

ACÚMULO DE NPK PELA SALSA EXPOSTA A SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS

Martiliana Mayani Freire¹, Salimo Macoto Henrique Muchecua², Juliana Bezerra Martins³,
José Amilton Santos Júnior⁴, Pedro Fagner Araújo Pereira⁵, Gerônimo Ferreira da Silva⁶

RESUMO: A quantificação do acúmulo de NPK em hortaliças cultivadas sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras, permite uma melhor avaliação do produto para o consumo, notadamente, do aspecto nutricional. Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar o acúmulo de NPK na parte aérea de plantas de salsa, cv. Graúda Portuguesa, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras ($CE_{sn} = 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7 \text{ dS m}^{-1}$) preparadas mediante a solubilização de NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, KCl e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ em água de abastecimento ($CE = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$). Estes tratamentos foram alocados em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6×4 , com quatro repetições. As plantas foram cultivadas em sistema hidropônico “DFT” locado em ambiente protegido vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE. As plantas foram colhidas aos 50 dias após o semeio e, para a determinação do nitrogênio, realizou-se a digestão sulfúrica; e para o fósforo e potássio, a digestão nítrico-perclórica. O aumento da salinidade influenciou no acúmulo de nutrientes, quando houve maior preponderância de todos os cátions estudados na água.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivo sem solo, macronutrientes, nutrição de plantas.

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

ABSTRACT: Quantification of NPK accumulation in vegetables grown in nutrient solutions prepared in brackish waters, allows a better evaluation of the product for consumption, in

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 Graduando em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

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

particular, the nutritional aspect. In this sense, the present work was to analyze the NPK accumulation in shoots of parsley plants, cv. Portuguese Graúda exposed to nutrient solutions prepared in brackish waters ($CE_{sn} = 1.7; 2.7; 3.7; 4.7; 5.7; 6.7 \text{ dS m}^{-1}$) prepared by solubilization of NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, KCl and water supply in $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ($EC = 0.12 \text{ dS m}^{-1}$). These treatments were assigned in a completely randomized design analyzed in 6×4 factorial design with four replications. The plants were grown hydroponically "DFT" leased in a protected environment linked to the Department of Agricultural Engineering of UFRPE. Plants were harvested 50 days after sowing, and for determining the nitrogen, there was the sulfuric digestion; and phosphorus and potassium, nitric, perchloric digestion. The increase in salinity influence the accumulation of nutrients, when there was a higher prevalence of all studied cations in the water.

KEYWORDS: Cultivation without soil, salinity, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

As hortaliças folhosas, como a salsa, são espécies hortícolas que vem ganhando destaque no mercado pela grande procura nas preparações gastronômicas (Nascimento et al., 2017). Estas são recomendadas para o consumo e saúde humana, devido à elevada quantidade de fibras e aos teores de vitaminas A e C, e sais minerais como cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro (NEPA-UNICAMP, 2011), tornando necessário o aumento da produção, qualidade nutricional e tempo de prateleira destas (Tischer & Neto, 2012).

O teor de nutrientes nos tecidos vegetais depende de fatores genéticos, ambientais e manejo da cultura (Malavolta et al., 1997). De modo geral, a absorção de nutrientes em hortaliças segue o padrão da curva de acúmulo de matéria seca (Vidigal et al., 2015). Entre os macronutrientes, geralmente, o potássio é o nutriente mais absorvido pelas hortaliças (Ferreira et al., 1993).

Em sistemas hidropônicos, o acúmulo de nutrientes depende, principalmente, da condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}), visto que os níveis de salinidade são proporcionais aos íons responsáveis pelo potencial osmótico da solução (Gondim et al., 2010). Estudos (Viana, 2004; Cometti et al., 2008; Gondim et al., 2010) sobre acúmulo e extração de nutrientes em hortaliças folhosas, em sistema hidropônico e diferentes níveis de sais, relatam maiores acúmulos de potássio, seguido de nitrogênio e fósforo; verificando que as

concentrações salinas mais elevadas contribuíram para redução destes na parte aérea das plantas.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais exigidos pelas culturas por contribuir para o metabolismo fisiológico das plantas e ser constituinte de proteínas, influenciando no crescimento e desenvolvimento das plantas (Nascimento et al., 2017). O fósforo (P) é um elemento que desempenha um papel fundamental nos processos energéticos das plantas e está presente nos compostos que constituem as substâncias responsáveis pela transmissão do código genético das células (DNA e RNA). A carência de fósforo reduz o crescimento, principalmente após a emissão das folhas novas (Carrijo et al., 2004). E, o potássio (K) é um elemento que atua como catalisador de algumas reações enzimáticas, e está envolvido com a turgidez das células, abertura e fechamento dos estômatos, no processo de síntese, acumulação e transporte de carboidratos.

O acúmulo de nutrientes em hortaliças, cultivadas em sistemas hidropônicos, sob diferentes naturezas catiônicas, informa a quantidade de nutrientes absorvida pelas plantas em quantidades que previna a queima das bordas das folhas das hortaliças. Assim, este se constitui de uma ferramenta importantíssima para o manejo e fertilização de hortaliças. Dentro do contexto de estudo, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de salsa cultivadas em soluções nutritivas preparadas em águas salobras, sob diferentes níveis de salinidade, com preponderância de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 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, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, KCl e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ em água de abastecimento ($CE_a = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$). Estes tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6×4 , 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).

O acúmulo de nutrientes foi obtido pela multiplicação entre a massa seca da parte aérea e o teor de nutriente 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 o acúmulo de NPK ($p < 0,01$) (Tabela 1). O acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas diminuiu linearmente com o aumento unitário da CE_{sn} , à taxa de 4,657; 6,549; 5,852 e 5,260 g planta⁻¹ por ocasião da preponderância de Na⁺, Ca⁺², Mg⁺² e K⁺, respectivamente. Por outro lado, sob CE_{sn} de 2,7; 5,7 e 6,7 dS m⁻¹, o acúmulo de N foi maior nas plantas expostas a águas com preponderância de Ca⁺² e Na⁺, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as naturezas catiônicas sob CE_{sn} de 1,7 e 3,7 dS m⁻¹, sendo observada, em média, respectivamente, 58,17 e 47,64 g planta⁻¹ de nitrogênio por planta. Semelhante ao que ocorreu em estudo conduzido por Santos et al. (2017), em sistema hidropônico com água salobra, a redução de N na parte aérea das plantas por incremento de salinidade ocorreu devido ao aumento e acúmulo de cloreto nos tecidos das plantas. Tal comportamento possivelmente está relacionado à interação antagônica existente entre o NO₃⁻ e o Cl⁻ (Santos et al., 2017).

Tabela 1. Média do acúmulo de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (g planta⁻¹) em plantas de salsa, cultivar Graúda Portuguesa, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com preponderância de Na⁺, Ca⁺², Mg⁺² e K⁺.

Sais	CE da solução nutritiva (dS m ⁻¹)						Equação	R ²
	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7		
¹ Acúmulo de Nitrogênio (g planta ⁻¹)								
(CEsn: $p < 0,01$; NC: $p < 0,01$; CEsn vs NC: $p < 0,01$; CV = 4,08%)								
NaCl	58,61a	52,57b	47,18a	44,63a	40,28a	33,89a	$y = -4,657^{**}x + 65,756$	0,98
CaCl ₂	58,13a	58,78a	48,78a	43,67a	32,32b	29,18b	$y = -6,549^{**}x + 72,652$	0,95
MgCl ₂	58,16a	54,32b	48,19a	41,95bc	35,84b	29,53b	$y = -5,852^{**}x + 69,245$	0,99
KCl	57,82a	49,49c	46,40a	38,93c	33,84b	31,88ab	$y = -5,260^{**}x + 65,154$	0,97
¹ Acúmulo de fósforo (g planta ⁻¹)								
(CEsn: $p < 0,01$; NC: $p < 0,01$; CEsn vs NC: $p < 0,01$; CV = 3,25%)								
NaCl	6,21a	6,39b	6,46ab	6,51a	6,02a	5,99a	$y = -0,058^{**}x^2 + 0,4318x + 5,657$	0,77
CaCl ₂	6,96a	6,49b	6,01b	5,01c	3,36c	3,05b	$y = -0,855^{**}x + 8,739$	0,95
MgCl ₂	6,38a	8,37a	7,14a	5,92ab	4,74b	2,99b	$y = -0,830^{**}x + 9,410$	0,68
KCl	6,47a	8,73a	7,20a	5,53bc	3,86c	3,33b	$y = -0,259^{**}x^2 + 1,262x + 5,876$	0,81
¹ Acúmulo de potássio (g planta ⁻¹)								
(CEsn: $p < 0,01$; NC: $p < 0,01$; CEsn vs NC: $p < 0,01$; CV = 3,78%)								
NaCl	53,98a	51,72b	53,19b	48,80b	45,47b	43,56b	$y = -2,149^{**}x + 58,482$	0,89
CaCl ₂	54,35a	53,37b	47,78c	46,05b	35,68d	38,74c	$y = -3,795^{**}x + 61,937$	0,88
MgCl ₂	54,27a	52,5b	51,43b	47,48b	43,15c	30,97c	$y = -4,247^{**}x + 64,48$	0,84
KCl	54,22a	63,43a	66,04a	68,65a	71,26a	73,87a	$y = 3,552^{**}x + 51,323$	0,91

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.

O acúmulo de fósforo também foi reduzido linearmente, a cada incremento unitário da CE_{sn} , à uma taxa de 0,855 e 0,830 g planta⁻¹, quando houve preponderância de CaCl₂ e MgCl₂. Foram observados valores máximos de acúmulo de P de 6,46 e 7,36 g planta⁻¹, para o Na⁺ e K⁺, respectivamente. O maior acúmulo de P, sob CE_{sn} de 5,7 e 6,7 dS m⁻¹, foi observado quando houve preponderância de Na⁺. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as naturezas catiônicas sob CE_{sn} de 1,7 dS m⁻¹, sendo observada, em média, 6,50 g planta⁻¹ de fósforo por planta.

O acúmulo de potássio também diminuiu linearmente a cada incremento unitário de CE_{sn} , à taxa de 2,149; 3,795; 4,247 e 3,552 g planta⁻¹, quando houve preponderância de NaCl, CaCl₂, MgCl₂ e KCl. O maior acúmulo de K, sob CE_{sn} de 2,7; 3,7; 4,7; 5,7 e 6,7 dS m⁻¹, foi observado quando houve preponderância de K⁺. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as naturezas catiônicas sob CE_{sn} de 1,7 dS m⁻¹, sendo observada, em média, 54,20 g planta⁻¹ de potássio por planta. Esta redução de K como efeito do aumento da CE_{sn} também foi observado por Gondim et al. (2010). Dentre os macronutrientes estudados, o K foi o que proporcionalmente teve maior acúmulo na parte aérea, seguido de N e P.

Em estudo realizado com abrobinha-de-moita, Sampaio Araújo et al. (2015) observaram como ordem crescente de nutrientes acumulados N > K > P, ao analisarem as folhas da cultura em questão. Kurtz (2015), em estudo com hortaliça, observou que os macronutrientes mais acumulados em ordem crescente foram o N, K, Ca e P. O acúmulo de N, P, K em plantas de salsa, cultivada com água salobra, seguiu o padrão de acúmulo de nutrientes em salsa, proposto pela TACO, cuja relação de acúmulo de nutrientes, em ordem decrescente é K > N > P.

CONCLUSÕES

A utilização de diferentes cátions na água salobra proporcionou resultados satisfatórios para o acúmulo de N, P, K;

O aumento da salinidade influenciou no acúmulo de nutrientes, quando houve maior preponderância de todos os cátions estudados na água, apresentando a seguinte sequência em ordem decrescente: K > N > P.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRITO, L.T.L.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A.S.; PEREIRA, L.A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no Semiárido Pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.1, p.102-109, 2012.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; ANDRADE, R. J. Fertirrigação de Hortaliças, Circular técnica 32, Embrapa Brasília DF, 2004, ISSN 1414-3033.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M.S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico– sistema NFT. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 26, n. 2, p. 252-257, 2008.

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

FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. Nutrição e adubação de hortaliças. In: Simpósio sobre nutrição e adubação de hortaliças, Jaboticabal, **Anais**, Potafós. 480p, 1993.

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.

GONDIM, A. R. O.; PEREIRA-FLORES, M. E.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 894-904, 2010.

HEREDIA, N.A.Z.; VIEIRA, M.C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A.L.F. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p. 574-577, 2003.

KURTZ, C. **Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Curitiba, p. 96. 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, Potafós. 319p, 1997.

NASCIMENTO, M. V.; JUNIOR, R. L. S.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Journal of neotropical agriculture**, v. 4, n. 1, p. 65-71, 2017.

SAMPAIO ARAÚJO, H.; CARDOSO, A. I. I.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. X.; MAGRO, F. O. Teores e extração de macronutrientes em abobrinha-de-moita em função de doses de potássio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 389-395, 2015.

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.

SANTOS, K.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; ALMEIDA, B.G.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANDRADE, T.S.; FONTES JÚNIOR, R.V.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.828–835, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal** [recurso eletrônico]; [tradução: Alexandra Antunes Mastroberti ... et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. – 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

TISCHER, J. C.; NETO, M. S. Avaliação da deficiência de macronutrientes em alface crespa. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 2, p.43-57, 2015.

UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO / NEPA – UNICAMP**. - 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 23-30, 2004.

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, n. 1, p.12-118, 2015.