

MODOS DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO¹

Itamar Pereira Oliveira², David G. Edwards³, Collin J. Asher³,
Noel J. Grundon³, Renato Sérgio Mota dos Santos⁴ e Cideon Donizete de Faria⁴

ABSTRACT

METHODS OF APPLICATION AND DOSES OF PHOSPHORUS ON COMMON BEAN GROWTH

Increasing doses of phosphorus (0, 50, 100, 200, 400 and 800 kg ha⁻¹) as KH₂PO₄ were applied in a Ultisol to study the effect of levels and manners of fertilizer application, on common bean growth (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Mexican, in an experiment at green house conditions. Brisbane city is located at 27 25 S latitude, 152 54 E longitude and 154 m over the sea. The air temperatures from october to november of 1990 varied from 40° C maximum and 21° C minimum. The phosphorus was applied in covering and incorporate before planting; in strip after the planting and in furrow at the planting. The highest values of plant height and production of dry matter were obtained with application of the mean doses of 535 and 380 kg of phosphorus ha⁻¹, respectively. The best common bean plant growth was observed when the phosphorus was applied in covering and incorporated to the soil but the largest production of dry matter happened when the phosphorus was applied in strip. The maximum concentrations of nitrogen and phosphorus in the leaf tissue reached 20.8 and 2.96 g kg⁻¹, respectively. The concentration of magnesium in the leaf varied between 2 and 4 g kg⁻¹ and the maximum concentration of calcium in the leaf was 30 g kg⁻¹. According to the analyses of plant parameters used to evaluate the development of the common bean, the best results were obtained when the phosphorus fertilizer was applied in strip; the largest plant height didn't correspond to the largest production of dry matter.

KEY WORDS: *Phaseolus vulgaris*, fertilizer management, growing doses, mineral nutrition.

RESUMO

Doses crescentes de fósforo (0, 50, 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹), como KH₂PO₄, foram aplicadas em um Ultisol para estudar o efeito de níveis e modos de aplicação, no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Mexicano, em um experimento em casa de vegetação, na cidade de Brisbane, localizada a uma de latitude de 27 25 S, longitude de 152 54 E e altitude de 154 m acima do mar. As temperaturas do ar durante outubro e novembro de 1990 variaram entre a máxima de 40 ° C e a mínima de 21 ° C. O fósforo foi aplicado em cobertura e incorporado antes do plantio; em faixa após o plantio; e em sulco no plantio. Os maiores valores de altura de planta e produção de matéria seca foram obtidos com aplicação das doses médias de 535 e 380 kg de fósforo ha⁻¹, respectivamente. O maior crescimento do feijão foi observado quando o fósforo foi aplicado a lanço e incorporado ao solo, mas a maior produção de matéria seca ocorreu quando se aplicou o fósforo em faixa. As concentrações máximas de nitrogênio e fósforo no tecido foliar atingiram 20,8 e 2,96 g kg⁻¹, respectivamente. A concentração foliar de magnésio variou entre 2 e 4 g kg⁻¹, e a máxima concentração de cálcio na folha foi 30 g kg⁻¹. De acordo com os parâmetros da planta usados para avaliar o desenvolvimento do feijoeiro, pode-se considerar que os melhores resultados verificados com a aplicação de fertilizante fosfatado no feijoeiro foram obtidos quando se aplicou o fertilizante em faixa e que a maior altura da planta não correspondeu à maior produção de matéria seca.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, manejo de fertilizantes, doses crescentes, nutrição mineral.

INTRODUÇÃO

Limitações na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), devido à deficiência de fósforo, têm sido

observadas em todas as regiões tropicais onde se cultiva esta leguminosa. A disponibilidade deste nutriente para a cultura depende do rápido reabastecimento da solução do solo, através da

1. Entregue para publicação em janeiro de 2001.

2. Embrapa Arroz e Feijão. C.P. 179. CEP 75 375-000. Santo Antônio de Goiás – GO. E-mail: itamar@cnpaf.embrapa.br

3. Department of Agriculture, State University of Queensland, St. Lucia 4067. Brisbane. Australia.

4. Pós-Graduandos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Bolsistas do CNPq.

dessorção dos fosfatos da fase sólida, provenientes das adubações e da mineralização dos compostos orgânicos (Kamprath 1972) e, ainda, da sua difusão através da solução para a superfície das raízes (Wild 1988). Os solos do Brasil, onde predominam os Oxissolos, Ultissolos e Andossolos, geralmente são muito deficientes em fósforo (Kamprath 1972), fixam grandes quantidades deste nutriente e raramente permitem altas produções sem uma correção fosfatada (Menon *et al.* 1990).

A disponibilidade do fosfato geralmente é muito baixa nos solos ácidos tropicais. Os altos teores de ferro e alumínio complexam as formas disponíveis de fósforo para as plantas, reduzindo a concentração deste nutriente na solução do solo. A planta deficiente em fósforo apresenta o seu sistema radicular reduzido, dificultando o principal processo de absorção de fósforo realizado por contato da raiz com o nutriente. Experimentos realizados com fósforo marcado têm mostrado que quantidades apreciáveis deste nutriente provenientes da adubação são absorvidas na zona de profundidade do solo, entre 30 e 40 cm, e que somente 10% do total de fósforo absorvido são provenientes de profundidades abaixo de 100 cm (Mengel & Kirkby 1987).

As culturas anuais, como a do feijoeiro, durante seu ciclo vegetativo, são capazes de recuperar apenas uma pequena quantidade de fósforo adicionado através dos fertilizantes, usualmente menos que 25% (Oliveira *et al.* 1987). A eficiência de aproveitamento do fósforo aplicado no plantio é baixa, mas as mais altas taxas de absorção têm sido observadas com a aplicação localizada em faixa ou em sulco. A localização do fertilizante fosfatado tem uma considerável importância quando a cultura está sendo desenvolvida em solos pobres em fósforo e com altos teores de ferro e alumínio. A aplicação em faixa, geralmente, aumenta a utilização do fosfato solúvel em água, seja como superfosfato ou fosfato de amônio (Follett *et al.* 1981, Tisdale *et al.* 1985).

O objetivo deste trabalho é avaliar métodos simulados de aplicação e efeito de doses crescentes de fósforo no desenvolvimento do feijoeiro e na absorção de alguns nutrientes essenciais à cultura em ambiente controlado.

MATERIAL E MÉTODOS

Seis doses de fósforo foram aplicadas em um Ultissolo de Queensland – Austrália (0, 50, 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅) para estudar o efeito de níveis e a equivalência dos modos de aplicação de

fósforo, como KH₂PO₄, no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Mexicano, em um experimento de casa de vegetação. O feijoeiro foi cultivado na cidade de Brisbane, a uma latitude de 27 55 S, longitude 152 54 E e altitude de 154 m acima do mar. Foram registradas temperaturas máximas de 40° C e mínimas de 21° C. O fósforo foi aplicado em três modalidades: em cobertura e incorporado na camada superficial do solo, a uma profundidade em torno de 10 cm, antes do plantio; em faixa em torno da planta, após o plantio; e em sulco no momento do plantio. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados e os tratamentos combinados em um fatorial 6 x 3 com cinco repetições.

Análises do solo revelaram pH (1:5 solo-água) 4,24, Ca 0,13 cmol kg⁻¹, Mg 0,38 cmol kg⁻¹, Na 0,05 cmol kg⁻¹, K 0,13 cmol kg⁻¹, Al 6,61 cmol kg⁻¹, CTC 7,78 cmol kg⁻¹ e 85% de saturação de Al.

O solo foi seco ao ar e tamizado para eliminar as partículas sólidas superiores a 2 mm de diâmetro, e colocado em sacos de dois litros de volume.

Utilizou-se o carbonato de cálcio (6 t ha⁻¹) como corretivo da acidez do solo, cuja estabilidade de pH ocorreu após dois meses de incubação e os fertilizantes, incorporados na camada superficial do solo, nas quantidades de 30; 135; 102; 4,0; 0,3; 0,1 e 4,0 kg ha⁻¹ de N, K, Mg, Cu, B, Mo e Zn, como nitrato de amônio, fosfato de potássio, sulfato de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco e molibdato de sódio, respectivamente. O nitrogênio restante foi aplicado em duas vezes, aos 15 (15 kg de N ha⁻¹) e aos 30 dias (15 kg de N ha⁻¹) após a germinação.

Foram semeadas cinco sementes, sendo selecionadas duas plantas por vaso, cinco dias após a germinação. A água foi aplicada diariamente, para manter o solo na capacidade de campo, durante toda a experimentação. O pH foi analisado semanalmente e mantido acima de 6,0 durante a experimentação sem necessidade de aplicação de corretivos adicionais. Durante a experimentação as temperaturas máxima, média e mínima foram mantidas a 36°, 28° e 20 °C e as umidades máxima, média e mínima a 96, 69% e 42 %, respectivamente.

As plantas de toda parte aérea foram colhidas quatro semanas após a germinação. A medição da área foliar foi realizada em um medidor de tipo LICOR, modelo LI 3100.

As amostras, para análise foliar, foram digeridas, através da via úmida. A determinação do nitrogênio foi feita pelo método Kjeldahl. Nos extratos da mineralização nitroperclórica, o fósforo foi

determinado colorimetricamente, e o cálcio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC 1984).

A altura da planta foi medida por ocasião da colheita, considerando a superfície do solo até a gema apical.

Foram apresentadas curvas de regressão para altura das plantas, produção de matéria seca, concentrações foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das características mensuradas na cultura do feijão atingiu valores máximos com aplicações de altas doses de fósforo. A maior altura da planta foi observada quando se aplicou o fósforo em cobertura e incorporado antes do plantio (Figura 1). As alturas máximas da planta, observadas na época da colheita, foram atingidas aplicando-se 465 kg ha⁻¹ de fósforo em faixa após o plantio, 616 kg ha⁻¹ de fósforo em cobertura e incorporado antes do plantio, 629 kg de fósforo ha⁻¹ em sulco no plantio e, em média, 535 kg de fósforo ha⁻¹, respectivamente (Figura 1).

A maior produção de matéria seca da parte aérea (Figura 2) foi observada quando se aplicou o fósforo em faixa. Para atingir as maiores produções de matéria seca foram requeridos 463 kg ha⁻¹ de fósforo aplicado em faixa, 343 kg ha⁻¹ de fósforo incorporado, 336 kg ha⁻¹ de fósforo em sulco e, em média, 380 kg ha⁻¹ de fósforo, respectivamente. A cultura do feijoeiro exigiu mais 26% e 27,5% de fósforo, quando aplicado em faixa, em relação ao

método de aplicação em sulco, para atingir a altura e produção máximas, respectivamente.

A diferença entre as doses para se obter crescimento máximo e produção máxima de matéria seca pode ser explicada pelo modo de aplicação do fósforo em sulco associado à disponibilidade do nutriente. A aplicação localizada deste nutriente, em faixa, colocou à disposição do sistema radicular da planta maiores quantidades de fósforo, contribuindo para o aumento da produção de matéria seca. Chaib *et al.* (1984) relatam que melhorando os fatores controláveis que afetam a locomoção do fósforo, como o método de aplicação de fertilizante, o balanço nutricional na parte da raiz (Frost *et al.* 1990) estimula a criação e o crescimento das raízes após a germinação da semente, acarretando altas concentrações de sais em contato com as sementes ou raízes (Finck 1982, Jones 1982) e resultando na redução do crescimento da planta e na produção de matéria seca (Figuras 1 e 2).

A curva de concentração de nitrogênio foliar (Figura 3) apresentou a mesma tendência da curva de concentração de fósforo (Figura 4). A produção máxima do feijoeiro foi obtida quando a concentração de nitrogênio no tecido atingiu 20,8 g kg⁻¹. O pH acima de 6 da pesquisa favoreceu a nitrificação e a absorção do nitrogênio, com razoável equilíbrio entre o nitrogênio e o fósforo (Barber 1974, Mengel & Kirkby 1987, Oliveira & Thung 1988), com influência na produção de matéria seca. A produção relativa máxima foi obtida quando a concentração de fósforo na folha atingiu 2,96 g kg⁻¹ (Figura 4).

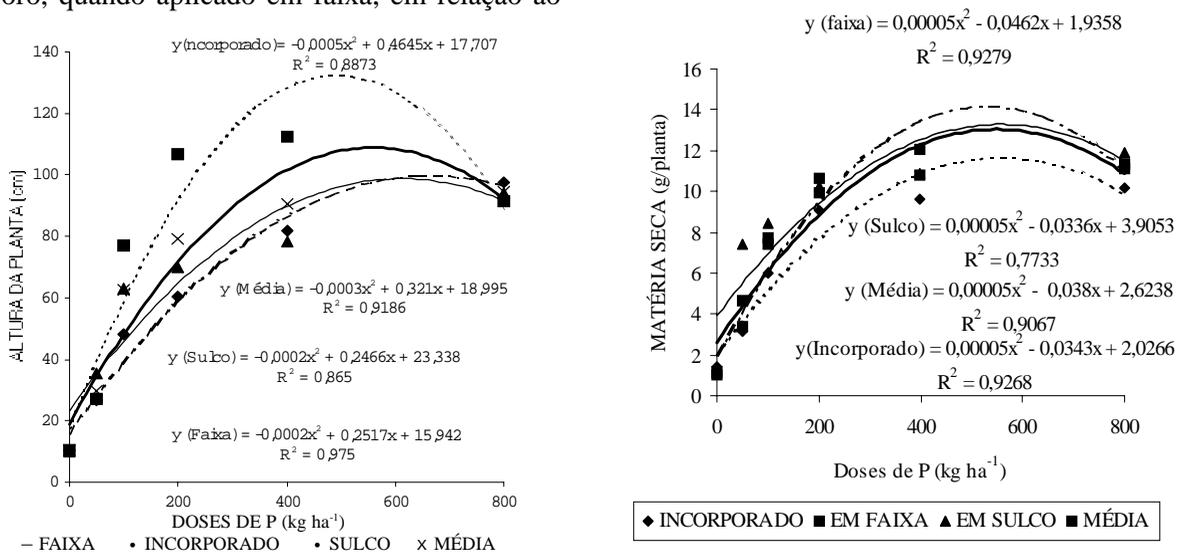


Figura 1. Altura da planta do feijoeiro desenvolvida sob doses crescentes e diferentes modos de aplicação de fósforo. Brisbane, Austrália. 1998.

Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea do feijoeiro sob doses crescentes e de diferentes modos de aplicação do fósforo. Brisbane, Austrália. 1998.

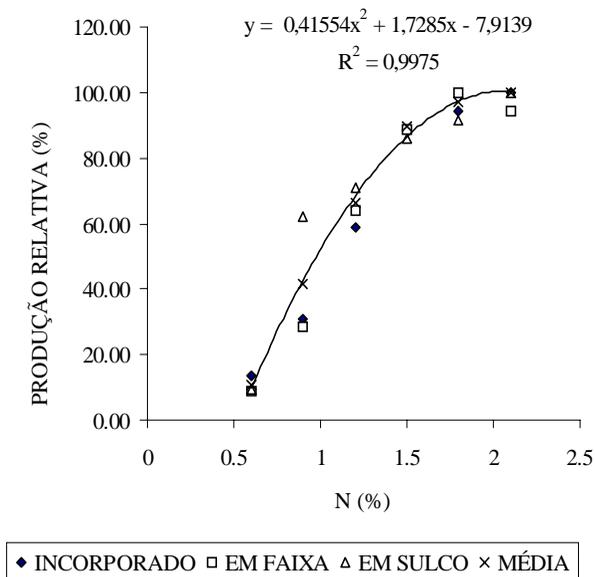


Figura 3. Produção de matéria seca do feijoeiro em função da concentração foliar de nitrogênio. (10 % N = g kg⁻¹). Brisbane, Austrália. 1998.

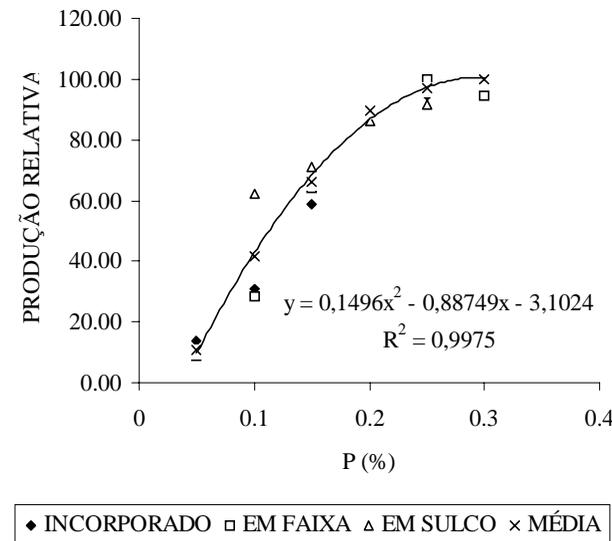


Figura 4. Concentração foliar de fósforo em função da produção de matéria seca do feijoeiro sob doses crescentes de fósforo. (10 %P = g kg⁻¹). Brisbane, Austrália. 1998.

A concentração de cálcio nas folhas foi maior com aplicação de fósforo de 487 kg ha⁻¹, atingindo 30 g kg⁻¹, e o magnésio (Figura 5) teve sua absorção reduzida na medida em que se aumentavam as doses de fósforo, apresentando concentrações foliares com variações de 2 a 4 g kg⁻¹. A precipitação do cálcio no solo ao reagir com os fosfatos presentes, nos tratamentos que receberam as mais altas doses de fósforo, neste nível de pH em torno de 6,5, influenciou na redução da disponibilidade de cálcio para a planta, dando origem, por isso, a uma curva de cálcio do segundo grau (Figura 5) e resultando numa menor absorção de cálcio pelo feijoeiro na presença das maiores doses de fósforo.

Mesmo que a tendência da curva de absorção de magnésio tenha sido decrescente (Figura 5), com a aplicação de doses crescentes de fósforo, o magnésio tem um efeito fundamental no transporte do fósforo nos processos bioquímicos na planta, principalmente nas reações fosforiladas. Pode-se daí inferir que o magnésio foi importante na absorção do fósforo até o ponto máximo de sua influência na produção de matéria seca (Figura 2), principalmente porque apresentava-se em concentração suficiente para o crescimento da planta. A partir deste ponto, a absorção de magnésio permaneceu em queda, devido ao sinergismo entre esses dois nutrientes. De acordo com Wilkinson *et al.* (1999), o sinergismo entre o fósforo e o magnésio ocorre após um ponto crítico de

absorção de fósforo, ponto em que aumenta a absorção de magnésio. Esses mesmos autores verificaram que esse processo ocorre naturalmente em condições de absorção constante de potássio.

Difícilmente as doses de fósforo seriam usadas em exploração agrícola, por serem muito altas. Esses resultados, contudo, são importantes quando se quer escolher a modalidade de aplicação de fertilizante, cujas doses devem ser definidas de acordo com as recomendações regionais.

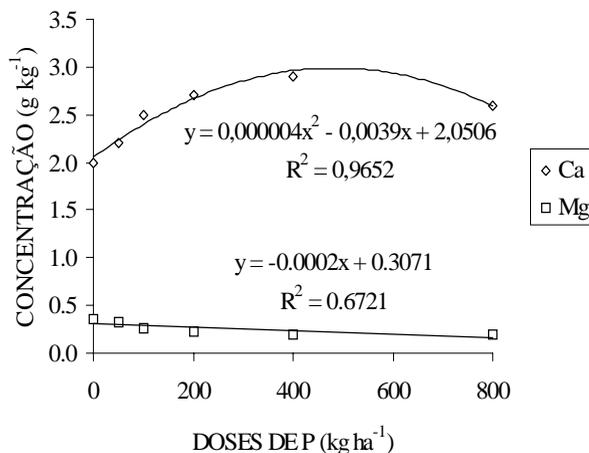


Figura 5. Concentração foliar de cálcio e magnésio no feijoeiro na presença de doses crescentes de fósforo. Brisbane, Austrália. 1998.

CONCLUSÕES

O maior crescimento do feijoeiro foi observado quando o fósforo foi aplicado em cobertura e incorporado ao solo antes do plantio, mas a maior produção de matéria seca ocorreu quando se aplicou o fósforo em faixa após o plantio. As produções máximas relativas de matéria seca foram atingidas quando as concentrações de nitrogênio e fósforo no tecido foliar atingiram 20,8 e 2,96 g kg⁻¹, respectivamente. A concentração foliar de magnésio variou entre 2 e 4 g kg⁻¹, decrescente com a aplicação de fósforo, e a máxima concentração de cálcio no tecido foliar foi de 30 g kg⁻¹.

REFERÊNCIAS

- Association of official analytical of chemists. AOAC, 1984. Official methods of analysis. 14 ed. Washington.
- Barber, S. A. 1974. A program for increasing the efficiency of fertilizers. Fertilizer Solutions. Peoria, 18 (2) : 24-25.
- Chaib, S. L., E. A. Bulasani & L. H. S. M. Castro. 1984. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta à profundidade de aplicação de adubo fosfatado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 19 (7) : 817-22.
- Finck, A. 1982. Fertilizers and fertilization: introduction and practical guide to crop fertilization. Weinhein: Verlag Chemie. 438p.
- Follett, R. H., L. S., Murphy & R. L., Donahue. 1981. Fertilizers and soil amendments. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 557p.
- Frost, W. E., C. A. Raguse & K. L. Taggard. 1990. Subclover early growth responses to levels and placements of superphosphate and ammonium nitrate. Agronomy Journal, 82 (4) : 795-99.
- Jones, U. S. 1982. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston: Prentice-Hall. 421p.
- Kamprath, E. J. 1972. Phosphorus. In Sanchez, P. A. (Ed.). A review of soil research in tropical Latin America. Raleigh: North Carolina Agricultural Experiment Station. p. 205-37.
- Mengel, K. & E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern: International Potash Institute. 687p.
- Menon, R. G., S. H. Chien, L. L. Hammond & B. R. Arora. 1990. Sorption of phosphorus by the iron oxide-impregnated filter paper (Pi soil test) embedded in soils. Plant and Soil, The Hague, 126 (2) : 287-94.
- Oliveira, I. P., M. Thung, J. Kluthcouski, H. Aidar & J. R. P. Carvalho. 1987. Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 22 (1) : 39-45.
- Oliveira, I. P. & M. D. T. Thung. 1988. Nutrição mineral. In Zimmermann, M. J., O. M. Rocha & T. Yamada (Eds.). Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Potafós. Piracicaba, SP. p. 175-12.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6. Formth Edition, vol. 1, Cary, NC:SAS Institute Inc. 943p.
- Tisdale, S. L., W. L., Nelson & J. D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4.ed. New York: Macmillan. 754p.
- Wild, A. 1988. Plant nutrients in soil phosphate. In Wild, A. (Ed.). Russell's soil conditions and plant growth. 11^a ed. Longman, New York p.695-42.
- Wilkinson, S. R., E. S. Malcon & M. E. Sumner. 1999. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In Sumner, M. E. (Ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press. Boca Raton, FL D89 – D. 112p