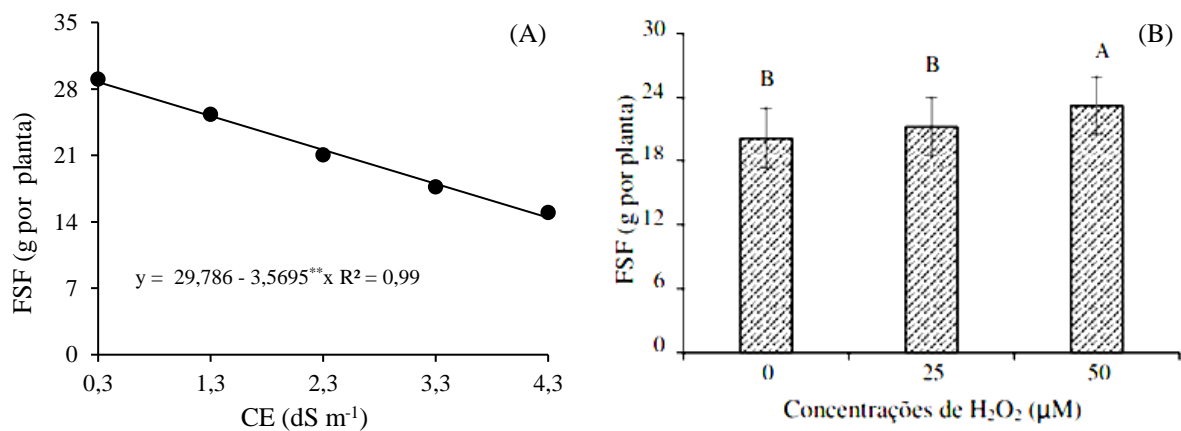


Figura 1. Fitomassa seca de folhas – FSF do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (B), aos 82 DAT.

A concentração de 50 μM de H₂O₂ proporcionou maior FSF, com média de 23,26 g por planta, na qual representa um aumento de 8,51 e 13,28% em relação as concentrações 0 e 25 μM, respectivamente (Figura 1B). Segundo Das Roychoudhury (2014), o H₂O₂ pode controlar diversos processos celulares atuando como um sinalizador do estresse, onde a planta acumula substâncias que atuam na redução das espécies reativas de oxigênio (ERO's), dependendo da sua concentração.

Observa-se que as plantas submetidas às concentrações de 0, 25 e 50 μM de H₂O₂ reduziram de forma linear o acúmulo de FSC, com declínios de 15,00, 16,31 e 11,15% por

incremento unitário da CEa, respectivamente (Figura 2A). Vale salientar que as plantas que receberam 50 μM de H_2O_2 apresentaram maior FSC, pois a aplicação de H_2O_2 em concentrações adequadas pode favorecer as plantas maior absorção de água e nutrientes, elevando o acúmulo de fotoassimilados (FAROUK & AMIRA, 2018).

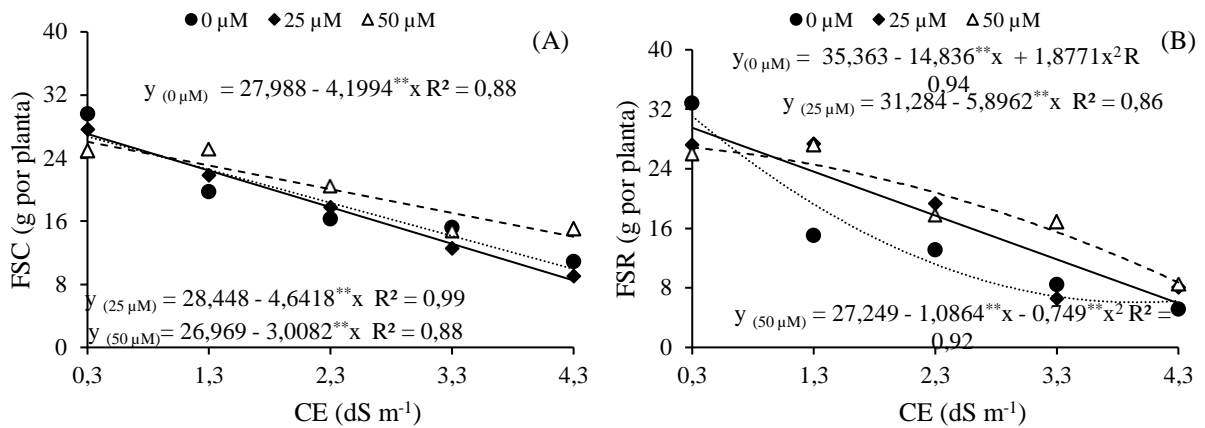


Figura 2. Fitomassa seca do caule – FSC (A) e de raízes – FSR (B) do quiabeiro, cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , aos 82 DAT.

A fitomassa seca de raízes (FSR) das plantas do quiabeiro apresentaram comportamento quadrático para aplicação exógena de H_2O_2 com a concentração de 50 μM e para as que não receberam H_2O_2 (0 μM) em função da condutividade elétrica da água de irrigação, atingindo valores máximos estimados de 30,74 e 26,85 g por planta, respectivamente, quando irrigados com CEa de 0,3 dS m^{-1} . Já as plantas que receberam aplicação exógena de 25 μM de H_2O_2 , a FSR diminuiu 18,84% por aumento unitário da CEa (Figura 2B). Para fitomassa seca total (FST) do quiabeiro, houve reduções de 16,9; 16,08 e 12,41% por aumento unitário da CEa nas concentrações de 0, 25 e 50 μM de H_2O_2 , respectivamente (Figura 3A). Esta redução da FSR em decorrência da salinidade estar relacionada a absorção dos íons Na^+ , Cl^- e B, causando toxidez nas plantas, gerando alterações no metabolismo vegetal e alocação de fotoassimilados (SÁ et al., 2013).

Observou-se que o quiabeiro cultivado sob aplicação foliar de 50 μM de H_2O_2 alcançou o valor máximo estimado para R/PA (0,498 g g^{-1}) sob salinidade da água de 1,3 dS m^{-1} e para as que não receberam aplicação de H_2O_2 , constata-se diminuição de 14,96% por incremento unitário da CEa (Figura 2B). O aumento na concentração de sais na água de irrigação altera o particionamento de fitomassa seca na planta, competindo pela distribuição de fotoassimilados entre a parte aérea e as raízes (PEREIRA et al., 2020).

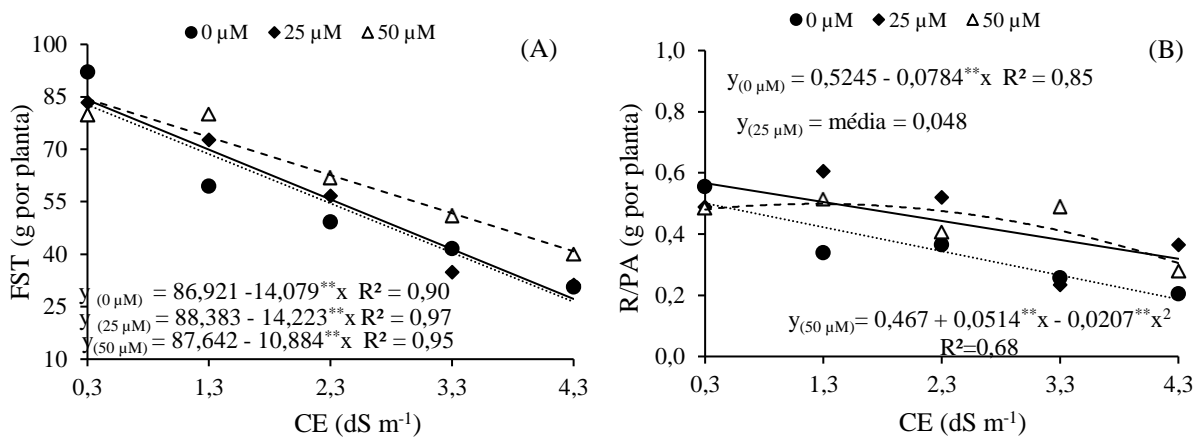


Figura 3. Fitomassa seca total – FST (A) e relação raiz/aérea- R/PA (B) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂, aos 82 DAT.

CONCLUSÕES

A fitomassa seca de folhas reduziu em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação até 4,3 dS m⁻¹.

A aplicação de 50 µM de H₂O₂ proporcionou maior acúmulo de fitomassa seca de folhas, independente da condutividade elétrica da água de irrigação.

A concentração de 50 µM de H₂O₂ associado a irrigação com água de maiores salinidades (3,3 e 4,3 dS m⁻¹), proporcionou maior fitomassa seca do caule, raízes e total em comparação as concentrações de 0 e 25 µM.

A relação raiz / parte aérea foi superior em plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 1,3 dS m⁻¹ e aplicação foliar de 50 µM de H₂O₂.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. A.; SOUZA, K. R. D. DE; SANTOS, M. DE O.; SILVA, D. M. DA; ALVES, J. D. Hydrogen peroxide promotes the tolerance of soybeans to waterlogging. **Scientia Horticulturae**, v. 232, n. 1, p. 40-45, 2018.

BRASIL. **ATLAS IRRIGAÇÃO: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2015. Acesso em: 16 mar 2023.

BRITO, M. M. DE; RIBEIRO, L. N.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. DOS. R. Desenvolvimento de bolo enriquecido com farinha de quiabo (*Hibiscus esculentus* L.). **Higiene Alimentar**, v. 31, n. 274/275, p. 125-129, 2017.

DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. DE; GHEY, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, L. DE A.; FERNANDES, P. D. Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous application of H₂O₂ in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, v. 12, n. 1, e.3464, 2021.

DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS - scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Environmental Science**, v. 2, n. 53, p. 1-13, 2014.

FAROUK, S.; AMIRA, M. S. A. Q. Enhancing seed quality and productivity as well as physiological responses of pea plants by folic acid and/or hydrogen peroxide application. **Scientia Horticulturae**, v. 240, n. 1, p. 29-37, 2018.

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.

GOES, G. F.; GUILHERME, J. M. DA S.; SALES, J. R. DA S.; SOUSA, G. G. DE. Ambiência agrícola e estresse salino em mudas de quiabo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 5, p. 3646-3655, 2020.

LIMA, F.; SOUSA, A. P. B.; LIMA, A. Propriedades nutricionais do maxixe e do quiabo. **Saúde em Foco**, v. 2, n. 1, p. 113-129, 2015.

LIMA, G. S. DE; LACERDA, C. N.; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, R. H. C. R. Production characteristics of sesame genotypes under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 490-499, 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: EmbrapaSEA. p. 189-253. 1991.

PEREIRA, E. G.; SARAIVA, A. G.; SILVA, C. S. R. DE A.; GOMES, L. B. E.; ALMEIDA, L. C. H. Alterações nos teores de metabólitos solúveis em plantas de arroz submetidas a estresse salino. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19612-19620, 2020.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES

FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, Cap.2. p. 9-15, 2016.

ROQUE, I. A.; SOARES, L. A. DOS A.; LIMA, G. S. DE.; LOPES, I. A. P.; SILVA, L. DE A.; FERNANDES, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 3, p. 686-696, 2022.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SILVA, S. N. DA; OLIVEIRA, K. C. L. DE; BARCELOS, A. I. H.; GUEDES, S. F. Produtividade e análises físico-químicas do quiabeiro em diferentes tipos de coberturas em sistema agroecológico. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 12, p. 204-212, 2021.

SOARES, L. A. DOS A.; SILVA, R. G. DA; LIMA, G. S. DE; SALES, G. N. B.; COSTA, F. B. DA.; NETA, A. M. DE S. S.; MOREIRA, R. C. L.; GOMES, J. P. Preservation by lactic fermentation and physicochemical characterization of okra produced under water salinity and potassium fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2495-2508, 2020.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa. 573, p. 2017.