

## Efeitos do composto orgânico de lixo urbano na produção de alface

Izabel Cristina dos Santos, Vicente Wagner Dias Casali e Glauco Vieira Miranda\*

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000. Viçosa-Minas Gerais, Brazil. \*Author for correspondence.

**RESUMO.** A absorção de metais pesados, potássio e sódio, e a produção de cultivares de alface adubados com composto orgânico de lixo urbano foram avaliadas. Instalou-se um experimento em casa-de-vegetação, em vasos, com mudas transplantadas de 'Brasil 48', 'Grand Rapids', 'Vitória Verde Clara' e 'Regina 71', com substrato correspondendo às doses 0; 17,5; 35,0 e 52,5t.ha<sup>-1</sup> de composto. A produção de matéria fresca de folhas foi influenciada por cultivares e por doses, sendo 'Regina 71' e 'Vitória Verde Clara' as que mais produziram. A maior produção de matéria fresca de folhas foi obtida com 17,5t.ha<sup>-1</sup> de composto. Doses de composto aumentaram significativamente a concentração de Zn, Cu, Mn, K e Na na matéria seca e os cultivares afetaram a concentração de Pb, Zn, Cu, K e Na na matéria seca. Houve efeito da interação cultivar x dose para Cu, Mn, K e Na. A concentração de K e Cu, nas folhas de alface deste experimento, situou-se nos intervalos normais, enquanto que Mn e Zn foram baixas e Na e Pb foram altas. A concentração de Pb nas folhas foi superior ao limite permitido pela legislação brasileira para consumo de vegetais *in natura*.

**Palavras-chave:** alface, metais pesados, chumbo, zinco e adubação orgânica.

**ABSTRACT. Garbage compost effects on lettuce production.** Heavy metals, potassium and sodium absorption and production of lettuce cultivars fertilized with garbage compost were evaluated. The experiment was carried out in a greenhouse with pot-transplanted cultivars of *Brasil 48*, *Grand Rapids*, *Vitória Verde Clara* and *Regina 71*, fertilized with the following compost doses: 0, 17.5, 35.0 and 52.5t.ha<sup>-1</sup>. Freshmatter production of leaves was influenced by cultivars and compost doses, being *Regina 71* and *Vitória Verde Clara* the most productive when 17.5t.ha<sup>-1</sup> dose was applied. Compost doses increased significantly Zn, Cu, Mn, K, and Na concentration in lettuce drymatter, and the different cultivars affected Pb, Zn, Cu, K and Na concentration in the drymatter. Cultivars and compost doses interacted as for Cu, Mn, K and Na. Concentration of K and Cu in lettuce leaves was considered normal, while Mn and Zn were low and Na and Pb were high, when the latter exceeded the limit allowed by Brazilian legislation for consumers of vegetables *in natura*.

**Key words:** lettuce, heavy metals, lead, zinc, organic fertilizer.

A utilização do composto orgânico de lixo urbano na agricultura brasileira tem se difundido nos últimos anos, mas ainda são escassas informações consistentes quanto à composição química do mesmo, especialmente com relação à concentração de metais pesados e também quanto à dose adequada para as diferentes espécies.

Vários autores afirmam que espécies vegetais e até cultivares diferem quanto à capacidade de absorção e acúmulo de metais pesados (Nicklow *et al.*, 1983; Zurera *et al.*, 1987). A alface é considerada uma das espécies mais eficientes na absorção de tais

elementos (Nicklow *et al.*, 1983; Boon e Soltanpour, 1992).

A utilização de adubo orgânico tem sido uma opção para reduzir os custos com fertilizantes e para obter aumento de produtividade no cultivo de alface. No entanto, há estudos comprovando que elevadas doses de adubo orgânico podem limitar a produção por provocar salinização do solo, devido à elevada concentração de íons, que variam de acordo com o material que deu origem ao adubo orgânico (Chanyasak *et al.*, 1983; Costa, 1994). O aumento na concentração de Zn nas folhas de alface com doses

de composto foi verificado por Purves e Mackenzie (1973), Fritz e Venter (1989) e Costa (1994). Purves e Mackenzie (1973) e Dowdy e Larson (1975), utilizando doses crescentes de composto orgânico de lixo, observaram aumento na absorção de Cu por alface.

De acordo com os autores anteriormente citados, cultivares de alface que crescem em condições normais ou em presença de contaminantes inorgânicos têm comportamento diferenciado quanto à quantidade e à velocidade de absorção de macro e micronutrientes, e também de outros elementos, incluindo metais pesados. Portanto, o estudo comparativo do comportamento de cultivares, quando metais pesados estão presentes no solo, visando-se à escolha do cultivar para plantio, constitui estratégia importante para diminuir a ingestão de metais pesados pelo homem.

O objetivo desse trabalho foi estudar a produção, a absorção de metais pesados, potássio e sódio pelos cultivares de alface adubados com composto orgânico de lixo urbano.

## Material e métodos

Instalou-se um experimento em casa-de-vegetação, na UFV, em vasos, que foram preenchidos com substrato constituído de uma mistura de material de solo e composto orgânico de lixo urbano, conforme o tratamento.

O composto orgânico de lixo urbano, cedido pela Comlurb - Usina de Jacarepaguá, RJ, apresentava-se úmido, sendo seco ao ar e guardado em caixa de cimento-amianto devidamente tampada para evitar contaminações e reumidescimento. Nessas condições é que foram determinadas a umidade e algumas características físicas e químicas do composto, que são apresentadas na Tabela 1. Vinte e seis dias antes do transplante da alface, o composto foi passado em peneira de 4 mm, para separar as impurezas grosseiras, e misturado ao solo de acordo com os tratamentos.

Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa, proveniente do município de Machado-MG, fornecido pelo Banco de Solos do Departamento de Solos da UFV. Algumas características físicas e químicas do material de solo, contidas nas análises feitas em laboratórios do Departamento de Solos da UFV, encontram-se na Tabela 2. O solo, seco ao ar e passado em peneira de 4 mm, teve o pH corrigido por meio da aplicação de carbonatos de cálcio e magnésio p.a. na proporção estequiométrica de 4:1, em dosagem calculada pela fórmula:  $2 \times \text{meq Al. } 100\text{cm}^{-3} + [2 - \text{meq (Ca + Mg). } 100\text{cm}^{-3}] = \text{toneladas de calcário por hectare}$  (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de

Minas Gerais, 1989). Os corretivos foram misturados ao solo 40 dias antes do transplante, sendo o revolvimento e o umidescimento com água desmineralizada realizados periodicamente.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do composto orgânico de lixo urbano, na época da incorporação ao solo, UFV, Viçosa, MG. 1993

| Características avaliadas                 | Valor   |
|---|---------|
| pH em água (1:2,5) <sup>1/</sup>          | 7,80    |
| Matéria orgânica total (%) <sup>1/</sup>  | 41,91   |
| Carbono total (%) <sup>1/</sup>           | 24,31   |
| Carbono Orgânico (%) <sup>1/</sup>        | 21,00   |
| N - Total (%) <sup>2/</sup>               | 1,21    |
| P - Total (%) <sup>2/</sup>               | 0,40    |
| K - Total (%) <sup>2/</sup>               | 0,70    |
| Ca - Total (%) <sup>2/</sup>              | 4,10    |
| Mg - Total (%) <sup>2/</sup>              | 0,20    |
| S - Total (%) <sup>2/</sup>               | 0,27    |
| Na ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>1/</sup> | 1960,80 |
| B ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>2/</sup>  | 29,00   |
| Pb ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>3/</sup> | 214,50  |
| Zn ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>2/</sup> | 363,00  |
| Cu ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>2/</sup> | 204,00  |
| Mn ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>2/</sup> | 175,00  |
| Cd ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>3/</sup> | 1,24    |
| Ni ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) <sup>3/</sup> | 28,20   |
| Relação C/N                               | 17,35   |
| Densidade ( $\text{g/cm}^3$ )             | 0,50    |
| Umidade (%) <sup>1/</sup>                 | 21,00   |
| Granulometria (3-2 mm) <sup>2/</sup>      | 4,53    |
| (%) (2-1 mm) <sup>2/</sup>                | 40,03   |
| (%) (<1 mm) <sup>2/</sup>                 | 45,04   |

<sup>1/</sup> Resultados extraídos da análise realizada pelo Laboratório de Análises de Rotina do Departamento de Solos da UFV; <sup>2/</sup> Resultados extraídos da análise realizada pelo Laboratório de Solos da Aracruz Celulose S.A.; <sup>3/</sup> Resultados extraídos da análise realizada no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da UFV.

**Tabela 2.** Características do material de solo (dose zero) e dos substratos antes do plantio, sem adubação mineral, UFV, Viçosa, MG. 1993

| Características avaliadas                          | Doses de Composto |       |       |       |
|--|-------------------|-------|-------|-------|
|  | 0                 | 17,5  | 35,0  | 52,5  |
| pH em água (1:2,5)                                 | 5,4               | 6,3   | 6,8   | 7,1   |
| Carbono Orgânico (%)                               | 2,1               | 2,7   | 3,5   | 3,6   |
| P disponível ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )               | 4,4               | 23,9  | 39,5  | 49,2  |
| K disponível ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )               | 70,0              | 306,0 | 454,0 | 532,0 |
| Na ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )                         | 15,7              | 166,7 | 245,1 | 343,1 |
| Al trocável ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )   | 0,0               | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Ca trocável ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )   | 2,2               | 4,3   | 5,7   | 5,7   |
| Mg trocável ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )   | 0,6               | 1,4   | 0,9   | 1,0   |
| H+Al ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )          | 5,1               | 3,0   | 1,8   | 1,5   |
| Soma de Bases ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ ) | 2,9               | 6,5   | 7,8   | 8,0   |
| CTC Total ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )     | 8,0               | 9,5   | 9,6   | 9,5   |
| Sat.de Bases ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )  | 36,9              | 68,5  | 81,2  | 84,2  |
| Sat.de Al ( $\text{meq. } 100\text{cm}^{-3}$ )     | 0,0               | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Pb ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )                         | 0,6               | 3,6   | 5,7   | 6,6   |
| Zn ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )                         | 0,4               | 8,6   | 16,4  | 19,0  |
| Cu ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )                         | 0,2               | 1,6   | 3,0   | 3,5   |
| Mn ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )                         | 5,9               | 9,0   | 11,2  | 13,5  |
| Fe ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )                         | 37,7              | 56,3  | 65,9  | 70,4  |
| CE ( $\text{dS.m}^{-1}$ )                          | 0,8               | 2,1   | 4,9   | 5,9   |

obs: Resultados extraídos da análise realizada pelo Laboratório de Análises de Rotina do Departamento de Solos da UFV.

O experimento fatorial, em blocos casualizados com quatro repetições, foi composto pela combinação entre quatro cultivares de alface (Brasil 48, Grand Rapids, Vitória Verde Clara e Regina 71) e quatro doses de composto. As doses testadas, em

base seca, foram:  $0t.ha^{-1}$  (testemunha);  $17,5t.ha^{-1}$  (1/2 da dose recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1989) para a alface);  $35t.ha^{-1}$  (dose recomendada) e  $52,5t.ha^{-1}$  (1 1/2 vezes a dose recomendada). Para o cálculo das doses, considerou-se uma população de 133.000 pés de alface por hectare. Assim, a quantidade de composto colocada em cada vaso foi obtida dividindo-se a dose pela população. Por exemplo, no tratamento  $35t.ha^{-1}$  de composto, cada vaso recebeu 0,333kg de composto, valor obtido dividindo-se  $35.000kg/ha^{-1}$  por 133.000 plantas/ $ha^{-1}$ . A mistura dos dois componentes foi feita manual e individualmente, para garantir a perfeita homogeneização, sendo, então, colocada em vasos de plástico, com capacidade para  $5dm^3$ , sob os quais foram colocados pratos coletores, para que, caso ocorresse percolação de água, o lixiviado fosse devolvido ao vaso, não havendo, dessa forma, perdas de água do sistema.

Após incubação por 26 dias com irrigação periódica com água desmineralizada, em cada vaso foram adicionados 150ml de solução nutritiva que foram manualmente homogeneizados, de modo que cada  $dm^3$  de substrato recebeu: 50mg de nitrogênio, 100mg de fósforo e 50mg de potássio, na forma dos seguintes sais p.a.:  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4H_2PO_4$  e  $KH_2PO_4$ . A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 13 e 21 dias após o transplante, fornecendo  $50mg N.dm^{-3}$ , em cada aplicação, sendo utilizado o  $(NH_4)_2HPO_4$  p.a. para evitar contaminação.

As mudas foram produzidas em substrato constituído de um terço de areia lavada, um terço de vermiculita e um terço de esterco bovino. A análise química da referida mistura mostrou não haver contaminação com metais pesados. A irrigação foi feita com água desmineralizada. Vinte e seis dias após a semeadura realizou-se o transplante das mudas, deixando-se duas mudas por vaso até o pegamento e uma posteriormente. A irrigação diária foi feita com água desmineralizada.

Trinta dias após o transplante, as plantas foram cortadas rente ao solo; as folhas foram destacadas e pesadas para obtenção do peso da matéria fresca das folhas (MFF); em seguida, foram secadas em estufa com ventilação forçada a  $65^{\circ}C$  por 72 horas e pesadas para obtenção da matéria seca das folhas (MSF). As folhas secas foram trituradas em moinho tipo Wiley, acoplado com peneira de 20 *mesh* de abertura, para a digestão das amostras por via nitroperclórica. Para a determinação de K e Na, utilizou-se o fotômetro de chama, enquanto Pb, Zn, Cu e Mn foram determinados por espectrometria de absorção atômica. Os teores determinados na MSF foram convertidos para o teor correspondente na MFF para permitir a comparação com os limites de

tolerância de metais pesados em alimentos frescos, fixados pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (1985).

Após a colheita da alface e a separação das raízes, de cada vaso foi retirada uma amostra do substrato para determinações de pH em água; nutrientes e metais pesados disponíveis; carbono orgânico e condutividade elétrica. Os resultados dessas determinações foram publicados por Santos (1995).

## Resultados e discussão

A análise de variância mostrou efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos cultivares sobre a MFF e a concentração de Pb, Zn, Cu, K e Na nas folhas; também mostrou efeito significativo das doses de composto de lixo urbano sobre MFF, MSF e concentração de Zn, Cu, Mn, K e Na, assim como da interação doses x cultivares sobre Cu, Mn, K e Na. Os cultivares 'Vitória Verde Clara' e 'Regina 71' apresentaram médias dos pesos de MFF superiores a 'Brasil 48' e 'Grand Rapids' (Tabela 3). Para MFF, o efeito quadrático foi significativo (Tabela 4) e a maior produção de alface ocorreu com a menor dose de composto ( $17,5t.ha^{-1}$ ). Resultado semelhante foi relatado por Costa (1994), que cultivou plantas de alface, em vasos com substrato constituído de um solo franco argiloso e composto de lixo urbano, encontrando produção máxima de matéria fresca da parte aérea, na dose estimada  $17,56t.ha^{-1}$ . O fato de a menor dose de composto ter sido, nesse trabalho, suficiente para provocar aumento da produção em relação à testemunha, foi devido, provavelmente, ao conteúdo de nutrientes e à propriedade de condicionar o solo, melhorando a absorção e a retenção de água e de nutrientes. O declínio da produção pode ser explicado pela condutividade elétrica do substrato, que com  $35t.ha^{-1}$  de composto atingiu  $4,9 dS/m$  (Tabela 2), valor que caracteriza o solo salino citado por Buckman e Brady (1979). Fritz e Venter (1989) observaram que a produção de alface foi menor, quando 10% ou 20% do peso do substrato foi de composto de lixo urbano. A MSF apresentou um efeito quadrático de acordo com o aumento das doses de composto utilizadas (Tabela 4).

**Tabela 3.** Pesos da matéria fresca das folhas (MFF) e concentração de Pb e Zn na matéria seca das folhas dos cultivares de alface adubados com composto orgânico de lixo urbano (média das quatro repetições, nas quatro doses), UFV, Viçosa, MG. 1993

| Cultivares            | MFF        | Pb             | Zn      |
|-----------------------|------------|----------------|---------|
|                       | (g/planta) | $\mu g.g^{-1}$ |         |
| 'Brasil 48'           | 140,76 b   | 12,05 ab       | 55,85 b |
| 'Grand Rapids'        | 127,78 b   | 17,24 a        | 58,14 b |
| 'Vitória Verde Clara' | 170,44 a   | 9,35 bc        | 66,16 a |
| 'Regina 71'           | 175,26 a   | 4,05 c         | 65,75 a |

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

O teor de Pb na matéria seca das folhas variou de 4,05 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ('Regina 71') e 17,24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ('Grand Rapids') (Tabela 3), sendo significativa a diferença entre as mesmas. Tal resultado difere do encontrado por Santos *et al.* (1998), que trabalhou com 35t.ha<sup>-1</sup> de composto e dez cultivares de alface, incluindo as quatro aqui estudadas, e não encontrou diferença significativa entre elas quanto ao teor de Pb na MSF. Costa (1994), usando 52,5t.ha<sup>-1</sup> de composto de lixo e o cultivar 'Brasil 48', encontrou como valor máximo estimado 6,33 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Pb na MSF, enquanto Fritz e Venter (1989) detectaram 4,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Pb na matéria seca da parte aérea da alface, quando usaram até 20t.ha<sup>-1</sup> de composto de lixo.

**Tabela 4.** Equações ajustadas do peso da MFF e das concentrações de Zn, Cu, Mn, K e Na com as doses de composto orgânico de lixo urbano e cultivares, UFV, Viçosa, MG. 1993

| Elemento                             | Equação                                     | R <sup>2</sup> (%) |
|--------------------------------------|---|--------------------|
| Peso de matéria fresca <sup>1/</sup> | Y = 165,852 + 2,639X - 0,0761X <sup>2</sup> | 39,40**            |
| Peso de matéria seca <sup>1/</sup>   | Y = 18,812 + 0,055X - 0,0027X <sup>2</sup>  | 45,06**            |
| Zn <sup>1/</sup>                     | Y = 33,989 + 2,041X - 0,0243X <sup>2</sup>  | 99,99**            |
| Cu                                   |   |                    |
| Brasil 48                            | Y = 0,951 + 0,315X - 0,003X <sup>2</sup>    | 98,99**            |
| Grand Rapids                         | Y = 1,696 + 0,337X - 0,003X <sup>2</sup>    | 86,38**            |
| Vitória Verde Clara                  | Y = 2,956 + 0,295X - 0,003X <sup>2</sup>    | 97,08**            |
| Regina 71                            | Y = 3,031 + 0,294X - 0,002X <sup>2</sup>    | 99,18**            |
| Mn                                   |   |                    |
| Brasil 48                            | Y = 96,428 - 0,662X                         | 50,41**            |
| Grand Rapids                         | Y = 138,37 - 3,722X + 0,048X <sup>2</sup>   | 94,65**            |
| Vitória Verde Clara                  | Y = 128,29 - 4,054X + 0,062X <sup>2</sup>   | 94,86**            |
| Regina 71                            | Y = 103,02 - 0,814X                         | 75,82**            |
| K                                    |   |                    |
| Brasil 48                            | Y = 5,519 + 0,029X                          | 92,87**            |
| Grand Rapids                         | Y = 5,682 + 0,024X                          | 98,54**            |
| Vitória Verde Clara                  | Y = 5,436 + 0,026X - 0,001X <sup>2</sup>    | 41,96*             |
| Regina 71                            | -   | n.s. <sup>2/</sup> |
| Na                                   |   |                    |
| Brasil 48                            | Y = 0,100 + 0,035X - 0,0002X <sup>2</sup>   | 99,69**            |
| Grand Rapids                         | Y = 0,103 + 0,026X - 0,0002X <sup>2</sup>   | 98,77**            |
| Vitória Verde Clara                  | Y = 0,048 + 0,012X                          | 97,73**            |
| Regina 71                            | Y = 0,070 + 0,012X                          | 94,78**            |

<sup>1/</sup> Não foi significativa a interação cultivar x dose.; <sup>2/</sup> n.s. não significativo.; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.; \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Boon e Soltanpour (1992) encontraram até 45 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Pb na parte aérea de alface, ao analisarem plantas cultivadas em solo contaminado. Em experimento conduzido por Nicklow *et al.* (1983), com três níveis de Pb disponível no solo (0-5, 225-300; 450- 600 ppm), o maior acúmulo de Pb no tecido foliar foi encontrado em nabo e em alface ( 58 e 55 ppm, respectivamente). Segundo Rosseaux (1988), citado por Costa (1994), o teor normal de Pb em plantas pode atingir 8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de matéria seca; nesse caso, somente o cultivar 'Regina 71' estaria dentro da faixa normal (Tabela 3). Para hortaliças frescas, a

Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (1985) estabelece o limite de 0,50 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Pb. Neste experimento, a concentração de Pb na matéria fresca das folhas, calculada a partir da concentração na matéria seca (Santos, 1995), foi de 1,45 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em 'Brasil 48', 2,49 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em 'Grand Rapids', 1,00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em 'Vitória Verde Clara' e 0,13 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em 'Regina 71'. Portanto, só 'Regina 71' mostrou teor de Pb na matéria fresca dentro do limite de tolerância, provavelmente devido ao efeito de diluição, já que esse cultivar, assim como 'Vitória Verde Clara', apresentou o maior peso de MFF.

As maiores concentrações de Zn na MSF foram observadas em 'Vitória Verde Clara' e 'Regina 71' (66,16 e 65,75 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , respectivamente) (Tabela 3), as quais encontram-se abaixo da faixa de variação encontrada por Furlani *et al.* (1978), ao analisarem a concentração de Zn na MSF de quatro cultivares de alface, na época normal da colheita, sob cultivo convencional, no Estado de São Paulo (94 a 116 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Zn). Os valores correspondentes na MFF, calculados a partir da concentração na MSF (Santos, 1995) foram inferiores ao limite de 50 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fixado pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (1985).

As doses de composto exerceram um efeito quadrático sobre a concentração de Zn na MSF (Tabela 4). O aumento da concentração de Zn nas folhas de alface com as doses de composto, foi também verificado por Purves e Mackenzie (1973), Fritz e Venter (1989) e Costa (1994).

A concentração de Cu aumentou em função das doses de composto (Tabela 5), ajustando-se ao modelo quadrático para todos os cultivares, (Tabela 4). Purves e Mackenzie (1973) e Dowdy e Larson (1975), utilizando composto orgânico de lixo e lodo de esgoto, respectivamente, também observaram aumento na absorção de Cu pela alface.

O cultivar 'Regina 71' esteve sempre entre os que absorveram mais Cu, enquanto 'Brasil 48' esteve entre ou foi o que menos absorveu Cu (Tabela 5). Os valores encontrados neste experimento situam-se dentro da faixa citada por Furlani *et al.* (1978) - 5,9 a 13,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  na MSF - encontrada ao analisarem amostras de quatro cultivares de alface na época normal de colheita. Garcia *et al.* (1982b) registraram, para o cultivar 'Brasil 48', 9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Cu aos 20 dias e 18 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  aos 51 dias.

A concentração média de Cu foi aproximadamente oito vezes menor que a de Zn, semelhante ao resultado obtido por Fritz e Venter (1989), para espinafre adubado com composto orgânico de lixo, indicando uma possível competição entre esses dois elementos quando da absorção pela planta.

O limite máximo permitido pela legislação brasileira,  $30,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Cu na matéria fresca (Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação, 1985), não foi atingido neste trabalho.

Em geral, houve tendência a decréscimos na concentração de Mn com o aumento das doses de composto (Tabela 5). Os cultivares 'Brasil 48' e 'Regina 71' mostraram resposta linear às doses de composto, enquanto 'Vitória Verde Clara' e 'Grand Rapids', respostas quadráticas (Tabela 4). Na dose  $17,5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , na qual observou-se a maior produção, a concentração média de Mn foi  $72,02\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , valor superior à faixa crítica citada por Malavolta (1981): 10 a  $20\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nos substratos com maiores doses de composto, a complexação do Mn pela matéria orgânica, provavelmente, contribuiu para diminuir a disponibilidade deste nutriente para as plantas. Page (1966), citado por Dowdy e Larson (1975), também observou redução na absorção de Mn pelo tecido jovem de alface com o aumento das doses de matéria orgânica.

**Tabela 5.** Concentração de Cu, Mn, K e Na na matéria seca das folhas dos cultivares de alface, em cada dose de composto orgânico de lixo urbano (média de quatro repetições), UFV, Viçosa, MG. 1993

| Composto<br>t.ha <sup>-1</sup> | Cultivares          | Cu                              | Mn       | K       | Na     |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------|---------|--------|
|                                |                     | $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ |          | (% )    |        |
| 0,0                            | Brasil 48           | 1,21 b                          | 110,62 b | 5,37 ab | 0,09 a |
|                                | Grands Rapids       | 2,30 ab                         | 141,33 a | 5,68 a  | 0,09 a |
|                                | Vitória Verde Clara | 3,19 a                          | 130,84 a | 5,12 ab | 0,07 a |
|                                | Regina 71           | 3,19 a                          | 110,91 b | 4,94 b  | 0,09 a |
|                                | médias              | 2,47                            | 123,42   | 5,28    | 0,085  |
| 17,5                           | Brasil 48           | 5,18 b                          | 66,46 a  | 6,08 a  | 0,66 a |
|                                | Grands Rapids       | 4,78 b                          | 79,05 a  | 6,15 a  | 0,54 b |
|                                | Vitória Verde Clara | 6,57 a                          | 68,75 a  | 6,52 a  | 0,20 c |
|                                | Regina 71           | 7,16 a                          | 73,85 a  | 4,60 b  | 0,21 c |
|                                | médias              | 5,92                            | 72,03    | 5,84    | 0,40   |
| 35,0                           | Brasil 48           | 9,25 b                          | 89,45 a  | 6,77 a  | 0,98 a |
|                                | Grands Rapids       | 11,33 a                         | 75,68 a  | 6,42 a  | 0,71 b |
|                                | Vitória Verde Clara | 10,63 a                         | 70,29 a  | 4,19 b  | 0,49 c |
|                                | Regina 71           | 11,73 a                         | 80,69 a  | 4,75 b  | 0,58 c |
|                                | médias              | 10,73                           | 79,03    | 5,53    | 0,69   |
| 52,5                           | Brasil 48           | 10,34 b                         | 58,16 b  | 6,77 a  | 1,25 a |
|                                | Grands Rapids       | 9,84 b                          | 72,12 ab | 6,98 a  | 0,91 b |
|                                | Vitória Verde Clara | 10,63 b                         | 84,44 a  | 4,38 b  | 0,66 c |
|                                | Regina 71           | 13,61 a                         | 61,15 b  | 4,32 b  | 0,69 c |
|                                | médias              | 11,10                           | 68,97    | 5,61    | 0,88   |

As médias seguidas da mesma letra na coluna, em cada dose de composto orgânico, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Em todas as doses de composto, observa-se diferença da concentração de K na matéria seca entre os quatro cultivares (Tabela 5), sendo que 'Brasil 48' e 'Grand Rapids' foram os que mais absorveram K nas quatro doses. Na Tabela 4, observa-se que nos cultivares 'Brasil 48', 'Grand Rapids' e 'Vitória Verde Clara', a concentração de K aumentou com o aumento das doses de composto de lixo; para 'Brasil 48' e 'Grand Rapids', ajustou-se o modelo linear e,

para 'Vitória Verde Clara', o modelo quadrático. O cultivar 'Regina 71' não respondeu ao aumento das doses de composto orgânico de lixo urbano, o que se verifica pela não significância da equação de regressão (Tabela 4).

No cultivar 'Brasil 48', 30 dias após o transplante, em estudo de concentração e de acúmulo de macronutrientes, sob cultivo convencional, Garcia *et al.* (1982a) registraram 8,45% de K na MSF. No entanto, Furlani *et al.* (1978), também sob cultivo convencional, observaram variação de 5,53% a 6,03 % entre quatro cultivares de alface, por ocasião da colheita, o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho.

Com relação ao Na, pode-se verificar o efeito das doses sobre a concentração deste elemento (Tabela 5), sendo que o efeito foi linear para os cultivares 'Regina 71' e 'Vitória Verde Clara' e quadrático para 'Brasil 48' e 'Grand Rapids' (Tabela 4). Apenas na ausência de composto, os resultados da concentração de Na na MSF se aproximaram dos de Furlani *et al.* (1978), que encontraram de 0,035% até 0,042% de Na na MSF de quatro cultivares de alface, na época normal de colheita, sob cultivo convencional. Na presença de composto, 'Brasil 48' e 'Grand Rapids' apresentaram concentração de Na na MSF significativamente superior à dos outros cultivares, o que se deveu, provavelmente, à maior absorção desse elemento e à menor produção de matéria fresca, causando um efeito de concentração do elemento.

A maior produção de MFF, característica de maior interesse comercial na produção de alface, foi obtida com a dose de  $17,5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de composto de lixo urbano, sendo que 'Regina 71' foi o cultivar que apresentou a maior produção de matéria fresca e, em geral, as menores concentrações dos elementos analisados. Diante disso, 'Regina 71' apresenta-se como um possível progenitor para programas de melhoramento genético de alface, visando à seleção de cultivares que apresentem menor concentração de metais pesados, quando adubados com composto de lixo contaminado.

## Referências bibliográficas

- Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. *Compêndio da Legislação dos Alimentos*. São Paulo, 1985. v.1. 185p.
- Boon, D.Y.; Soltanpour, P.N. Lead, cadmium, and zinc contamination of aspen garden soils and vegetation. *J. Environ. Qual.*, 21(1):82-86, 1992.
- Buckman, H.O.; Brady, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647 p.
- Chanyasak, V.; Katayama, A.; Hirai, M.F.; Mori, S.; Kubota, H. Effects of compost maturity on growth of komatsuna (*Brassica rapa* var. *pervidis*) in Neubauer's pot. I. Comparison of growth in compost treatment

- with that in inorganic nutrient treatments as controls. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 29(3):239-250, 1983.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de fertilizantes e corretivos em Minas Gerais. 4ª aproximação. Lavras: UFLA, 1989. 176p.
- Costa, C.A. Crescimento e teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) e cenoura (*Daucus carota* L.) adubadas com composto orgânico de lixo urbano. Viçosa, 1994. (Master's Thesis in Phytotechny) - Universidade Federal de Viçosa.
- Dowdy, R.H.; Larson, W.E. The availability of sludge-born metals to various vegetable crops. *J. Environ. Qual.*, 4(2):278-282, 1975.
- Fritz, D.; Venter, F. Heavy metals in some vegetable crops as influenced by municipal waste composts. *Acta Hort.*, 222(1):51-62, 1989.
- Furlani, A.C.M.; Furlani, P.R.; Bataglia, D.C. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, 37(1):33-44, 1978.
- Garcia, L.C.; Haag, H.P.; Minami, K.; Dechen, A.R. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface *Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 29: 455-483, 1982a.
- Garcia, L.C.; Haag, H.P.; Minami, K.; Dechen, A.R. Nutrição mineral de hortaliças. XL Concentração e acúmulo de micronutrientes em alface *Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 29: 485-504, 1982b.
- Malavolta, E. *Manual de química agrícola - Adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1981. 478 p.
- Nicklow, C.W.; Comas-Haezebrouck, P.H.; Feper, W.A. Influence of varying soil lead levels on lead uptake of leafy and root vegetables. *J. Am. Soc. Hortic.*, 108(2):193-195, 1983.
- Purves, D.; Mackenzie, E.J. Effects of application of municipal compost on uptake of copper, zinc and boron by garden vegetables. *Plant Soil*, 39:361-371, 1973.
- Santos, I.C. Conteúdo de metais pesados, potássio e sódio e produção de cultivares de alface adubados com composto orgânico de lixo urbano. Viçosa, 1995. (Master's Thesis in Phytotechny) - Universidade Federal de Viçosa.
- Santos, I.C.; Casali, V.W.D.; Miranda, G.V. Comportamento de dez cultivares de alface adubadas com composto de lixo urbano. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33(2):157-161, 1998.
- Zurera, G.; Estrada, B.; Rincon, F.; Pozo, R. Lead and cadmium contamination levels in edible vegetables. *Pollut. Environ. Contam. Toxicol.*, 38:805-812, 1987.

Received on February 18, 1998.

Accepted on May 21, 1998.