



## TEORES DE CA, K, MG E P NA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI SOB DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO

José Pedro Torquato<sup>1</sup>, Boanerges Freire Aquino<sup>1</sup>, Geocleber Gomes Sousa<sup>1</sup>, Francisco Valderéz Augusto Guimarães<sup>2</sup>, David Correia Anjos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará – UFC

<sup>2</sup> Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME

---

### RESUMO

O crescimento da população mundial aumenta a demanda por alimentos, tornando-se imprescindível o uso da nutrição mineral de plantas. O presente trabalho teve como objetivo foi avaliar os efeitos de diferentes doses de P aplicado no solo, na ausência e na presença de calagem e molibidênio, sobre o teores de Ca, K, Mg e plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). O experimento foi conduzido em abrigo protegido do Departamento de Ciências do Solo, em Fortaleza, CE. O plantio das sementes deu-se, em vasos com capacidade de 4 kg, contendo como substrato um Argissolo e uma planta por vaso. O experimento obedeceu a um delineamento em esquema fatorial 4x2x2, sendo quatro doses de fósforo (0,0; 0,2; 0,4; e 0,8 g/vaso), presença e ausência de calcário e de molibidênio, sendo aplicados (0,14 mg/vaso), com quatro repetições. Foram analisados os teores dos elementos minerais (K, Ca, Mg e P). As doses de fósforo reduziu os teores de potássio nas raízes e nas folhas e aumentou apenas na presença do calcário e do molibidênio. A aplicação de fósforo aumentou o teor de cálcio e reduziu os teores de magnésio nas raízes, folhas e grãos em plantas de feijão-caupi, na presença e ausência do calcário e do molibidênio. Os teores de fósforo aumentou na raízes, folhas e grãos de feijão caupi sob diferentes doses de fósforo.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, Calagem, Elementos minerais.

### ABSTRACT

The world population growth increases demand for food, making it essential to use of plant mineral nutrition. The present study aimed at evaluating the effects of different doses of applied P in soil, in the absence and presence of lime and molybdenum on the Ca, K, Mg and P in bean crop (*Vigna unguiculata*). The experiment was protected under the Department of Soil Science, in Fortaleza, Brazil. Planting the seeds took place in pots with a capacity of 4 kg, containing as substrate the Ultisol and one plant per pot. The experiment followed a 4x2x2 factorial design, with four rates of phosphorus (0.0, 0.2, 0.4, and 0.8 g / pot), presence and absence of lime and molybdenum and is applied (0.14 mg / pot) with four replications. We analyzed the contents of mineral elements (K, Ca, Mg and P). The levels of phosphorus decreased the concentration of potassium in the roots and leaves and increased only in the presence of lime and molybdenum. Phosphorus application increased the calcium content and reduced levels of magnesium in the roots, leaves and grains in cowpea plants in the presence and absence of lime and molybdenum. The phosphorus increased in roots, leaves and grains of cowpea under different phosphorus levels.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, liming, minerals elements.

## INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial aumenta a demanda por alimentos, tornando-se imprescindível o uso da nutrição mineral de plantas. O reduzido teor deste elemento essencial disponível no solo é a limitação nutricional mais comumente encontrada para produção agrícola nos trópicos e sub-trópicos (Fernandes & Ascêncio, 1994; Raghothama, 1999; Fageria et al., 2004; Parra et al., 2004), por isso, muitas vezes, a principal adubação é a fosfatada e não a nitrogenada associada a grande quantidade de leguminosas cultivadas.

Os solos tropicais são caracterizados pelo elevado grau de intemperização e pelos baixos teores de P na forma disponível às plantas, principalmente,

Nos horizontes superficiais e diminuindo com a profundidade do solo (Bonser et al., 1996). Nessas regiões, em que a fertilidade do solo restringe a produção agrícola (Lynch et al., 1992; López-Bucio et al., 2003), em especial nas propriedades de pequeno porte, pela falta de recursos para a administração de insumos, nelas localizam-se agrossistemas que sustentam ampla fração da humanidade (Fan et al., 2003). O P é de fundamental importância pois, atua em vários processos metabólicos em plantas como: a transferência de energia, a síntese e estabilidade de membrana, a síntese de ácidos nucléicos, a glicose, a respiração, a ativação e a desativação de enzimas, as reações redox, o metabolismo de carboidratos e a fixação de N<sub>2</sub> (Vance et al., 2003).

A disponibilidade de Mo para a planta é afetada por vários fatores incluindo a mineralogia da argila sendo sorvido, especialmente, pela caulinita e óxidos de Fe e Al (Reisenauer et al., 1963). Normalmente, a maior parte do Mo encontra-se em formas não-disponíveis para a planta. A maior ou menor disponibilidade é determinada pelo pH do solo e pelo teor de óxidos de Fe, Al e Ti.

A presença de matéria orgânica, bem como de fosfato ou sulfato, tem pequena influência na sua disponibilidade. As reações de adsorção do Mo têm sido estudadas em função de vários fatores químicos incluindo a concentração do Mo em equilíbrio, o pH da solução, a força iônica, a competição de ânions e a temperatura (Goldberg et al., 2002). Em condições de pH extremamente baixo, o Mo existente na solução do solo pode estar em uma forma não dissociada de ácido molibídico (H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>). Com aumento do pH, o

H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> se dissocia em HMoO<sub>4</sub><sup>-</sup> e, posteriormente, a molibdato (MoO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) o qual se torna a forma predominante em solos de pH neutro e alcalino (Krauskopf, 1972).

Outro aspecto nutricional importante está ligado ao fornecimento dos micronutrientes. No caso da cultura do feijão-caupi se destaca o Molibidênio (Mo). No entanto, este elemento mineral pode ter sua disponibilidade afetada pelo pH, pela matéria orgânica, pelos óxidos de ferro e de alumínio, pela textura, pelo potencial redox e pela interação com outros nutrientes aniônicos como fosfatos e sulfatos (Santos, 1991). A carência de Mo pode afetar a capacidade produtiva das culturas de forma generalizada e em especial as de leguminosas como o feijão. As reações de adsorção do Mo têm sido estudadas em função de vários fatores químicos incluindo a concentração do Mo em equilíbrio, o pH da solução, a força iônica, a competição de ânions e a temperatura (Goldberg et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de fósforo e aplicado no solo, na ausência e na presença de calagem e molibidênio, sobre os teores de K, Ca, Mg e P em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), cultivar Setentão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências do Solo, do Centro de Ciências Agrárias, na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici em Fortaleza, Ceará, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima do tipo Aw'.

O plantio das sementes certificadas de Feijão Caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp.], cv. Setentão foi realizado em abril de 2008. A unidade experimental foi composta por um vaso onde foram colocados quatro quilos de solo, preenchidos com Argissolo Vermelho Amarelo (Santos et al. 2006) Após os trinta dias do plantio foi feito o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vasos. Alguns atributos químico do solo antes da aplicação dos tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram de quatro doses de fósforo (P) na presença e ausência de calcário e molibidênio. O fósforo também foi aplicado 15 DAE na forma de Superfosfato Simples: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(H<sub>2</sub>O).CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O nas seguintes doses: 0,0 0,2 0,4 e 0,8 g P por vaso, cada vaso com 4 quilos de solo. Na realização da calagem, foi

utilizado o calcário dolomítico, sendo colocados 1,5 gramas por vaso. O molibdênio foi aplicado 0,14 mg por vaso aos 15 dias após a emergência (DAE) das plantas, sendo utilizado na forma de molibdato de sódio:  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

A adubação basal foi realizada aos 10 DAE, utilizando-se: 80 mg N ( $\text{NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4$ ) por vaso (parcelada em duas aplicações de 40 mg por vaso: 10 DAE e 50 DAE), 400 mg K (KCl) por vaso (parcelada em duas aplicações de 200 mg por vaso: aos 10 DAE e 50 DAE), 80 mg Ca ( $\text{CaCl}_2$ ) por vaso e 60 mg de Mg ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) por vaso e o 80 mg S ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Os micronutrientes foram aplicados em solução aos 16 DAE: empregando-se 12 mgFe/vaso (Fe-EDTA), 20 mgMn/vaso manganês (sulfato de manganês), 5 mgCu/vaso (sulfato de cobre), 15 mgZn/vaso (sulfato de zinco) e 8 mgBo/vaso (borato de sódio).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $4 \times 2 \times 2$ , sendo quatro doses de fósforo (0,0; 0,2; 0,4; e 0,8 g/vaso), presença e ausência de calcário e de molibdênio, sendo aplicados (0,14 mg/vaso), com quatro repetições.

A colheita foi realizada aos 110 dias após a semeadura, sendo retirada uma planta por vaso. As plantas foram separadas em raiz, folha e grãos, acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 65 °C, até peso constante.

As amostras secadas em estufa (folha, colmo, sabugo e grãos) e finamente trituradas em moinho tipo Wiley, foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, material este utilizado nas determinações dos teores dos elementos minerais (K, Ca, Mg e P).

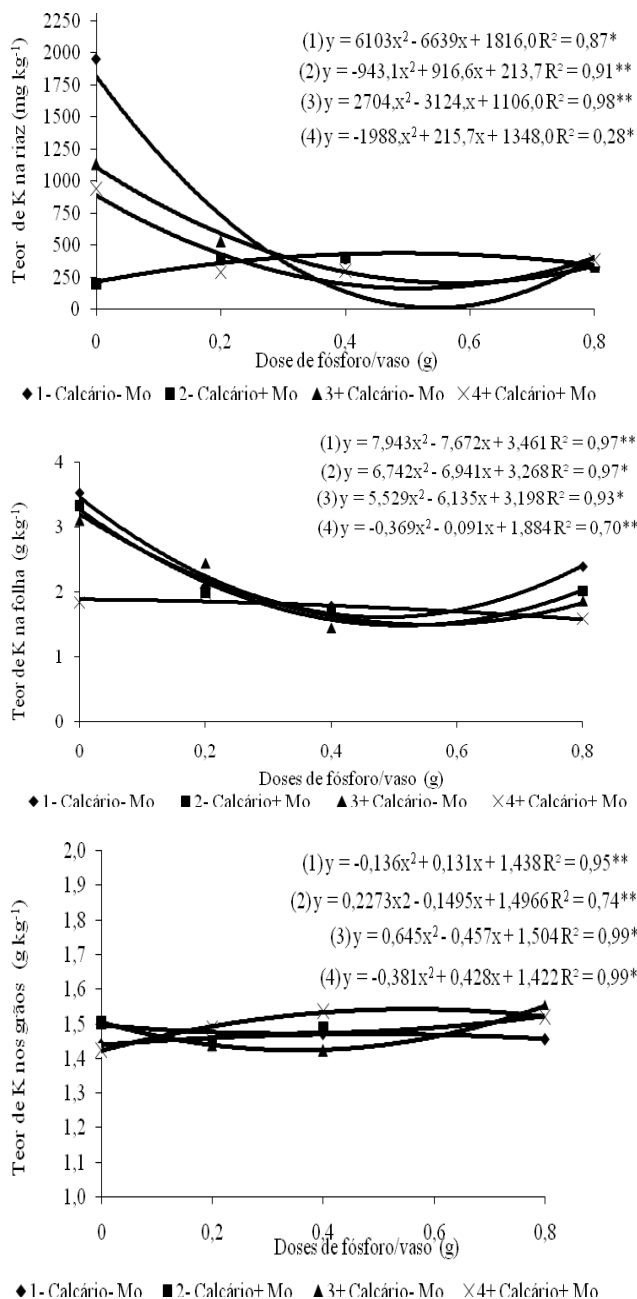
Determinaram-se os teores de Na e K através de fotometria de chama, os teores de P por colorimetria e os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1989). Os dados de teores dos macronutrientes obtidos em cada dose de fósforo foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o programa computacional SAEG/UFV (Ribeiro Júnior, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teores de Elementos Minerais

Segundo a análise de regressão, o aumento das doses de fósforo mostrou efeito significativo sobre os teores de K nas raízes (Figura 1A), folhas

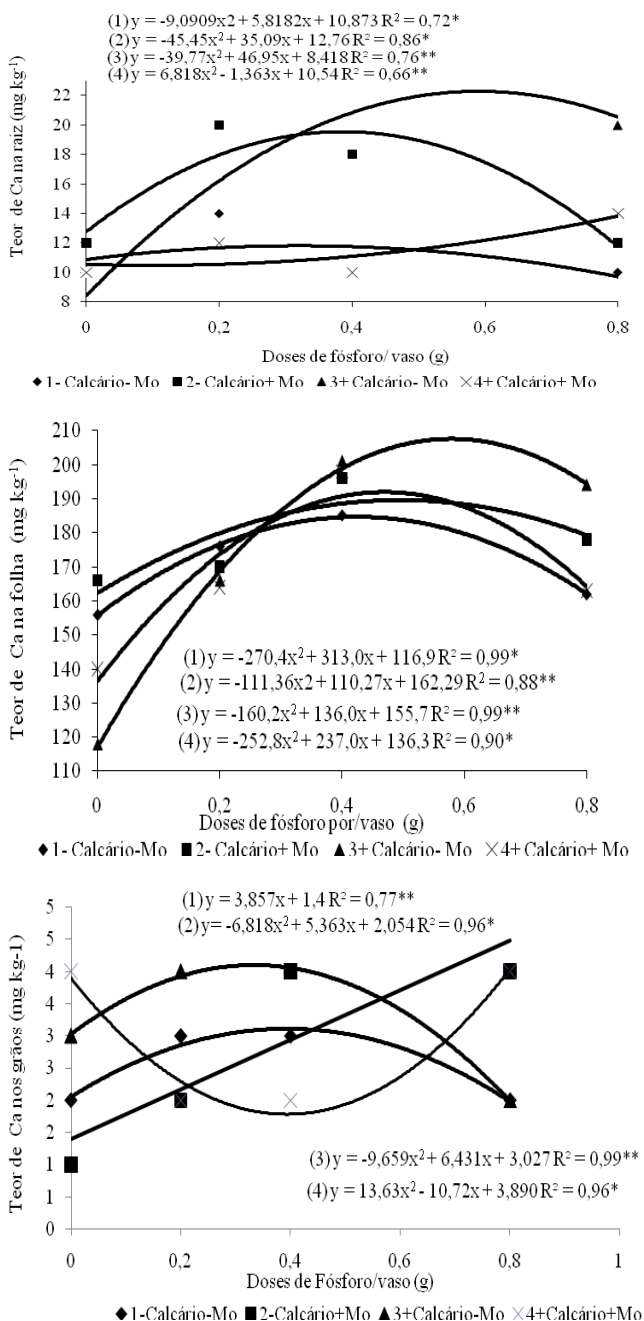
(Figura 1B) e grãos (Figura C). Na presença da calagem e do Mo, sob as diferentes doses de P influenciaram significativamente de forma negativa os teores de K nas raízes. A absorção de K é favorecida na presença de Ca, entretanto, em concentrações altas de Ca a absorção de K é inibida (Malavolta et al., 1997). Neves et al. (2008) verificou em mudas de umbuzeiro que o com aumento da calagem ocorria uma redução nos teores de K.



**Figura 1.** Teor de potássio na raiz (A), nas folhas (B) e nos grãos (C) de plantas de feijão-caupi em função das diferentes doses de fósforo na ausência e presença de calcário e molibdênio.

De acordo com a Figura 2A, o teor de cálcio na raiz foi mais afetado pela doses de fósforo na Agropecuária Técnica – v. 32, n. 1, p 79–87, 2011

ausência de calcário e molibdênio; por outro lado na presença do calcário e ausência do molibdênio os teores de cálcio na raiz foram superiores aos demais. O Ca é constituinte da parede celular (Marschner, 1995), assim, para maior crescimento da planta são necessárias maiores quantidades de Ca disponíveis para a absorção, independentemente da parte da planta, como por exemplo (raiz, caule, folha, flor, fruto).



**Figura 2.** Teor de cálcio na raiz (A), nas folhas (B) e nos grãos (C) de plantas de feijão-caupi em função das diferentes doses de fósforo na ausência e presença de calcário e molibdênio.

Com relação aos teores de cálcio na folha (Figura 2B), observou-se um aumento em todos os tratamentos sob as diferentes doses de fósforo. É importante salientar que os teores de cálcio adequados na planta variam de 4 a 40 g kg<sup>-1</sup> (Fernandes, 2006), sendo que os dados obtidos no presente experimento foram bem inferiores. A calagem foi significativamente prejudicial para os teores de cálcio na folha, e as adições de fósforo (0,2 e 0,4 g/vaso) produziram um pequeno aumento na acumulação do Ca. A adubação molibídica na ausência da calagem influenciou significativamente os teores de cálcio. Neves et al. (2008) estudando a nutrição mineral, de mudas de umbuzeiro, em função da calagem constatou uma influência da calagem sobre os teores foliares de cálcio em mudas de umbuzeiro. A adição de calcário, além de elevar o pH do solo, fornece também Ca e Mg, aumentando a disponibilidade desses nutrientes para a absorção pelas culturas (Raij, 1991).

Nos grãos (Figura 2C), nos tratamentos sem calcário e adicionado de Mo, não houve alterações na acumulação máxima de cálcio (4 mg kg<sup>-1</sup>), mesmo, nas maiores doses de P. Porém na ausência do calcário e na presença do molibdênio, foram constatados os maiores valores de Ca nos grãos. Algumas pesquisa tem revelado efeitos positivos da aplicação de Mo sobre o crescimento, nodulação, fixação de N<sub>2</sub> e produtividade em algumas culturas como a soja (Gris et al., 2005), e feijão (Kusdra, 2003). Leite et al. (2009) analisando a nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio obtiveram resultados oposto a este resultado. Essa redução pode ser explicada pela competição entre o fosfato e o molibdato pelos sítios de absorção nas raízes; nestes sítios há uma especificidade maior para o fosfato do que para o molibdato (Vance et al., 2003).

Nas folhas, os teores de Mg aumentaram nos tratamentos com calcário na raízes (Figura 3A). Nos tratamentos com Mo, todas as doses de P aplicadas, causaram uma pequena redução os teores de Mg nas folhas (Figura B). Os maiores teores de magnésio foram encontrados nos grãos, evidenciando, a grande mobilidade deste elemento na planta. Vitti et al. (2006) comentam que, de modo geral, os teores de Mg nas partes novas das plantas são maiores do que os encontrados nas mais velhas, embora o inverso possa ocorrer também. O Mg<sup>+2</sup> se movimenta na parte aérea pela corrente transpiratória, sendo móvel no floema (Malavolta et al., 1997), assim é translocado das

folhas mais velhas para as mais novas ou para os pontos de crescimento.

Nos grãos (Figura C), não houve influência significativa nos teores de Mg, em todas as doses de P aplicadas (presença de calcário e Mo). Leite et al., (2009), relatam que a dose ótima de Mo para produção de sementes de feijão de elevada qualidade fisiológica é de 600,0 e 1.200,0 g ha<sup>-1</sup> de Mo, respectivamente, para os cultivares Meia Noite e Novo Jalo. Já Ferreira et al. (2003) concluíram que o conteúdo de Mo nas sementes de feijão não influencia a nutrição molibídica da planta. Mesmo as plantas originadas de sementes com conteúdos de até 0,535 µg semente<sup>-1</sup> produzem sementes com baixa reserva desse nutriente. Oliveira et al. (2001) verificaram em plantas de feijão que a concentração foliar de magnésio variou entre 2 e 4 g kg<sup>-1</sup>, decrescente com a aplicação de fósforo.

As adubações fosfatadas, foram positivamente significativas para a os teores de P, nas raízes, folhas e grãos (Figuras 4A, 4B e 4C). Tal fato ocorreu pela maior disponibilidade deste nutriente. Nos tratamentos com calagem, a aplicação do Mo, gerou um efeito significativamente, aumentando os teores de P nos grãos e nas raízes. Esse aumento significativo também foi observado para os grãos e as raízes, na ausência da calagem. O nível de fosfato correlaciona-se positivamente com o do molibdato na solução do solo uma vez que, o fosfato desloca o molibdato da superfície de adsorção para a solução do solo, em conseqüência, a disponibilidade de Mo no solo é bastante afetada pelo nível de P no solo (Mengel & Kirkby, 1987). Em áreas onde doses suficientes P foram aplicadas algumas culturas não apresentaram resposta à aplicação de Mo (Kubota, 2006)

O padrão de redistribuição do fósforo na planta parece ser determinado pelas influencias das propriedades da fonte e do dreno do que pelo sistema de transporte (Bieleski, 1973), por isso os grãos apresentaram os maiores teores. Os dados apresentados neste trabalho estão de acordo com Pires et al. (2005), que verificaram que a adubação molibídica em feijoeiro aumentou os teores de N, P, S, Ca, Mg e K na matéria seca da parte aérea.

Segundo Lynch & Brown (2001), os requerimentos de fósforo podem ser relativamente maiores para a produção de raízes do que para a produção de folhas, pois as raízes apresentam pequena remobilização de P para o restante da planta durante a senescência. Resultados

semelhantes foram encontrados por Wanke et al. (1998). As aplicações de Mo e de P (nos tratamentos com calcário), causaram um efeito significativamente positivo nos teores de fósforo nas raízes. Para todos os tratamentos, observou-se que nas: raízes, folha e grãos, o acúmulo de P teve um comportamento quadrático em relação à dose de P aplicado. A calagem, não mostrou efeito significativo e as aplicações de P tiveram uma influencia significativa no aumento dos teores de P.

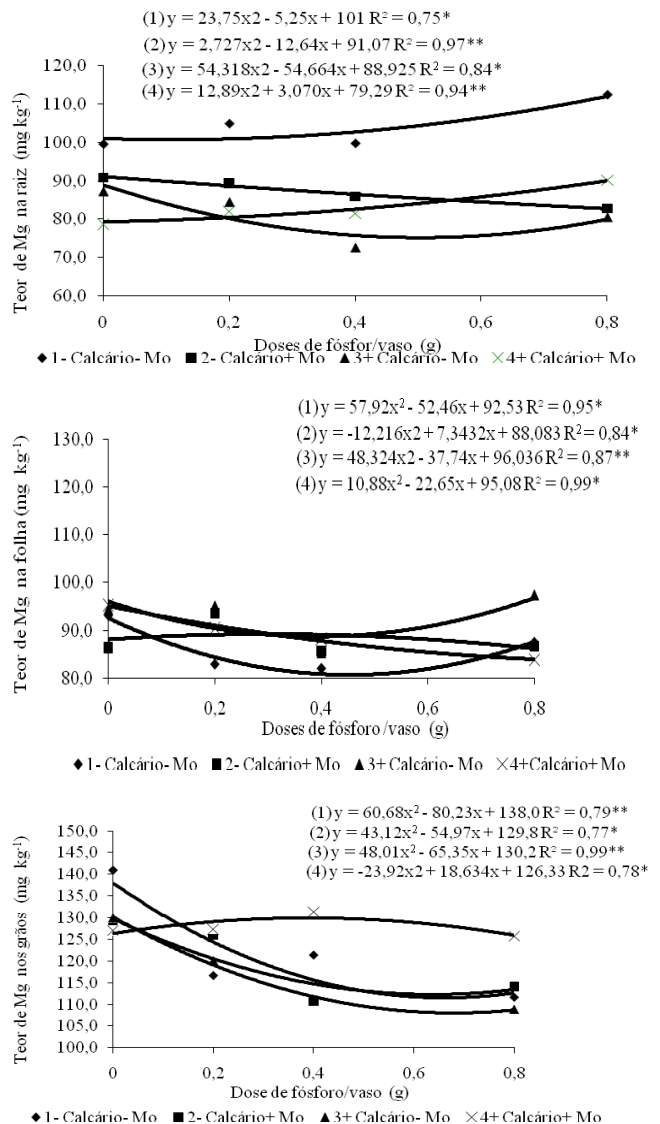


Figura 3. Teor de magnésio na raiz (A), nas folhas (B) e nos grãos (C) de plantas de feijão-caupi em função das diferentes doses de fósforo na ausência e presença de calcário e molibdênio.

Neves et al.(2008) verificou em mudas de umbuzeiro que o com aumento da calagem ocorria uma redução nos teores de P. Guerra et al. (2006) estudando a qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, **Agropecuária Técnica – v. 32, n. 1, p 79–87, 2011**

molibdênio e cobalto, observaram que o P proporcionou incremento no potencial de vigor e potencial de germinação determinada pelo teste de tetrazólio e pelo teste de germinação e na emergência a campo de sementes de soja. Sobre esse aspecto, Salum et al. (2008) relatam que a qualidade fisiológica da semente colhida não favorecida pelo teor de fósforo na semente semeada nem pela disponibilidade no solo.

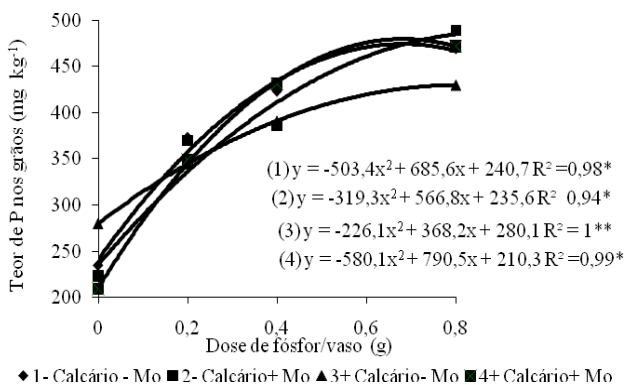
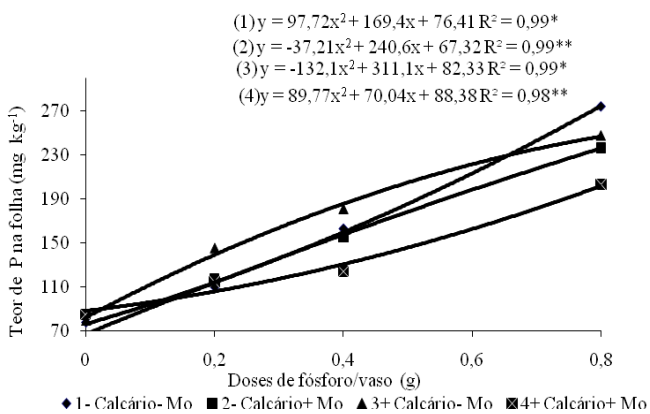
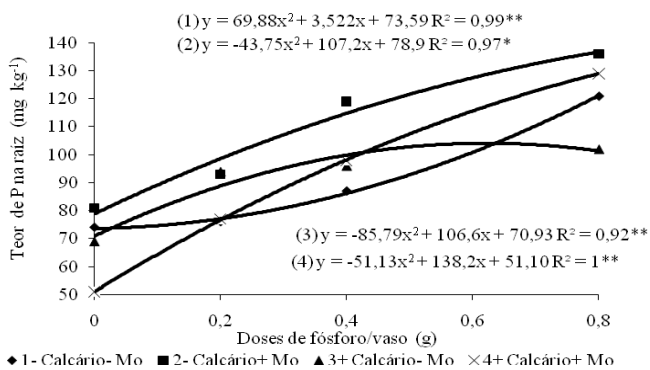


Figura 4. Teor de fósforo na raiz (A), nas folhas (B) e nos grãos (C) de plantas de feijão-caupi em função das diferentes doses de fósforo na ausência e presença de calcário e molibdênio.

## CONCLUSÕES

As doses de fósforo reduziu os teores de potássio nas raízes e nas folhas e aumentou apenas na presença do calcário e do molibdênio;

A aplicação de fósforo aumentou o teor de cálcio e reduziu os teores de magnésio nas raízes, folhas e grãos em plantas de feijão-caupi, na presença e ausência do calcário e do molibdênio;

Os teores de fósforo aumentou na raízes, folhas e grãos de feijão caupi sob diferentes doses de fósforo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Fundo Setorial CT-HIDRO e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

**Tabela 1.** Valores de alguns atributos químicos do solo antes da aplicação dos tratamentos utilizado no experimento.

Características	Profundidade (cm)
Ca <sup>2+</sup> cmolc kg <sup>-1</sup>	8
Mg <sup>2+</sup> cmolc kg <sup>-1</sup>	1,3
K <sup>+</sup> cmolc kg <sup>-1</sup>	0,09
Na <sup>+</sup> cmolc kg <sup>-1</sup>	0,03
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> cmolc kg <sup>-1</sup>	0,53
T cmolc kg <sup>-1</sup>	5,6
V (%)	85
P mg kg <sup>-1</sup>	5
M O g kg <sup>-1</sup>	15,62
pH em água (1:2,5)	6,6
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,57

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIELESKI, R. L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Ann. Plant Physiol*, v.2, p. 225-252, 1973.
- BONSER, A. M.; LYNCH, J. P.; SIEGLINDE, S. Effect of Phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris* L. *New Phytologist*, v.132, p.281-288, 1996.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA-FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, p. 435-455, 2004.
- FERNANDEZ, D. S.; ASCENCIO, J. Acid phosphatase activity in bean and cowpea plants grown under phosphorus stress. *Journal of Plant Nutrition*, v.17, p.229-241, 1994
- FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa-MG, 2006.
- FERREIRA, A. C. ARAÚJO, G. A. A.; CARDOSO, A. A.; FONTES, P. C. R.; VIEIRA, C. diagnose do estado nutricional molíbdico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.9, n.4, p. 397-401, 2003.
- GOLDBERG, S. U.; FORSTER, H. S. Sorption of molybdenum on oxides, clay minerals, and soils: Mechanisms and models. In: Adsorption of metals by geomeia: Variables mechanisms and model applications. E. A. Jenne, Am. Chem. Soc. Symp. 2002.
- GRIS, E. P.; CASTRO, A. M. C.; OLIVEIRA, F. F. Produtividade da soja em resposta à aplicação de molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n.1, p. 151-155, 2005.
- GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. *Revista Acta scientiarum.*, v.28, n 01, p. 91-97, 2006.
- KRAUSKOPF, K.B. Introduction to Geochemistry: New York, McGraw-Hill, 1972, 617 p.
- KUBOTA, F.Y. Aumento dos teores de fósforo e de molibdênio em sementes de feijoeiro( *Phaseolus vulgaris* L.) via adubação foliar, dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006. 40p.
- KUSDRA, J. F. Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes. *Revista Scientia Agraria*, v. 04, n. 01, p. 81-96, 2003.
- LYNCH, J. P.; GONZÁLEZ, A.; TOHME, J. M.; GARCIA, J. A. Variation in characters to leaf

photosynthesis in wild bean populations. *Crop Science*, v.32, p.933-640, 1992.

14. LYNCH, J. P. & BROWN, K. M. Topsoil foraging - an architectural adaptation of plants to low phosphorus availability. *Plant Soil*, v.237, p.225-237, 2001.

15. LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n.04, p.492-497, 2009.

16. LÓPEZ-BUCIO, J.; CRUZ-RAMÍREZ, A.; HERRERA-ESTRELLA, L. The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Curr. Opin Plant Biol.*, v. 6, p.280-287, 2002.

17. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS,. 201-208p. 1989.

18. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. 2ª ed. 1995. 889 p.

19. MALAVOLTA E, VITTI G. C.; OLIVEIRA A. S. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS. 2ª ed. 1997. 319p.

20. MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4º. ed. Dordrecht, Kluwer Academic, 1987. 687p.

21. NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; FERREIRA, E. V. O.; ASSIS, R. P. Nutrição mineral, crescimento e níveis críticos foliares de cálcio e magnésio em mudas de umbuzeiro, em função da calagem. *Revista Ceres*, v.55, n.6, p.575-583, 2008.

22. OLIVEIRA, I. P.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J.; GRUNDON, N. J.; SANTOS, R. S. M.; FARIA, C. D. Modos de aplicação e doses de fósforo no crescimento do feijoeiro. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 31, n.01, p.1-5, 2001.

23. PARRA, C.; MARTINEZ-BARAJAS, E.; ACOSTA, J. & COELHO, P. Phosphate deficiency responses of bean genotypes contrast in their efficiency capacity to grow in low-phosphorus soils. *Agrociência*, v.38, p.131-139, 2004.

24. PIRES, A. A.; ARAÚJO, G. A. A.; LEITE, U. T.; ZAMPIROLI, D. P.; RIBEIRO, J. M. O.; MEIRELES, R. C.; Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na composição mineral das folhas do feijoeiro. *Acta scientiarum*. v.27, p.25-31, 2005.

25. RAGOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. *Annual Review of Plant physiology and Molecular Biology*, v.50, p.665-693, 1999.

26. REISENAUER, J. A. The effect of sulfur on the absorption and utilization of molybdenum by peas. *Soil Sci*, v.27, p.553-555, 1963.

27. RAIJ BVAN. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo-SP, CERES/POTAFOS, 1991. 343p.

28. RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises Estatísticas no SAEG. Viçosa: Editora UFV, 2001. 301p.

29. SANTOS, O. S. Molibdênio. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Micronutrientes na agricultura, Piracicaba, Potafos,/CNPQ 1991. p. 191-217. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991. p. 191-217.

S30. ANTOS, H. G.; JACOME, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação do solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2ª ed. 2006, 30p.

31. SALUM, J. D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NACAGAWA, J. características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, p.140-149, 2008.

32. VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytol*, v.157, p.423-447, 2003.



33. VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 12, p. 299-326.

34. WANKE, M.; CIERESZKO, L; PODBIELKOSKA, M.; RYCHTER, A. M. Response to phosphate deficiency in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) roots. Respiratory metabolism, sugar localization and changes in ultrastructure of bean root cells. *Ann. Bot.*, v.82, p.809-819, 1998.