

RESENDE GM; ALVARENGA MAR; YURI JE; SOUZA RJ. 2012. Rendimento e teores de macronutrientes em alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio. *Horticultura Brasileira* 30: 373-378.

## Rendimento e teores de macronutrientes em alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio

Geraldo M Resende<sup>1</sup>; Marco Antônio R Alvarenga<sup>2</sup>; Jony E Yuri<sup>3</sup>; Rovilson José de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Semiárido, C. Postal 23, 56302-97 Petrolina-PE; gmilanez@cpatsa.embrapa.br; <sup>2</sup>UFLA-DAG, C. Postal 37, 37200-000 Lavras-MG; <sup>3</sup>UNINCOR, Av. Castelo Branco 82, 37410-000 Três Corações-MG

### RESUMO

O trabalho foi conduzido no município de Três Pontas, sul de Minas Gerais, de abril a julho de 2003, com o objetivo de avaliar a influência de doses de nitrogênio e molibdênio no rendimento e teor de macronutrientes da alface americana. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso em arranjo fatorial 4 x 5, compreendendo quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e cinco doses de molibdênio via foliar (0,0; 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha<sup>-1</sup>) e três repetições. A massa fresca evidenciou efeitos significativos para doses de nitrogênio e de molibdênio, assim como para sua interação, enquanto os teores de nitrogênio e magnésio agiram de forma independente. Os teores de potássio reduziram-se com o aumento das doses de nitrogênio e molibdênio, sendo que para a maior dose de molibdênio (140,4 kg ha<sup>-1</sup>), estabeleceu-se um efeito quadrático no qual a dose de 76,1 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura propiciou o maior teor de potássio. Para os teores de fósforo, cálcio e enxofre verificaram-se efeito significativo da interação N x Mo, cujas concentrações na parte aérea aumentaram com as doses de nitrogênio e molibdênio.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, massa fresca, macronutrientes.

### ABSTRACT

#### Nitrogen and molybdenum rates on the yield and macronutrients content in crisphead lettuce

The trial was carried out at Três Pontas, Minas Gerais state, Brazil, from April to July 2003, to evaluate the influence of nitrogen and molybdenum rates on yield and macronutrients uptake of crisphead lettuce. A randomized complete blocks design with three replications was used. The treatments consisted of a factorial combination of four top dressing nitrogen levels (0.0; 60.0; 120.0 and 180.0 kg ha<sup>-1</sup>) and five foliar molybdenum levels (0.0, 35.1; 70.2; 105.3 and 140.4 g ha<sup>-1</sup>). The marketable fresh mass showed significant effect for levels of nitrogen and of molybdenum, as well as for their interaction, while the content of nitrogen and magnesium acted independently. The levels of potassium were reduced with the increase of the doses of nitrogen and molybdenum, and for the highest level of molybdenum (140.4 g ha<sup>-1</sup>) occurred a quadratic effect in which the dose of 76.1 kg ha<sup>-1</sup> of N in top dressing showed the highest level of potassium. For the content of P, Ca and S a significant effect from the interaction N x K was verified, which had their content increased in the plant tops with the levels of nitrogen and molybdenum.

**Keywords:** *Lactuca sativa*, fresh mass, macronutrients.

(Recebido para publicação em 5 de novembro de 2010; aceito em 10 de julho de 2012)  
(Received on November 5, 2010; accepted on July 10, 2012)

A alface americana vem adquirindo importância crescente no país. Informações da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) sobre o consumo de alface em São Paulo, estado maior produtor (137 mil t) e consumidor, revelam que a alface tipo americana tem 26,89% da preferência e já ultrapassou o consumo do tipo lisa (14,57%), enquanto a cresspa mantém a liderança com 57,63% das vendas. Mas há mercado para tipos diferenciados como a Romana, que aparece na preferência de 0,9% dos consumidores. Um dos motivos para o aumento do consumo de americanas, 10,5% comparado a 2005, é a maior

conservação pós-colheita, permitindo a produção em regiões mais distantes (Semente, 2007). 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).

Pelo fato de a cultura ser composta basicamente de folhas, a mesma responde bem ao fornecimento de nitrogênio, nutriente que requer um manejo especial quanto à adubação, por ser de fácil lixiviação e pelo fato da alface absorver maior quantidade na fase final do ciclo. A sua deficiência retarda o crescimento da planta (Almeida *et al.*, 2011), induz

a má formação da cabeça e o amarelimento das folhas mais velhas (Goto *et al.*, 2001).

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). 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 (Faquin, 2001).

Ocorre aumento da concentração de nitrogênio em plantas submetidas a incremento das doses de nitrogênio em alface (Alvarenga *et al.*; 2003), assim como de fósforo, onde constatou-se aumento desse nutriente com a aplicação do nitrogênio fornecido no solo em pimentão, salientando que já é conhecido o efeito sinérgico existente entre o nitrogênio e o fósforo (Nannetti, 2001).

Diversos autores têm relatado efeitos sinérgicos com a aplicação de nitrogênio com incrementos no teor de potássio e cálcio (Furtado, 2001; Nannetti, 2001) e enxofre (Sharma *et al.*, 1994; Plessis & Agenbag, 1994).

São escassos na literatura trabalhos que associem o molibdênio com outros nutrientes. Segundo Malavolta (2006) alguns autores informam um aumento na absorção de fósforo e antagonismo como o cobre, ferro e manganês. Entre os micronutrientes, o molibdênio tem despertado grande interesse, principalmente em função dos resultados que vêm sendo obtidos com a adubação molibdic foliar (Silva *et al.*, 2003).

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 macronutrientes 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 (21°22'00"S, 45°30'45"W, 870 m de altitude), sul de Minas Gerais, clima subtropical úmido, Köppen-Geiger: Cwa, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa (Santos *et al.*, 2006), de abril a julho de 2003. A análise do solo onde foi instalado o experimento apresentou as seguintes características químicas: K= 73,0 mg dm<sup>-3</sup>; P= 72,7 mg dm<sup>-3</sup>; Ca= 4,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al= 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al= 2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; pH em H<sub>2</sub>O= 6,3 e matéria orgânica = 2,9 dag kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso no esquema

fatorial 4 x 5, compreendendo quatro doses de nitrogênio em cobertura adicionais a dose aplicada pelo produtor de 60 kg/ha de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e cinco doses de molibdênio via foliar (0,0; 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha<sup>-1</sup>) e três repetições, perfazendo um total de 20 tratamentos. As parcelas experimentais constituíram-se de canteiros com quatro linhas de 2,1 m de comprimento, espaçadas de 0,30 m entre si, sendo entre plantas de 0,35 m. As linhas centrais formaram a área útil, retirando-se duas plantas em cada extremidade.

As mudas foram produzidas em estufa com cobertura plástica, cortinas laterais de tela de sombra 50%, em bandejas multicelulares de 288 células cada, preenchidas com substrato comercial, sendo colocadas duas sementes peletizadas no centro da célula, à profundidade de 5 mm. O desbaste foi realizado aos sete dias após a semeadura (DAS), mantendo-se uma planta por célula. Estas bandejas permaneceram em viveiro até os 25 dias após a semeadura, sendo realizadas irrigações diárias por microaspersão. Utilizou-se a cultivar Raider que apresenta um ciclo de 48 a 50 dias após o transplante, com peso médio de planta entre 700 e 1200 g, folhas de coloração verde-clara, duras e boa tolerância ao pendoamento (Yuri *et al.*, 2002). O transplante das mudas foi realizado em 13/05/2003 quando encontravam-se com quatro folhas definitivas.

O preparo do solo constou de aração, gradagem e levantamento dos canteiros a 0,20 m de altura. A adubação de plantio, de acordo com a análise do solo, foi de 1,5 t ha<sup>-1</sup> do formulado 02-16-08 e 1,0 t ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples. As adubações de cobertura foram realizadas através de fertirrigações três vezes por semana até sete dias antes da colheita, totalizando 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se como fontes uréia e cloreto de potássio.

Nos tratamentos foi utilizada a uréia como adubo nitrogenado e o molibdato de sódio como fonte de molibdênio. A uréia 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 uréia 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 com capacidade de 4 L em máxima pressão, gastando-se 300 L de calda ha<sup>-1</sup>.

Foi instalada, em toda a área, uma estrutura de proteção, constituída de túneis altos com 2,0 m de altura, cobrindo dois canteiros por túnel, constituído de tubos de ferro galvanizado, coberta com filme de polietileno transparente de baixa densidade com transmissividade à radiação solar de aproximadamente 80%, aditivado com anti-UV, de 100 µm de espessura, sendo os canteiros revestidos com filme plástico preto como *mulching*, de 4 m de largura e 35 µm de espessura.

As irrigações foram realizadas diariamente por gotejamento, com lâminas em torno de 4 mm, por meio da instalação em cada canteiro de duas linhas de tubo gotejador, com emissores espaçados a cada 30 cm e com vazão de 1,5 L h<sup>-1</sup>, baseadas na evapotranspiração estimada, pelo método do tanque Classe A.

A cultura foi mantida no limpo através de capinas manuais, quando necessárias, e o controle fitossanitário por meio de pulverizações semanais com produtos à base de oxicloreto de cobre, iprodione, procimidone e piretróides.

A colheita foi realizada em 18/07/2003, quando as plantas apresentaram-se completamente desenvolvidas. Por ocasião da colheita foi avaliada a massa fresca comercial (g planta<sup>-1</sup>), posteriormente retiraram-se amostras no terço médio da cabeça comercial de todas as plantas úteis da parcela, obtendo-se uma amostra (± 300g) por tratamento. Estas foram lavadas em água corrente e destilada, e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65-70°C, até peso constante, moídas e acondicionadas em recipientes. O nitrogênio foi determinado através do método Micro Kjeldahl e o potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio foram determinados no extrato nitro-perclórico. As quantidades relativas aos extratos foram, determinadas para o fósforo, através de colorimetria; para o potássio, fotometria de chama; para o

enxofre por turbidimetria (Malavolta *et al.*, 1997). A análise dos nutrientes foi realizada em laboratório da 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

Houve efeitos significativos independentes para as doses de nitrogênio e molibdênio para o teor de nitrogênio e magnésio e para sua interação na massa fresca comercial e teores de fósforo, potássio, cálcio e enxofre.

Para a massa fresca comercial estabelecem-se modelos quadráticos com pontos de máxima produção da massa fresca tanto na ausência como com a aplicação de molibdênio. Na ausência da adubação com molibdênio a dose de 66,4 kg ha<sup>-1</sup> de N promoveu a maior resposta com 537,0 g planta<sup>-1</sup>. Com a aplicação de 35,1; 70,2; 105,3 e 140,4 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio estimou-se que as doses de 106,4 (631,9 g planta<sup>-1</sup>); 88,2 (606,4 g planta<sup>-1</sup>); 99,4 (611,8 g planta<sup>-1</sup>) e 102,8 kg ha<sup>-1</sup> de N (690,9 g planta<sup>-1</sup>) em cobertura, respectivamente, condicionaram as maiores respostas (Figura 1). Estes resultados são superiores aos encontrados por Bueno (1998), que aplicando 105,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, obteve 461,1 g planta<sup>-1</sup>, assim como os obtidos por Alvarenga (1999) que sem encontrar diferenças significativas entre as doses de 120 a 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, encontrou massa fresca de no máximo 609,2 g planta<sup>-1</sup>. A importância da adubação nitrogenada é relatada por Broadley *et al.* (2000), que informam uma relação negativa entre plantas em condições normais de nitrogênio disponível e plantas deficientes, ocorrendo uma redução na massa fresca da folha, em condições de limitação do nutriente. Neste contexto, apesar dos resultados obtidos recomendarem doses de molibdênio e de nitrogênio variáveis em função da interação, sugere-se a dose de 140,4 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio e 102,8 kg ha<sup>-1</sup> de N (690,9 g planta<sup>-1</sup>) como as que proporcionaram melhor rendimento em termos de massa fresca comercial da cabeça.

No que se refere ao teor de nitrogênio, ajustou-se um modelo quadrático,

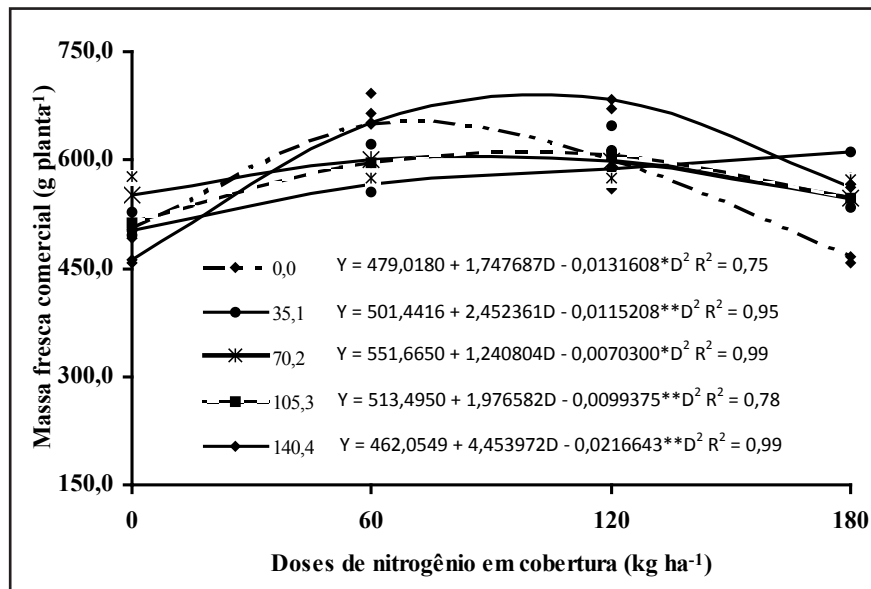


Figura 1. Massa fresca comercial da alface americana em função de doses de nitrogênio e doses de molibdênio (marketable fresh mass of crisphead lettuce in response to nitrogen and molybdenum levels). Três Pontas, UFLA, 2003.

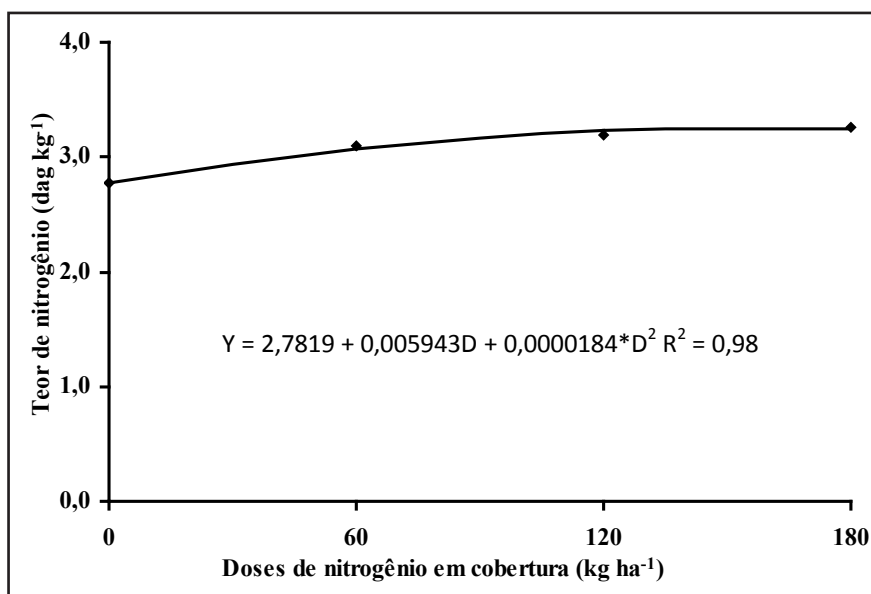
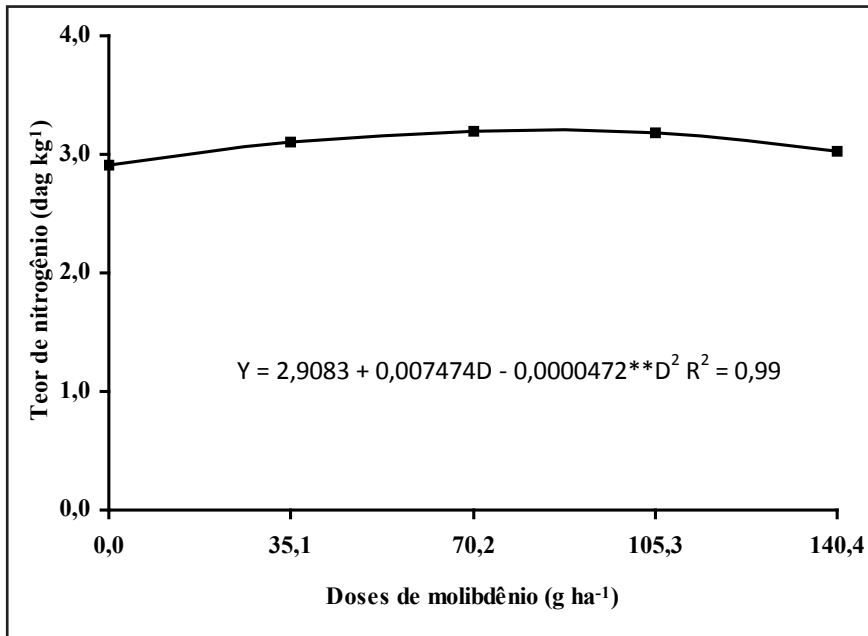


Figura 2. Teor de nitrogênio na parte comercial da alface americana em função de doses (D) de nitrogênio (nitrogen content in marketable part of crisphead lettuce in response to nitrogen levels). Três Pontas, UFLA, 2003.

no qual a dose de 161,5 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou o maior teor de nitrogênio na massa seca com 3,26 dag kg<sup>-1</sup> (Figura 2). O aumento do nitrogênio na planta com o incremento das doses de N em alface é relatado por diversos autores (Tei *et al.*, 2000; Silber *et al.*, 2003; Mantovani *et al.*, 2005). Salienta-se que os valores encontrados estão próximos da faixa considerada como adequada, que situa-se de 3,0 a 5,0 dag kg<sup>-1</sup> de N (Van Raij *et al.*, 1997). Com a deficiência

de N observou-se que o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo na altura das plantas, área foliar, número de folhas, na medida indireta da clorofila e na massa seca das plantas de alface (Almeida *et al.*, 2011). No que se refere ao molibdênio também se ajustou um modelo quadrático onde a dose de 79,2 g ha<sup>-1</sup> possibilitou maior concentração de N com 3,2 dag kg<sup>-1</sup> de N (Figura 3). Barbosa *et al.* (2010) relatam que a



**Figura 3.** Teor de nitrogênio na parte comercial da alface americana em função de doses (D) de molibdênio (nitrogen content in marketable part of crisphead lettuce in response to molybdenum levels). Três Pontas, UFLA, 2003.

**Tabela 1.** Teor de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função de doses de molibdênio e de nitrogênio em alface americana (phosphate, potassium, calcium, magnesium and sulfur content in response to nitrogen and molybdenum levels). Três pontas, UFLA, 2003.

Característica	Equações de regressão	
Fósforo	Y (0,0) = 0,3723 + 0,000677**D	R <sup>2</sup> = 0,89
	Y (35,1) = 0,4156 + 0,000650**D	R <sup>2</sup> = 0,92
	Y (70,2) = 0,4368 - 0,000136D + 0,0000039*D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,97
	Y (105,3) = 0,4571 + 0,001813D - 0,0000076**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,90
	Y (140,4) = 0,4206 + 0,001900D - 0,0000065**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,92
Potássio	Y (35,1) = 3,3506 - 0,002822**D	R <sup>2</sup> = 0,81
	Y (70,2) = 3,3763 - 0,001755**D	R <sup>2</sup> = 0,80
	Y (105,3) = 3,3140 - 0,0011278**D	R <sup>2</sup> = 0,83
	Y (140,4) = 3,2075 + 0,005236D - 0,0000344**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,99
Cálcio	Y (0,0) = 0,5328 + 0,002019D - 0,0000081**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,97
	Y (35,1) = 0,5436 + 0,000672**D	R <sup>2</sup> = 0,99
	Y (70,2) = 0,5490 + 0,000538**D	R <sup>2</sup> = 0,99
	Y (105,3) = 0,5383 + 0,000583**D	R <sup>2</sup> = 0,99
	Y (140,4) = 0,4573 + 0,001983D - 0,0000106**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,89
Magnésio	(N) Y = 0,1837 + 0,000151D - 0,0000006*D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,91
	(Mo) Y = 0,1836 + 0,000224D - 0,0000013**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,96
Enxofre	Y (0,0) = 0,1973 + 0,000511**D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,84
	Y (35,1) = 0,2253 + 0,000283**D	R <sup>2</sup> = 0,98
	Y (70,2) = 0,2056 + 0,000372**D	R <sup>2</sup> = 0,99
	Y (105,3) = 0,2116 + 0,000277**D	R <sup>2</sup> = 0,99
	Y (140,4) = 0,2050 + 0,000472D - 0,0000014*D <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> = 0,95

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F; \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F (\*\*significant at the level of 1% probability, F test; \*significant at the level of 5% probability, F test).

adubação foliar com Mo eleva os teores de nitrogênio nas folhas do feijoeiro, que se tornam bem mais verdes. A concentração de N total nas folhas aumentou em 75% com a aplicação da adubação molibídica em feijoeiro (Pires, 2003). O aumento da concentração de N total devido à adubação foliar molibídica, pode ser explicado pela participação deste nutriente nas enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, melhorando suas atividades e possibilitando o aproveitamento do nitrogênio. Em função de seu papel fundamental no metabolismo do N, o molibdênio influencia, concomitantemente, os processos fotossintético e respiratório das plantas, contribuindo desse modo, para o aumento da produtividade (Taiz & Zeiger, 2004).

A análise dos teores de fósforo indicaram que na ausência assim como para a dose de 35,1 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio houve efeitos lineares com o incremento das doses de N (Tabela 1). Para a dose de 70,2 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio obteve-se uma resposta quadrática com ponto de mínimo teor na dose de 17,4 kg ha<sup>-1</sup> de N (0,44 dag kg<sup>-1</sup> de P). No que se refere às doses de 105,3 e 140,4 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio verificou-se que os maiores teores de fósforo foram alcançados com as doses de 119,3 (0,57 dag kg<sup>-1</sup> de P) e 146,2 kg ha<sup>-1</sup> de N (0,56 dag kg<sup>-1</sup> de P), respectivamente. Nannetti (2001) em pimentão, obtendo resultados concordantes, informa que já é conhecido o efeito sinérgico existente entre o nitrogênio e o fósforo. Salienta-se ainda que os valores encontrados situam-se na faixa considerada como adequada por Van Raij *et al.* (1997), de 0,40 a 0,70 dag kg<sup>-1</sup>. Nesse contexto, as doses de 105,3 g ha<sup>-1</sup> de Mo e 119,3 g ha<sup>-1</sup> de N seriam as mais recomendadas para se obter maiores concentrações de fósforo na parte aérea. Na planta, o fósforo é crucial para seu metabolismo, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidios (Epstein & Bloom, 2006). As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições



no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados (Grant *et al.*, 2001).

Resultados semelhantes foram obtidos para teor de potássio na parte comercial da alface (Tabela 1). Não observou-se diferenças significativas dos tratamentos na ausência da adubação molíbdica. Estabeleceu-se modelos lineares negativos para as doses de 35,1; 70,2 e 105,3 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio, ou seja, com o incremento das doses de N verificou-se uma redução no teor de potássio. No entanto, para a maior dose de 140,4 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio, estabeleceu-se um efeito quadrático no qual a dose de 76,1 kg ha<sup>-1</sup> de N propiciou o maior teor de potássio na alface (3,40 dag kg<sup>-1</sup>). Estes resultados são concordantes com a afirmação de Resende *et al.* (1997) que há efeito significativo e complementar na absorção de nitrogênio e potássio, e que o importante é a necessidade de um adequado nível de K para incrementar a produtividade com a adição de N. De acordo com Primavesi *et al.* (2006), a adubação potássica aumenta a eficiência de uso do N; desta forma, as concentrações de K aumentam com as doses de N.

A análise estatística dos teores de cálcio evidenciou na ausência da adubação molíbdica e na dose de 140,4 g ha<sup>-1</sup> efeitos quadráticos nos quais se estimaram as doses de 124,6 (0,66 dag kg<sup>-1</sup>) e 93,5 kg ha<sup>-1</sup> de N (0,55 dag kg<sup>-1</sup>), respectivamente, como as que promoveram os maiores retornos no teor de cálcio (Tabela 1). Para as doses de 35,1; 70,2 e 105,3 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio constatou-se efeitos lineares positivos, ou seja, com o incremento das doses de N verificou-se um incremento no teor de cálcio. O que se observa nesse caso é que a presença do molibdênio proporcionou o uso de uma menor dose de N na absorção do cálcio. O molibdênio influenciando, concomitantemente com N os processos fotossintético e respiratório das plantas, provavelmente explica estes resultados, que se assemelham aos obtidos por Ferreira (2001) em milho; Alves & Bellingieri (2004) em aveia e por Primavesi *et al.* (2005) em capim coastcross, que verificaram aumento no teor de cálcio com o aumento das doses de N.

No que se refere ao teor de magnésio verificou-se efeitos significativos para doses de nitrogênio e de molibdênio de forma independente (Tabela 1). As doses de nitrogênio mostraram efeito quadrático no qual a dose de 125,8 kg ha<sup>-1</sup> de N propiciou o maior teor de magnésio (0,19 dag kg<sup>-1</sup>) na parte aérea. Em milho, Ferreira (2001) observou resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Com relação a doses de molibdênio, ajustou-se também um modelo quadrático no qual estimou-se a dose de 86,2 g ha<sup>-1</sup> de Mo com a que promoveu o maior retorno em termos de teor de magnésio (0,19 dag kg<sup>-1</sup>). Não foram encontrados na literatura trabalhos que relacionassem a aplicação de molibdênio a um maior teor de magnésio em alface. Este incremento nos teores de Mg com a aplicação de N e molibdênio, pode estar relacionado com as funções complementares desses nutrientes, uma vez que o N está nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila (fotossíntese), onde cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de N. Outra explicação seria a essencialidade do molibdênio no metabolismo do N, propiciar maior formação de clorofila, na qual existe a participação do Mg. Entre as principais funções do magnésio nas plantas destaca-se a sua participação na clorofila e ativação de um grande número de enzimas, principalmente, as fosforilativas que dependem da sua presença (Malavolta, 2006).

Nas doses de 0,0; 35,1; 70,2 e 105,3 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio, houve elevação linear do teor de enxofre com o incremento das doses de N (Tabela 1). Para a dose de 140,4 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio verificou-se efeito quadrático, no qual se estimou a dose de 168,6 kg ha<sup>-1</sup> de N como a que propiciou maior teor de S (0,21 dag kg<sup>-1</sup>). Estes resultados demonstram um efeito positivo do molibdênio e nitrogênio na absorção de enxofre também relatado por Alvarenga *et al.* (2003) e Ferreira (2001). Alguns autores evidenciam um efeito sinérgico entre o N e S (Plessis & Agenbag, 1994; Sharma *et al.*, 1994). O fornecimento de S via foliar aumentou os teores de N nas folhas, independentemente da dose e da natureza química da fonte do nutriente (Vitti *et al.*, 2007). O aumento

no teor de N indica que a concentração desse nutriente na planta depende do fornecimento de S (Malavolta, 2006). O enxofre, em conjunto com nitrogênio, fósforo e potássio, é um nutriente-chave necessário no desenvolvimento das culturas. Ele participa de numerosos compostos entre eles os aminoácidos e proteínas. Junto com o N, o S está presente em todas as funções e processos que são parte da vida da planta, da absorção iônica aos papéis de DNA e RNA, inclusive controle hormonal para crescimento e a diferenciação celular (Stipp & Casarin, 2010). Isto explica a existência de uma relação N/S que esta associada com o crescimento e produtividade da planta de alface.

Pode-se concluir que há uma interação entre o nitrogênio e molibdênio na produtividade e absorção de diversos macronutrientes que convergem nessa inter-relação para maior crescimento e desenvolvimento da alface por meio de diferentes mecanismos fisiológicos de vital importância para a planta. Em função das diferentes doses dos nutrientes obtidas na interação de N x Mo nas características avaliadas; como forma de unificar e recomendar uma dose única aos produtores que promova no conjunto, os resultados favoráveis na absorção dos diversos macronutrientes e maior rendimento em termos de massa fresca comercial da alface, infere-se ser a maior dose alcançada em interação de 140,4 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio e 168,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, a mais indicada para a cultura, nas condições do sul de Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA TBF; PRADO RM; CORREIA MAR; PUGA AP; BARBOSA JC. 2011. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Biotemas* 24: 27-36.
- ALVARENGA MAR. 1999. *Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (Lactuca sativa L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar*. Lavras: UFLA. 117p. (Tese doutorado).
- ALVARENGA MAR, SILVA EC; SOUZA RJ; CARVALHO JG. 2003. Teores e acúmulos de macronutrientes em alface americana, em função da aplicação de nitrogênio no solo e de cálcio via foliar. *Ciência e Agrotecnologia Edição Especial*: 1569-1575.
- ALVES LL; BELLINGIERI, PA. 2004. Efeito de

- doses de nitrogênio e potássio no crescimento, na composição química e nos teores de amônio e nitrato da parte aérea de aveia-amarela cultivada em casa de vegetação. *Científica* 32: 107-114.
- BARBOSA GF; ARF O; NASCIMENTO MS; BUZETTIS; FREDDI OS; BARBOSA. 2010. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. *Acta Scientiarum Agronomy* 32: 117-123.
- BROADLEY MR; ESCOBAR-GUTIERREZ AJ; BURNS AJ; BURNS IG. 2000. What are the effects of nitrogen deficiency on growth components of lettuce?. *New Phytologist* 147: 519-526.
- BUENO CR. 1998. *Efeito da adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a cultura da alface tipo americana em ambiente protegido*. Lavras: UFLA. 54p. (Tese mestrado).
- CHAIRIDCHAI P. 2000. The relationships between nitrate and molybdenum contents in pineapple grown on an inceptisol soil. *Acta Horticulturae* 529: 211-216.
- EPSTEIN E; BLOOM AJ. 2006. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2.ed. Londrina: Planta. 403p.
- FAQUIN V. 2001. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFLA, 182p. (UFLA. Textos Acadêmicos).
- FERREIRA ACB. 2001. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agrícola* 58: 131-138.
- FURTADO SC. 2001. *Nitrogênio e fósforo na produtividade e nutrição mineral de alface americana cultivada em sucessão ao feijão após o pousio da área*. Lavras: UFLA. 78p. (Tese mestrado).
- GOTO R; GUIMARÃES VF; ECHER MM. 2001. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI MV; CASARINI E; BLANCO FF; BRASIL RPC; RESENDE RS (coord) *Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, v.2, p.241-268.
- GRANT CA; FLATEN DN; TOMASIEWICZ DJ; SHEPPARD SC. 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações agrônomicas* 95: 1-5.
- GUPTA UC; LIPSETT J. 1981. Molybdenum in soils, plants, and animals. *Advances in Agronomy* 34: 73-115.
- MALAVOLTA E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p.
- MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319p.
- MANTOVANI JR; FERREIRA ME; CRUZ MCP. 2005. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* 23: 758-762.
- NANNETTI DC. 2001. *Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão*. Lavras: UFLA. 184p. (Tese mestrado).
- PIRES AA. 2003. *Parcelamento e época de aplicação de molibdênio na cultura do feijoeiro*. Viçosa: UFV. 43p. (Tese mestrado).
- PLESSIS JP; AGENBAG GA. 1994. Reaction of two wheat cultivars to nitrogen and sulphur fertilizer in the Swartland. I. Vegetative growth, nitrogen and sulphur uptake and concentration in the plant. *South African Journal of Plant and Soil* 11: 163-169.
- PRIMAVESI AC; PRIMAVESI O; CORRÊA LA; CANTARELLA H; SILVA AG. 2005. Absorção de cátions e ânions pelo capim coaracterado com uréia e nitrato de amônio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 247-253.
- PRIMAVESI AC; PRIMAVESI O; CORRÊA LA; SILVA AG; CANTARELLA H. 2006. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 562-568.
- RESENDE GM; SILVA GL; PAIVA LE; DIAS PF; CARVALHO, JG. 1997. Resposta do milho (*Zea mays* L.) a doses de nitrogênio e potássio em solo da região de Lavras-MG. II. Macronutrientes na parte aérea. *Ciência e Agrotecnologia* 21: 477-483.
- RESENDE GM; YURI JE; SOUZA RJ. 2007. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. *Horticultura Brasileira* 25: 455-459.
- SANTOS HG; JACOMINE PKT; ANJOS LHC; OLIVEIRA VA; OLIVEIRA JB; COELHO MR; LUMBRERAS JF; CUNHA TJJ (eds). 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Semente. 2007. *Gestão eficiente determina lucro no cultivo da alface*. Informativo da Seminis do Brasil 4: 4-5.
- SHARMA AK; SHARMA AM; SHARMA YM. 1994. Effect of irrigation, nitrogen and sulphur application on seed yield, quality and sulphur uptake by Indian mustard (*Brassica juncea*). *Agriculture Science Digest* 14: 63-67.
- SILBER A; XU G; LEVKOVITCH S; SORIANO S; BILU A; WALLACH R. 2003. High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. *Plant and Soil* 253: 467-477.
- SILVA MV; ANDRADE MJB; MORAES AR; ALVES VG. 2003. Fontes e doses de molibdênio em duas cultivares de feijoeiro. *Ciência e Agrotecnologia* 27: 126-133.
- STIPP SR; CASARIN VA. 2010. A importância do enxofre na agricultura brasileira. *Informações agrônomicas* 129. 20p.
- TAIZ L; ZEIGER E. 2004. *Fisiologia vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 719p.
- TEI F; BENINCASA P; GUIDUCCI M. 2000. Effect of nitrogen availability on growth and nitrogen uptake in lettuce. *Acta Horticulturae* 533: 385-392.
- Van RAIJ B; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. 1997. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2 ed. Campinas: IAC. 285p. (Boletim técnico, 100).
- VITTI GC; FAVARIN JL; GALLO LA; PIEDADE SMS; FARIA MRM; CICARONE F. 2007. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 225-229.
- YURI JE; MOTA JH; SOUZA RJ; RESENDE GM; FREITAS SAC; RODRIGUES JÚNIOR JC. 2002. *Alface americana: cultivo comercial*. Lavras: Editora UFLA. 51p. (UFLA, Textos Acadêmicos, 13).