



CRESCIMENTO DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA IRRIGADAS COM REJEITO SALINO SOB DOSES DE NPK

Francisco Vanies da Silva Sá¹, Salvador Barros Torres², Francisca das Chagas de Oliveira³, Tayd Dayvison Custódio Peixoto⁴, Bronisson Candido da Silva⁵, Carlos Eduardo Alves de Oliveira⁵

RESUMO: A baixa disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação em regiões semiáridas induz ao emprego de fontes alternativas de águas de qualidades inferior. Assim, objetivou-se avaliar a morfofisiologia de mudas de gravioleira submetidas à irrigação com rejeito salino e de doses de NPK. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas águas de irrigação (água de abastecimento local ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) e rejeito salino ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$)) e cinco doses de NPK (25%; 50%; 75% e 100%; 125% da recomendação de adubação $100:300:150 \text{ mg dm}^{-3}$ de $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$), com quatro repetições. As mudas foram avaliadas quanto ao crescimento e acúmulo de biomassa. O uso de uma adubação adequada para gravioleira irrigada com rejeito salino aumentou o crescimento das mudas. Mudas de gravioleira respondem diferentemente à adubação com NPK quando são irrigadas com água de abastecimento e com rejeito salino. A recomendação de adubação com NPK para mudas de gravioleira irrigadas com água de baixa salinidade é $95:285:143 \text{ mg dm}^{-3}$ de $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$, equivalente a 95% da recomendação inicial. A recomendação de adubação com NPK para mudas de gravioleira irrigadas com rejeito salino é $54:162:81 \text{ mg dm}^{-3}$ de $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$, equivalente a 54% da recomendação inicial.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona muricata* (L.), estresse salino, nutrição de plantas.

¹ Prof. Doutor, Departamento de Ciências Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Catolé do Rocha, PB.

² Prof. Doutor, Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Mossoró, RN

³ Tecnóloga em Agroecologia, Mestranda em Manejo de Solo e Água, UFRSA, Mossoró, RN. Fone: (84) 99990-8165. E-mail: franoliveira1-@hotmail.com

⁴ Bolsista de Pós-Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, UFRSA, Mossoró, RN

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, Mossoró, RN

GROWTH OF SOURSOP SEEDLINGS IRRIGATED WITH SALINE WASTE UNDER NPK DOSES

ABSTRACT: The low availability of good quality water for irrigation in semi-arid regions leads to the use of alternative sources of water of inferior quality. Thus, the objective was to evaluate the morphophysiology of soursop seedlings submitted to irrigation with saline waste and NPK doses. The experiment was carried out in a greenhouse, in a randomized block design, in a 2 x 5 factorial scheme, with two irrigation waters (local supply water (0.5 dS m^{-1}) and saline waste (3.5 dS m^{-1})) and five doses of NPK (25%; 50%; 75% and 100%; 125% of the fertilizer recommendation $100:300:150 \text{ mg dm}^{-3}$ of $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$), with four replications. The seedlings were evaluated for growth and biomass accumulation. The use of an appropriate fertilizer for soursop irrigated with saline waste increased seedling growth. Soursop seedlings respond differently to NPK fertilization when they are irrigated with supply water and with saline waste. The recommendation for NPK fertilization for soursop seedlings irrigated with low salinity water is $95:285:143 \text{ mg dm}^{-3}$ of $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$. The recommendation for NPK fertilization for soursop seedlings irrigated with saline waste is $54:162:81 \text{ mg dm}^{-3}$ of $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$.

KEYWORDS: *Annona muricata* (L.), salt stress, plant nutrition.

INTRODUÇÃO

A gravioleira é bastante cultivada na região nordeste do Brasil, principalmente na região semiárida, que enfrenta sérios problemas devido à irrigação com água salina (CAVALCANTE et al., 2001; NOBRE et al., 2003; SILVA et al., 2018). O semiárido brasileiro, além de enfrentar problemas de escassez quantitativa dos recursos hídricos, devido à baixa pluviosidade e secas rotineiras, enfrenta problemas de ordem qualitativa devido à elevada concentração de sais presentes na água (ALMEIDA & FRISCHKORN, 2015). Apesar da adoção de técnicas de dessalinização da água salobra como a osmose reversa, que viabiliza o acesso à água potável em comunidades rurais, um ponto negativo é a geração de um rejeito salino com alto potencial de degradação dos solos, porém esses danos podem ser minimizados quando esse rejeito é usado de forma adequada na agricultura (DIAS et al., 2021; SILVA et al., 2022). No semiárido brasileiro, também são comumente constatados solos salinos e sódicos formados por ações de origem primária e ações antrópicas, que diminuem o crescimento das culturas (SÁ et al. 2015). As fases subsequentes de crescimento e desenvolvimento das culturas também são

prejudicadas. Após o desenvolvimento radicular, a presença de íons é percebida pelas raízes, que emitem sinais e ativam o sistema de defesa das plantas. Essa percepção no sistema radicular culmina em alterações nas relações hídricas nas células vegetais, reduzindo-a (SILVA et al., 2019), assim como na diminuição das trocas gasosas (SÁ et al., 2019). Neste sentido, a hipótese da pesquisa de é que o crescimento vegetativo é afetado pela irrigação com rejeito salino. Com isso, objetivou-se avaliar a ecofisiologia de mudas de graviola submetidas à irrigação com rejeito salino em função de doses de NPK.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em Mossoró - RN. No período de condução do experimento, foram registradas as temperaturas máximas e mínimas de 44,3 e 20,3 °C, e umidades relativas máximas e mínimas de 87 e 23%, respectivamente. A pesquisa foi conduzida em delineamento de blocos casualizado (DBC), com quatro repetições e duas mudas por repetição. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator constituído de duas águas de irrigação (água de abastecimento local (controle) e rejeito de dessalinizadores de osmose reversa), ao passo que o segundo fator corresponde às cinco proporções de NPK (25; 50; 75; 100; 125% da recomendação de adubação de 100:300:150 mg dm⁻³ de N:P₂O₅:K₂O). O solo utilizado foi um Latossolo coletado de uma área virgem da Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA, distrito de Alagoinha, Mossoró - RN. As amostras de solos foram coletadas na camada de 0,0 - 30,0 cm, destorroadas, peneiradas (4 mm) e caracterizadas quanto aos atributos físicos e químicos seguindo metodologia da EMBRAPA (2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado no experimento.

pH	MO (%)	P ----(mg dm ⁻³)---	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ----- (cmol _c dm ⁻³) -----	CTC	V --- % ---	PST
5,3	1,7	2,1	54,2	21,6	2,7	0,9	0,0	1,8	5,6	68	2,0
CEes	Ds	Areia			Silte			Argila			
dS m ⁻¹	kg dm ⁻³	----- (g kg ⁻¹) -----									
0,1	1,6	820			30			150			

MO - Matéria orgânica; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; Ds - Densidade do solo.

As águas de irrigação foram coletadas e armazenadas em recipientes plásticos de 150 L, água de abastecimento local (CEa = 0,5 dS m⁻¹) e rejeito de dessalinizadores de osmose reversa de uma comunidade rural do município de Mossoró (Tabela 2). A condutividade elétrica (CE) do rejeito de dessalinizadores foi igualada à CE de 3,5 dS m⁻¹, misturando-a com água de

abastecimento local, sendo esta condutividade elétrica crítica para gravioleira na fase de mudas (PASSOS et al., 2005).

Tabela 2. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas de gravioleira.

Fontes hídricas	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
	H ₂ O	dS m ⁻¹	-----mmol _c L ⁻¹ -----							(mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}
1	7,8	0,5	0,3	6,6	0,3	1,1	2,6	0,2	2,8	7,9
2	8,1	3,5	0,4	19,4	5,7	8,8	30,8	0,6	2,3	7,2

Fonte hídrica 1 - água de abastecimento; Fonte hídrica 2 - rejeito salino; RAS - Razão de adsorção de sódio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre águas de irrigação e doses de NPK foi significativa para altura de planta ($p < 0,001$), diâmetro do caule ($p < 0,01$), número de folhas ($p < 0,05$), comprimento da raiz ($p < 0,05$) e massa seca da parte aérea ($p < 0,001$) das mudas de gravioleira. Para massa seca da raiz das mudas de gravioleira, houve efeito significativo dos fatores isolados águas de irrigação ($p < 0,001$) e doses de NPK ($p < 0,01$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo do teste F e teste de médias para altura de planta (AP, em cm), diâmetro do caule (DC, em mm), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR, em cm), massa seca da parte aérea (MSPA, em g) e massa seca da raiz (MSR, em g) de mudas de gravioleira sob irrigação com rejeito salino e doses de NPK, aos 90 dias após a semeadura.

Teste F (Pr > Fc)						
Fontes de variação	AP	DC	NF	CR	MSPA	MSR
Bloco	0,8178	0,0353	0,1545	0,4747	0,6230	0,9921
Águas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
Doses de NPK	0,0000	0,0076	0,0093	0,0363	0,0000	0,0079
Águas x Doses de NPK	0,0000	0,0083	0,0318	0,0265	0,0001	0,1682
Teste 't' Student ($p < 0,05$)						
Tratamentos	AP	DC	NF	CR	MSPA	MSR
Água de abastecimento	27,63 a	4,13 a	12,60 a	21,21 a	1,67 a	0,55 a
Rejeito salino	17,69 b	3,51 b	9,00 b	17,32 b	0,73 b	0,27 b

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste 't' Student a 0,05 de probabilidade.

Os melhores resultados de altura, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea das mudas de gravioleira nessas condições ocorreram na dose média de 95% da recomendação de NPK, que corresponde a 95:285:143 mg dm⁻³ de N:P₂O₅:K₂O. Os melhores resultados de altura, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea para as mudas de gravioleira irrigadas com rejeito salino ocorreram na dose média de 54% da recomendação de NPK, que corresponde a 54:162:81 mg dm⁻³ de N:P₂O₅:K₂O. A dose obtida para o maior crescimento das mudas está próxima à obtida para os maiores acúmulos de nitrogênio, fósforo e potássio, que ocorreram na dose média de 96,5% da recomendação de NPK. Doses superiores a essa causaram reduções no crescimento da gravioleira devido ao aumento da salinidade do solo, em virtude do incremento

excessivo de fertilizantes. O estresse salino ocasiona restrições osmóticas e iônicas nas plantas porque altas concentrações de sais solúveis causam alterações do potencial osmótico solo, impedindo que a planta absorva água (GUPTA & HUANG, 2014; WAN et al., 2017).

A altura da gravioleira foi maior nas mudas irrigadas com água de abastecimento do que naquelas irrigadas com rejeito salino em todas as doses de NPK. A maior altura da gravioleira irrigada com água de abastecimento foi de 29,60 cm na dose 85,56% de NPK. A maior altura da gravioleira irrigada com rejeito salino foi de 20,76 cm na dose 53,38% de NPK.

O diâmetro do caule (DC) da gravioleira foi maior nas mudas irrigadas com água de abastecimento do que naquelas irrigadas com rejeito salino apenas nas doses de 75, 100 e 125% de NPK. O maior DC da gravioleira irrigada com água de abastecimento foi de 4,40 mm na dose 103,50% de NPK. O maior DC da gravioleira irrigada com rejeito salino foi de 3,69 mm na dose 43,33% de NPK. Considerando os melhores resultados de DC da gravioleira, as plantas irrigadas com rejeito salino reduziram em 16,14% na comparação à água de abastecimento.

O número de folhas (NF) da gravioleira foi maior nas mudas irrigadas com água de abastecimento do que nas irrigadas com rejeito salino nas doses de 75, 100 e 125% de NPK. Para o NF da gravioleira irrigada com água de abastecimento, não houve ajuste dos modelos de regressão testados, com média de 12,6 folhas por planta considerando todas as doses de NPK.

O maior e o menor NF da gravioleira irrigada com água de abastecimento foram de 13,25 e 11,50 folhas em média nas doses 50 e 25% de NPK, respectivamente.

O maior NF da gravioleira irrigada com rejeito salino foi de 10,55 folhas em média, na dose 54,36% de NPK. Considerando os melhores resultados de NF da gravioleira, as plantas irrigadas com rejeito salino reduziram em 22,14%, na comparação à água de abastecimento.

O comprimento da raiz principal (CR) da gravioleira foi maior nas mudas irrigadas com água de abastecimento em comparação às irrigadas com rejeito salino apenas nas doses de 100 e 125% de NPK. Para o CR da gravioleira irrigada com água de abastecimento, não houve ajuste dos modelos de regressão testados, com média de 21,21 cm considerando todas as doses de NPK. A maior e o menor CR da gravioleira irrigada com água de abastecimento foram de 22,58 e 20,00 cm nas doses 100 e 50% de NPK, respectivamente. O CR da gravioleira irrigada com rejeito salino teve comportamento linear decrescente, o maior e o menor valor, 21,44 e 13,20 cm, foram registrados nas doses de 25 e 125%, correspondendo a um decréscimo de 38,43% entre eles. Comparando os melhores resultados de CR da gravioleira, as plantas irrigadas com rejeito salino reduziram em 5,05% na comparação à água de abastecimento.

A massa seca da parte aérea (MSPA) da gravioleira foi maior nas mudas irrigadas com água de abastecimento do que nas irrigadas com rejeito salino em todas as doses de NPK. A

maior MSPA da gravioleira irrigada com água de abastecimento foi de 2,13 g planta⁻¹ na dose 95,50% de NPK. A maior MSPA da gravioleira irrigada com rejeito salino foi de 0,99 g planta⁻¹ na dose 63,75% de NPK. Observando os melhores resultados de MSPA da gravioleira, as plantas irrigadas com rejeito salino reduziram em 53,52%, na comparação à água de abastecimento.

A massa seca da raiz (MSR) da gravioleira irrigada com rejeito salino diminuiu 50,91% em comparação às mudas irrigadas com água de abastecimento, independentemente da dose de NPK (Tabela 5). A melhor dose de NPK para a MSR das mudas de gravioleira foi de 48,33%, obtendo-se média de 0,46 g planta⁻¹, independentemente da água de irrigação utilizada.

A perda de crescimento, mesmo considerando os melhores resultados da adubação, foi da ordem de 29,9% para altura de planta, 16,14% para diâmetro do caule e 53,52% da massa seca da parte aérea das mudas irrigadas com rejeito salino em comparação com mudas irrigadas com água de abastecimento.

Na dose de 54% da recomendação de NPK, as mudas de gravioleira absorveram sais de forma mais seletiva, mantendo a relação sódio/potássio abaixo de 0,6, nível crítico para funcionamento de tecidos fotossintéticos (ANDRADE et al., 2018; SÁ et al., 2020; 2021). Além disso, com absorção de íons a planta manteve a salinidade do solo em 3,8 dS m⁻¹, nível que não foi crítico para as plantas cultivadas sob irrigação com água de abastecimento.

Esses resultados comprovam a hipótese de que plantas submetidas à irrigação com rejeito salino requerem menos nutrientes do que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade. Isso ocorre devido ao menor crescimento das mudas em condições de estresse salino severo (PASSOS et al., 2005).

CONCLUSÕES

A recomendação de adubação com NPK para mudas de gravioleira irrigadas com água de baixa salinidade é de 95:285:143 mg dm⁻³ de N:P₂O₅:K₂O, equivalente a 95% da recomendação inicial. A recomendação de adubação com NPK para mudas de gravioleira irrigadas com rejeito salino é de 54:162:81 mg dm⁻³ de N:P₂O₅:K₂O, equivalente a 54% da recomendação inicial. O uso de uma adubação adequada para gravioleira irrigada com rejeito salino melhora o crescimento das mudas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de Bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. R. F.; FRISCHKORN, H. Salinization mechanisms of a small alluvial aquifer in the semiarid region of northeast Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 643-649, 2015.

ANDRADE, F. H. A.; PEREIRA, W. E.; MORAIS, R, R.; SILVA, A. F.; BARBOSA NETO, M. A. Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 190-199, 2018.

CAVALCANTE, L. F.; CARVALHO, S. S.; LIMA, E. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SILVA, D. A. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 455-459, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **Int J Genomics**, v. 2014, n. 701596, 2014.

LIANG, W.; MA, X.; WAN, P.; LIU, L. Plant salt-tolerance mechanism: A review. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 495, n. 1, p. 286-291, 2018.

PASSOS, V. M.; SANTANA, N. O.; GAMA, F. C.; OLIVEIRA, J. G.; AZEVEDO, R. A.; VITÓRIA, A. P. Growth and ion uptake in *Annona muricata* and *A. squamosa* subjected to salt stress. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 2, p. 285-288, 2005.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; FERREIRA NETO, M.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L. Cultivation of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen proportions. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 395-406, 2020.

SÁ, F. V. S.; GUEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 1, p. 211-221, 2019.

SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; COSTA, J. D.; ARAÚJO, J. L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **IRRIGA**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.

SÁ, F. V. S.; SILVA, I. E.; FERREIRA NETO, M.; LIMA, Y. B.; PAIVA, E. P.; GHEYI, H. R. Phosphorus doses alter the ionic homeostasis of cowpea irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 372-379, 2021.

SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; SOUSA, L. 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.

SILVA, H. A.; OLIEVIRA, D. F. A.; AVELINO, A. P.; MACEDO, C. E. C.; BARROS GALVÃO, T.; VOIGT, E. L. Salt stress differentially regulates mobilisation of carbon and nitrogen reserves during seedling establishment of *Pityrocarpa moniliformis*. **Plant Biology**, v. 21, n. 6, p. 1110–1118, 2019.

SILVA, J. S.; DIAS, N. S.; JALES, G. D.; REGES, L. B. L.; FREITAS, J. M. C.; UMBELINO, B. F.; ALVES, T. R. C.; SILVA, A. A.; FERNANDES, C.S.; PAIVA, E. P.; MORAIS, P. L. D.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B.; FERREIRA NETO, M.; FERNANDES, P. D.; SÁ, F. V. S. Physiological responses and production of mini-watermelon irrigated with reject brine in hydroponic cultivation with substrates. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 11116-11129, 2022.