

NATUREZA CATIÔNICA DA ÁGUA E A EXPORTAÇÃO DE NPK NA SALSA HIDROPÔNICA EM CONDIÇÕES SALINAS

Martiliana Mayani Freire¹, Salimo Macoto Henrique Muchecua², Juliana Bezerra Martins³,
José Amilton Santos Júnior⁴, Aline Félix Bognola⁵, Gerônimo Ferreira da Silva⁵

RESUMO: O uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva visando o cultivo de hortaliças folhosas pode influenciar a exportação de nutrientes pelas plantas. Neste sentido, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da condutividade elétrica e da composição iônica de águas salobras utilizadas no preparo de soluções nutritivas sobre a exportação de NPK de plantas de salsa. Os tratamentos consistiram no uso de soluções nutritivas (CE_{sn} : 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7 e 6,7 $dS\ m^{-1}$) preparadas em águas salobras salinizadas mediante a solubilização de NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, KCl e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ em água de abastecimento ($CE = 0,12\ dS\ m^{-1}$). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6×4 , com quatro repetições. O ensaio foi realizado em sistema hidropônico “DFT”, alocado em ambiente protegido vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE. As plantas foram colhidas aos 50 dias após o semeio e, a exportação foi determinada mediante a quantidade de nutrientes presentes na solução nutritiva e ao acumulado na parte aérea. O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva proporcionou aumento da exportação de nitrogênio e fósforo.

PALAVRAS-CHAVE: Solução nutritiva, salinidade, nutrição mineral.

NPK ACCUMULATION BY SALSA EXPOSED TO NUTRIENT SOLUTIONS PREPARED IN WATER BRACKISH

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife, PE. Fone (84) 98753-1898. e-mail: martilianafreire@yahoo.com.br.

² Mestrando em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

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

⁴ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. ⁵

Graduanda em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

⁵ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

ABSTRACT: The use of brackish water in the preparation of the nutrient solution aimed at the cultivation of vegetables can influence the export of nutrients by plants. In this sense, this study was conducted to evaluate the influence of electrical conductivity and ionic composition of brackish water used in the preparation of nutrient solutions on exporting NPK parsley plants. The treatments consisted of Nutrient solutions (CE_{sn} : 1.7; 2.7; 3.7; 4.7; 5.7 and 6.7 $dS\ m^{-1}$) prepared in salinity brackish water by solubilisation NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, KCl and water supply in $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ($EC = 0.12\ dS\ m^{-1}$). The experimental design was randomized analyzed in 6 x 4 factorial design with four replications. The test was conducted in hydroponic system "DFT" allocated in a protected environment linked to the Department of Agricultural Engineering of UFRPE. Plants were harvested 50 days after sowing, and the export was determined by the amount of nutrients present in the nutrient solution and the cumulative shoot. The increase in electrical conductivity of the nutrient solution has provided increased nitrogen and phosphorus export.

KEYWORDS: Nutrient solution, salinity, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da quantidade de nutrientes exportados em hortaliças folhosas, fornece informações que podem auxiliar no manejo da adubação das culturas e, conseqüentemente, na produtividade e produção de matéria seca (Pinheiro, 2015). A exportação de nutrientes corresponde à diferença existente entre a quantidade de nutrientes presente na solução nutritiva e a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea da planta. Esta é definida por fatores genéticos, fisiológicos, climáticos, manejo de adubação e tratos culturais, sendo necessário conhecer esses fatores para fornecer à planta um manejo adequado, contribuindo para o máximo desenvolvimento da cultura (Rosalino, 2019). Em estudo conduzido por Pinheiro (2015), a seqüência de exportação de nutrientes observada para as culturas da alface e coentro, em ordem decrescente, foi de $K > N > P$.

A utilização de águas ricas em HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no preparo de soluções nutritivas promover o desequilíbrio iônico e, conseqüentemente, a precipitação de sais, alteração do pH da solução e interações antagonicas entre os íons presentes na solução nutritiva (Santos et al., 2017). Tais interações ocorrem quando a absorção e exportação de um íon é

afetada por outro, reduzindo a concentração de determinados nutrientes, como o potássio, nos tecidos foliares (Fageria, 2001; Maggio et al., 2007).

Apesar do cultivo de plantas utilizando soluções nutritivas ser uma ferramenta útil em estudos de exportação de nutrientes por possibilitar melhor eficiência de utilização de fertilizantes, aumento de produtividade e, conseqüentemente, redução de custos de produção; outras informações técnicas são necessárias para melhorar formulação e manejo das soluções nutritivas (Rozane et al., 2007).

Assim, a exportação de nutrientes em hortaliças, cultivadas em sistemas hidropônicos, sob diferentes naturezas catiônicas, constitui-se de uma ferramenta importantíssima para o manejo e fertilização de hortaliças.

A salsa é uma hortaliça folhosa altamente apreciada na culinária, sendo utilizada em vários pratos principalmente em saladas. As folhas são largamente apreciadas devido as suas valiosas propriedades biológicas. É fonte de vitaminas C e E, β -caroteno, minerais (especialmente potássio, cálcio, fósforo e ferro) fibra e proteína bruta (Kolota, 2011).

Dentro desse contexto de estudo, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a exportação de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de salsa cultivadas em soluções nutritivas preparadas em águas salobras com preponderância de Na, Ca, Mg e K, à base de cloreto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na Estação de Fertirrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI/UFRPE, entre os meses de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018.

As plantas foram cultivadas em um sistema hidropônico que consistiu de tubos de PVC de 100 mm, adaptados com orifícios circulares de 60 mm, espaçados, de forma equidistante, a cada 20 cm. Nas extremidades dos tubos, foram acoplados joelhos, também de PVC e de mesma bitola, com torneiras que impunham um nível de solução nutritiva de 4 cm dentro de cada tubo. Estes tubos foram acomodados aos pares, em uma estrutura triangular de madeira com base de 1,40 m e topo de 0,40 m.

Os tratamentos consistiram na disponibilização às plantas de soluções nutritivas preparadas em águas salobras ($CE_{sn} = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 \text{ dS m}^{-1}$), com quantitativos

crescentes de NaCl, CaCl₂.2H₂O, KCl e MgCl₂.6H₂O em água de abastecimento (CEa = 0,12 dS m⁻¹), Estes tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 4, com cinco repetições e seis plantas úteis por repetição. A solução nutritiva foi preparada com quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani et al. (1999) para todos os tratamentos, em valores proporcionais para o preparo de 90 litros de solução nutritiva, totalizando três litros de solução nutritiva por planta. Quanto ao manejo da solução nutritiva, adotou-se sistema de circulação fechado, ou seja, duas vezes por dia eram aplicados manualmente 40 litros em cada tubo, de modo que o excedente em relação ao nível imposto pela torneira retornava ao reservatório de solução, via mangueira. A reposição do nível do reservatório de solução nutritiva, que reduzia em função do consumo hídrico, era efetuada semanalmente utilizando-se água de abastecimento, no entanto, o monitoramento da CE e do pH da solução no reservatório foi efetuado a cada dois dias.

O preparo das mudas da salsa, cv. Graúda Portuguesa, foi efetuado em copos plásticos descartáveis de 180 mL, perfurados nas laterais e no fundo, e preenchidos com fibra de coco lavada. Foram semeadas 45 sementes por copo, as quais foram cobertas com fibra de coco seca e irrigadas duas vezes ao dia com água de abastecimento, mediante pulverização, até aos 15 dias após a emergência, quando os copos com as mudas foram inseridos no sistema hidropônico e os tratamentos iniciados. O material vegetal da parte aérea foi acondicionado em sacos de papel os quais foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingir peso constante. A massa seca foi pesada e moída em moinho tipo Wiley.

Para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas de salsa, utilizou-se a metodologia proposta por Bezerra Neto & Barreto (2011). A determinação fósforo e potássio foi realizada pelo extrato obtido a partir da digestão nítrico-perclórica (Bezerra Neto & Barreto, 2011).

A exportação de nutrientes foi obtida pela diferença entre a quantidade de nutriente disponibilizada via solução nutritiva e o que foi acumulado na parte aérea.

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva foram comparados mediante análise de regressão linear e polinomial. As naturezas catiônicas preponderantes nas águas salobras foram comparadas pelo teste de médias (Tukey), em nível de 0,05 de probabilidade, com auxílio de um software estatístico (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre o aumento gradual da CE_{sn} e os cátions preponderantes na água influenciou a exportação de NPK ($p < 0,01$) (Tabela 1). Houve incremento da exportação de N à taxa de 4,950; 7,206; 5,973 e 5,561 g planta⁻¹, respectivamente, a cada $dS\ m^{-1}$ incrementado, quando houve preponderância de NaCl, CaCl₂, MgCl₂ e KCl, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as naturezas catiônicas sob CE_{sn} de 5,7 e 6,7 $dS\ m^{-1}$, sendo observada, em média, 32,48 e 37,62 g de nitrogênio por planta, respectivamente.

Tabela 1. Exportação de NPK (g planta⁻¹) em plantas de salsa, cultivar Graúda, cultivadas em sistema hidropônico, utilizando diferentes cátions.

Sais	CE da solução nutritiva ($dS\ m^{-1}$)						Equação	R^2
	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7		
¹ Exportação de nitrogênio (g planta ⁻¹)								
(CEsn: $p < 0,01$; NC: $p < 0,01$; CEsn vs NC: $p < 0,01$; CV = 8,17%)								
NaCl	8,3a	17,0ba	21,0ab	23,0b	28,72b	35,5a	$y = 4,950^{**}x + 1,472$	0,97
CaCl ₂	8,5a	11,1b	19,3b	23,7b	35,78a	38,2a	$y = 7,206^{**}x + 8,34$	0,98
MgCl ₂	9,9a	13,8ab	19,9b	30,3a	32,26ab	38,5a	$y = 5,973^{**}x + 0,981$	0,98
KCl	10,1a	17,4a	24,0a	30,6a	33,18a	38,3a	$y = 5,561^{**}x + 2,254$	0,98
¹ Exportação de fósforo (g planta ⁻¹)								
(CEsn: $p < 0,01$; NC: $p < 0,01$; CEsn vs NC: $p < 0,01$; CV = 1,98%)								
NaCl	25,5a	24,2b	26,7a	26,4b	26,9c	27,4b	$\bar{Y} = 24,0$	
CaCl ₂	24,9a	26,4a	26,9a	27,9a	29,6a	29,9a	$y = 1,009^{**}x + 23,375$	0,97
MgCl ₂	24,9a	24,6b	25,8b	27,0ab	28,2b	29,9a	$y = 1,345^{**}x + 20,761$	0,99
KCl	24,9a	26,9a	25,5b	27,2ab	30,0ba	29,6a	$y = 1,260^{**}x + 21,733$	0,81
¹ Exportação de potássio (g planta ⁻¹) $< 0,01$;								
(CEsn: $p < 0,01$; NC: $p < 0,01$; CEsn vs NC: $p < 0,01$; CV = 40%)								
NaCl	26,6a	30,3a	27,6b	31,8a	34,3b	38,9b	$y = 0,455^{**}x^2 - 1,613x + 29,010$	0,90
CaCl ₂	29,3a	26,9a	33,2a	36,2a	45,3a	40,6b	$y = 3,277^{**}x + 21,494$	0,78
MgCl ₂	28,6a	5,7c	18,3c	24,5b	37,1b	50,0a	$y = 1,408^{**}x^2 - 3,034x + 7,843$	0,98
KCl	26,6a	18,2b	8,2d	6,9c	13,8c	11,6c	$\bar{Y} = 24,0$	

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

Houve incremento para exportação de fósforo, a cada incremento unitário da CE_{sn} , a uma taxa de 1,009; 1,345 e 1,260 g planta⁻¹ por ocasião da preponderância de CaCl₂, MgCl₂ e KCl, respectivamente. Enquanto que sob preponderância de Na⁺ na água salobra, a exportação de P apresentou valor médio de 24 g planta⁻¹.

Para o potássio foram observados valores mínimos de exportação de 27,58 g planta⁻¹, sob preponderância de NaCl e 6,21 g planta⁻¹, para o MgCl₂, sob CE_{sn} de 1,77. Houve incremento

de exportação de K à taxa de 3,277 g planta⁻¹, para o CaCl₂. Sob preponderância de K⁺ na água salobra, a exportação de K apresentou valor médio de 24 g planta⁻¹.

A maior exportação de K sob CE_{sn} de 2,7 e 4,7 dS m⁻¹, foi observada quando houve preponderância de Ca⁺²; sob CE_{sn} de 3,7 e 5,7 dS m⁻¹, a maior exportação de K foi observada quando houve preponderância de Ca⁺²; e, sob CE_{sn} de 6,7 dS m⁻¹, foi observada maior exportação de K quando houve preponderância de Mg⁺².

Esses resultados, possivelmente, estão relacionados à eficiência de absorção de nutrientes em solução nutritiva, ocasionado pela não limitação de difusão destes em meio aquoso. Em estudo conduzido por Sedyama et al. (2016), foram observados maiores valores de exportação de nutrientes em plantas de alface adubadas com os tratamentos responsáveis pelas maiores produtividades, observando maiores exportações, em ordem decrescente, de nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre.

Ao utilizar águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico, Soares (2007) observou que o aumento de Cl⁻ na solução nutritiva influenciou na exportação de N, P, K, de modo que houve redução na exportação de nitrogênio; incremento na exportação de potássio e mesmos valores de P, independente da salinidade utilizada.

Em cultivo de alface em ambiente protegido, com água salobra, Aquino et al. (2007), observaram sequência de exportação de nutrientes em ordem decrescente: K>N>Ca>P>Mg>S, associando à exportação aos teores, produção de biomassa e, conseqüentemente, às características genéticas e ambientais.

Em estudo conduzido por Pinheiro (2015) com o intuito de determinar o acúmulo e exportação de N, P, K nas culturas da alface e coentro, foi observado valores exportados de 21,90; 11,77 e 116,86 Kg ha⁻¹, respectivamente, para a alface cv. Elba; para o coentro cv. Verdão foram observados valores de 27,51; 19,22 e 201,25 Kg ha⁻¹, respectivamente para N, P, K. Semelhante à literatura, os resultados obtidos no presente trabalho pode ser atribuído a quantidade de plantas cultivadas no sistema hidropônico, bem como a absorção dos nutrientes pela salsa, quando esta foi cultivada com diferentes naturezas catiônicas, proporcionado uma maior exportação de N, P, K.

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva proporcionou aumento da exportação de nitrogênio e fósforo.

Quando houve maior preponderância de Na^+ ; Ca^{+2} ; Mg^{+2} e K^+ nas águas salobras a ordem dos nutrientes exportados foi $\text{K} > \text{P} > \text{N}$; $\text{K} > \text{N} > \text{P}$; $\text{N} > \text{P} > \text{K}$ e $\text{P} > \text{N} > \text{K}$, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; ABAURRE, M.E.O.; CECON, P.R.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; CASTRO, M.R.S. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.3, p.381-386, 2007.

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

DIAS, N. S.; JALES, A. G. O.; SOUSA NETO, O. N.; GONZAGA, M. I. S.; QUEIROZ, I. S. R.; PORTO, M. A.F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Ceres**, v. 58, n. 5, 2015.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” (Especialização), Lavras, 88p., 2004.

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

FURLANI, A. M. C.; CATANI, R. A.; MORAES, F. R. P.; FRANCO, C. M. Efeitos da aplicação de cloreto e de sulfato de potássio na nutrição do cafeeiro. **Bragantia**, v.35, n.2, p.349-364, 1976.

GUEDES, R.A.A.; OLIVEIRA, F.A.; ALVES, R.C.; MEDEIROS, A.S.; GOMES, L.P.; COSTA, L.P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.913–919, 2015.

KOLOTA, E. Yield and quality of leafy parsley as affected by the nitrogen fertilization, **Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus**, v. 10, n. 3, p. 145-154, 2011.

MAGGIO, A. et al. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 3, p. 276-282, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. **A avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato - POTAFOS, 1997, 319p.

PINHEIRO, J. I. **Acúmulo e exportação de n p k em plantas de alface e coentro Produzidas em sistema orgânico**. TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 49 p., 2015.

RIBEIRO, D. F.; REIS, A. A.; SILVA, M. G.; FREITAS, A. S.; REZENDE, R. M. Produção de salsa em função da adubação com esterco equino. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 7, n. 2, 2018.

ROSALINO, A. J. **Doses complementares de inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*) via foliar em diferentes estádios vegetativos na cultura de soja**. TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 29 p., 2019.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciênc. agrotec.**, v. 31, n. 4, p. 1020-1026, 2007.

SANTOS, A. N.; FRANÇA, E. F.; DA SILVA, G. F.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. R. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 576-585, 2017.

SÃO PAULO. **Sabores da horta: do plantio ao prato**. São Paulo: Coordenadoria de desenvolvimento do agronegócio, 2015, 44p. Disponível em: <
http://www.codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/publicacoesCesans/sabores_horta_web.pdf>. Acesso em 30 de Maio de 2019.

SEDIYAMA, M. A. N.; MAGALHÃES, I. P. B.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; CARDOSO, D. S. C. P.; FONSECA, M. C. M.; CARVALHO, I. P. L. Uso de Fertilizantes

orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) 'Kaiser'. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 6, n. 2, p. 66-74, 2016.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semiárido brasileiro**. 2007. 267 f. Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.