

MORFOLOGIA E VIGOR VEGETATIVO DE ACEROLEIRA SOB COMBINAÇÕES DE NITROGÊNIO/POTÁSSIO E ESTRESSE SALINO¹

Evandro Manoel da Silva², Hans Raj Gheyi³, Reginaldo Gomes Nobre⁴, Valeska Karolini Nunes Oliveira⁵, Elcimar Lopes da Silva⁵, Cristiane Milenne Alves de Souza⁵

RESUMO: Objetivou-se com o trabalho estudar o efeito de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre a morfologia e vigor vegetativo de plantas de aceroleira submetido ao estresse salino da água de irrigação, no primeiro ano de cultivo. O experimento foi desenvolvido em campo no CCTA da UFCG, Pombal-Pb, usando vasos de 60 L adaptados como lisímetros, em delineamento em blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 4, correspondentes à duas salinidades da água de irrigação (CEa): 0,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada e potássica: C1= 70:50; C2= 100:75; C3= 130:100 e C4= 160:125% de N e K₂O, respectivamente, da dose recomendada para aceroleira, com três repetições e uma planta por parcela. As variáveis foram analisadas aos 540 dias após transplante. A irrigação com CEa de 4,3 dS m⁻¹ afeta a morfologia e o vigor vegetativo das plantas, reduzindo o diâmetro de caule e da copa em 16,25% e o índice de vigor vegetativo em 10%. As plantas adubadas com 70:50% de N e K₂O, obtiveram maior diâmetro de caule, de ramos e altura de plantas. A interação entre as salinidades da água e as combinações de adubação não foi significativa sobre a morfologia e o vigor vegetativo das plantas de aceroleira.

PALAVRAS-CHAVE: *Malpighia emarginata* D. C., salinidade, adubação.

MORPHOLOGY AND VEGETABLE VIGOR OF WEST INDIAN CHERRY UNDER NITROGEN/POTASSIUM COMBINATIONS AND SALT STRESS

ABSTRACT: This research aimed to study the effect of different combinations of nitrogen and potassium fertilization on the morphology and vegetative vigor of plants of West Indian

¹ Parte do trabalho de Tese do primeiro autor.

² Doutorando em Eng. Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB, CEP 58429-900. Fone: (83) 981161622. Email: evandroagroman@hotmail.com.

³ Prof. Doutor Visitante Nacional Sênior, Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas, BA

⁴ Prof. Doutor, Departamento de Ciências e Tecnologia, UFERSA, Caraubas, RN.

⁵ Acadêmicos de Agronomia, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB.

cherry subjected to saline stress in irrigation water, in the first year of cultivation. The experiment was conducted in the field at CCTA of UFCG, Pombal-Pb, using 60 L vessels adapted as lysimeters, in a randomized block design and 2 x 4 factorial scheme, corresponding to two irrigation water salinities (EC_w): 0.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of nitrogen and potassium fertilization: C1= 70:50; C2= 100:75; C3= 130:100 and C4= 160:125% of N and K₂O, respectively, of the recommended dose for West Indian cherry, with three replicates and one plant per plot. The variables were analyzed at 540 days after transplantation. The irrigation with EC_w of 4.3 dS m⁻¹ affect the morphology and the vegetative vigor of the plants, reducing the diameter of stem and canopy in 16.25% and the vegetative vigor index in 10%. The plants fertilized with 70:50% of N and K₂O obtained greater diameter of stem, branches and height of plants. The interaction between water salinities and fertilization combinations was not significant on the morphology and vegetative vigor of the West Indian cherry plants.

KEYWORDS: *Malpighia emarginata* D. C., salinity, fertilization.

INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C) é amplamente cultivada na região semiárida do Nordeste do Brasil devido a adaptação edafoclimática e a valorização no mercado de seu fruto rico em vitamina C (Esashika et al., 2013). Estima-se que a área cultivada no Brasil seja de 7.200 ha, com produção de 150 mil toneladas por ano, sendo 64% da produção concentrada na região Nordeste, entre os estados de Pernambuco, Bahia, Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Piauí (Calgaro & Braga, 2012).

Todavia, a instabilidade das condições climáticas tem contruído para redução do volume de água dos mananciais nesta região, impulsionando o uso de água com alta concentração de sais na irrigação (Medeiros et al., 2003); que está entre os principais fatores que mais dificultam o crescimento e a produção de espécies agrícolas no semiárido do nordeste do Brasil, devido os efeitos estresse salino (Lima et al., 2019).

Esses efeitos negativos são decorrentes da redução do potencial osmótico da solução do solo, desequilíbrio nutricional e distúrbios metabólicos, ambos causados por alta concentração de íons tóxicos no protoplasma, especialmente Na⁺ e Cl⁻ (Flowers et al., 2014).

Assim, é necessário o desenvolvimento de estratégias que permitam, de maneira viável, o uso destas águas na irrigação das culturas onde prevalece a escassez hídrica. Dentre elas,

pode-se destacar o manejo da adubação com nitrogênio e potássio, haja vista que além de serem os macronutrientes mais requeridos pela aceroleira (Ferreira, 2014), estão envolvidos nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, podendo atuar como mitigadores do estresse salino, com resposta positiva sobre o crescimento e produção das culturas (Taiz et al., 2017).

Alguns estudos tem mostrado a importância do potássio (Lima et al., 2019) e de proporções de nitrogênio e fósforo na atenuação do estresse salino sobre a morfologia, a fisiologia e produção da aceroleira (Sá et al., 2019), porém os estudos ainda são incipientes na análise de combinação de proporções de doses de N e K (Alvarenga et al., 2019), utilizadas na adubação desta fruteira na região semiárida do nordeste do Brasil (Cavalcanti, 2008).

Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre a morfologia e o vigor vegetativo de plantas de aceroleira submetido ao estresse salino da água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em campo, sob lisímetros de 60 L, em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal-PB. As coordenadas geográficas de referência do local são 6°48'16" Sul, 37°49'15" Oeste e altitude média de 144 m. Segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh, semiárido quente, temperatura média de 28°C, precipitações pluviométricas em torno de 750 mm ano⁻¹ e evaporação de 2000 mm (Inmet, 2018).

Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, correspondentes à duas salinidades da água de irrigação (CEa): 0,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada e potássica: C1= 70:50; C2= 100:75; C3= 130:100 e C4= 160:125% de N e K₂O, respectivamente, da dose recomendada para aceroleira, com três repetições e uma planta por parcela constituída de um lisímetro de 60 L.

A água de CEa de 4,3 dS m⁻¹ foi preparada a partir de água de 0,3 dS m⁻¹, adicionando-se quantidades de sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, que está presente nas principais fontes de água para irrigação na Região Semiárida do Nordeste brasileiro, obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mmolc L⁻¹ = CE x 10) (Rhoades et al., 1992).

As combinações de adubação adotadas, conforme recomendação de Cavalcanti (2008), foi de 100 g de N e 80 g de K₂O por planta por ano (365 dias), equivalentes às doses dos tratamentos de 100% de N e K₂O, respectivamente. Planejou-se a aplicação das doses em intervalo de 15 dias durante o experimento. Nesse caso, como o período de realização do estudo foi de 540 dias após o transplântio (DAT), foram feitas 36 aplicações de N e K₂O, em partes iguais a cada 15 dias, resultando no total de 240 g de N e 192 g de K₂O por planta, correspondente às doses de 100% de nitrogênio e potássio aplicadas, utilizando ureia e KCl como fontes de N e K.

A adubação fosfatada foi feita aplicando-se 20 g de P₂O₅ por planta para o primeiro ano de cultivo, utilizando superfosfato simples que foi misturado ao solo do lisímetro (Cavalcanti, 2008). Entre 365 e 540 dias, a adubação com fósforo foi feita em cobertura, aplicando-se 10 g de P₂O₅ por planta, parcelada em 12 aplicações em partes iguais, em intervalo de 15 dias, utilizando monoamônio fosfato - MAP (61% P₂O₅ e 12% de N). A quantidade de N aplicado através do MAP foi subtraída das doses dos tratamentos com adubação nitrogenada.

A aplicação das combinações de adubação teve início aos 20 DAT, realizadas em cobertura pelo método convencional no primeiro ano, e no segundo ano, via água de irrigação de CEa de 0,3 dS m⁻¹ para todos tratamentos. Aos 41 DAT iniciou-se a irrigação com água de CEa de 4,3 dS m⁻¹, baseado no princípio da lisimetria de drenagem e acrescida uma fração de lixiviação de 0,15 com água do tratamento.

Os lisímetros de drenagem receberam 56 L de solo para o plantio das mudas, cujos atributos físicos e químicos do solo (Tabela 1) foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da UFCG. Na base dos lisímetros foi instalado um sistema de drenagem composto por uma camada de 3,0 cm de brita n° 1; 2,0 cm de areia lavada e um dreno com diâmetro de 1/2” acoplado a um recipiente para coleta da água drenada.

Estudou-se a cv. Flor Branca enxertada sobre porta-enxerto da cv. Junco. As mudas foram transplantadas aos 120 dias após a enxertia para os lisímetros suspensos sob tijolos cerâmicos a altura de 0,4 m do solo e espaçados no campo a 1,8 x 2,0 m.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento, coletado na camada de 0-20 cm no Lote 14, Setor I, do perímetro irrigado das Várzeas de Sousa-PB.

Classificação textural		Passimilável (mg dm ⁻³)					Complexo sortivo (cmol _c dm ⁻³)				
FA	Da (kg dm ⁻³)	Pt	M.O (%)	N		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	
	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00	
Extrato de saturação											
pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Us (%)	
		----- (mmol _c L ⁻¹) -----									

7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		PST		Salinidade		Classe de solo				
3,80		2,48		Não salino		Normal				

FA – Franco arenoso; Da - Densidade aparente; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS- Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraído com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraído com extrator KCl 1,0 M a pH; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc; M.O: digestão Úmida Walkley-Black.

As variáveis de morfologia das plantas foram avaliadas aos 540 DAT através do diâmetro do caule do enxerto (DCE), do porta-enxerto (DCPE) e de ramos primários (DRP), altura de plantas (AP) e o diâmetro da copa (DCopa). Com base nas variáveis morfológicas, determinou-se o índice de vigor vegetativo (IVV) das plantas aos 540 DAT.

Mediu-se o DCE a 2,0 cm a partir do colo da planta, o DCPE a 4,0 cm acima do ponto da enxertia e o DRP a 2,0 cm a partir do ponto de ligação do ramo com o caule da planta, utilizando um paquímetro digital. Já a AP foi medida do solo até o ápice da planta, em sentido vertical, de posse de uma trena milimetrada. O DCopa foi calculado pela média do diâmetro da copa na direção da linha (DL) e da entrelinha (DE); o VCopa a partir da AP, DL e DE, utilizando-se a seguinte fórmula: $VCopa = (\pi/6) \times AP \times DL \times DE$ (Zekri et al. 2003) e, o IVV foi determinado de acordo com Bordignon et al. (2003): $IVV = [AP + DCopa + (DCE \times 10)]/100$.

Os dados foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e as médias pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa de análise estatística de dados SISVAR/versão 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre as salinidades da água e as combinações de adubação NK sobre a morfologia e o índice de vigor vegetativo das plantas de aceroleira. Todavia, ocorreu efeito significativo isolado ($P < 0,05$) das salinidades para todas as variáveis analisadas e, das combinações de adubação sobre o diâmetro de caule do enxerto, do porta-enxerto, de ramos primários e altura de plantas.

Observa-se na Tabela 2 que o DCE, DCPE, DRP, AP, DCopa, Vcopa e IVV, diferiram estatisticamente com uso das diferentes salinidades da água, sendo que foram evidenciadas diminuições de 20,03; 14,32; 12,43; 12,31%; 12,19; 26,13 e 10,00%, respectivamente, sobre

estas variáveis, nas plantas irrigadas com água de salinidade de 4,3 dS m⁻¹, comparada às que receberam CEa de 0,3 dS m⁻¹.

Tabela 2. Diâmetro de caule do enxerto (DCE), diâmetro de caule do porta-enxerto (DCP), diâmetro de ramos primários (DRP), altura de plantas (AP), diâmetro da copa (DCopa), volume da copa (VCopa) e índice de vigor vegetativo (IVV) de plantas e aceroleira irrigada com água de diferentes salinidades da água de irrigação e adubada com distintas combinações de doses de nitrogênio e potássio aos 550 DAT.

Salinidade (dS m ⁻¹)	DCE	DCPE	DRP	AP	DCopa	VCopa	IVV
	-----mm-----			-----m-----		m ³	-
0,3	26,65 a	21,78 a	13,19 a	1,30 a	1,23 a	0,88 a	2,60 a
4,3	21,31 b	18,66 b	11,55 b	1,14 b	1,08 b	0,65 b	2,34 b
CV (%)	4,83	7,29	9,21	9,67	9,84	26,49	7,74
Combinação de N e K							
C1	25,81 a	21,71 a	13,61 a	1,33 a	1,20 a	0,83 a	2,53 a
C2	24,38 ab	20,50 a	12,47 ab	1,26 ab	1,16 a	0,81 a	2,52 a
C3	23,77 bc	21,31 a	12,04 ab	1,17 ab	1,15 a	0,74 a	2,45 a
C4	21,95 c	17,35 b	11,35 b	1,11 b	1,11 a	0,67 a	2,36 a
CV (%)	4,83	7,29	9,21	9,67	9,84	26,49	7,74

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5%, pelo teste Tukey. C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O; CV = Coeficiente de Variação.

A redução do diâmetro de caule e de ramos pode ter sido resultante de instabilidade na homeostase iônica, que resultou na diminuição da absorção de Ca²⁺ através de competição iônica com o sódio, ou do deslocamento deste nutriente dos sítios de ligação da parede celular, principalmente dos tecidos meristemáticos deste órgão, provocado pelo excesso de Na⁺, assim, reduzindo a reticulação de pectina, e subsequentemente, o alongamento e divisão celular (Byrt et al., 2018). Ferreira et al. (2001) observaram que o estresse salino causou diminuição do crescimento de plantas de goiabeira, estando associado à diminuições nos teores de Ca²⁺ e aumento no nível de Na⁺ em folhas, caule e raízes.

Semelhantemente, Alvarenga et al. (2019) observaram diminuições do diâmetro de caule abaixo da enxertia e de ramos de plantas aceroleira cv. Flor Branca, com aumento da CEa (0,3 a 4,3 dS m⁻¹), aos 200 dias após o transplântio. Efeitos deletérios do estresse salino também foram evidenciados sobre o crescimento do diâmetro de caule do porta-enxerto e enxerto de aceroleira BRS Jaburu aos 185 (Sá et al., 2019) e 515 dias após o transplântio (Lima et al., 2019), pela irrigação com CEa variando de 2,2 e 3,8 dS m⁻¹.

A diminuição da AP, DCopa e VCopa está relacionada com a redução do crescimento dos ramos na parte aérea devido desbalanço nutricional e aos efeitos osmóticos causados pela salinidade, que geralmente provocam restrição na absorção e transporte de água na planta, causando rápida e intensa redução da taxa de crescimento, associada com a diminuição na expansão da parede celular, devido à diminuição da pressão de turgescência (Munns & Tester, 2008; Flowers et al., 2014). Provavelmente, o decréscimo no IVV foi decorrente da redução

DCopa, AP e DCE, haja vista que o índice de vigor vegetativo das plantas, é preconizado pelas variáveis de crescimento da copa e do diâmetro de caule do enxerto (Bordignon et al., 2003).

Quanto às combinações de adubação NK, observa-se de maneira geral (Tabela 2), que o DCE, DCPE, DRP, AP obtiveram os maiores valores, principalmente, quando as plantas foram adubadas com a combinação C1. Possivelmente, está combinação de N e K ter proporcionado maior equilíbrio nutricional, resultando em melhores condições para atividades fisiológicas e bioquímicas (Taiz et al., 2017), e conseqüentemente, promovendo maior crescimento das plantas em diâmetro e altura da copa. Tal fenômeno também foi averiguado por Alvarenga et al. (2019) na utilização desta combinação de nitrogênio e potássio, que resultou em maior de diâmetro de caule abaixo, no ponto e acima da enxertia, bem como diâmetro e comprimento de ramos primários, aos 200 dias após o transplântio.

Para tanto, vê-se (Tabela 2) que as diferentes combinações de adubação não afetaram o DCopa, VCopa e o IVV, possivelmente devido à resposta lenta das plantas à adubação, após a poda de correção da copa realizada aos 340 dias após o transplântio.

CONCLUSÕES

Não houve interação significativa entre as salinidades da água e as combinações de adubação sobre a morfologia e o vigor vegetativa das plantas de aceroleira.

A irrigação com salinidade da água de 4,3 dS m⁻¹ comprometeu a morfologia e o vigor vegetativo das plantas, reduzindo o diâmetro do caule e da copa em média de 16,25% e o índice de vigor vegetativo em 10%, aos 540 dias após o transplântio.

As plantas adubadas com a C1 (70:50% de N e K₂O) obtiveram maior diâmetro de caule, de ramos e altura de plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E.M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; SILVA. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. Revista de Ciências Agrárias, v.42, n.1, p.194-205, 2019.

BORDIGNON, R.; MEDINA FILHO, H. P.; SIQUEIRA, W. J.; PIO, R. M. Características da laranjeira Valência sobre clones e híbridos de porta-enxertos tolerantes à tristeza. *Bragantia*, v.62, n.3, p.381-395, 2003.

BYRT, C. S.; MUNNSB, R.; BURTONC, R. A.; GILLIHAMA, M.; WEGEA, S. Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. *Plant Science*, v. 269, p. 47-55, 2018.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. A cultura da acerola. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).

CAVALCANTI, F.J. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação. 3.ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.

ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. *Revista de Ciências Agrárias*, v.36, n.4, p.399-410, 2013.

FERREIRA, K. S. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com nitrogênio e potássio. 2014. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2014.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.1, p.79-88, 2001.

FLOWERS, T. J.; MUNNS, R.; COLMER, T. D. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. *Annals of Botany*, v.115, n.3, p.419-431, 2014.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Estações e dados. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso: 03 Mar. 2018

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.23, n.4, p. 250-256, 2019.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Reviews of Plant Biology*, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. The use saline waters for crop production (Org). Roma: FAO, 1992. 133 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

SÁ, F. V. S.; GHEYI, 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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

ZEKRI, M.; OBREZA, T.A; KOO, R. *Irrigation, nutrition, and citrus fruit quality*. Gainesville: University of Florida, IFAS, 2003. 3 p.