IV SIMPÓSIO ABC
ARGENTINA-BRASIL-CUBA
Sistemas de Produção e Sustentabilidade Agrícola:
Experiências na Argentina, Brasil e Cuba
Realização
Apoio

ÍNDICE DE TRANSLOCAÇÃO DE FÓSFORO, SÓDIO, POTÁSSIO E CHUMBO EM PLANTAS DE ALFACE CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA CONTAMINADA COM CHUMBO

Phosphor, Sodium, Potassium and Lead Translocation Index in Leaf Plants Cultivated in Lead Contaminated Nutrition Solution

Amanda Santana CHALES[1]; Andressa Gonçalves GOMES[2]; Andreia Laurindo de Almeida GOMES[3]; Everaldo ZONTA[4] & Júlio César RIBEIRO[5]

[1] Estudantes de graduação em Agronomia (UFRRJ). amandaachales@gmail.com
[2] Estudantes de graduação em Agronomia (UFRRJ).
[3] Estudantes de graduação em Agronomia (UFRRJ).
[4]Professor do Departamento de Solos (UFRRJ).
[5]Pós-doutorando do programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ).

Resumo: Objetivou-se no presente trabalho avaliar o índice de translocação dos elementos fósforo, sódio, potássio e chumbo das raízes para a parte aérea em plantas de alface do tipo crespa *cv.* Brida cultivadas em solução nutritiva sem a presença de fósforo e contaminada com chumbo. O experimento foi realizado em casa de vegetação fechada, localizada no campo experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ com duração de 28 dias, sob sistema hidropônico do tipo *floating*. Como fonte de chumbo para contaminação, utilizou-se o nitrato de chumbo ($Pb(NO_3)_2$) nas doses de 0 (controle), 5, 15, 50 e 100 mg L^{-1}. Após o período experimental, as plantas foram coletadas, sendo seccionadas em parte aérea e as raízes, para em seguida serem submetidas à secagem a 65°C até atingirem peso constante. As amostras foram trituradas e digeridas por meio do método USEPA 3050 (2008) para a determinação do teor de fósforo, sódio, potássio e chumbo nos extratos das respectivas partes das plantas de modo que se pudesse calcular o índice de translocação. Com relação aos elementos, fósforo, potássio e chumbo ocorreu uma redução na translocação ao longo do cultivo nas doses 50 e 100 mg L-¹, mantendo-se estável na dose 15 mg L-¹. Comportamento oposto foi verificado com relação ao elemento sódio, onde aos 21 dias ocorreu um aumento na translocação desse elemento nas plantas cultivadas nas doses 15, 50 e 100 mg L-¹.

Palavras-chave: *floating*, hidroponia, metal pesado.

Abstract: The objective of the present study was to evaluate the translocation index of phosphorus, sodium, potassium and lead from roots to shoots in *cv.* Brida cultivated in nutrient solution without the presence of phosphorus and contaminated with lead. The experiment was carried out in a greenhouse, located in the experimental field of the Department of Soils of the Federal Rural University of Rio de Janeiro - UFRRJ, lasting 28 days, under hydroponic floating system. As lead source for contamination, lead nitrate ($Pb(NO_3)_2$) was used at doses of 0 (control), 5, 15, 50 and 100 mg L-¹. After the experimental period, the plants were collected, being sectioned in aerial part and the roots, and then submitted to drying at 65 °C until reaching constant weight. The samples were ground and digested using the USEPA 3050 (2008) method to determine the phosphorus, sodium, potassium and lead content in the extracts of the respective plant parts so that the translocation

index could be calculated. Regarding the elements, phosphorus, potassium and lead there was a reduction in translocation throughout the cultivation at doses 50 and 100 mg L^{-1}, remaining stable at dose 15 mg L^{-1}. Opposite behavior was observed with regard to sodium element, where at 21 days there was an increase in the translocation of this element in plants grown at doses 15, 50 and 100 mg L^{-1}.

Keywords: *foating*, hydroponic, heavy metal.

Introdução

Dentre as hortaliças folhosas, a alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a mais consumida e comercializada no Brasil, principalmente por apresentar um cultivo que pode ser realizado durante o ano todo na maioria das regiões do país. Contudo, essa produção pode ser favorecida ou limitada pela temperatura, dependendo da cultivar (RITTER, 2018). Além disso, apresenta em sua composição elementos que são considerados importantes ao organismo humano, como sais minerais e vitaminas (RIBEIRO, 2016).

O adequado desenvolvimento das plantas depende de alguns fatores, como a dinâmica dos nutrientes e o meio o qual eles estão presentes. Dessa forma é imprescindível a avaliação do equilíbrio nutricional nas plantas, tendo em vista que na ausência de algum elemento que esteja ligado ao seu ciclo vital como os macro e micronutrientes, seu desenvolvimento é diretamente afetado (OLIVEIRA, 2012), igualmente quando absorvem elementos tóxicos.

O cultivo em solução nutritiva tem a capacidade de permitir um fornecimento de nutrientes de forma equilibrada, em quantidades necessárias, permitindo assim o desenvolvimento de diferentes espécies de plantas que se queira cultivar, além de possibilitar uma melhor avaliação das plantas sem a interferência de fatores que possam limitar seu desenvolvimento.

Considerando a segurança alimentar e nutricional, é de suma importância a avaliação da qualidade do alimento, principalmente com relação a elementos que são considerados tóxicos aos seres humanos e animais, como por exemplo, o chumbo, metal pesado altamente cancerígeno.

De acordo com Rodrigues et al. (2016), plantas que apresentam sensibilidade a metais pesados, podem ser utilizadas como possíveis indicadoras desses elementos, apresentando sintomas de toxidez, indicando a presença desses elementos no meio de cultivo. Entretanto, quando cultivadas em condições de estresse por metais pesados, as plantas podem adquirir mecanismos de tolerância, permitindo assim, uma adaptação a este tipo de estresse (SOUZA et al., 2011).

A interação entre os elementos é de suma importância principalmente considerando a disponibilidade para o desenvolvimento das plantas. Em seus estudos, Oliveira (2012) verificou uma precipitação do metal pesado chumbo em diferentes pH's, nos quais a maior parte do chumbo (aproximadamente 50%) precipitou-se em decorrência a presença de fósforo na solução nutritia, formando o fosfato de chumbo ($Pb_3(PO_4)_2$) na faixa de pH entre 3,2 a 5,9.

Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar o índice de translocação dos elementos fósforo, sódio, potássio e chumbo em plantas de alface crespa *cv.* Brida cultivadas em solução nutritiva sem a presença de fósforo e contaminada com o metal pesado chumbo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação fechada, na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, localizada no município de Seropédica- RJ, por um período de 28 dias.

Utilizou-se plantas de alface do tipo crespa *cv*. Brida, as quais foram cultivadas em sistema hidropônico do tipo *floating*, sendo as plantas sustentadas por placas de isopor e uma espuma, de modo que o sistema radicular ficasse submerso na solução nutritiva. As mudas utilizadas foram produzidas em substrato, as quais tiveram suas raízes lavadas em água corrente, para em seguida serem colocadas nos vasos com solução nutritiva.

As plantas foram cultivadas por 14 dias em solução nutritiva proposta por Furlani (1997), com 50% (1/2 Força iônica) da concentração original de macronutrientes (Tabela 1), a qual de acordo com Cometti et al. (2008), não interfere na produtividade da alface. Após esse período foram adicionadas aos vasos soluções nutritivas sem a presença de fósforo, para que não ocorresse a precipitação do chumbo quando adicionado nas soluções. Foram adicionadas doses crescentes de chumbo (0 (controle), 5, 15, 50 e 100 mg L^{-1}) na forma de nitrato ($Pb(NO_3)_2$). Semanalmente foi realizada a troca da solução nutritiva e a verificação do pH e condutividade elétrica (CE).

Tabela 1. Composição de macronutrientes na solução nutritiva proposta por Furlani (1997) e Cometti et al (2008).

Concentração[1]	**N-NO_3^-**	**N-NH_4^+**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**CE**[2]
	---------- mg L^{-1} ----------							
100%	174	24	39	183	142	38	52	1,84
50%	87	12	19,5	91,5	71	19	26	0,98

[1] Percentagem da concentração de macronutrientes da solução proposta por Furlani (1997).
[2] Condutividade elétrica (CE) medida com condutivímetro portátil.

As plantas foram coletadas semanalmente, sendo seccionadas em parte aérea e raízes, para a tomada da massa fresca. Em seguida, as respectivas partes foram armazenadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 65º C, até atingirem peso constante para a tomada da massa seca.

A parte aérea e as raízes das plantas foram moídas em moinho analítico e acondicionadas em potes devidamente identificados para posterior análise química. A abertura das amostras vegetais foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela USEPA 3050 (2008), sendo o teor de fósforo nos extratos determinado colorimetria, o teor de sódio e potássio determinados por fotometria de emissão de chamas, e o teor de chumbo determinado por espectrometria de absorção atômica em equipamento de marca Agilent Technologies, modelo Varian SpectrAA 55B.

A partir dos teores de metais pesados determinados na massa seca das plantas de alface, foi calculado o índice de translocação (IT) dos elementos fósforo, sódio, potássio e chumbo das raízes para a parte aérea das plantas, por meio da razão entre a quantidade acumulada na parte aérea e a quantidade total acumulada na planta (parte aérea + raiz), de acordo com a seguinte equação:

IT = ((Massa seca parte aérea X 100) / Massa seca total da planta).

Resultados e Discussão

As plantas cultivadas nas doses 0 e 50 mg L-¹ de chumbo apresentaram aos 21 dias de cultivo um maior índice de translocação de fósforo, com 76 e 82%, respectivamente, verificando-se entretanto, uma redução aos 28 dias (60 e 45%, respectivamente).

Quando cultivadas nas doses 15, 50 e 100 mg L-¹ de chumbo, as plantas apresentaram uma redução de translocação ao longo do cultivo, apresentando percentagens na ordem de 42%, 42% e 23 %, respectivamente. A redução da translocação de fósforo possivelmente ocorreu, devido à retirada da fonte desse elemento na composição da solução nutritiva, a partir dos 14 dias de cultivo (Figura 1).

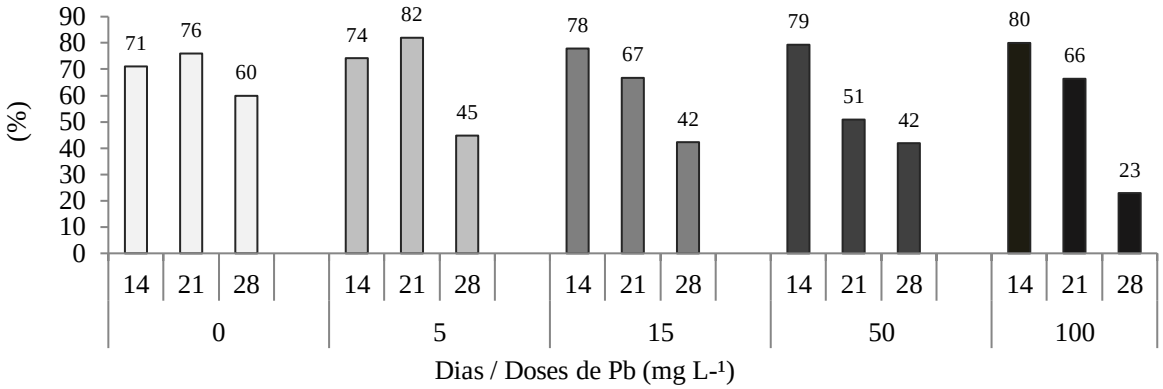

Figura 1. Índice de translocação (IT) de Fósforo.

Com relação ao sódio, quando as plantas de alface foram cultivadas na dose 0 mg L-¹ (controle) de chumbo, ocorreu uma redução de translocação de sódio ao longo do cultivo, verificando-se aos 28 dias uma translocação na ordem de 20 % das raízes para a parte aérea. Na dose 5 mg L-¹ de chumbo aos 21 dias as plantas apresentaram um menor índice de translocação (24 %) de sódio. Comportamento oposto foi verificado em plantas cultivadas nas doses 15, 50 e 100 mg L-¹ de chumbo, ocorrendo uma maior translocação de sódio aos 21 dias de cultivo (68%, 60% e 81%, respectivamente) (Figura 2).

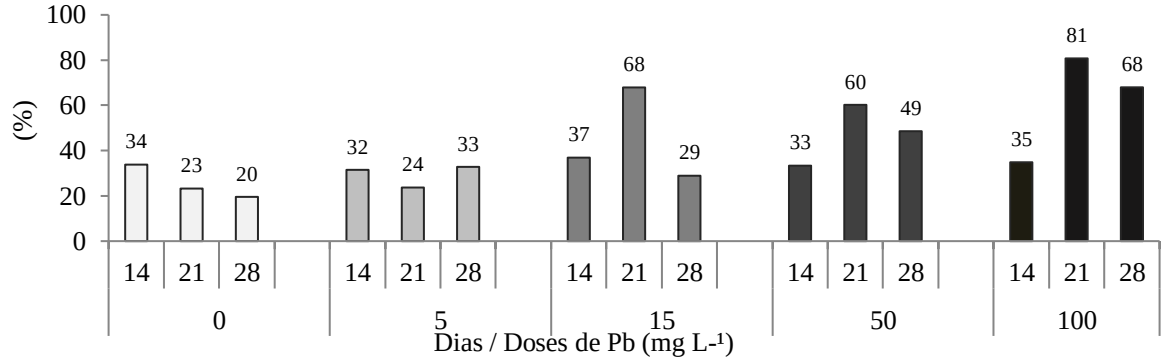

Figura 2. Índice de translocação (IT) de Sódio.

Para o potássio, verificou-se uma tendência de redução do índice de translocação nas plantas de alface ao longo do cultivo quando mantidas nas doses 0, 5, 50 e 100 mg L-¹ de chumbo, com valores aos 28 dias na ordem de 82%, 77%, 84% e 86%, respectivamente. Apenas na dose 15 mg L-¹ de chumbo, a translocação de potássio manteve-se estável ao longo

do cultivo (89%) (Figura 3). O potássio é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, mantendo diversos mecanismos, como por exemplo, a abertura e fechamento dos estômatos sob condições adversas, como o estresse (TAIZ et al., 2017) causado pelo chumbo, afetando possivelmente a absorção e translocação do potássio.

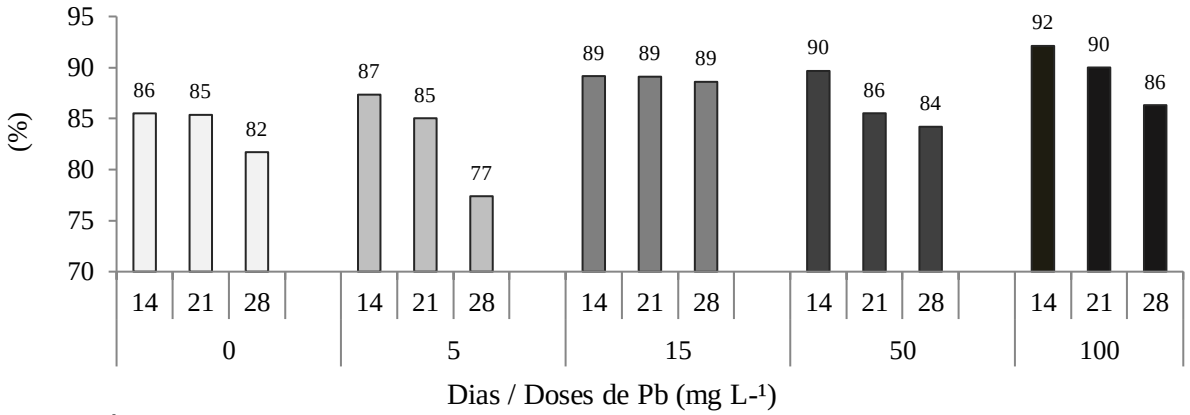

Figura 3. Índice de translocação (IT) de Potássio.

As plantas mantidas na dose 5 mg L-¹ de chumbo apresentaram menor índice de translocação desse elemento aos 21 dias de cultivo (4,2%), mantendo-se estável aos 14 e 28 dias (7,5% e 7,1%, respectivamente). Contudo, quando cultivadas nas doses 15, 50 e 100 mg L-¹ de contaminante, as plantas de alface demonstraram uma redução do índice de translocação de chumbo ao longo do cultivo, passando de respectivamente, 8,2%; 7,5% e 6,6% aos 14 dias para respectivamente, 1,7%; 0,3% e 0,2% aos 28 dias (Figura 4).

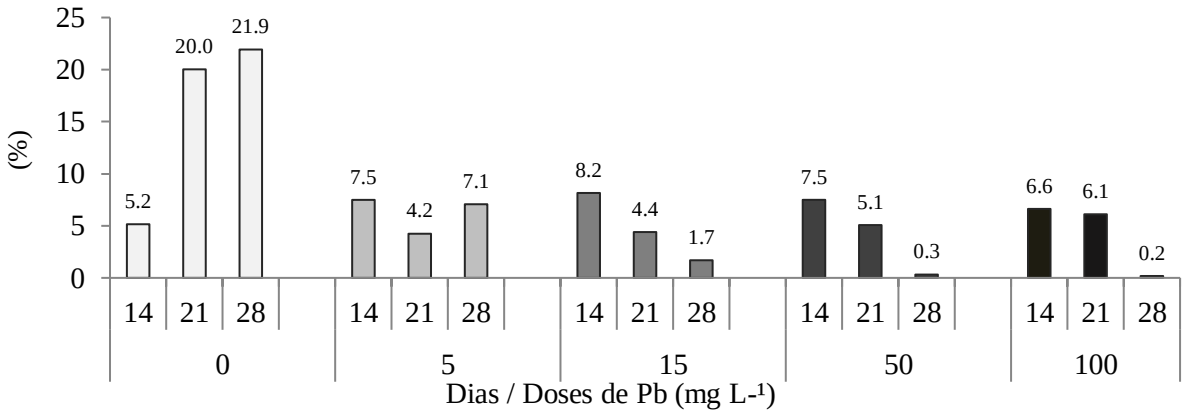

Figura 4. Índice de translocação (IT) de chumbo (Pb).

O chumbo adicionado à solução nutritiva sem a presença de fósforo permaneceu em forma disponível para as plantas, onde à medida que aumentou-se as doses desse contaminante, as folhas mais velhas entraram em senescência, levando possivelmente a tendência de redução na translocação nas maiores doses (15, 50 e 100 mg L-¹), visto que, o índice de translocação foi calculado com base apenas nas folhas mais novas, ou seja, fotossinteticamente ativas.

Conclusões

De um modo geral, ocorreu uma redução na translocação dos elementos fósforo, potássio e chumbo ao longo do cultivo nas doses 50 e 100 mg L^{-1}, mantendo-se estável na dose 15 mg L^{-1}. Para o elemento sódio, ocorreu um aumento na translocação aos 21 dias em plantas cultivadas nas doses 15, 50 e 100 mg L^{-1}. Apesar do chumbo ser um metal pesado tóxico à maioria dos vegetais, as plantas de alface cultivadas sob as condições utilizadas apresentaram índices de translocação consideráveis dos elementos, fósforo, sódio, potássio e chumbo das raízes para a parte aérea.

Agradecimentos

À FAPERJ, ao CNPq, e ao Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta (LSP) do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

Referência Bibliográfica

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** v. 26, p. 252-257. 2008.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT. Campinas: Instituto Agronômico. 30 p. (**Boletim técnico, 168**). 1997.

OLIVEIRA, A. P**. Avaliação da influência dos macronutrientes na bioacumulação do chumbo pela *Eichhornia crassipes***. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2012.

RIBEIRO, H. F. **Uso de imagens digitais na diagnose do teor de nitrogênio foliar em plantas de alface.** 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins). 2016.

RITTER, J. **Qualidade fisiológica de sementes de alface em diferentes temperaturas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa). 2018.

RODRIGUES, A. C. D.; DOS SANTOS, A. M.; DOS SANTOS, F. S.; PEREIRA, A. C. C.; SOBRINHO, N. M. Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: Possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Revista Virtual de Química**, v.8, n.1, p. 262-276. 2016.

SOUZA, E. P.; DA SILVA, I. D. F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, n.2. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 888p. 2017.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Acid digestion of sediments, sludges, and soils**. EPA method 3050. 14p. 2008.