

Teores de micronutrientes em alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de inverno

Geraldo M. de Resende¹; Marco A. Alvarenga²; Jony E. Yuri¹; Rovilson J. de Souza²

¹Embrapa Semiárido, C. Postal 23, 56302-970, Petrolina-PE; ²UFLA-DAG, C. Postal 37, 37200-000, Lavras-MG; gmilanez@cpatsa.embrapa.br; alvarengamarco@terra.com.br; jony.yuri@cpatsa.embrapa.br; rovilson@ufla.br.

concentration in crisphead lettuce in winter planting

RESUMO

O trabalho foi conduzido no município de Três Pontas, Sul de Minas Gerais, no período de abril a julho de 2003, com o objetivo de avaliar a influência de doses de nitrogênio e molibdênio no teor de micronutrientes da alface americana. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso em arranjo fatorial 4 x 5, compreendendo quatro doses de nitrogênio em cobertura adicionais a dose aplicada pelo produtor de 60 kg ha⁻¹ de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e cinco doses de molibdênio via foliar (0,0; 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha⁻¹), com três repetições. Os resultados indicaram incrementos nos teores de boro (B), zinco (Zn), Cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) com o aumento das doses de N e Mo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, boro, zinco, cobre, ferro, manganês.

ABSTRACT - Nitrogen and molybdenum rates in micronutrients

The trial was carried out at Três Pontas, State of Minas Gerais, Brazil, from April to July 2003, with the objective of evaluating the influence of nitrogen and molybdenum rates in micronutrients uptake in crisphead lettuce. A randomized complete block design scheme with three replications was used. The treatments were a factorial combination of four nitrogen rates (0.0; 60.0; 120.0 and 180.0 kg ha⁻¹) applied in addition the dose commonly used by growers (60 kg ha⁻¹ of N) and five foliar molybdenum rates (0.0, 35.1; 70.2; 105.3 and 140.4 g ha⁻¹). The results indicated increase in levels of boron (B), zinc (Zn), Copper (Cu), iron (Fe) and manganese (Mn) with increasing of N and Mo levels.

Keywords: *Lactuca sativa*, boron, zinc, copper, iron, manganese.

INTRODUÇÃO

A alface americana vem adquirindo importância crescente no país. O plantio deste tipo de alface visa atender as redes “fast food” e, atualmente, tem-se constatado o aumento no consumo desta hortaliça também na forma de salada (RESENDE *et al.*, 2007).

Sendo a alface uma cultura composta basicamente por folhas, esta responde muito à adubação nitrogenada e fertilizantes orgânicos (Santos *et al.*, 2001). A deficiência de nitrogênio retarda o crescimento da planta e induz ausência ou má formação da cabeça, as folhas mais velhas tornam-se amareladas e desprendem-se com facilidade. O fornecimento do nitrogênio às plantas favorece a produção de biomoléculas fundamentais, como proteínas e aminoácidos, além de ser o constituinte das moléculas de clorofila (Donato *et al.*, 2004).

Nos sistemas biológicos o molibdênio é constituinte de pelo menos cinco enzimas catalisadoras de reações. Três destas enzimas (redutase do nitrato, nitrogenase e oxidase do sulfito) são encontradas em plantas (Gupta & Lipsett, 1981). A função mais importante do molibdênio nas plantas está relacionada com o metabolismo do nitrogênio (Chairidchai, 2000). A enzima nitrato redutase, que reduz íons nitrato, possibilitando sua incorporação em compostos orgânicos, nas raízes e na parte aérea (Binneck *et al.*, 1999). De acordo com Faquin (2001), em plantas deficientes em molibdênio ocorre acúmulo de nitrato e pode haver deficiência de N. Com isso, o teor de clorofila é reduzido e ocorre menor desenvolvimento da planta.

A omissão ou excesso de N e Mo podem causar interações entre nutrientes, acarretando desbalanço nutricional, promovendo redução ou incremento de seu teor na parte aérea da planta, promovendo desequilíbrio e, conseqüentemente, alterações morfológicas e metabólicas. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar na massa fresca comercial e teor de micronutrientes na parte aérea da alface americana, cultivada sob condições de inverno no Sul de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Três Pontas, Sul de Minas Gerais, em solo classificado originalmente como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999), no período de abril a julho de 2003. A análise do solo onde foi instalado o experimento apresentou as seguintes características químicas: K =

$73,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $P = 72,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $Ca = 4,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg = 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $H + Al = 2,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $pH \text{ em } H_2O = 6,3$ e matéria orgânica = 29 g kg^{-1} .

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso no esquema fatorial 4×5 , compreendendo quatro doses de nitrogênio em cobertura adicionais a dose aplicada pelo produtor de 60 kg ha^{-1} de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}) e cinco doses de molibdênio via foliar (0,0; 35,1; 70,2; 105,3 e $140,4 \text{ g ha}^{-1}$) e três repetições, perfazendo um total de 20 tratamentos. Foi utilizado como adubo nitrogenado à ureia e como fonte de molibdênio o molibdato de sódio. A ureia foi aplicada em cobertura aos 10, 20 e 30 dias após o transplante em 40%, 30% e 30%, respectivamente, da dose avaliada. As doses em cobertura de ureia por parcela por planta foram previamente diluídas em água pura, aplicando-se 10 ml da solução, lateralmente a cada planta. O molibdato de sódio foi aplicado aos 21 dias após o transplante através de pulverizador costal manual capacidade de 4 l em máxima pressão, gastando-se 300 l de calda ha^{-1} .

As parcelas experimentais constituíram-se de canteiros com quatro linhas de 2,1 m de comprimento espaçadas de 0,30 m, sendo entre plantas de 0,35 m. As linhas centrais formaram a área útil, retirando-se duas plantas em cada extremidade. A adubação básica de plantio realizada pelo produtor constou de 1500 kg ha^{-1} de formulado 02-16-08 e 1000 kg ha^{-1} de superfosfato simples. As adubações de cobertura foram realizadas através de fertirrigações diárias, totalizando 30 kg ha^{-1} de N e 60 kg de K_2O , utilizando como fontes ureia e cloreto de potássio.

O transplante das mudas (cv. Raider) foi realizado em 13/05/2003. A colheita foi feita em 18/07/2003, quando as plantas apresentaram-se completamente desenvolvidas. Por ocasião da colheita foram retiradas amostras no terço médio da cabeça comercial de todas as plantas úteis da parcela, obtendo-se uma amostra ($\pm 300\text{g}$) por tratamento. Estas foram lavadas em água corrente e destilada, e secas em estufa com circulação forçada de ar, a $65-70 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso constante, moídas e acondicionadas em recipientes vedados com tampa de plástico, com as devidas identificações. A análise dos nutrientes no respectivo material foi realizada no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo/UFLA. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e regressão com base no modelo polinomial ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de boro foi afetado pelas doses de nitrogênio e molibdênio isoladamente, assim como pela interação. A análise da interação molibdênio x nitrogênio mostrou efeitos lineares positivos na ausência da adubação, como para a dose de 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio, as quais aumentaram linearmente com o incremento das doses de nitrogênio para teor de boro na parte aérea (Tabela 1). Nas doses de 70,2; 105,3 e 140,2 g ha⁻¹ de molibdênio ajustaram-se modelos quadráticos com ponto de máximo teor de boro na dose de 82,7; 94,6 e 75,7 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, respectivamente. Somando-se aos 60,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio empregado pelo produtor constatou-se doses de 142,7; 154,6 e 135,7 kg ha⁻¹, respectivamente. Neste contexto, levando em consideração as doses recomendadas teríamos para 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio (16,6 mg kg⁻¹ de boro); 105,3 g ha⁻¹ de molibdênio (17,6 mg kg⁻¹) e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio (16,6 mg kg⁻¹). Pelos resultados obtidos sugere-se que a dose de 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio e 94,6 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura como as que proporcionaram melhores respostas em função da menor quantidade aplicada de molibdênio e maior teor de boro alcançado. Estes resultados são corroborados por Alvarenga (2000) que observou efeitos significativos nos teores de boro na parte aérea da alface com a aplicação de nitrogênio e cálcio.

Houve influência significativa das doses de nitrogênio e molibdênio e da interação destes fatores no teor de zinco na parte comercial da alface (Tabela 1). Desdobrando-se a interação molibdênio x nitrogênio, verificou-se um efeito linear positivo na ausência assim como para a dose de 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio, a qual aumentou linearmente com o incremento das doses de nitrogênio em cobertura. Para as doses de 70,2, 105,3 e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio o melhor ajuste foi obtido pelos modelos quadráticos, com pontos de máximo teor de zinco na parte comercial, nos quais obtiveram-se as doses de 90,1; 133,6 e 138,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura como as que propiciariam os maiores teores de zinco. Somando-se aos 60,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio empregado pelo produtor constatou-se doses de 150,1; 193,6 e 198,0 kg ha⁻¹, respectivamente. Neste contexto, levando em consideração as doses recomendadas teríamos para 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio (54,5 mg kg⁻¹ de zinco); 105,3 g ha⁻¹ de molibdênio (57,8 mg kg⁻¹) e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio (54,10 mg kg⁻¹). Neste sentido, infere-se ser a dose de 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio e 90,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura as que proporcionaram melhores respostas em função da menor quantidade aplicada de molibdênio e maior teor de zinco

conseguido. Outros trabalhos também observaram o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o teor zinco em outras culturas (Stratton *et al.*, 2001).

Resultados similares foram observados para o teor de cobre na parte comercial (Tabelas 2). Na ausência da adubação com molibdênio, assim como para as doses de 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha⁻¹, ajustaram-se modelos quadráticos com pontos de máximo teor de cobre na parte comercial nas doses de 132,5; 114,1; 113,5; 110,9 e 108,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura. Somando-se aos 60,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio empregado pelo produtor constatou-se doses de 192,5; 174,1; 173,5; 170,9 e 168,1 kg ha⁻¹, respectivamente. Neste contexto, levando em consideração as doses recomendadas teríamos para na ausência de molibdênio (9,6 mg kg⁻¹ de cobre); 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio (8,7 mg kg⁻¹); 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio (8,7 mg kg⁻¹); 105,3 g ha⁻¹ de molibdênio (8,0 mg kg⁻¹) e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio (8,6 mg kg⁻¹). Apesar dos resultados obtidos recomendarem doses de molibdênio e de nitrogênio variáveis em função da interação, observa-se que os maiores teores de cobre foram obtidos na ausência da adubação com molibdênio, apesar das diferenças serem de baixa magnitude. Costa *et al.* (2009) verificaram que houve efeito significativo das doses de nitrogênio na concentração de cobre e ferro, observando-se acréscimo linear na concentração desses micronutrientes, com o aumento das doses de N.

Observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio, molibdênio e da interação sobre o teor de ferro na parte comercial da alface (Tabelas 1). O desdobramento da interação em função das doses de nitrogênio ajustou para todas as doses de molibdênio modelos quadráticos, com pontos de máximo teor de ferro. Na ausência da adubação com molibdênio obteve-se a dose de 140,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura como a que proporcionou o maior teor de ferro. Para as doses de 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio estimou-se as doses 119,6; 95,6; 99,1 e 95,8 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente, como as que proporcionaram o maior teor. Somando-se aos 60,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio empregado pelo produtor constatou-se doses de 200,0; 179,6; 155,6; 159,1 e 155,8 kg ha⁻¹, respectivamente. Neste contexto, levando em consideração as doses recomendadas teríamos para na ausência de molibdênio (177,7 mg kg⁻¹ de ferro); 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio (193,5 mg kg⁻¹); 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio (122,7 mg kg⁻¹); 105,3 g ha⁻¹ de molibdênio (184,3 mg kg⁻¹) e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio (124,7 mg kg⁻¹). Pelos resultados obtidos recomenda-se a dose de 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio e 95,6 kg

ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura como as que proporcionaram melhores respostas em função da menor quantidade aplicada de molibdênio e maior teor de ferro alcançado. O aumento acentuado no teor de ferro pode estar relacionado à participação do Mo no metabolismo do ferro (Gupta & Lipsett, 1981), atuando em sua absorção e transporte (Malavolta *et al.*, 1991).

A análise do teor de manganês na parte comercial da alface revelou efeito significativo das doses de nitrogênio e molibdênio e da sua interação (Tabela 1). Pelo desdobramento da interação, verificou-se na ausência da adubação com molibdênio uma resposta linear com o incremento das doses de nitrogênio em cobertura. Para as doses de 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio estimou-se as doses 151,7; 93,3; 98,6 e 97,3 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente, como as que proporcionaram o maior teor de Mn. Somando-se aos 60,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio empregado pelo produtor constatou-se doses de 211,7; 153,3; 158,6 e 157,3 kg ha⁻¹, respectivamente. Neste contexto, levando em consideração as doses recomendadas teríamos para 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio (15,5 mg kg⁻¹ de manganês); 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio (83,1 mg kg⁻¹); 105,3 g ha⁻¹ de molibdênio (71,6 mg kg⁻¹) e 140,4 g ha⁻¹ de molibdênio (74,5 mg kg⁻¹). Indica-se a dose de 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio e 93,3 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura como as que proporcionaram melhores respostas.

Assim, conclui-se que os maiores teores de boro, zinco e manganês foram obtidos nas doses de 70,2 g ha⁻¹ de molibdênio e 94,6; 70,2 e 93,3 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, respectivamente, sendo que as dose de 35,1 g ha⁻¹ de molibdênio e 95,6 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura proporcionaram o maior teor de ferro na parte aérea. O maior teor de cobre (09,6 mg kg⁻¹) foi obtido na ausência da adubação com molibdênio.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, MAR; SILVA, EC; SOUZA, RJ de; CARVALHO JG de. 2000. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. *Ciência e Agrotecnologia* 24: 905-916.
- BINNECK, E; BARROS, ACSA; VAHL, LC. 1999. Peletização e aplicação de molibdênio em sementes de trevo-branco. *Revista Brasileira de Sementes* 21: 203-207.
- CHAIRIDCHAI P. 2000. The relationships between nitrate and molybdenum contents in pineapple grown on an inceptisol soil. *Acta Horticulturae* 529: 211-216.

RESENDE GMde; ALVARENGA, MA; YURI JE; SOUZA, RJ de. 2011. Teores de micronutrientes em alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais... Viçosa: ABH. 3703-3710

COSTA, KAP; FAQUIN, V; OLIVEIRA, IP, SEVERIANO, EC; OLIVEIRA, MA. 2009. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. *Ciência Animal Brasileira* 10: 115-123.

DONATO, MTS; ANDRADE, AG; SOUZA, ES; FRANÇA, JGE; MACIEL, GA. 2004. Atividade enzimática em variedades de cana-de-açúcar cultivadas *in vitro* sob diferentes níveis de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 1087-1093.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1999. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produtividade de Informações (SPI). 412p.

FAQUIN, V. 2001. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFLA. 182p. (Textos Acadêmicos).

GUPTA, UC; LIPSETT, J. 1981. Molybdenum in soils, plants, and animals. *Advances in Agronomy* 34: 73-115.

MALAVOLTA, E; BQARETTO, AF; PAULINO, VT. 1991. Micronutrientes - uma visão geral. In: FERREIRA, M. E. CRUZ, M. C. P. da. (ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. p.1-33.

RESENDE, GM de; YURI, JE; SOUZA, RJ de. 2007. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. *Horticultura Brasileira* 25: 455-459.

SANTOS, RHS; SILVA, F; CASALI, VWD; CONDE, AR. 2001. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 1395-1398.

STRATTON, ML; GOOD, GL; BARKER, AV. 2001. The effects of nitrogen source and concentration on the growth and mineral composition of privet. *Journal of Plant Nutrition* 124: 1745-1772.

Tabela 1. Equações de regressão para teor de boro e zinco de doses de molibdênio em função das doses de nitrogênio em alface americana. Três Pontas - MG, 2003.

Teores	Equações de regressão	
Zinco	$Y(0,0) = 46,8406 + 0,173511**D^2$	$R^2 = 0,92$
	$Y(35,1) = 48,9913 + 0,091772**D$	$R^2 = 0,95$
	$Y(70,2) = 50,6066 + 0,157138D - 0,0008717**D^2$	$R^2 = 0,99$
	$Y(105,3) = 46,8353 + 0,205589D - 0,0007694**D^2$	$R^2 = 0,97$

	$Y(140,4) = 45,2139 + 0,158816D - 0,0005754**D^2$	$R^2 = 0,86$
	$Y(0,0) = 13,0840 + 0,020038**D$	$R^2 = 0,86$
	$Y(35,1) = 13,9135 + 0,016153**D$	$R^2 = 0,95$
Boro	$Y(70,2) = 16,0533 + 0,026333D - 0,0001592**D^2$	$R^2 = 0,89$
	$Y(105,3) = 15,9112 + 0,059653D - 0,0003152**D^2$	$R^2 = 0,84$
	$Y(140,4) = 16,2786 + 0,025088D - 0,0001657**D^2$	$R^2 = 0,83$
	$Y(0,0) = 5,7696 + 0,073716D - 0,0002782**D^2$	$R^2 = 0,99$
	$Y(35,1) = 6,7688 + 0,045675D - 0,0002001**D^2$	$R^2 = 0,89$
Cobre	$Y(70,2) = 6,9476 + 0,042961D - 0,0001893**D^2$	$R^2 = 0,99$
	$Y(105,3) = 6,77066 + 0,032455D - 0,0001463**D^2$	$R^2 = 0,76$
	$Y(140,4) = 7,3080 + 0,034716D - 0,0001606**D^2$	$R^2 = 0,89$
	$Y(0,0) = 130,3950 + 0,828527D - 0,0029597**D^2$	$R^2 = 0,96$
	$Y(35,1) = 129,0536 + 0,720950D - 0,0035930**D^2$	$R^2 = 0,77$
Ferro	$Y(70,2) = 134,5470 + 0,151533D - 0,0014620**D^2$	$R^2 = 0,97$
	$Y(105,3) = 121,1631 + 1,088663D - 0,0043488**D^2$	$R^2 = 0,99$
	$Y(140,4) = 128,6293 + 0,394628D - 0,0026939**D^2$	$R^2 = 0,98$
	$Y(0,0) = 51,6066 + 0,354000**D$	$R^2 = 0,92$
	$Y(35,1) = 47,1188 + 0,024981D - 0,0008233**D^2$	$R^2 = 0,98$
Manganês	$Y(70,2) = 63,9544 + 0,698991D - 0,0037446**D^2$	$R^2 = 0,75$
	$Y(105,3) = 65,7153 + 0,191589D - 0,0009722**D^2$	$R^2 = 0,76$
	$Y(140,4) = 69,6283 + 0,161305D - 0,0008291**D^2$	$R^2 = 0,99$

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.