

Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre

Leilson C. Grangeiro; Cacia C. Costa; Arthur B. Cecílio Filho; Gisele V.G. Grilli; Roberto Luciano Coelho; Luiz Guilherme Bergamin

UNESP, Depto. produção vegetal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900 Jaboticabal-SP; E-mail: leilson@fcav.unesp.br

RESUMO

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, da UNESP em Jaboticabal, de maio a junho de 2001, com o objetivo de avaliar o desempenho da rúcula, cultivar Cultivada, sob diferentes concentrações de cobre na solução nutritiva, em cultivo hidropônico. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições e quatro tratamentos: 0; 0,036; 0,072 e 0,108 mgL⁻¹ de Cu adicionado à solução nutritiva, na forma de sulfato de cobre. Após 30 dias do transplantio, 150 plantas foram colhidas ao acaso em cada parcela, para análise da matéria seca e dos teores de Cu, Fe, Zn e Mn na parte aérea das plantas. Foi observado sintoma visual de deficiência de Cu apenas no tratamento sem adição de cobre, com forte redução no tamanho das plantas. A produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente influenciada pelo aumento das concentrações de Cu. A máxima produção e 95% da máxima foram obtidas, respectivamente, com 0,108 mgL⁻¹ e 0,064 mgL⁻¹ de cobre. Os teores de Cu e Mn na parte aérea aumentaram com as concentrações de Cu na solução nutritiva.

Palavras-chave: *Eruca sativa*, nutrição de plantas, micronutriente, cultivo sem solo.

ABSTRACT

Yield of roquette in hydroponic system, with different copper concentrations in the nutrient solution

The response of roquette cv. Cultivada, to different copper concentrations in the nutrient solution was evaluated. The experimental design was completely randomized, with four treatments (0; 0.036; 0.072 and 0.108 mgL⁻¹ of copper added to the nutrient solution) and four replications. 30 days after transplanting, 150 plants were collected at random in order to analyse the concentrations of Cu, Fe, Zn and Mn in the dry matter of the aerial part. Symptoms of deficiency were observed in the treatment without copper, presenting strong reduction in the plant size. The dry matter yield was significantly influenced by the increasing concentrations of Cu, with maximum production and 95% of maximum yield was obtained respectively with 0.108 and 0.064 mgL⁻¹ of Cu in the nutritive solution. The concentration of Cu and Mn in the aerial part increased with increasing concentration of Cu in the nutritious solution.

Keywords: *Eruca sativa*, plant nutrition, micronutrient, soilless culture.

(Recebido para publicação em 28 de setembro de 2001 e aceito em 10 de outubro de 2002)

O cobre é um nutriente exigido em pequenas quantidades pelas culturas, sendo um dos últimos a desenvolver sintomas visuais de deficiência, quando seu suprimento não atende à demanda das plantas. Geralmente, ocorre em teores muito baixos no solo e, na matéria seca das plantas varia de 2 a 20 mgkg⁻¹ (Ferreira & Cruz, 1991).

Apesar do importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas (Haque *et al.*, 1993), participando de diversos processos metabólicos (Marschner, 1995; Mocquot *et al.*, 1996), este nutriente não tem recebido muita atenção de pesquisadores que trabalham com hortaliças. Alguns trabalhos mostram que a aplicação de cobre tem proporcionado incrementos na produção de alface (Levesque & Mathur, 1983; Roston & Kimoto, 1987; Silva *et al.*, 1996); cebola (Mathur *et al.*, 1983); cenoura e batata (Mathur & Levesque, 1983); tomate (Ambak *et al.*, 1991) e couve-flor (Charterjee & Charterjee, 2000).

Quando deficiente na planta, são observadas folhas novas em forma de taça com os bordos ondulados para baixo (alface); redução do crescimento, entrenós curtos e folhas necrosadas (melão e melancia); folhas retorcidas e menor compacidade do bulbo (cebola); nervuras salientes, morte descendente dos ramos e formação de gemas múltiplas (pepino) (Bennett, 1993; Silva Júnior *et al.*, 1995; Pontes, 2000; Trani, 2001).

Por outro lado, a toxicidade de Cu ocasiona inicialmente uma clorose nas folhas jovens, devido ao seu efeito tóxico nas raízes. Este efeito indireto é principalmente causado pela diminuição na fotossíntese líquida, redução dos espaços intercelulares e alterações nos cloroplastos (Charterjee & Charterjee, 2000). A faixa de toxicidade do nutriente para as plantas varia com as espécies e tipo de solo, embora exista uma concordância na literatura que teores maiores que 20 mg kg⁻¹ na matéria seca sejam suficientes para reduzir o rendimento,

particularmente quando este nível é atingido nas folhas (Davis, 1980 citado por Levesque & Mathur, 1983). A fitotoxicidade de cobre pode também manifestar certas mudanças na absorção pelas plantas de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn (Foy *et al.*, 1978), sendo mais comum a deficiência de Fe, devido à inibição competitiva entre estes dois íons durante a absorção (Malavolta *et al.*, 1997).

Levesque & Mathur (1983) verificaram sintomas de toxicidade em alface, quando os teores de Cu nas folhas atingiram 45 mg kg⁻¹. Em couve-flor, o excesso de Cu reduziu o crescimento das plantas e as folhas jovens exibiram uma clorose internerval (Charterjee & Charterjee, 2000). Esses sintomas são similares aos de deficiência de Fe, como tem sido relatado por alguns autores (Agarwala *et al.*, 1977; Sharma *et al.*, 1995), e pode estar relacionado em parte, pela habilidade do Cu em deslocar outros metais (particularmente Fe) promovendo deficiência.

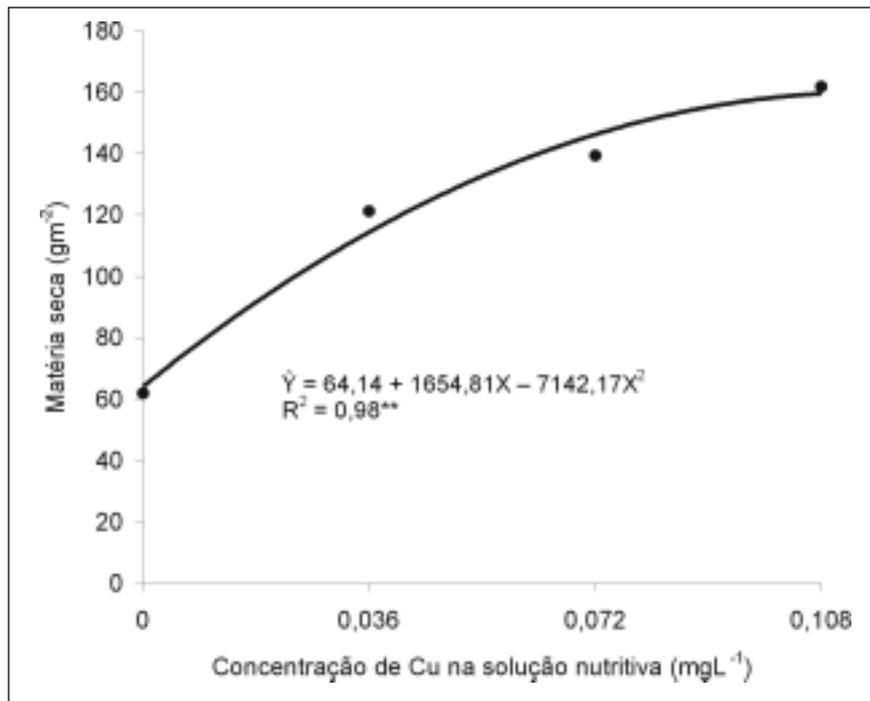


Figura 1. Matéria seca da parte aérea de rúcula, cv. Cultivada, em função da concentração de cobre na solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP, 2001.

Em cultivo hidropônico, a recomendação de cobre na solução nutritiva para hortaliças folhosas tem sido de 0,02 a 0,05 mgL⁻¹ (Hoagland & Arnon, 1950; Castellane & Araújo, 1994; Furlani, 1998), portanto, sem considerar as diferenças fisiológicas das espécies que expressam exigências nutricionais distintas.

Haag & Minami (1988) informam que a rúcula apresenta elevada extração de cobre. No entanto, não foi encontrada literatura que demonstrasse a resposta da planta ao fornecimento crescente de cobre, fato este que poderá estar interferindo no aumento da produtividade da hortaliça.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho da rúcula em diferentes concentrações de cobre na solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UNESP, em Jaboticabal, no período de maio a junho de 2001. A cultivar de rúcula utilizada foi a Cultivada, sendo as mudas produzidas em espuma fenólica com dimensões de 2 x 2 x 2 cm, onde se colocaram três sementes em cada orifício. O

transplântio para os canais de cultivo no sistema hidropônico tipo NFT foi realizado 10 dias após a semeadura quando as plantas estavam com aproximadamente 1,5 cm de altura e 2 ou 3 folhas. Os canais foram constituídos por tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, cortados longitudinalmente, e cobertos com placas de isopor. As mudas foram colocadas sob espaçamento de 15 x 10 cm.

A solução nutritiva utilizada teve como base aquela proposta por Furlani (1998), sendo dissolvidos 750 g de nitrato de cálcio, 500 g de nitrato de potássio, 150 g de monofosfato de amônio, 400 g de sulfato de magnésio, 0,5 g de sulfato de zinco, 1,5 g de ácido bórico, 1,5 g de cloreto de manganês e 0,15 g de molibdato de sódio, para 1000 litros de solução nutritiva. O ferro foi fornecido na forma de quelato com EDTA, na concentração de 1,8 mgL⁻¹ de cloreto férrico. As doses de sulfato de cobre variaram conforme os tratamentos, sendo de 0; 0,075; 0,15 e 0,225 gramas/1000 litros. O pH da solução foi mantido na faixa de 5,5 a 6,5 e a condutividade elétrica entre 2,3 e 2,6 dSm⁻¹.

A solução nutritiva foi fornecida às plantas em períodos de 10 minutos, intercalado com 20 minutos de repouso no fluxo, através de bombeamento de

um reservatório, acionado por um temporizador. À tarde, a intermitência foi de 10 x 10 minutos, enquanto à noite, somente uma circulação da solução nutritiva nas bancadas foi realizada, às 21 horas, por 20 minutos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos contendo diferentes concentrações de cobre na solução nutritiva (0; 0,036; 0,072 e 0,108 mgL⁻¹ de Cu), com quatro repetições, sendo que cada parcela foi composta por 300 plantas.

Após 30 dias do transplântio, 150 plantas foram colhidas ao acaso em cada parcela, para análise da matéria seca e dos teores de Cu, Fe, Zn e Mn na parte aérea das plantas. Foi efetuada análise de variância dos dados e estudo de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas típicos de deficiência de cobre nas plantas foram observados apenas no tratamento onde não se adicionou cobre, caracterizando-se por folhas pequenas, amareladas e plantas com tamanho reduzido, como descrito por Bennett (1993) e Malavolta *et al.* (1997). Sintomas semelhantes foram obtidos por Rosco *et al.* (1996) em alface.

A produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente influenciada pelo aumento das concentrações de cobre na solução nutritiva (Figura 1). A máxima produção estimada foi obtida na concentração de 0,108 mgL⁻¹. Essa concentração foi superior às recomendadas por Castellane & Araújo (1994) e Furlani (1998) para hortaliças folhosas. Em alface, Silva *et al.* (1996) obtiveram melhores respostas quando utilizaram uma concentração de cobre na solução nutritiva de 0,96 mmolL⁻¹, sendo este valor três vezes maior ao recomendado por Hoagland & Arnon (1950).

As maiores concentrações de cobre na solução nutritiva não ocasionaram sintomas visíveis de toxicidade e os teores do nutriente na matéria seca da parte aérea da rúcula (Figura 2) ficaram bem abaixo de 20 mg kg⁻¹, considerado como tóxico para a maioria das espécies, segundo Marschner (1995). Sintomas de fitotoxicidade de cobre em alface foram

visualizados quando o teor de cobre na matéria seca das folhas atingiu 45 mg kg⁻¹ (Levesque & Mathur, 1983), muito superior ao constatado por Silva *et al.* (1996), os quais verificaram fitotoxicidade quando o teor de cobre nas plantas atingiu 10 mg kg⁻¹.

O teor de Cu na matéria seca da parte aérea aumentou com as concentrações de Cu na solução nutritiva, atingindo valor de 6,25 mg kg⁻¹ na concentração de 0,108 mgL⁻¹ (Figura 2). Este teor foi também associado à maior produção de matéria seca (Figura 3). O teor de cobre na planta, observado neste experimento, é considerado suficiente ou adequado quando comparado ao intervalo de 5 a 12 mg kg⁻¹ apresentado por Furlani (1998), para a cultura da rúcula.

Os teores de Fe e Zn na matéria seca não foram influenciados significativamente pelo aumento na concentração de cobre na solução nutritiva, sendo verificados os teores de 144,7 e 40,8 mg kg⁻¹, respectivamente. Esses valores estão dentro da faixa adequada, segundo Trani (2001) para cultura da rúcula.

Assim como observado para o cobre, maiores teores de Mn na matéria seca da parte aérea foram obtidos à medida em que se elevou a concentração de cobre na solução nutritiva, atingindo 117,25 mg kg⁻¹ (Figura 2). Esta concentração é superior à faixa de 76 a 107 mg kg⁻¹, considerada adequada por Furlani (1998) à rúcula, porém distante dos valores determinantes de fitotoxicidade (400 a 7000 mgkg⁻¹), referenciados por Gupta (2001). Deve-se ressaltar que a concentração de Mn, embora superior à faixa adequada para a planta, encontra-se abaixo da considerada aceitável pelo Serviço de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (Rodella & Alcarde, 2001) para metais pesados em alimentos.

Dentre os micronutrientes analisados, houve interação significativa entre os teores de Cu e de Mn na matéria seca da parte aérea (Figura 3). Na literatura, os relatos sobre este comportamento têm sido diferenciados. Alguns trabalhos mostram existir sinergismo entre estes dois íons, como foi verificado por Wallace & Romney (1977) em “feijão fava” onde, segundo os autores, o cobre estimulou a absorção de Mn, comportamento este também observado neste tra-

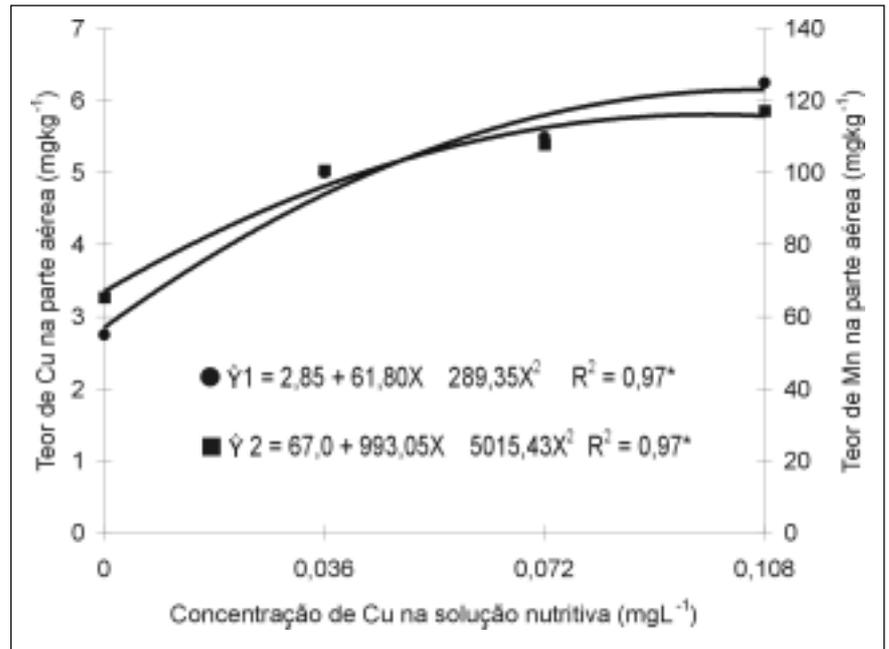


Figura 2. Teores de cobre ($\hat{Y}1$) e manganês ($\hat{Y}2$) na matéria seca da parte aérea de rúcula, cv. Cultivada, em função da concentração de cobre na solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP, 2001.

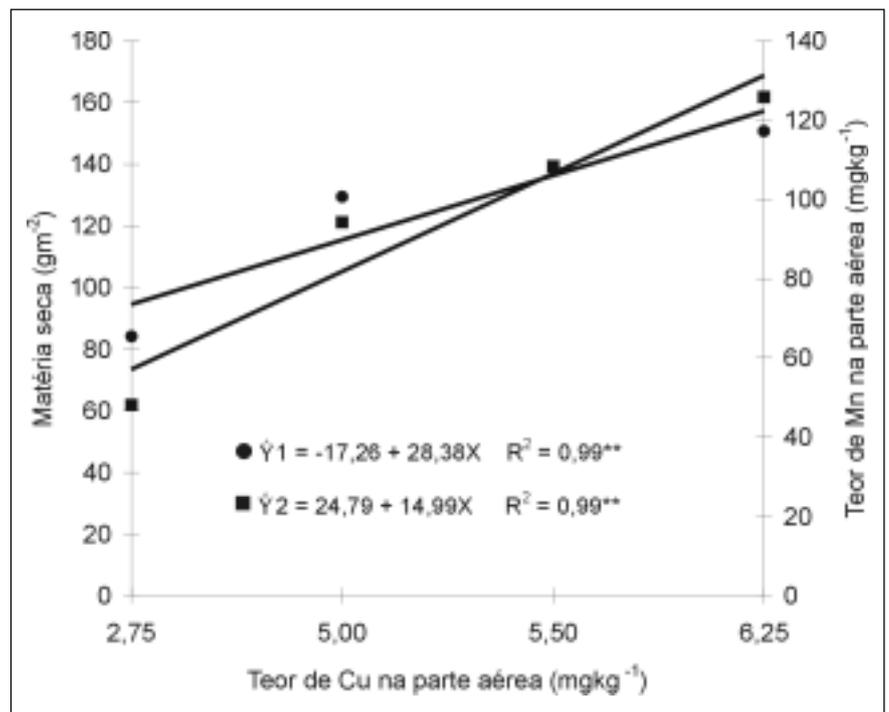


Figura 3. Produção de matéria seca ($\hat{Y}1$) e concentração de manganês ($\hat{Y}2$), em função da concentração de cobre na matéria seca da parte aérea de rúcula, cv. Cultivada. Jaboticabal, UNESP, 2001.

balho. Por outro lado, Lidon & Henriques (1992) citam que a interação é do tipo inibição competitiva. Levesque & Mathur (1983), Mathur *et al.* (1983) e Chartterjee & Chartterjee (2000), respectivamente, verificaram em alface,

cebola e couve-flor, que os teores de Mn diminuíram na matéria seca das folhas, quando o cobre estava em excesso.

Embora as inibições competitivas entre cobre e os nutrientes Zn e Fe sejam consideradas comuns por Malavolta

et al. (1997), estas não foram observadas no presente trabalho. A habilidade que o cobre apresenta em deslocar os íons, principalmente Fe e Zn, dos sítios de troca tem sido apontada como a principal causa desta inibição (Mengel & Kirkby, 1987).

Em função dos resultados, a ausência de sintomas de fitotoxicidade e de redução no rendimento da rúcula, sugerem que as concentrações de cobre utilizadas no cultivo da rúcula em hidroponia, podem não estar atendendo às necessidades da mesma para expressão do seu potencial produtivo. Considerando-se 95% da produção máxima de matéria seca da parte aérea da rúcula, recomenda-se a concentração de 0,064 mgL⁻¹ de cobre na solução nutritiva.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo auxílio financeiro concedido para a realização deste trabalho. Ao Laboratório Central da UNESP, e à técnica de laboratório Sidinéia de Aguiar Ferreira, pela realização das análises de teores de nutrientes.

LITERATURA CITADA

- AGARWALA, S.C.; BISHT, S.S.; SHARMA, C.P. Relative effectiveness of certain heavy metals in producing toxicity and symptoms of iron deficiency in barley. *Canadian Journal of Botany*, v. 55, p. 1299-1307, 1977.
- AMBAK, K.; BAKAR, Z.A.; TADANO, T. Effect of liming and micronutrient application on the growth and occurrence of sterility in maize and tomato plants in a Malaysian deep peat soil. *Soil Science Plant Nutrition*, v. 37, n. 4, p. 689-698, 1991.
- BENNETT, W.F. (ed.) *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. St. Paul: APS Press, 1993. 202 p.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. *Cultivo sem solo: hidroponia*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43 p.
- CHARTTERJEE, J.; CHARTTERJEE, C. Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. *Environmental Pollution*, v. 109, p. 69-74, 2000.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Micronutrientes no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (eds.) *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 131-157.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, v. 29, p. 511-566, 1978.
- FURLANI, P.R. *Instruções para o cultivo de hortaliças folhosas pela técnica de hidroponia-NFT*. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (Boletim Técnico 168).
- GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C.A. *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 13-42.
- HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. Demanda de nutrientes por uma cultura de rúcula. In: *Anais da Escola Superior "Luiz de Queiroz"*, v. 45, n. 2, p. 589-595, 1988.
- HAQUE, I.; ADUAYI, E.A.; SIBANDA, S. Copper in soils, plants, and ruminant animal nutrition with special reference to sub-Saharan. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 16, n. 11, p. 2149-2212, 1993.
- HOAGLAND, D.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. *California Agriculture Experimental Station Circular*, 1950. 347 p.
- LEVESQUE, M.P.; MATHUR, S.P. The effects of using copper for mitigating Histosol subsidence on: 1. The yield and nutrition of oats and lettuce grown on Histosols, mineral sublayers, and their mixtures. *Soil Science*, v. 135, n. 2, p. 88-100, 1983.
- LIDON, F.C.; HENRIQUES, F.S. Effects of increasing concentrations of Cu on metal uptake kinetics and biomass yields. *Soil Science*, Baltimore, v. 154, n. 1, p. 44-49, 1992.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MATHUR, S.P.; BELANGER, A.; VALK, M.; PRESTON, C.M.; KINIBBE, E.; SANDERSON, R.B. A study of onions grown in microplots on three organic soils each containing four levels of copper. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 63, p. 221-228, 1983.
- MATHUR, S.P.; LEVESQUE, M.P. Effect of liming on the yield, nutrition and copper status of potatoes, carrots and onions grown sequentially in two peat soils. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 63, p. 229-244, 1983.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Copper, further elements of importance. In: *Principles of Plant Nutrition*. 4. ed. Berne: International Potash Institute, 1987. p. 537-588.
- MOCQUOT, B.; VANGRONVELD, J.; CLIJSTERS, H.; MENCH, M. Copper toxicity in young maize (*Zea mays* L.) plants: effects on growth, mineral and chlorophyll contents, and enzyme activities. *Plant and Soil*, v. 182, n. 2, p. 287-300, 1996.
- PONTES, A.S.C. *Resposta do melão a omissão de B, Cu, Fe, Mn e Zn em dois solos do Submédio São Francisco*. Cruz das Almas: UFBA, 2000. 53 p. (Tese mestrado).
- RODELLA, A.A.; ALCARDE, J.C. Legislação sobre micronutrientes e metais pesados In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C.A. *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 556-576.
- ROSCO, J.; LARA, K.A.L.; NAKAGAWA, J. Efeito de níveis de cobre em alface cultivada em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 73, 1996.
- ROSTON, J.J.; KIMOTO, T. Efeito da adição de sulfato de cobre na produção de alface em solo turfoso. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 5, p. 81, 1987.
- SHARMA, D.C.; CHATTERJEE, C.; SHARMA, C.P. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. *Plant Science*, v. 111, p. 145-151, 1995.
- SILVA, J.B.C.; CAÑIZARES, K.A.L.; NAKAGAWA, J. Efeito de níveis de cobre em alface cultivada em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 14, n. 2, p. 226-228, 1996.
- SILVA JÚNIOR, A.A.; SOPRANO, E.; VIZZOTTO, V.J.; MACEDO, S.G. *Caracterização de deficiências nutricionais em pepineiro*. Florianópolis: EPAGRI-SC, 1995. 36 p. (Boletim Técnico 70).
- TRANI, P.E. Hortaliças Folhosas e Condimentares. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C.A. *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 493-506.
- WALLACE, A.; ROMNEY, E.M. Synergistic trace metal effects in plants. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v. 8, n. 9, p. 699-707, 1977.