

ACÚMULO DE NPK E SÓDIO PELA SALSIA SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM DIFERENTES ÁGUAS SALOBRAS

Salimo Macoto Henrique Muchecua¹, Tarcísio Ferreira de Oliveira², Juliana Bezerra Martins³, Pedro Fagner Araújo Pereira⁴, Ruana Iris Fernandes Cruz⁵, José Amilton Santos Júnior⁶

RESUMO: Quantificar o acúmulo de nutrientes é imprescindível para conhecer as exigências nutricionais das plantas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o acúmulo de NPK e sódio na parte aérea de plantas de salsa, cv. Graúda Portuguesa, cultivadas em soluções nutritivas ($CE_{sn} = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 \text{ dS m}^{-1}$) preparadas em águas salobras salinizadas com diferentes sais (NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e KCl). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6×4 , com quatro repetições. Foi realizado um manejo da solução nutritiva em um sistema fechado, com circulação manual, duas aplicações diárias e reposição do volume evapotranspirado com a respectiva água salobra a cada sete dias. Concluiu-se que as diferentes naturezas catiônicas da solução nutritiva não influenciaram o acúmulo de N na parte aérea, enquanto que o acúmulo de P e K foi reduzido com o aumento da concentração de sais.

PALAVRAS-CHAVE: *Petroselinum crispum* (Mill), nutrição mineral de plantas, salinidade

ACCUMULATION OF NPK AND SODIUM BY PARSLEY UNDER NUTRITIVE SOLUTIONS PREPARED IN DIFFERENT BRACKISH WATERS

ABSTRACT: Quantifying the accumulation of nutrients is essential to know the nutritional requirements of plants. In this sense, the objective was to evaluate the accumulation of NPK and sodium in the aerial part of parsley plants, cv. Graúda Portuguesa, grown in nutritive solutions ($CE_{sn} = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 \text{ dS m}^{-1}$) prepared in saline saline waters with different salts (NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and KCl). The experimental design was

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

² Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone (81) 981942362. e-mail: tfeedoliveira@gmail.com.

³ Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

⁵ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

⁶ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

entirely randomized, analyzed in a 6x4 factorial scheme, with four replications. The nutritive solution was managed in a closed system, with manual circulation, two daily applications and replacement of the evapotranspired volume with the respective brackish water every seven days. It was concluded that the different cationic natures of the nutrient solution did not influence the accumulation of N in the aerial part, while the accumulation of P and K was reduced with the increase in the concentration of salts.

KEYWORDS: *Petroselinum crispum* (Mill), mineral plant nutrition, salinity.

INTRODUÇÃO

Embora envolva certos riscos, o aproveitamento agrícola de águas salobras em regiões com fortes limitações hídricas é imprescindível para o desenvolvimento socioeconômico, a exemplo do semiárido brasileiro. Essas águas são compostas em sua maioria por cátions (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e ânions (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-}) (Holanda et al., 2016). O excesso de sais na água promove efeitos osmóticos, efeitos tóxicos e desequilíbrio nutricional das plantas (Munns & Tester, 2008).

A adoção de estratégias de uso de água salobra em cultivos hidropônicos pode minimizar esses efeitos, visto que a ausência de solo promove um reordenamento energético no processo de absorção de água e nutrientes pelas plantas, em função da minimização do potencial mátrico, implicando em um melhor desempenho produtivo em relação ao cultivo em solo (Silva et al., 2015).

A natureza iônica da água salobra, principalmente em concentrações mais elevadas, impacta diretamente o equilíbrio iônico da solução nutritiva e a disponibilização de nutrientes às plantas, implicando em reações complexas que podem resultar na precipitação e/ou na não disponibilização de nutrientes importantes, causando severos danos a produção e podendo inviabilizar o cultivo (Coelho, 2017; Silva et al., 2019). Por outro lado, as alterações na dinâmica de acúmulo de macronutrientes e também do sódio, tornarão ainda mais evidentes o impacto do componente iônico do estresse salino sobre as plantas, distinguindo também os impactos dos íons preponderantes nos processos metabólicos.

Estudos relacionados ao acúmulo de nutrientes em hortaliças folhosas cultivadas em condições salinas, permitem quantificar a sua absorção pelas plantas (Vidigal et al., 2015) e estimar a quantidade necessária a ser disponibilizada via solução nutritiva, bem como permite melhor avaliar os danos morfológicos que comprometem o aspecto visual e a comercialização, e mensurar o conteúdo nutricional que será ingerido pelo consumidor final.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo quantificar o acúmulo de NPK e sódio na parte aérea de plantas de salsa cultivadas em soluções nutritivas preparadas em águas salobras salinizadas com diferentes sais (NaCl, CaCl₂:2H₂O, MgCl₂:6H₂O e KCl).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos entre outubro de 2017 e fevereiro de 2018 em casa de vegetação, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (8° 03'36" de latitude Sul, 34°57'36" de longitude Oeste e altitude média de 7 m).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6x4, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na exposição das plantas a soluções nutritivas (CE_{sn} = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 dS m⁻¹) preparadas em águas salobras obtidas através da solubilização de NaCl, CaCl₂:2H₂O, MgCl₂:6H₂O e KCl em água de abastecimento (CE_a = 0,12 dS m⁻¹).

Foram utilizados reservatórios de 90 litros para o preparo das águas salobras, aos quais foram adicionados individualmente, a cada um dos quatro tratamentos, quantidades crescentes dos respectivos sais, NaCl, CaCl₂:2H₂O, MgCl₂:6H₂O e KCl, resultando em um nível de CE de 1,12; 2,12; 3,12; 4,12 e 5,12 dS m⁻¹. Posteriormente, a cada reservatório foi adicionada a mesma quantidade de fertilizantes, a saber: 67,5 g de nitrato de cálcio, 45 g de nitrato de potássio, 36 g de sulfato de magnésio + micronutrientes e 13,5 g de fosfato monoamônico, correspondente a uma condutividade elétrica de 1,58 dS m⁻¹. Como resultado, a condutividade elétrica nas soluções nutritivas (CE_{sn}) foi de 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7 e 6,7 dS m⁻¹.

O sistema hidropônico utilizado consistiu de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, adaptados com orifícios circulares (60 mm de diâmetro) espaçados de forma equidistante a cada 0,20 m. Nas extremidades, foram acoplados joelhos em que foram adaptadas torneiras que impunham um nível de solução nutritiva de 4 cm dentro de cada tubo.

A salsa (*Petroselinum sativum* L., cv. Graúda Portuguesa) foi semeada em copos plásticos, sendo 45 sementes por copo, com capacidade para 180 mL perfurados no fundo e no terço inferior da lateral, utilizando como substrato fibra de coco. A umidade da fibra de coco foi mantida por duas pulverizações diárias com água de abastecimento até os vinte dias após o semeio (DAS), quando os copos foram adicionados ao sistema hidropônico e os tratamentos tiveram início.

Foi realizado um manejo da solução nutritiva em um sistema fechado de circulação manual com duas aplicações diárias e reposição do volume evapotranspirado com a respectiva água salobra a cada sete dias.

A extração dos nutrientes foi realizada por via úmida, sendo o N extraído por meio de digestão sulfúrica, e o P, o K e o Na extraídos por digestão nítrica (Silva, 2009). A quantificação do N total foi realizada pelo método de arraste de vapor Kjeldahl; o P pelo método colorimétrico molibdo-vanadato; o K e o Na pelo método de fotometria de chama (Bezerra Neto & Barreto, 2011). O acúmulo dos nutrientes foi obtido através do produto do teor dos nutrientes pela matéria seca da parte aérea (MSPA) do molho.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, a salinidade da solução nutritiva foi submetida à análise de regressão e as diferentes naturezas catiônicas foram comparadas pelo teste de Scott-Knot ao nível de 0,05 de probabilidade com o auxílio do Software SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade da solução nutritiva e a natureza catiônica influenciaram significativamente ($p > 0,01$) todas as variáveis estudadas e destas, apenas o acúmulo de nitrogênio não foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pela interação entre os dois fatores testados (Tabela 1).

Foi estimado uma redução de 0,0253 g de N na MSPA por incremento unitário da CE_{sn} , destacando-se ainda que o menor acúmulo de N na parte aérea foi promovido pelas soluções nutritivas com predominância de $MgCl_2$ e KCl. Essa redução está associada ao aumento da oferta de Cl^- na água, em função do aumento da CE_{sn} , promovendo uma competição deste pelos sítios de absorção dos transportadores de NO_3^- , por serem eletroquimicamente similares, os quais sofrem efeitos biofísicos negativos (Rubinigg et al., 2005) que pode ser percebido no metabolismo e desenvolvimento das plantas (Lobo et al., 2011).

No tocante ao acúmulo de P na MSPA do molho, verificou-se uma menor redução por unidade de incremento de CE_{sn} nas plantas sob preponderância de NaCl, sendo constatado nos níveis mais elevados de CE_{sn} , a saber, 5,7 e 6,7 $dS\ m^{-1}$, um maior acúmulo desse nutriente em relação as plantas submetidas as demais naturezas catiônicas. Isso pode ser atribuído ao estoque de P formado na presença do sódio visando uso posterior mais eficiente (Camargos & Muraoka, 2007).

Tabela 1. Acúmulo de N, P, K e Na na parte aérea de plantas de salsa, cv. Graúda Portuguesa, expostas a soluções nutritivas preparadas em diferentes águas salobras.

		CE da solução nutritiva (dS m ⁻¹)							
		1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	Equação	R ²
Acúmulo de nitrogênio (g na MSPA do molho)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,01; CEsn vs NC: p>0,05; CV = 8,69%)									
	NaCl	0,1842a	0,1828a	0,1753b	0,1742b			y = -0,0253**x + 0,2855	0,99
Acúmulo de fósforo (g na MSPA do molho)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,01; CEsn vs NC: p<0,01; CV = 11,32%)									
CaCl ₂	0,0317a	0,0257b	0,0242b	0,0202a	0,0135c	0,0125b		y = -0,0039**x + 0,0377	0,96
KCl	0,0335a	0,0325 ^a	0,0290a	0,0245a	0,0175b	0,0140b		y = -0,0042**x + 0,0428	0,95
MgCl ₂	0,0312a	0,0317 ^a	0,0287a	0,0235a	0,0190b	0,0122b		y = -0,004**x + 0,041	0,92
NaCl	0,0300a	0,0252b	0,0250b	0,0237a	0,0232a	0,0217a		y = -0,0014**x + 0,0307	0,83
Acúmulo de potássio (g na MSPA do molho)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,01; CEsn vs NC: p<0,01; CV = 10,65%)									
CaCl ₂	0,2725a	0,2145b	0,1772b	0,1527c	0,1032c	0,0860b		y = -0,0369**x + 0,3226	0,97
KCl	0,2565a	0,2860 ^a	0,2830a	0,2927a	0,2647a	0,2420a		y = -0,0064**x ² + 0,0505 ^{ns} x + 0,1911	0,92
MgCl ₂	0,2640a	0,2735 ^a	0,2562a	0,2230b	0,1690b	0,1137b		y = -0,0314**x + 0,3484	0,86
NaCl	0,2512a	0,2215b	0,1830b	0,1662c	0,1315c	0,1135b		y = -0,0279**x + 0,2949	0,98
Acúmulo de sódio (g na MSPA do molho)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,01; CEsn vs NC: p<0,01; CV = 13,45%)									
CaCl ₂	0,0832a	0,0622b	0,0570b	0,0487b	0,0350b	0,0290b		y = -0,0103**x + 0,0958	0,96
KCl	0,0900a	0,0760b	0,0622b	0,0565b	0,0487b	0,0425b		y = -0,0093**x + 0,1017	0,96
MgCl ₂	0,0782a	0,0692b	0,0565b	0,0470b	0,0380b	0,0290b		y = -0,01**x + 0,0949	0,99
NaCl	0,0872a	0,0952a	0,1232a	0,1460a	0,1515a	0,1590a		y = 0,0157**x + 0,0609	0,94

Letras diferentes em coluna indicam diferenças significativas entre as naturezas catiônicas pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). CEsn – condutividade elétrica da solução nutritiva; NC – natureza catiônica da água; ** significativo em nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo.

O acúmulo de K foi reduzido linearmente nas soluções com presença de CaCl₂, MgCl₂ e NaCl. Quando houve predominância de KCl, constatou-se um acúmulo máximo de K (0,2907 g de K na MSPA do molho) sob a CE_{sn} estimada de 3,94 dS m⁻¹. A redução no acúmulo de K está relacionada à competição pelo mesmo sítio transportador quando ocorreu maior concentração de Na⁺ (Soares et al., 2016), e ao efeito da maior concentração que compensou a absorção preferencial do K⁺ em relação ao Ca²⁺ e Mg²⁺ (Silva & Trevizam, 2015).

Em relação ao acúmulo de Na⁺, constatou-se um ganho de 82,34% nas plantas submetidas a soluções nutritivas com predominância de NaCl entre 1,7 e 6,7 dS m⁻¹, respectivamente. A maior concentração de sódio com o aumento da salinidade está relacionada com a necessidade da planta em ajustar o seu potencial osmótico, o qual influi diretamente na absorção de água. Rodrigues et al. (2014) verificaram que o acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ nas folhas de *Ricinus communis* teve papel importante no ajuste osmótico.

O acúmulo de Na⁺ e Cl⁻, isoladamente ou de forma associada, nos tecidos vegetais resultam em toxicidade iônica por meio das mudanças acentuadas nas relações Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca²⁺ e Cl⁻/NO₃⁻, promovendo desde reduções no rendimento até a morte das plantas (Cavalcante et al., 2010). Entretanto, não se verificou efeitos deletérios à parte aérea da salsa que possam ser atribuídos a toxicidade pelo acúmulo de Na⁺.

CONCLUSÕES

O acúmulo de N na parte aérea não foi influenciado pelas diferentes naturezas catiônicas, mesmo com o aumento da concentração dos sais.

O aumento da concentração dos sais influenciou o efeito das diferentes naturezas catiônicas predominantes na redução do acúmulo de P e K.

O maior acúmulo de sódio, com o aumento da salinidade, nas plantas submetidas a soluções com preponderância catiônica de NaCl não promoveu danos à parte aérea da salsa que possam ser atribuídos a toxicidade pelo acúmulo de Na⁺.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. Recife: UFPE, 2011. 261 p.

CAMARGOS, S. L.; MURAOKA, T. Teores, acúmulo e redistribuição de macronutrientes em castanheira-do-brasil. **Revista Agricultura Tropical**, v. 10, p. 72-83, 2007.

CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1281-1290, 2010.

COELHO, D. S.; SIMOES, W. L.; SALVIANO, A. M.; SOUZA, M. A.; SANTOS, J. E. Acúmulo e distribuição de nutrientes em genótipos de sorgo forrageiro sob salinidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, p. 178-192, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. p. 35-47.

LOBO, A. K.; MARTINS, M. O; LIMA NETO, M. C.; BONIFÁCIO, A.; SILVEIRA, J. A. G. Nitrogenous compounds and carbohydrates in sorghum subjected to salinity and combinations of nitrate and ammonium. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 390, 2011.

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

RODRIGUES, C. R. F.; SILVA, E. N.; MOURA, R. M.; ANJOS, D. C. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; VIÉGAS, R. A. Physiological adjustment to salt stress in *R. Communis* seedlings is associated with a probable mechanism of osmotic adjustment and a reduction in water lost by transpiration. **Industrial Crops and Products**, v. 54, p. 233-239, 2014.

RUBINIGG, M.; POSTHUMUS, F. S.; ELZENGA, J. T. M.; STULEN, I. Effect of NaCl salinity on nitrate uptake in *Plantago maritima* L. **Phyton**, v. 45, p. 295-302, 2005.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; SOUZA, C. M. A. Morfologia e produção de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de adubação nitrogenada-potássica. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 102-1037, 2019.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; SOUZA, O. I.; SILVA S, J. C.; PINHO, J. S.; FREITAS, F. T. O. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 246-258, 2015.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agronômicas**, v. 49, p. 16p, 2015.

SOARES, H. R. E.; SILVA, Ê. F. D.; SILVA, G. F. D.; LIRA, R. M. D.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656-664, 2016.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Ceres**, v. 56, p. 12-118, 2015.