



## Nível crítico de fósforo no solo para alface americana

**John Lennon Alvarenga Moreira<sup>(1)</sup>; Jéssica da Silva Bernardes<sup>(2)</sup>; José Ricardo Mantovani<sup>(3)</sup>; Deyvid Wilker de Paula<sup>(1)</sup>; Henrique Santos Augusto<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Discente; Faculdade de Agronomia, Universidade José do Rosário Vellano/Unifenas, Câmpus de Alfenas-MG, e-mail: johnlenno3@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Aluna do Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária, Universidade José do Rosário Vellano/Unifenas, Câmpus de Alfenas-MG.

<sup>(3)</sup> Professor; Faculdade de Agronomia, Universidade José do Rosário Vellano/Unifenas, Câmpus de Alfenas-MG.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar os efeitos da adubação fosfatada na produção de alface americana, em solos com diferentes teores de argila e, determinar o nível crítico de P no solo para alface americana. O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação. Foi empregado delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 5 e 3 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 4 solos com diferentes teores de argila (219; 327; 392; 542 g kg<sup>-1</sup>) e 5 doses de P, 0; 75; 150; 300 e 600 mg dm<sup>-3</sup>. Porções de 6,0 dm<sup>3</sup> receberam calcário, as doses de P e foram submetidas a incubação por 30 dias. A seguir, cada vaso recebeu uma muda de alface e o experimento foi conduzido por 50 dias. Para solos com teor de argila menor do que 542 g kg<sup>-1</sup>, a dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P, equivalente a 686 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, é a mais adequada para o cultivo de alface americana. A dose de 400 mg dm<sup>-3</sup> de P, correspondente a 915 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, é a mais indicada para o cultivo de alface americana, em solos com teor argila acima de 542 g kg<sup>-1</sup>. A adubação fosfatada em alface americana deve ser efetuada quando os teores de P-Mehlich forem menores do que 100 mg dm<sup>-3</sup>, em solos com teor de argila abaixo de 542 g kg<sup>-1</sup>. Para solos mais argilosos, a adubação fosfatada é necessária quando os teores de P forem menores do que 75 mg dm<sup>-3</sup>.

**Termos de indexação:** hortaliça, adubação fosfatada, argila.

### INTRODUÇÃO

A alface é uma das hortaliças mais produzidas e mais consumidas no Brasil, sendo fonte de vitaminas, fibras e sais minerais.

Nos últimos anos o consumo de alface americana cresceu bastante no país (Sala & Costa, 2012). Por possuir ciclo de desenvolvimento maior, a alface americana apresenta maior exigência de nutrientes em relação aos demais grupos de alface. Entretanto, as recomendações de adubação são gerais para os diferentes grupos de alface (Trani et al., 1997; Cfseng, 1999), não havendo recomendação específica para alface americana.

Um dos fatores que mais limitam a produção agrícola em regiões tropicais é a baixa disponibilidade de P desses solos, devido à alta adsorção do nutriente a minerais de argila e, particularmente sesquióxidos de Fe e Al presentes na fase sólida desses solos, e a formação de precipitados com Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup> (Braos et al., 2015). Além disso, a alface e outras hortaliças folhosas por apresentarem ciclo curto e sistema radicular superficial, apresentam baixa eficiência de absorção e utilização de P, sendo necessárias altas doses do nutriente no seu cultivo.

O nível crítico de um nutriente no solo corresponde ao teor no solo abaixo do qual há possibilidade de resposta à adubação com esse nutriente, ou o teor no solo, acima do qual não há resposta à adubação (Raij, 2011). A definição de níveis críticos no solo para hortaliças fornece informações técnicas importantes, pois os produtores geralmente utilizam altas doses de adubos orgânicos e minerais, independente dos teores de nutrientes no solo.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar os efeitos da adubação fosfatada na produção de alface americana em solos com diferentes teores de argila; e, determinar o nível crítico de P no solo, extraído por Mehlich, para alface americana.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, no período de junho a setembro de 2013.

Empregou-se amostra da camada arável (0-20 cm) de quatro solos (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>), com diferentes teores de argila e baixos teores de P disponível. Os teores de argila, a classe textural e os teores iniciais de P-Mehlich da amostra dos solos utilizados foram: S<sub>1</sub> = 219 g kg<sup>-1</sup> de argila, classe textural média, 2 mg dm<sup>-3</sup> de P; S<sub>2</sub> = 327 g kg<sup>-1</sup> de argila, classe textural média, 2 mg dm<sup>-3</sup> de P; S<sub>3</sub> = 392 g kg<sup>-1</sup> de argila, classe textural argilosa, 8 mg dm<sup>-3</sup> de P; S<sub>4</sub> = 542 g kg<sup>-1</sup> de argila, classe textura argilosa, 1 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Foi empregado delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 5 e 3 repetições, totalizando 60 unidades experimentais (vasos). Os



tratamentos foram constituídos pela combinação de 4 solos com diferentes teores de argila e 5 doses de P, correspondentes a 0; 75; 150; 300 e 600 mg dm<sup>-3</sup>. Como fonte de P, utilizou-se o superfosfato triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em pó.

Porções de 6 dm<sup>3</sup> de solo receberam calcário dolomítico "filler" (CaO = 39%; MgO = 13%; PN = 102 %; PRNT = 100%), visando elevar a saturação por bases de cada solo a 70%, e o adubo fosfatado, de acordo com os tratamentos. Esses insumos foram misturados a seco com as porções de solo, que a seguir, foram transferidas para vasos com capacidade para 7 dm<sup>3</sup>, umedecidas com água destilada a 70% da capacidade de retenção de água, e permaneceram incubando por 30 dias. Durante a incubação, o controle da umidade do solo foi feito de dois em dois dias, por meio de pesagem dos vasos e reposição da água, para manter a umidade do solo a 70% da capacidade de retenção.

Ao final da incubação, os solos foram retirados dos vasos, secos ao ar e amostras de, cerca de, 0,2 dm<sup>3</sup> de cada vaso foram coletadas para análise de P disponível, empregando o extrator Mehlich 1, conforme descrito em Silva (1999).

Após a amostragem, 5,8 dm<sup>3</sup> de solo foram devolvidos para os vasos, reumedecidos a 70% da capacidade de retenção de água, e foi realizada a adubação mineral de plantio, em todos os vasos, por meio de solução, contendo: 20 mg dm<sup>-3</sup> de S; 30 mg dm<sup>-3</sup> de N; quantidades de K visando elevar o teor de todos os solos para 5,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; 2 mg dm<sup>3</sup> de Zn e 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de B. A solução foi preparada empregando-se os reagentes p.a. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; KCl; CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>; ZnSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O; e H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

Em 25/07/2013, cada vaso recebeu uma muda de alface americana, cultivar Tainá, previamente preparadas em bandejas de isopor de 200 alvéolos. Durante a condução do experimento com plantas, manteve-se a umidade dos solos a cerca de 70% da capacidade de retenção de água. Foram realizadas adubações de cobertura, por meio de solução, aos 10, 20 e 30 dias após o transplante das mudas, sendo fornecidos em cada aplicação 30 mg dm<sup>-3</sup> de N, como ureia p.a.

A colheita das plantas foi realizada 50 dias após o transplante. As plantas foram cortadas rente ao solo, sendo avaliados a altura das plantas, o diâmetro de cabeça, a produção de matéria fresca e de matéria seca, e o teor de P na parte aérea das plantas (Carmo et al., 2000). O P acumulado na parte aérea das plantas foi obtido a partir do produto entre o teor de P na parte aérea e a produção de matéria seca das plantas.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância, pelo teste F, e a análises de regressão polinomial. O nível crítico de P no solo foi determinado pelo método gráfico de Cate Júnior &

Nelson (1965), em que foram relacionados para cada solo, os teores de P disponível extraídos por Mehlich (eixo x) com a produção relativa (PR) de matéria seca da parte aérea de alface (eixo y). A produção relativa foi obtida por meio da fórmula: PR (%) = (produção de matéria seca em cada tratamento/maior produção de matéria seca obtida em cada solo)x100.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se aumento nos teores de P de cada solo, extraídos por Mehlich, com a adubação fosfatada (Figura 1A). Os teores do nutriente variaram de 2 a 247 mg dm<sup>-3</sup> no solo 1 (S<sub>1</sub> = 219 g kg<sup>-1</sup> de argila); de 2 a 320 mg dm<sup>-3</sup> no solo 2 (S<sub>2</sub> = 327 g kg<sup>-1</sup> de argila); de 10 a 294 mg dm<sup>-3</sup> no solo 3 (S<sub>3</sub> = 392 g kg<sup>-1</sup> de argila); e, de 2 a 191 mg dm<sup>-3</sup> no solo 4 (S<sub>4</sub> = 542 g kg<sup>-1</sup> de argila). De acordo com a Cfseng (1999), os teores de P em cada solo variaram de muito baixo a muito alto, para o cultivo de hortaliças, em função da adubação fosfatada.

Constatou-se que o extrator Mehlich teve, em média, nos solos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub> uma eficiência de recuperação de, cerca de, 35% em relação ao P aplicado no solo, e no S<sub>4</sub>, solo com maior teor de argila, esse valor foi de 21% (Figura 1A).

A altura de plantas e o diâmetro de cabeças da alface americana apresentaram nos quatro solos avaliados, resposta quadrática à adubação fosfatada. De acordo com as equações de regressão, constatou-se nos solos com menor teor de argila (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub>) aumento nesses parâmetros de crescimento até doses estimadas entre 400 e 500 mg dm<sup>-3</sup>, dependendo do solo empregado e do parâmetro avaliado (Figura 1B). Para o solo com maior teor de argila (S<sub>4</sub>), a altura e o diâmetro de cabeças das plantas aumentaram até as doses estimadas de 550 e 500 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente.

Verificou-se também, que a altura máxima das plantas seria, em média, considerando os quatro solos utilizados 2,8 e 1,8 vezes maior do que a dos tratamentos que receberam as menores doses de P, 0 e 75 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Em relação ao diâmetro de cabeças, constatou-se que o valor máximo seria 12,6 e 2,6 vezes maior em relação aos tratamentos que receberam as duas menores doses de P. Resultados semelhantes foram obtidos por Lana et al. (2004) e por Kano et al. (2012), que também detectaram aumento acentuado no crescimento de alface em função de adubação fosfatada.

Dependendo do solo empregado, 85 a 96% da altura e diâmetro de cabeça máximos seriam obtidos com a dose estimada de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Houve efeito quadrático da adubação fosfatada na produção de matéria fresca, matéria fresca,



teores e quantidades de P acumuladas na parte aérea de alface (Figuras 1C e 1D).

Em relação a matéria fresca, a produção máxima para os solos  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ , respectivamente, 374; 391; 308 e 313 g planta<sup>-1</sup>, seriam obtidas com as doses de 440; 419; 449 e 600 mg dm<sup>-3</sup> de P. Para o solo com maior teor de argila ( $S_4$ ), a dose estimada de 400 mg dm<sup>-3</sup> de P proporcionaria 86% da produção máxima de matéria fresca. Para os solos com menor teor de argila ( $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ ), a dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P, proporcionaria cerca de 90% da produção máxima de alface (Figura 1C).

As doses de 400 e 300 mg dm<sup>-3</sup> de P, em condições de campo, correspondem a aplicação de 915 e 686 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço, na área total dos canteiros, seguida de incorporação do adubo fosfatado na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Kano et al. (2012) obtiveram aumento linear no crescimento de alface crespa, na produção de sementes e no número de sementes por planta com adição de doses de até 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em solo com baixo teor do nutriente.

A produção de matéria seca de alface americana apresentou comportamento semelhante a matéria fresca em relação a adubação fosfatada. Constatou-se também, que as produções de matéria fresca e de matéria seca das plantas foram maiores nos solos de textura média ( $S_1$  e  $S_2$ ) do que nos solos argilosos ( $S_3$  e  $S_4$ ).

O nível crítico de P nos solos variou em função do teor de argila dos solos, sendo que aqueles com menor teor de argila ( $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ ) o valor foi de 100 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2A). No solo com maior teor de argila ( $S_4$ ), o nível crítico de P no solo foi de 75 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2B). Com isso, constata-se que não é necessário efetuar adubação fosfatada quando os teores de P extraídos por Mehlich estiverem acima dos valores citados.

### CONCLUSÕES

Para solos com teor de argila menor do que 542 g kg<sup>-1</sup>, a dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P, equivalente a 686 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, é a mais adequada para o cultivo de alface americana.

A dose de 400 mg dm<sup>-3</sup> de P, correspondente a 915 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, é a mais indicada para o cultivo de alface americana, em solos com teor argila acima de 542 g kg<sup>-1</sup>.

A adubação fosfatada em alface americana deve ser efetuada quando os teores de P-Mehlich forem menores do que 100 mg dm<sup>-3</sup>, em solos com teor de argila abaixo de 542 g kg<sup>-1</sup>. Para solos mais argilosos, a adubação fosfatada é necessária quando os teores de P forem menores do que 75 mg dm<sup>-3</sup>.

### AGRADECIMENTOS

Ao Pibic/CNPq pela bolsa de iniciação científica para a segunda autora.

### REFERÊNCIAS

BRAOS, L.B.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; KUHNEN, F. Organic phosphorus fractions in soil fertilized with cattle manure. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39:140-150, 2015.

CARMO, C.A.F.S.; ARAUJO, W.S.; BERNARDI, A.C.C.; SALDANHA, M.F.C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p. (Circular Técnica, 6).

CATE JUNIOR, R.B.; NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. Raleigh: International Soil Testing, 1965. 24p. (Technical Bulletin, 1).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: UFV, 1999. 359p.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS BÔAS, R.L. Phosphorus rates on yield and quality of lettuce seeds. *Horticultura Brasileira*, 30:695-698, 2012.

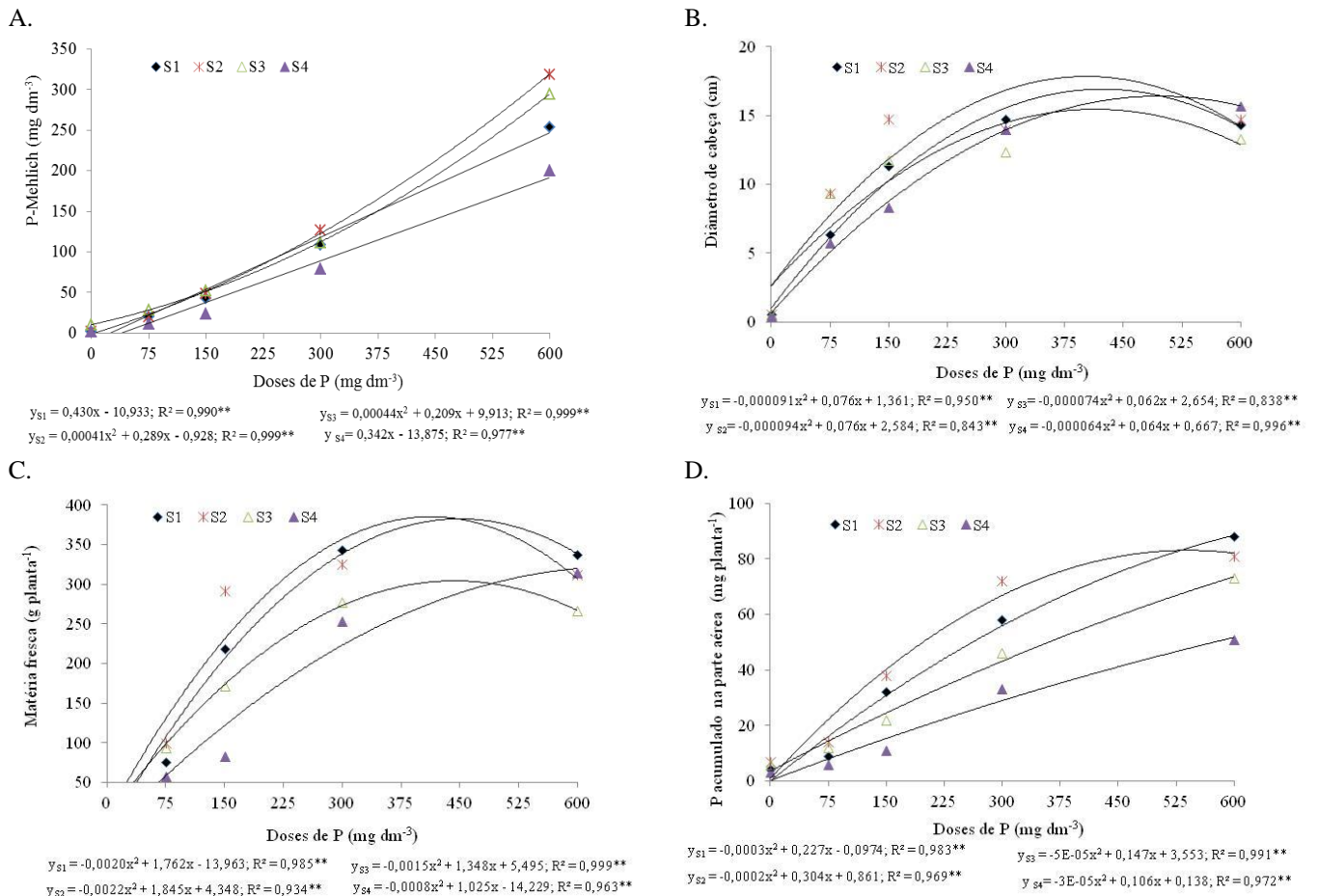
LANA, R.M.Q.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção de alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. *Horticultura Brasileira*, 22:525-528, 2004.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

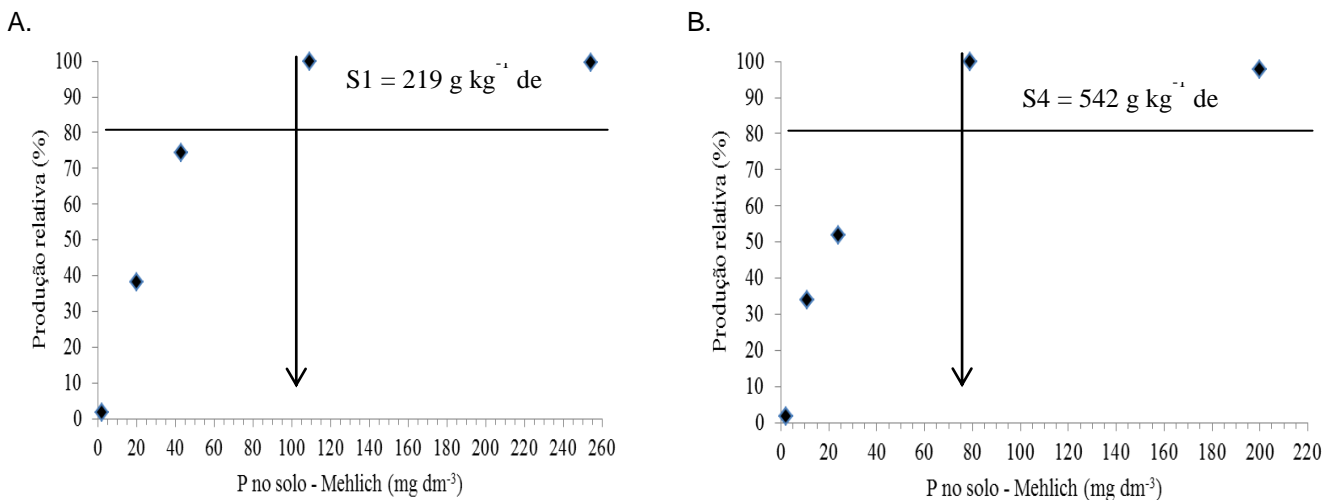
SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, 30: 187-194, 2012.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 270p.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO FILHO, J.A. Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 168-169. (Boletim técnico, 100).



**Figura 1.** Efeito da adubação fosfatada nos teores de P- Mehlich (A), no diâmetro de cabeça (B), na produção de matéria fresca (C) e nas quantidades acumuladas de P na parte aérea (D) de alface americana, cultivada em solos com 219 (S<sub>1</sub>); 327 (S<sub>2</sub>); 392 (S<sub>3</sub>) e 542g kg<sup>-1</sup> de argila (S<sub>4</sub>).



**Figura 2.** Nível crítico de P-Mehlich em solo com 219 g kg<sup>-1</sup> de argila (A) e com 542 g kg<sup>-1</sup> de argila (B) para alface americana.