

Avaliação do desenvolvimento de alface crespa cultivar Vera: absorção de ferro e chumbo¹

Rúbia Martins Bernardes Ramos², Evandro Roberto Alves³, Alexandre de Faria Lima⁴

¹Submetido em 23-05-2017 e aprovado em 01-12-2017

²Graduada em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba- MG, CEP: 38.064-200; E-mail: rubiamosengal@gmail.com

³Prof. Dr. Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Curso de Engenharia de Alimentos, Uberaba- MG, CEP: 38.064-200; E-mail: eralves.uftm@gmail.com

⁴Técnico de Laboratório de Nível Superior, Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Curso de Engenharia Química, Uberaba-MG, CEP: 38.064.200; E-mail: alexandredefarialima@gmail.com

Resumo - A conscientização para o consumo de alimentos com boa qualidade nutricional faz parte da vida moderna. Entre esses alimentos estão às hortaliças que são fontes de fibras, vitaminas e sais minerais, especialmente as alfaces que absorvem micronutrientes presentes na solução do solo. Metais tóxicos na solução do solo podem ser absorvidos por hortaliças. Os objetivos deste trabalho foram monitorar o desenvolvimento de plantas de alface crespa cultivar Vera e avaliar a absorção de ferro e do metal tóxico chumbo por raízes e folhas. Foi construído um canteiro de 12m² de área com 3 divisões para o plantio de 30 mudas de alface. Os metais foram quantificados por espectrometria de absorção atômica com chama. As médias das concentrações de ferro nas folhas e raízes foram 59,2 e 70,0 mg kg⁻¹, respectivamente, enquanto as concentrações de chumbo corresponderam a 0,76 mg kg⁻¹ nas folhas e 0,9 mg kg⁻¹ nas raízes. As concentrações de ferro estavam de acordo com os valores recomendados para todas as amostras e as de chumbo, acima do instituído pela RDC n° 42, 29 de Agosto de 2013. As plantas de maior altura foram as que receberam a solução de nitrato de chumbo, evidenciando a sinergia entre os metais. O método apresentou boa linearidade ($R > 0,99$), cujos limites de detecção para ferro e chumbo foram 0,091 e 0,0403 mg kg⁻¹ e desvio padrão relativo ($n = 10$) iguais a 4 e 6%, respectivamente. A hortaliça foi considerada imprópria para o consumo humano por ter absorvido chumbo em quantidades acima dos valores instituídos pela legislação.

Palavras-chave: Segurança alimentar; Metais tóxicos; Micronutriente.

Evaluation of the development of crisp lettuce cultivar Vera: absorption of iron and lead

Abstract - The awareness of the consumption of foods with good nutritional quality is part of modern life. Among these foods are the vegetables that are sources of fiber, vitamins and minerals, especially the lettuces that absorb micronutrients present in the soil solution. The aim of this work was managing the development of crisp lettuce plants cultivar Vera and to evaluate the absorption of iron and toxic metal lead by roots and leaves. Has been built 12m² seedbed area with 3 partitions for the 30 lettuce seedlings planting. The metals were quantified by atomic absorbing spectrometry with flames. The average of iron concentration at roots and leaves was 59.2 and 70.0 mg kg⁻¹, respectively, while the lead concentration was corresponded to 0.76 mg Kg⁻¹ at leaves and 0.92 mg kg⁻¹ at roots. Iron concentrations were considered according to the recommended values for all samples and the lead concentrations were over of what was instituted by the August 29th, 2013 n°42 RDC (Executive Board's Resolution). The plants of higher height were those that received the solution of lead nitrate, evidencing the synergy effect between the metals. The method showed good linearity ($R > 0.99$), whose detection limits for iron and lead were 0.091 and 0.043 mg kg⁻¹ and relative standard deviation ($n=10$) equal 4 and 6%, respectively. The vegetables was considered improper for human consumption because its absorbed lead quantities higher than the values in relation to legislation.

Keywords: Food security; Toxic metals; Micronutrient.

1 Introdução

A alface é uma das principais hortaliças utilizada na alimentação da população brasileira, cujo consumo anual tem atingido a média de 27kg por pessoa, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Considerada fonte de vitaminas, sais minerais e fibras, além de possuir ação antioxidante, a hortaliça é essencial à dieta diária por apresentar nutrientes que favorecem o bom funcionamento do organismo humano (BARBOSA et al., 2016).

A maior parte dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos tecidos vegetais se localiza nos solos em solução intersticial sob a forma iônica. A permeabilidade seletiva tem a função de controlar os sistemas de transporte de nutrientes das plantas por regulação da quantidade e da qualidade, direcionando-os em conjunto com outras substâncias, através das membranas plasmática, vacuolar e organelas localizadas no interior das células (KERBAUY, 2013). Estão incluídas entre essas outras substâncias os metais tóxicos, os quais podem estar presentes no solo por ações antropológicas.

Os metais tóxicos não possuem nenhuma função benéfica para os seres humanos, além de que, são cumulativos e podem desencadear uma série de reações específicas e inadequadas, exibindo toxicidade quando apresentados em excesso. Estes afetam atividades biológicas e prejudicam o crescimento de raízes e folhas de plantas (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

O chumbo é considerado um metal tóxico que percorre a corrente sanguínea e pode atingir os seres humanos através das vias aéreas quando inalado ou por ingestão, seguida da absorção pelo sistema gastrointestinal. A acumulação no organismo humano causa danos neurológicos, hematológicos, afetando, principalmente, os sistemas endócrino e renal (SOUZA, KONRAD e GONÇALVES JUNIOR, 2016). Quando em contato com as raízes de hortaliças, o chumbo pode interferir na absorção de nutrientes essenciais, comprometendo o desenvolvimento da planta (GOPAL e RIZVI, 2008; PEREIRA et al., 2013).

Contrariamente ao chumbo, o mineral ferro é um micronutriente essencial aos vegetais, cuja função é estimular o desenvolvimento da planta e facilitar a ocorrência de reações metabólicas

ativadoras de enzimas participantes do processo fotossintético. Dessa forma, o ferro é indispensável ao bom funcionamento do processo respiratório, fixação de nitrogênio e transferência de elétrons (ALEXANDRE et al., 2012). A deficiência desse metal pode ser notada inicialmente nas folhas mais novas que assumem coloração amarelada e, como consequência, da inibição da síntese de clorofila, podendo se tornar esbranquiçadas (LAURETT et al., 2017).

Alfaces tem sido alvo de diversos estudos científicos que objetivam garantir a segurança alimentar através da avaliação do teor de micronutrientes, do desenvolvimento e da absorção de metais tóxicos em suas raízes e folhas (LIMA et al., 2013).

Este trabalho teve como objetivo monitorar o desenvolvimento de plantas de alface cresa cultivar Vera e avaliar a absorção do micronutriente ferro e do metal tóxico chumbo após o cultivo em solos regados com soluções aquosas dos sais dos referidos metais.

2 Material e Métodos

Os canteiros destinados ao cultivo das alfaces foram construídos em áreas localizadas no Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro e as análises foram realizadas nos laboratórios de Química Analítica no mesmo campus. Para evitar a lixiviação e a contaminação do restante do solo foi feito um isolamento com lona de plástico em uma área de 12m². Essa área foi dividida em três partes, as quais se diferenciavam conforme o tratamento em que foram submetidas. Antes do plantio, foram realizadas análises físico-químicas do solo para avaliação da fertilidade, pH e constatação da presença do metal tóxico chumbo. O solo destinado ao plantio da hortaliça foi coletado em uma profundidade de 0 a 20cm (RAMOS et al., 2015), levando em conta que os pontos de coleta foram selecionados obedecendo aos critérios de boa representatividade.

Para o cálculo da quantidade de calcário necessária à correção do pH foi utilizado o Sistema de Recomendação de Calagem, elaborado pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (PREZOTTI, 2016).

Após a realização das análises físico-químicas, 30 mudas de alface foram replantadas

em cada divisão, sendo que as duas primeiras foram regadas uma única vez, no mesmo dia e em intervalos de 4 horas, com 2,5 litros das soluções 1650,0 mg kg⁻¹ Pb(NO₃)₂, 1209,3 mg kg⁻¹ Fe(NO₃)₃ respectivamente. A terceira divisão foi tratada como branco analítico.

A água utilizada para irrigação das plantas de alface foi armazenada em um reservatório de capacidade de 200L. Amostras dessas águas foram coletadas em frascos de polietileno a cada 15 dias para análises dos parâmetros físico-químicos (pH, cor, carbonatos, bicarbonatos, cálcio, magnésio, condutividade, ferro, sódio e potássio).

O monitoramento das mudas de alface foi realizado durante seu ciclo, correspondendo há 60 dias. Após esse período, as amostras incluindo as raízes, foram coletadas e posteriormente lavadas com água de torneira corrente para a remoção de resíduos de solos e matéria orgânica e, em seguida, foram mergulhadas em béqueres contendo água destilada. Subsequente a essa etapa, as raízes e folhas foram separadas e encaminhadas à etapa de secagem em estufa previamente aquecida à temperatura de 65°C, por um período de 24h (SAMPAIO et al., 2008). As amostras secas foram retiradas da estufa e acondicionadas em um dessecador até que atingissem a temperatura ambiente. Posteriormente, as mesmas foram pesadas em intervalos de 4h e recolocadas na estufa, até que a massa tornasse constante (FILHO et al., 2011). As amostras foram trituradas em moinho modelo START FT 50, marca FORTINOX com peneiras de 0,5 mm e submetidas ao preparo por via úmida na presença dos ácidos nítrico e perclórico para a determinação dos teores de ferro e chumbo através da técnica de espectrometria de absorção atômica com chama (KRUG, 2008).

Para a avaliação do crescimento das plantas de alface foi utilizada uma régua graduada onde as medidas foram realizadas levando-se em conta a base até o topo da parte aérea da hortaliça.

Os resultados obtidos foram a partir de análises em triplicata e os valores extraídos da média aritmética. Os cálculos dos limites de detecção em absorbância para o ferro e chumbo foram baseados na variabilidade de 10 medidas do branco analítico, levando-se em conta a expressão $LOD = 3 \times SD/B$, em que, $LOD =$

limite de detecção, $SD =$ desvio padrão e $B =$ coeficiente angular da curva.

3 Resultados e Discussão

As análises da água foram conduzidas e a média dos resultados obtidos foram: Condutividade elétrica = 178,5µS cm⁻¹, Cálcio = 9,6mg L⁻¹ CaCO₃, Magnésio = 4,7 mg L⁻¹, Sódio = 20,5mg L⁻¹, Ferro = 2,56mg L⁻¹, Carbonatos = 0, Bicarbonatos = 6,8mg L⁻¹ CaCO₃, Cloretos = 30,2mg L⁻¹, Sulfato = 184mg L⁻¹, pH = 8,12. Os parâmetros avaliados estão dentro do intervalo considerado usual para água utilizada em irrigação. (QUEIROZ et al., 2016). Os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, ferro e chumbo, além de matéria orgânica (M.O) e do pH resultantes de análises físico-químicas do solo, estão demonstrados na tabela 1.

Tabela 1 Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos do solo realizadas previamente ao cultivo das plantas de alfaces crespa e cultivar Vera

Determinação	Unidade	Teor
(M.O.)	g dm ⁻³	11,9
pH	-	5,30
Fósforo	mg dm ⁻³	1,80
Potássio	mmol dm ⁻³	0,98
Cálcio	mmol dm ⁻³	9,30
Magnésio	mmol dm ⁻³	2,20
Alumínio	mmol dm ⁻³	0,0
Ferro	mg dm ⁻³	55,4
Chumbo	mg dm ⁻³	0,0

Os parâmetros físico-químicos analisados indicaram a necessidade de correção da acidez do solo, a qual foi realizada com calcário dolomítico (12% MgO e 28% CaO). Os cálculos da quantidade necessária, segundo o Sistema de Recomendação de Calagem foi de 2,52 kg por canteiro.

Os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio estavam muito abaixo do valor recomendado por Trani (2007), indicando a necessidade da utilização de fertilizante, o qual apresentava em sua composição quantidades complementares de macronutrientes (N, P, K). O fertilizante utilizado foi o NPK 4-14-8 (4% de nitrogênio, 14% de fósforo e 8% de potássio).

Tendo em vista que o fenômeno da adsorção de metais ao solo é afetado, principalmente pelo pH, teor de matéria orgânica e presença de outros íons, as análises físico-químicas do solo não indicaram a presença de

chumbo adsorvido, evidenciando a não disponibilidade do metal e a ausência de contaminação das plantas de alface. Teores de ferro foram considerados elevados em relação aos valores citados por Vendrame (2007).

A tabela 2 demonstra a absorção de ferro em todos os canteiros submetidos à análise e a absorção de chumbo no canteiro 1.

Tabela 2 Teores de ferro e chumbo nas raízes e folhas das plantas de alface tipo crespa e cultivar Vera

Canteiros	Tratamentos	Teor de Pb (mg kg ⁻¹)	Teor de Fe (mg kg ⁻¹)
1	Chumbo (folhas)	0,76	60,51
	Chumbo (raízes)	0,92	80,08
2	Ferro (folhas)	0,0	63,94
	Ferro (raízes)	0,0	75,06
3	Branco Analítico (folhas)	0,0	53,21
	Branco Analítico (raízes)	0,0	54,85

No canteiro 1 foi verificado que os teores de chumbo nas folhas e nas raízes estavam acima de 0,30mg kg⁻¹, valor mencionado como limite pela legislação RDC n° 42, de 29 de agosto de 2013 para hortaliças de folhas (BRASIL, 2013). Além disso, os teores de chumbo presentes nas raízes das alfaces cultivadas neste canteiro foram considerados elevados quando comparados às folhas. Esse fato pode ser atribuído à presença de diferentes tecidos nas raízes da hortaliça que funcionam como uma barreira, dificultando o transporte do metal para outras partes da planta (VERMA e DUBEY, 2003). No entanto, Seregin, Shpigun e Ivanov (2004) explicam que a presença de íons negativos nas raízes faz com que estes se interajam com o chumbo, dificultando sua mobilidade.

O teor de ferro avaliado estava entre 50-100 mg kg⁻¹, cujos valores correspondem aos recomendados para hortaliças folhosas em bom estado nutricional (EMBRAPA, 2009). Um estudo realizado por Guimarães et al. (2011) encontrou valor de 40,46 mg kg⁻¹ de ferro em alfaces cultivadas através do mesmo tipo de adubo utilizado neste estudo, a adubação mineral.

O canteiro em que se obteve maior absorção de ferro foi o que recebeu a solução de nitrato de chumbo. Isso pode ser atribuído ao fato de ter ocorrido interação sinérgica entre os referidos metais, em que a presença de chumbo favoreceu a absorção e ferro. Silva e Trevizam (2015), não explicam especificamente a sinergia entre o ferro e chumbo, mas, descrevem a interação do metal tóxico cádmio e do micronutriente zinco em tecidos vegetais, relatando que quanto maiores os teores de zinco, menor será absorção e o acúmulo de cádmio.

Gopal e Rizvi (2008) trataram rabanetes com soluções de concentrações crescentes de chumbo e observaram diminuição no teor de ferro em suas folhas e aumento nas concentrações de ferro e chumbo nas raízes. Nesse estudo, foi explicada a diminuição do ferro nas folhas devido aos sintomas de toxicidade causados pela presença do metal tóxico chumbo.

Os limites de detecção foram 0,091 mg kg⁻¹ para o ferro e 0,0403mg kg⁻¹ para o chumbo, cujos desvios padrão relativos (n = 10) foram 4% e 6%, respectivamente. O método apresentou boa linearidade (R > 0,99).

Foi avaliado o tamanho médio das hortaliças, cujos valores foram extraídos com as plantas ainda em solo, levando-se em conta as medidas incluindo o caule até a extremidade da folha mais alta da parte aérea (tabela 3).

Tabela 3 Tamanho médio de plantas de alface crespa cultivar Vera

Canteiros	Tratamentos	Altura média das plantas de alface (cm)
1	Chumbo	19,0
2	Ferro	14,3
3	Branco Analítico	13,6

Medidas extraídas incluindo o caule e a extremidade da folha mais alta da parte aérea.

As alfaces cultivadas no canteiro 1 apresentaram maior altura. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que esse canteiro apresentou maior absorção de ferro em suas folhas e raízes, corroborando com as informações de Kirkby e Romheld (2007), o qual define o ferro como sendo um micronutriente assim como o boro, zinco e molibdênio e que apesar de serem

absorvidos pelas plantas em pequenas quantidades são elementos essenciais ao seu desenvolvimento. Talles et al. (2015) realizaram um experimento no qual cultivou alfaces com outras hortaliças tradicionais avaliando-se diversas características da mesma e dentre elas estava a altura. A altura encontrada pelos autores foi de 14,4cm para a alface cultivada isoladamente, valor próximo ao encontrado neste experimento.

4 Conclusão

A interação sinérgica entre o ferro e o chumbo estimulou o desenvolvimento da hortaliça em tamanho satisfatório e atrativo à comercialização, no entanto, foram consideradas impróprias ao consumo humano por terem absorvido chumbo, principalmente em suas folhas, em quantidades acima dos valores instituídos pela legislação.

Outros estudos envolvendo hortaliças dessa espécie são recomendados para que parâmetros específicos de cultivo sejam estabelecidos e monitorados, levando a melhoria da qualidade e garantia da segurança alimentar.

Agradecimento

À Fapemig pelo apoio financeiro e à Empresa LabFert pela execução das análises.

Referências

- ALEXANDRE, J. R. et al. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza on line**, Santa Tereza, v. 10, p. 23-28, 2012.
- ANDRADE, J. C. da. M. e.; TAVARES, S. R. de L. MAHLER. C. F. **Fitorremediação**: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARBOSA, V. A. A. et al. Comparação da contaminação de alface (*Lactuca sativa*) proveniente de dois tipos de cultivo. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Ceará, v. 10, n. 2, p. 231-242, 2016.
- BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013**. Dispõe sobre o Regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. ANVISA. Diário oficial da União, Brasília, DF, 30 de Agosto de 2013.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editor Técnico: Fábio Cesar da Silva, 2ª ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 627 p. 2009.
- FILHO, D. G. A. et al. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.
- GOPAL, R.; RIZVI, A. H. Excess Lead alters growth, metabolism and translocation of certain nutrients in radish. **Chemosphere**, Los Angeles, v. 70, n. 9, p. 1539-1544, 2008.
- GUIMARÃES, M. de A. et al. Concentração de ferro em folhas de diferentes genótipos de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n.2, julho, 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. IBGE. Coordenação de trabalho e rendimento. p.150, Rio de Janeiro: IBGE: 2011.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 431p.
- KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Jornal Informações Agrônomicas**, n. 188, Junho, 2007.
- KRUG, F. J. **Métodos de preparo de amostras**: fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar, 2008. 340p.
- LAURETT, L. et al. Desempenho da alface e da rúcula em diferentes concentrações de ferro na solução nutritiva. **Revista de ciências agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 45-52, 2017.
- LIMA, F. de S. et al. Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. **Revista Ciência Agrônomicas**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 234-241, 2013.

- PREZOTTI, L. C. **Sistema de recomendação de calagem e adubação**. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em: 05 maio. 2016.
- QUEIROZ et al. Qualidade físico-química da água para irrigação ao meio a escassez no mato de Baturité-CE. **Mostra Científica em Biomedicina**, v. 1, n. 1, Junho, 2016.
- RAMOS, M. R. et al. Produção de hortaliças no sistema orgânico: efeito nos atributos físicos do solo. **Revista de Ciência Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 45 - 51, jan/março, 2015.
- SAMPAIO, R. A. et al. Produção e Concentração de metais pesados em plantas de beterraba adubadas com composto de lixo urbano. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 21, n.5, p. 83-88, 2008.
- SEREGIN, I. V.; SHPIGUN, L. K.; IVANOV, V. B. Distribution and toxic effects of cadmium and lead on maize roots. **Russian Journal of Plant Physiology**, New York, v. 51, n. 4, p. 525-533, 2004.
- SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Jornal Informações Agronômicas**, n. 149, Março, 2015.
- SOUZA, V.; KONRAD, O.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 13, n. 25, p. 249-276, 2016.
- TALLES, C. C. et al. Cultivo de alface em consórcio com hortaliças tradicionais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.
- TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/artigos/2007_1/calagemhortalicas/index.htm. Acesso em 23/05/2016.
- VENDRAME, P. R. S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 42, n. 6, p. 859-864, 2007.
- VERMA, S. DUBEY, R. S. Lead toxicity induces peroxidations and alters the activities of antioxidant enzymes in growing tice plantas. **Plant Science**, Limerick, v. 164, n. 4, p. 645-655, 2003.