

EFICIÊNCIA DO USO DE NPK PELA SALSA SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS

Salimo Macoto Henrique Muchecua¹, Ruana Iris Fernandes Cruz², Juliana Bezerra Martins³,
Tarcísio Ferreira de Oliveira⁴, Pedro Fagner Araújo Pereira⁵, José Amilton Santos Júnior⁶

RESUMO: O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de compreender a eficiência de uso do NPK por plantas de salsa, cv. Graúda portuguesa, expostas a soluções nutritivas (CEsn = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 dS m⁻¹) preparadas em águas salobras com preponderância de Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ e K⁺ à base de cloreto. O delineamento experimental inteiramente casualizado, esquema fatorial 6 x 4, com quatro repetições. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife. Adotou-se manejo fechado da solução nutritiva e reposição do nível do reservatório a cada sete dias, com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. Após a colheita, aos 50 dias após a germinação, o material vegetal foi posto para secar, moído e submetido ao processo de digestão úmida para quantificação posterior do acúmulo de NPK na parte aérea. E eficiência de uso do NPK foi determinado pela razão entre a massa seca total e o acúmulo do respectivo nutriente na parte aérea. A eficiência de uso do NPK por plantas de salsa expostas a solução nutritivas preparadas em águas salobras foi menos afetada sob a predominância de Na⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺.

PALAVRAS-CHAVE: *Petrocelinum crispum*, nutrição mineral de plantas, salinidade

EFFICIENCY OF THE USE OF NPK BY SALSA UNDER NUTRITIVE SOLUTIONS PREPARED IN BRUSHING WATER

ABSTRACT: The present work was developed with the objective of understanding the efficiency of use of NPK by parsley plants, cv. Graúda Portuguesa, exposed to nutritional

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

² Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 99405-0912. e-mail: ruanairis@gmail.com.

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

⁴ Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

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

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

solutions ($CE_{sn} = 1.7; 2.7; 3.7; 4.7; 5.7; 6.7 \text{ dS m}^{-1}$) prepared in brackish waters with a preponderance of Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} and K^{+} based on chloride. The experimental design was completely randomized, a 6×4 factorial scheme, with four replications. The experiment was carried out in a greenhouse at the Agricultural Engineering Department of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife. Closed management of the nutrient solution was adopted and the reservoir level was replaced every seven days, with the respective brackish water used in the preparation of the nutrient solution. After harvesting, at 50 days after germination, the plant material was dried, ground and subjected to the process of moist digestion for later quantification of NPK accumulation in the aerial part. Efficiency of use of NPK was determined by the ratio between the total dry mass and the accumulation of the respective nutrient in the aerial part. The efficiency of NPK use by parsley plants exposed to nutrient solutions prepared in brackish waters was less affected under the predominance of $Na^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^{+}$.

KEYWORDS: *Petrocelinum crispum*, mineral plant nutrition, salinity

INTRODUÇÃO

A salinidade das águas nos cultivos agrícolas implica em uma série de percalços que influencia diretamente a produtividade e a viabilidade econômica dos cultivos agrícolas, afinal a presença de sais em solução pode ocasionar desequilíbrio nutricional, redução do potencial osmótico, inibição de absorção de alguns nutrientes e toxidez (SCHOSSLER et al., 2012).

Dentre outros aspectos, a redução na absorção dos nutrientes está relacionada a competição exercida por íons, principalmente sódio e cloreto, pelos sítios ativos de absorção nas raízes. No entanto, as relações entre elementos na nutrição de plantas são complexas e os efeitos que a salinidade exerce sobre uma cultura está diretamente relacionado à resistência desta cultura (ALVARENGA et al., 2019; PARIHAR et al., 2014).

Sabe-se, no entanto, que a capacidade de retirar nutrientes essenciais de soluções nutritivas com elevado teor de sais, em que a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é maior, impacta diretamente a sua eficiência de uso e a correlaciona à tolerância a salinidade, uma vez que a absorção seletiva de íons é um mecanismo importante para regular o estresse osmótico (SOUSA et al., 2010).

Na literatura existem poucos estudos sobre o cultivo da salsa em condições salinas no sistema hidropônico, bem como estudos que explicam a eficiência do uso de nutrientes por

plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes naturezas catiônicas, ainda são escassos.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de compreender a influência da predominância de diferentes naturezas catiônicas (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e Na^+) nas águas utilizadas no preparo da solução nutritiva sobre a eficiência de uso de nitrogênio, fósforo e potássio de plantas de salsa (*Petrocelinum crispum*).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, em casa de vegetação, no Laboratório de Fertirrigação e Salinidade, vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE (8°01'07" de latitude Sul e 34°56'53" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m).

Durante o período experimental registrou-se, no ambiente experimental, temperatura média máxima e mínima de 34°C e 23°C, respectivamente, e umidade relativa do ar média de 73%, bem como não se verificou problemas fitossanitários.

O sistema hidropônico adotado consistiu em tubos de seis metros de PVC com diâmetro de 0,1 m, assentados em nível e adaptados com orifícios circulares de 0,06 m, espaçados, de forma equidistante, a cada 0,14 m. Nas extremidades dos tubos, foram acoplados joelhos de PVC da mesma bitola, com torneiras que impunham um nível de solução nutritiva de 0,04 m dentro de cada tubo, as quais foram interconectadas ao reservatório estoque por meio de mangueiras. Os tubos de PVC foram organizados em três estruturas verticais de madeira cuja as dimensões são 2 x 1,40 m (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Os tratamentos consistiram na disponibilização às plantas de soluções nutritivas (CEsn = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 dS m⁻¹) preparadas em águas salobras, salinizadas a partir da dissolução de sais de diferentes naturezas catiônicas (NaCl, CaCl₂.2H₂O, KCl e MgCl₂.6H₂O) em água de abastecimento da UFRPE (condutividade elétrica da água - CE_a = 0,2 dS m⁻¹). Os tratamentos foram organizados em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 4, com quatro repetições. A solução nutritiva evapotranspirada foi reabastecida com as respectivas águas salobras de cada tratamento e seu preparo se deu uma única vez, antes do início do experimento.

Quanto ao preparo das águas salobras, utilizou-se reservatórios de 90 Litros, preenchidos com água de abastecimento municipal (CE de 0,2 dS m⁻¹). Em seguida, adicionou-se os respectivos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O, KCl e MgCl₂.6H₂O, conforme

tratamentos, estabelecendo-se as seguintes condutividades elétricas para a água salobra (CEa 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 dS m⁻¹).

Uma vez preparadas as águas salobras, a cada reservatório foi adicionada a mesma quantidade de fertilizantes (FURLANI et al., 1999), a saber: 67,5 g de nitrato de cálcio, 45 g de nitrato de potássio, 36 de sulfato de magnésio + micronutrientes e 13,5 g de fosfato monoamônico. Essas quantidades de fertilizantes correspondem a seguinte concentração de nutrientes em mmol L⁻¹: N 13,59; Ca 2,37; K 5,50; P 2,61; S 1,37; Mg 1,48; e em µmol L⁻¹: B 180; Cu 30; De 180; Mn 140; Mo 8; Zn 90 correspondente a uma condutividade de 1,58 dS m⁻¹. Como resultado, a condutividade elétrica final (CE_{sn}) nas soluções nutritivas foi de 1,7 (controle, sem adição de sais), 2,7, 3,7, 4,7, 5,7 e 6,7 dS m⁻¹.

Quando ao manejo, a solução nutritiva foi posta para circular no sistema duas vezes ao dia (7h00 e 15h00) com aplicações diárias de quarenta litros de solução nutritiva aos tubos, feita de forma manual, não obstante, como se utilizou um sistema fechado, o excedente de solução em relação ao nível dentro do tubo, retornava ao reservatório de solução, via mangueira e o processo se repetia diariamente. A reposição do nível do reservatório foi a cada sete dias, com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. A condutividade elétrica e o pH da solução nutritiva foram monitoradas diariamente para controle e eventual correção, caso houvesse necessidade (FURLANI et al., 1999).

A cultura utilizada foi a salsa, cv. Graúda Portuguesa. No semeio, utilizou-se copos plásticos descartáveis com capacidade para 180 ml, com pequenas perfurações no fundo e no último terço das laterais. Estes foram preenchidos com fibra de coco lavada e sobre esta, foram depositadas quarenta e cinco sementes distribuídas de forma homogênea e cobertas com fibra de coco seca. Não foi realizado desbaste e de cada copo descartável contabilizou-se um molho de salsa.

Até os dez dias após o semeio (DAS) a irrigação foi realizada mediante pulverização com água pela manhã e à tarde e, depois deste período, os copos contendo as plântulas foram adicionados aos tubos do sistema hidropônico e os tratamentos iniciados.

A colheita das plantas ocorreu aos 50 dias após o semeio e o material vegetal da parte aérea e das raízes, foi acondicionado em sacos de papel, os quais foram colocados para secar em estufa de circulação forçada a 65°C, até atingir peso constante. A massa seca da parte aérea e das raízes foi pesada e moída em moinho tipo Willey, de modo que o valor da massa seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) doravante utilizado corresponde ao valor médio da massa seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) de quatro molhos de salsa.

Para os nutrientes P e K realizou-se digestão nítrica da matéria seca para a obtenção dos extratos, em seguida quantificou-se o seu teor conforme metodologia proposta por Bezerra Neto & Barreto (2011). Para N, foi realizada a digestão sulfúrica, com base em metodologia de Silva (2009) e o teor foi determinado por destilação com arrasto de vapores (Método Kjeldahl).

De posse dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio bem como da massa seca da parte aérea, obteve-se o acúmulo de NPK na parte aérea do molho da salsa. A eficiência de uso de N, P e K foi determinada pela razão da massa seca total e o acúmulo do nutriente na parte aérea.

Os resultados foram submetidos a análise de variância por meio de teste F. A condutividade elétrica da solução nutritiva foi comparada mediante análise de regressão, enquanto que as naturezas catiônicas foram comparadas mediante teste de médias (Scott-Knott) em nível de 0,05 de probabilidade, com auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto para o nível de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, a condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) aumentou em relação a CE_{sn} inicial em todas as naturezas catiônicas, com incrementos máximos de 25,70; 38,47; 21,01 e 21,28% quando houve predominância de KCl, $MgCl_2$, NaCl e $CaCl_2$ na água, respectivamente.

Quanto as variações no pH_{sn} embora os valores registrados tenham estado na faixa de 4,5 a 7,0, destaca-se que sob preponderância de K^+ , verificou-se um decréscimo na ordem de 11,47%; à medida que a planta absorveu o potássio, houve uma tendência de disponibilização de H^+ para viabilizar o ajustamento osmótico. De acordo com Aquino et al. (2013) variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 são toleradas sem problemas ao crescimento das plantas e variações fora desta faixa não foram observadas nesse estudo.

Constatou-se a influência significativa do aumento da CE_{sn} e das naturezas catiônicas (NC) sobre a eficiência de uso do fósforo (P) e potássio (K). A eficiência de uso do nitrogênio (N) foi afetada ($p < 0,05$) apenas pela natureza catiônica da água (NC) e CE_{sn} de forma isolada (Tabela 1).

Tabela 1. Massa seca da parte aérea e uso eficiência do N, P e K em plantas de salsa, cv. Graúda Portuguesa, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com preponderância de Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+

Condutividade elétrica da solução nutritiva ($dS \text{ m}^{-1}$)							Equação	R^2
1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7			

MSPA do molho (g)									
(CEsn: p<0,05; NC: p<0,05; CEsn vs NC: p>0,05; CV = 8,29%)									
CaCl ₂	KCl	MgCl ₂	NaCl	y = -0,7633**x + 9,743				0,99	
	6,5450b	6,2950b	6,5091b	6,7975a					
Eficiência do uso de nitrogênio (g mg ⁻¹)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,05; CV = 9,14%)									
CaCl ₂	KCl	MgCl ₂	NaCl	y = -0,0257**x + 0,4086				0,98	
	0,2904b	0,2920b	0,3062a	0,3135 ^a					
Eficiência do uso do fósforo (g mg ⁻¹)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,01; CEsn vs NC: p<0,01; CV = 10,94%)									
CaCl ₂	3,0155a	2,7687a	2,5777a	2,4125a	2,1782a	2,1977a	y = -0,1722**x + 3,2481		0,95
KCl	2,6795a	2,0677b	1,7897b	1,8825b	1,8992a	2,1185a	Ȳ = 2,0728		
MgCl ₂	2,9675a	2,4090b	2,1267b	1,9975b	1,8922a	2,0160a	y = -0,1839**x + 3,0073		0,73
NaCl	2,9497a	2,9202a	2,4360a	2,2307a	1,8190a	1,6432b	y = -0,2869**x + 3,5381		0,96
Eficiência do uso do potássio (g mg ⁻¹)									
(CEsn: p<0,01; NC: p<0,01; CEsn vs NC: p<0,01; CV = 11,42%)									
CaCl ₂	0,3527a	0,3355a	0,3495a	0,3170a	0,2835a	0,3157a	Ȳ = 0,32565		
KCl	0,3377a	0,2347c	0,1840c	0,1592c	0,1257c	0,1230c	y = -0,04073**x + 0,3651		0,87
MgCl ₂	0,3492a	0,2805b	0,2390b	0,2142b	0,2130b	0,2127b	y = -0,0260**x + 0,3606		0,79
NaCl	0,3532a	0,3347a	0,3325a	0,3202a	0,3190a	0,3135a	Ȳ = 0,3286		

Letras diferentes em coluna indicam diferenças significativas entre as naturezas catiônicas em nível de 0,05 da probabilidade pelo teste de média (de Scott-Knott). CEsn: condutividade elétrica da solução nutritiva; CV: coeficiente de variação; ** significativo em nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Para MSPA observou-se um decréscimo de 0,7633 g por cada dS m⁻¹ incrementado, bem como uma maior MSPA (p<0,05) quando houve preponderância de Na⁺ na água (Tabela 1). Segundo Taiz & Zeiger (2009) tal comportamento pode ser ocasionado pelos danos proporcionados pela salinidade (TAIZ & ZEIGER, 2009). Resultados semelhantes foram assim observados em outras hortaliças folhosas como o coentro (REBOUÇAS et al., 2013) e alface (SANTOS et al., 2010).

Quanto a eficiência de uso do nitrogênio (EUN) foi estimado um decréscimo à razão de 0,0257 g mg⁻¹ à cada incremento unitário da CEsn. Esta redução pode estar associada aos altos teores de N contidos nas folhas e a ré-translocação na ciclagem do nutriente, sendo assim reintegrada no ciclo biogeoquímico (CALDEIRA et al., 2002). Com relação as naturezas catiônicas, a maior EUN foram observada nos tratamentos à base de Na⁺ e Mg⁺², demonstrando boa eficiência da salsa no uso do N, afinal as eficiências de absorção e de utilização de nitrogênio são dependentes do nível de disponibilidade do nutriente (BECHE et al., 2014), neste caso, o nitrogênio.

Na eficiência do uso do fósforo (EUP) estimou-se uma redução linear sob prevalência de Ca⁺² de 0,1722; Mg⁺² de 0,1839, e Na⁺ de 0,2869 mg g⁻¹ por incremento unitário da CEsn (Tabela 1), enquanto que para águas com preponderância de K⁺ não foram verificados decréscimos significativos (p>0,05). Prado (2008), afirma que a presença de K⁺ em conjunto com P propicia mecanismos de adaptação com maior translocação de carboidratos para a raiz, minimizando os prejuízos ao sistema radicular, verificando assim, uma melhor eficiência no uso do P com a presença de K⁺ na solução nutritiva, principalmente quando a cultura

encontra-se submetida a condições desfavoráveis.

Em tempo, Zambrosi et al. (2012) afirmam que em condições de deficiência de P causada pela presença de sais na solução nutritiva, ocorrem alterações na atividade das enzimas, que passam a operar em vias alternativas no catabolismo de carboidratos durante a deficiência, contribuindo para uso mais eficiente do P por meio de reciclagem, redução de consumo e utilização de outras frações do nutriente.

Na solução nutritiva preparada em águas com presença de K^+ e Ca^{+2} verificara-se maior EUP em relação ao Mg^{+2} e Na^+ . A menor eficiência de EUP foi verificada entre as CESn 2,7 a 4,7 dSm^{-1} para os cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} e 6,7 dSm^{-1} para o Na^+ (Tabela 1).

Com relação a eficiência do uso do potássio (EUK) nota-se a redução com aumento da CESn apenas para as plantas submetidas a soluções nutritivas preparadas com predominância de Mg^{+2} e K^+ , esta redução ocorreu à razão de 0,0407 e 0,0260, respectivamente, a cada 1 dSm^{-1} adicionado à solução nutritiva.

Quando houve predominância de Na^+ na água não se constatou redução significativa na EUK com o aumento da CESn, o que indica que apesar do antagonismo entre os dois cátions (K^+ e Na^+) a eficiência do uso do K obteve maior rendimento com a presença do Na^+ , demonstrando a boa eficiência da salsa em absorver K^+ mesmo em condições adversas, visto que ela é uma cultura rica em K^+ (AL-YOUSOFY et al., 2017), logo, necessita de alta absorção deste nutriente. De acordo com Araújo et al. (2014) as hortaliças em geral são exigentes em potássio, tornando-o o macronutriente mais extraído pela maioria delas.

CONCLUSÕES

1. A eficiência de uso do NPK por plantas de salsa expostas a solução nutritivas preparadas em águas salobras foi menos afetada sob a predominância de $Na^+ > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^+$.
2. O aumento da concentração de sais na solução nutritiva não reduziu a eficiência de uso do nitrogênio pelas plantas de salsa.
3. A interação entre o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva e as naturezas catiônicas trabalhadas afetou a eficiência de uso do P e de K pelas plantas de salsa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - PROEX) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento e oportunidade de desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C. F.; SILVA, E. M. D.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. D.; SILVA, L. D. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 191-200, 2019.

AL-YOUSOFY, F.; GUMAIH, H.; IBRAHIM, H.; ALASBAHY, A. Parsley! Mechanism as antiurolithiasis remedy. **American Journal of Clinical and Experimental Urology**, v. 5, p. 55–62, 2017.

BECHE, E.; BENIN, G.; BORNHOFEN, E.; DALLÓ, S. C.; SASSI, L. H. S.; OLIVEIRA, R. Eficiência de uso de nitrogênio em cultivares de trigo pioneiras e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 948-957, 2014.

BEZERRA NETO; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. Recife: UFPE, 2011, 672p.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, v. 26, p. 615-620, 2002.

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

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, (Boletim técnico) IAC, n. 180, p. 52, 1999.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 4056-4075, 2014.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. da Unesp, 2008, 407p.

SANTOS JÚNIOR, J.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 420-432, 2016.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAULINO, A. C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, p. 1563-1578, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**, Embrapa informação tecnológica, Brasília, DF, 2009, 269p.

SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1143-1151, 2010.

ZAMBROSI, F. C. B.; MATTOS JR, D.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; BOARETTO, R. M. Eficiência de absorção e utilização de fósforo em porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 485-496, 2012.