

# **RESPOSTA DO SORGO À ADUBAÇÃO FOSFATADA COM FOSMAG, NAS FORMAS GRANULADA E MOÍDA, E SUPERFOSFATO TRIPLO, EM DOIS LATOSSOLOS DE MINAS GERAIS<sup>1</sup>**

Sérgio Ricardo Silva<sup>2</sup>

Víctor Hugo Alvarez V.<sup>3</sup>

Adão Siqueira Ferreira<sup>4</sup>

Lafayette Gonçalves Campele Martins<sup>5</sup>

## **RESUMO**

A granulação de adubos fosfatados solúveis tem sido utilizada para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do sorgo à adubação fosfatada com FOSMAG<sup>®</sup> em duas granulometrias (granulado e moído e passado em peneira de 0,25 mm) e superfosfato triplo (ST). O ensaio foi instalado em casa de vegetação, sendo utilizadas amostras de dois solos: Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), da região de Lavras-MG, e Latossolo Vermelho (LV), de João Pinheiro-MG. A unidade experimental foi constituída por vaso plástico com capacidade de 2,5 dm<sup>3</sup>, que recebeu 2 dm<sup>3</sup> de solo. Foram aplicados nos solos os seguintes tratamentos: doses crescentes de ST (0, 50, 100, 200, 300 e 500 mg dm<sup>-3</sup> de P); FOSMAG<sup>®</sup> nas formas granulada e moída e passada em peneira de 0,25 mm, na dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P; e seis tratamentos-controle em relação à composição mineral do FOSMAG<sup>®</sup>, sendo cinco com subtração, na adubação, de um nutriente (S, Mg, Zn, Cu ou B) e um tratamento com 218 mg cm<sup>-3</sup> de Ca. O ensaio

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 22.03.2004.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa-UFV. Av. P.H. Rolfs, s/n, Departamento de Solos, 36571-000 Viçosa-MG. E-mail: sergioufv@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa-UFV. Bolsista do CNPq. E-mail: vhav@ufv.br

<sup>4</sup> Departamento de Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa-UFV

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa-UFV.

foi desenvolvido por 30 dias após o plantio do sorgo. Foram determinados a produção de matéria seca, teor e conteúdo de P na parte aérea da planta, que não diferiram nos tratamentos com a aplicação de FOSMAG® na forma granulada e passado em peneira de 0,25 mm. Foi obtida diferença entre o ST e FOSMAG® somente na produção de matéria seca no LV, com aumento da produção quando o FOSMAG® foi aplicado. A resposta do sorgo foi influenciada por características do solo (disponibilidade de outros nutrientes como Mg e S), interação entre nutrientes (P x Ca e P x Zn) e tipo de fertilizante fosfatado (FOSMAG® ou ST).

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, fósforo, granulometria de fertilizante.

## ABSTRACT

### RESPONSE OF SORGHUM TO PHOSPHORUS FERTILIZATION WITH FOSMAG IN TWO GRANULE SIZES AND TRIPLE SUPERPHOSPHATE IN TWO SOILS OF MINAS GERAIS

Granulation of soluble phosphate has been used to increase efficiency of phosphate fertilization. The aim of this work was to evaluate sorghum response to phosphorus fertilization, using FOSMAG in two forms – granulated and ground and sieved (0.25 mm sieve) – and triple superphosphate (TSP). The experiment was carried out in a greenhouse, with two soil samples: Red-Yellow Latosol (LVA) and Red Latosol (LV), using plastic pots of 2.5 dm<sup>3</sup> capacity, and 2.0 dm<sup>3</sup> of soil. The following treatments were applied: six TSP rates (0, 50, 100, 200, 300 and 500 mg dm<sup>-3</sup> of P); FOSMAG granulated and ground in the rate of 300 mg dm<sup>-3</sup> of P; and six additional control treatments according to the FOSMAG fertilizer composition: five for subtraction of nutrients (S, Mg, Zn, Cu or B), and one with 218 mg dm<sup>-3</sup> of Ca. The experiment was conducted over 30 days after sorghum plantation. Dry matter production, P concentration and content in the plant shoot were evaluated and did not differ in the FOSMAG treatment in granulated and ground forms. A difference was found between TSP and FOSMAG only in dry matter production in the LV, with increased production with FOSMAG application. Sorghum response was influenced by soil characteristics (availability of nutrients such as Mg and S), nutrient interaction (P x Ca and P x Zn) and type of phosphate fertilizer (FOSMAG or TSP).

Key words: *Sorghum bicolor*, phosphorus, granulated fertilizer.

## INTRODUÇÃO

O P é o nutriente mais limitante da produtividade da maioria das culturas em solos tropicais altamente intemperizados. Duas características parecem ser comuns nesses solos: a) baixo teor de P disponível para as plantas; e b) alta capacidade de adsorção e fixação de P aos constituintes do solo (5, 10). Isto significa que, nesses solos, é indispensável a utilização de fertilizantes fosfatados para assegurar maiores colheitas e que as doses de aplicação devem ser altas, pois, devido à fixação, só uma fração do P pode ser utilizada pelas plantas.

Uma das formas de diminuir a imobilização do P das adubações com fosfatos solúveis e, conseqüentemente, aumentar os seus efeitos, tanto imediatos como residuais, é o decréscimo da área de contato do adubo com o solo por meio da sua localização no sulco. Outra maneira de proporcionar maior eficiência é a localização do P no solo por meio da granulação de adubos fosfatados solúveis (13, 14). Segundo Suarez e Igue (16), a absorção pelas plantas do P do fertilizante aplicado em solos altamente fixadores pode ser incrementada com o aumento do diâmetro das partículas do fertilizante até determinado tamanho. A maior disponibilidade de fósforo para as plantas dos fosfatos solúveis granulados deve-se aos altos teores deste nutriente que permanece na solução do solo em torno dos grânulos, como conseqüência da saturação dos sítios de adsorção (8). Desta forma, a quantidade de fósforo recuperada pelas plantas é maior, quando comparada com as aplicações na forma de pó, em virtude do maior suprimento de fósforo da zona de migração dos grânulos para um sistema radicular mais denso, que se desenvolve na região fertilizada do solo (12).

Por meio de vários trabalhos avaliou-se a eficiência de adubos fosfatados solúveis nas formas em pó e granulado, em diferentes culturas e tipos de solos (8, 13, 14, 16, 17). Nestes trabalhos, a granulação, em alguns casos, aumentou a eficiência do adubo fosfatado e, em outras situações, não houve diferença em relação à forma em pó.

Os adubos fosfatados apresentam variada composição com presença de outros nutrientes que podem ou não aumentar a produtividade da cultura; em algumas situações, o custo da adubação pode ser aumentado desnecessariamente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais, a resposta do sorgo à adubação fosfatada com FOSMAG<sup>®</sup> em duas formas (granulado e moído e passado em peneira de 0,25 mm) e com superfosfato triplo e explicar a resposta de acordo com a composição mineral do FOSMAG<sup>®</sup>.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados solos com diferentes características: Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), da região de Lavras-MG; e Latossolo Vermelho (LV), de João Pinheiro-MG. As amostras de solo foram coletadas na camada superficial (0-20 cm), destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm (TFSA) para posterior caracterização física e química (Quadro 1).

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, utilizando-se um cultivar de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como planta indicadora, sendo a unidade experimental constituída por vaso plástico com capacidade de 2,5 dm<sup>3</sup>, que recebeu um volume de 2 dm<sup>3</sup> de solo.

**QUADRO 1** Características físicas e químicas das amostras dos Latossolos

Característica	LVA	LV
<b>Análise Física</b>		
Areia grossa (%)	33	42
Areia fina (%)	36	22
Silte (%)	4	6
Argila (%)	27	30
Densidade aparente (kg dm <sup>-3</sup> )	1,38	1,33
<b>Análise Química</b>		
Matéria orgânica (dag kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,32	2,07
pH <sup>(2)</sup>	5,2	5,2
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(3)</sup>	0,0	1,46
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(4)</sup>	2,0	4,5
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(3)</sup>	0,2	0,1
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(3)</sup>	0,0	0,35
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(5)</sup>	36	30
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(5)</sup>	0,7	1,2
P <sub>REM</sub> (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>(6)</sup>	30,7	26,1
CMAP (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(7)</sup>	510	680

<sup>(1)</sup> C.O. x 1,724 - Walkley e Black (18); <sup>(2)</sup> pH em água, relação 1:2,5; <sup>(3)</sup> extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>(4)</sup> extrator acetado de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0. <sup>(5)</sup> extrator Mehlich-1; <sup>(6)</sup> fósforo remanescente (2); e <sup>(7)</sup> capacidade máxima de adsorção de fosfato (9).

Após a secagem e homogeneização, foram aplicados nas amostras de 2 dm<sup>3</sup> de solo os tratamentos, dispostos em um fatorial 2 [(1 x 2) + (1 x 6) + 6], sendo dois solos (LV e LVA), FOSMAG<sup>®</sup> na dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P x duas granulometrias (granulação comercial e moído e passado em peneira de 0,25 mm (60 mesh) + superfosfato triplo (ST) x seis doses de P (0, 50, 100, 200, 300 e 500 mg dm<sup>-3</sup> de P) + seis tratamentos-controle em relação à composição mineral do FOSMAG<sup>®</sup>, sendo cinco com ausência, na adubação, de um nutriente (S, Mg, Zn, Cu ou B), e um tratamento com 218 mg dm<sup>-3</sup> de Ca (quantidade de cálcio em 300 mg dm<sup>-3</sup> de P aplicado na forma de ST, que contém 17,9% de P solúvel em ácido cítrico e 13% de Ca). Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições.

De acordo com a composição especificada no rótulo do FOSMAG<sup>®</sup> 464 (7,86% de P solúvel em ácido cítrico, 14% de Ca, 10% de S, 3,5% de Mg, 0,65% de Zn, 0,18% de Cu e 0,15% de B), fertilizante que apresenta os nutrientes no mesmo grânulo, foram aplicadas doses de balanceamento para esses nutrientes nos tratamentos-controle e nos de ST, objetivando suprir as mesmas quantidades desses elementos em relação aos tratamentos com FOSMAG<sup>®</sup> na dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P. Além desse balanceamento, todos os tratamentos receberam uma adubação de manutenção com 150

mg dm<sup>-3</sup> de N e 120 mg dm<sup>-3</sup> de K. As fontes utilizadas dos elementos foram Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O (superfosfato triplo), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> e CaCO<sub>3</sub>.

Foram utilizadas 20 sementes de sorgo por vaso. Após a emergência realizou-se o desbaste, deixando-se 12 plantas por vaso. O ensaio foi conduzido por um período de 30 dias após o plantio, mantendo-se a umidade próximo à capacidade de campo, por meio de irrigações diárias com água deionizada. Após este período, as plantas foram cortadas na altura do colo e acondicionadas em sacos de papel, sendo posteriormente colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, para secagem até massa constante. As amostras de tecido vegetal foram moídas em moinho tipo Wiley de aço inoxidável, passadas em peneira de 0,1 mm, para subsequente digestão nítrico-perclórica (proporção 4:1) (7) e determinação dos teores de P por colorimetria, pelo método do azul de mclibdênio, tendo o ácido ascórbico como agente redutor (3).

Os resultados de matéria seca, teor e conteúdo de fósforo da parte aérea das plantas foram submetidos às análises de variância e de regressão, sendo as médias comparadas, pelo teste F, pela formação de contrastes. Foram determinadas as doses de P, na forma de ST, responsáveis por 90% da produção máxima estimada de matéria seca da parte aérea. Os contrastes estudados foram: C<sub>1</sub> = FOSMAG<sup>®</sup> granulado vs FOSMAG<sup>®</sup> moído; C<sub>2</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs FOSMAG<sup>®</sup> granulado e FOSMAG<sup>®</sup> moído; C<sub>3</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs controle com ausência de S; C<sub>4</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs controle com ausência de Mg; C<sub>5</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs controle com ausência de Zn; C<sub>6</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs controle com ausência de Cu; C<sub>7</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs controle com ausência de B; e C<sub>8</sub> = ST 300 mg dm<sup>3</sup> de P vs controle com 218 mg dm<sup>-3</sup> de Ca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve aumento da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas em resposta à adubação com superfosfato triplo (ST) (Figura 1). No solo de Lavras (LVA), o sorgo foi mais produtivo, cujo rendimento de MSPA para atingir 90% da máxima produção (1,13 g/planta) foi 24% superior ao observado no solo de João Pinheiro (LV) (0,91 g/planta). A dose de P necessária para atingir 90% da produção máxima no LVA (138,2 mg dm<sup>-3</sup> de P) foi 47% menor do que a dose correspondente no LV (259,3 mg dm<sup>-3</sup> de P). Como o teor inicial de P era baixo nos dois solos, isso pode ser atribuído à menor capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) do LVA (Quadro 1), possibilitando maior disponibilidade de P para as plantas nele cultivadas (10).

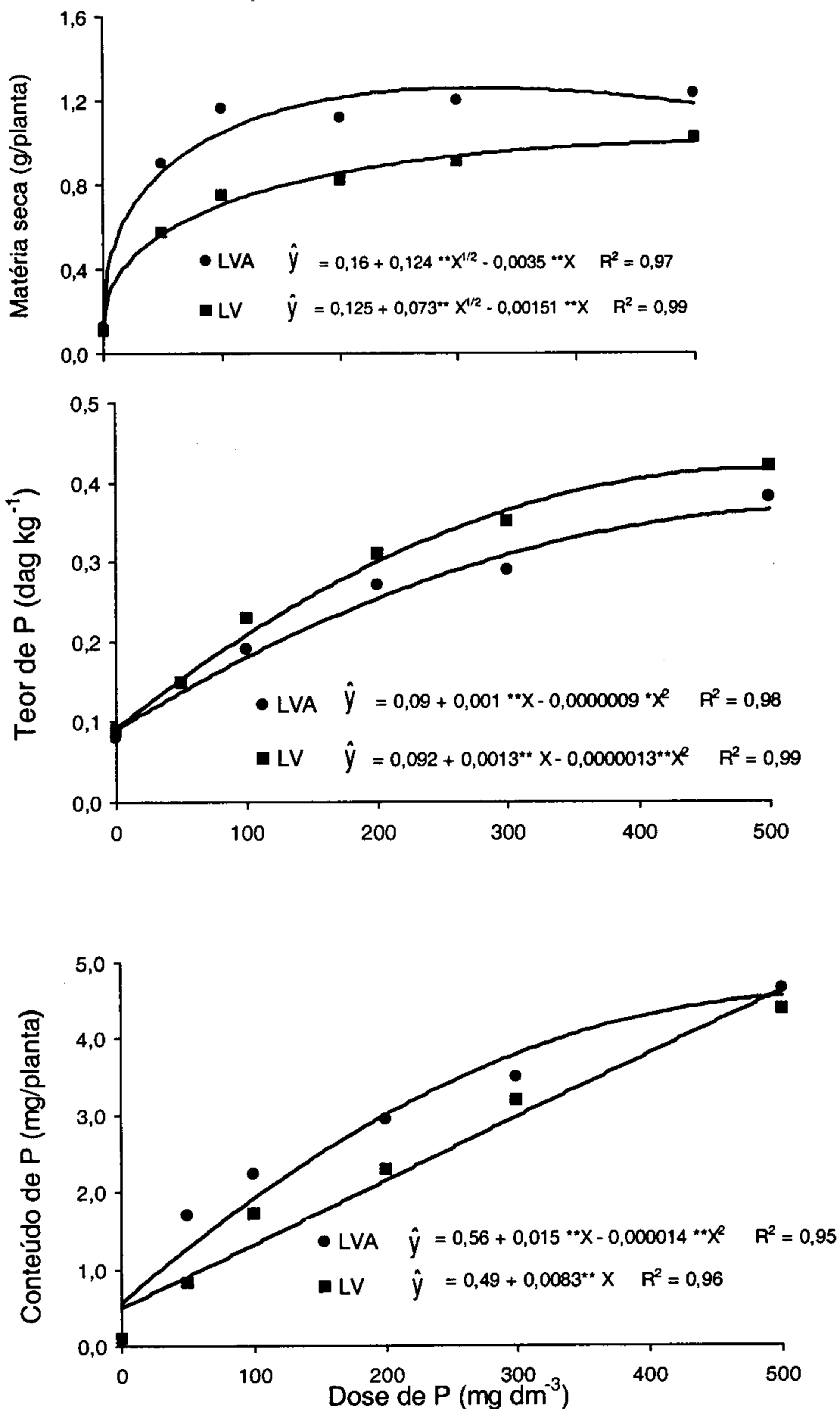


FIGURA 1 - Produção de matéria seca, teor e conteúdo de fósforo na parte aérea de plantas de sorgo cultivadas em dois Latossolos de Minas Gerais em função de doses de fósforo.

O teor e conteúdo de P na parte aérea do sorgo aumentaram em resposta à adubação com ST (Figura 1). Verifica-se maior acúmulo de P nas plantas cultivadas no LVA, o que confirma a maior disponibilidade do nutriente neste solo, em razão de sua menor CMAP. Entretanto, o teor de P foi menor nas plantas cultivadas neste solo, devido à maior produção de MSPA e conseqüente “efeito de diluição”.

Não houve diferença significativa em relação à forma de aplicação de FOSMAG<sup>®</sup> – granulado e moído e passado por peneira de 0,25 mm – quanto à produção de matéria seca, teor e conteúdo de P na parte aérea do sorgo (Quadro 2). Como a granulação do FOSMAG<sup>®</sup> é uma forma de localizar P no solo, esses resultados podem ser atribuídos a alta dose de P (300 mg dm<sup>-3</sup>) na fertilização, pois, de acordo com Fox e Kang (6), os maiores efeitos de localização de fosfatos solúveis são obtidos em aplicações de quantidades limitadas de P. Além disso, os solos (LVA e LV) são de textura média, com uma CMAP intermediária. Os resultados deste trabalho diferem dos de Souza e Volkweiss (13), que verificaram, em casa de vegetação, que a granulação do ST, apesar de não ter alterado o rendimento de matéria seca do milho, aumentou o conteúdo e teor de P na parte aérea das plantas, em relação à aplicação de ST em pó, o qual possibilita maior superfície de contato e adsorção de P ao solo e, conseqüentemente, menor disponibilidade de P para a planta. No entanto, Lemos et al. (8), em um ensaio de campo, não observaram efeito da granulação de ST sobre a quantidade de P absorvido e o rendimento de matéria seca da soja. Esses autores levantaram a possibilidade de que os benefícios da granulação não se tenham manifestado na sua potencialidade, por se tratar de um solo com baixa capacidade de fixação de P.

É importante destacar que o efeito da granulação do adubo fosfatado, não verificado neste trabalho de curta duração (30 dias após o plantio), poderia ocorrer em maior período, numa seqüência de cultivos, em virtude de um efeito residual, como observado por outros pesquisadores (8, 14, 16).

A produção de matéria seca, teor e conteúdo de P na parte aérea da planta, obtidos com a aplicação do FOSMAG<sup>®</sup> (300 mg dm<sup>-3</sup> de P), não diferiram daqueles encontrados no tratamento com ST (300 mg dm<sup>-3</sup> de P), exceto na produção de MSPA no LV, que foi significativamente maior com o uso de FOSMAG<sup>®</sup>. Estes resultados evidenciam que o rendimento do sorgo no LV foi também influenciado por interações dos constituintes minerais dos adubos com o solo, no que se refere à disponibilização de nutrientes para as plantas.

QUADRO 2 Comparação entre tratamentos por meio de contrastes médios para produção de matéria seca, teor e conteúdo de fósforo da parte aérea do sorgo cultivado em dois Latossolos de Minas Gerais						
Contrastes médios	Matéria seca		Teor de P		Conteúdo de P	
	LVA	LV	LVA	LV	LVA	LV
	----g/planta----		----dag/kg----		-----mg/planta-----	
FOSMAG <sup>®</sup> granulado	1,29	1,16	0,30	0,31	3,81	3,67
vs FOSMAG <sup>®</sup> moído	1,28 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	4,34 <sup>ns</sup>	3,47 <sup>ns</sup>
ST (300 mg dm <sup>-3</sup> de P)	1,20	0,91	0,29	0,35	3,50	3,19
vs FOSMAG <sup>®</sup> (1)	1,29 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>**</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	4,08 <sup>ns</sup>	3,57 <sup>ns</sup>
vs (-) Enxofre (2)	1,19 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>*</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	3,94 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>
vs (-) Magnésio (2)	0,91 <sup>**</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>
vs (-) Zinco (2)	1,35 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	4,32 <sup>*</sup>	3,57 <sup>ns</sup>
vs (-) Cobre (2)	1,23 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	4,13 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>ns</sup>
vs (-) Boro (2)	1,35 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	3,85 <sup>ns</sup>	2,98 <sup>ns</sup>
vs 218 mg dm <sup>-3</sup> Cálcio (3)	1,19 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>*</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	4,43 <sup>*</sup>	3,34 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, \* e \*\*, não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F;  
 (1) Média do FOSMAG<sup>®</sup> granulado e moído (0,25 mm); (2) Tratamentos-controle, com a subtração dos respectivos nutrientes presentes no FOSMAG<sup>®</sup>; (3) Tratamento-controle com menor concentração de Cálcio (218 mg dm<sup>-3</sup> de Ca), em relação ao ST (300 mg dm<sup>-3</sup> de P), que recebeu 534,4 mg dm<sup>-3</sup> de Ca.

Para avaliar os efeitos da composição mineral do FOSMAG<sup>®</sup> sobre a resposta do sorgo, foram utilizados tratamentos com a subtração, na adubação, de cada um dos nutrientes especificados no rótulo do adubo (Quadro 2). A produção de matéria seca foi reduzida significativamente em 24% pela subtração de Mg na adubação do LVA, e em 16% pela subtração de S na adubação do LV. O efeito negativo da subtração de Mg foi devido à deficiência desse nutriente no LVA (Quadro 1), o que foi confirmado visualmente pelo surgimento de sintoma característico de deficiência de Mg nas plantas de sorgo, cujas folhas apresentaram manchas avermelhadas internervurais durante a condução do experimento. Evidenciou-se também a provável deficiência de S no LV.

O tratamento com 218 mg dm<sup>-3</sup> de Ca (1,09 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) aumentou o teor e conteúdo de P na parte aérea do sorgo no LVA (Quadro 2). Segundo Novais & Smyth (10), solos com muito Ca trocável podem ter a precipitação de fosfatos adicionados ao solo ( $3 \text{ Ca}^{2+} + 2 \text{ H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4 \text{ H}^+$ ), portanto, no tratamento-referência de ST (300 mg dm<sup>-3</sup> de P) que recebeu maior dose de Ca, 534,4 mg dm<sup>-3</sup> (2,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), pode ter ocorrido maior precipitação de P e, conseqüentemente, menor absorção de P pela planta.

Em relação aos micronutrientes, somente o tratamento com subtração de Zn aumentou (23%) o conteúdo de P na planta cultivada no LVA (Quadro 2). Este efeito pode ser atribuído à interação P x Zn, fenômeno complexo que, apesar de bastante estudado, é pouco entendido, podendo existir antagonismo entre P e Zn tanto no solo como na planta (1,



4, 11, 15). Portanto, como o tratamento-referência de ST (300 mg dm<sup>-3</sup> de P) recebeu Zn na adubação de balanceamento, pode ter ocorrido maior inibição desse nutriente sobre a absorção de P pela planta.

## CONCLUSÕES

1) A forma de aplicação do FOSMAG<sup>®</sup> (granulado ou moído) não afetou a produção de matéria seca, o teor e o conteúdo de P da parte aérea do sorgo.

2) O desempenho do FOSMAG<sup>®</sup> foi superior ao do superfosfato triplo no LV, considerando-se a produção de matéria seca do sorgo.

3) A disponibilidade de outros nutrientes no solo (principalmente Mg e S) e a interação entre nutrientes (P x Ca e P x Zn) influenciaram a resposta do sorgo à adubação fosfatada.

## AGRADECIMENTOS

Ao técnico Carlos Fonseca, do Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Viçosa, pela colaboração na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

1. AGBENIN, J.O. Phosphate-induced zinc retention in a tropical semi-arid soil. *European Journal of Soil Science*, 49:693-700, 1998.
2. ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 25:27-32, 2000.
3. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres*, 21:73-85, 1974.
4. CAKMAK, I. & MARSCHNER, H. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. III. Changes in physiological availability of zinc in plants. *Physiology Plantarum*, 70:13-20, 1987.
5. FERREIRA, T.N. & KAMINSKI, J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de patos-de-minas e gafsa puros e modificados por acidulação e calcinação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3:158-62, 1979.
6. FOX, R.L. & KANG, B.T. Influence of phosphorus fertilizer placement and fertilization rate on maize nutrition. *Soil Science*, 125:34-40, 1978.
7. JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. Analytical methods for use in plants analyses. Los Angeles, University of California, 1959. p. 32-3 (Bull. 766.).
8. LEMOS, C.A.S.; ANGHINONI, I. & VOLKWEISS, S.J. Efeito residual do fósforo e sua relação com a granulação do superfosfato triplo e com o revolvimento do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 11:161-6, 1987.
9. NOVAIS, R.F. & KAMPRATH, E.J. Parâmetros das isotermas de adsorção de fósforo como critério de recomendação de adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3:37-41, 1979.
10. NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

11. PARKER, D.R.; AGUILERA, J.J. & THOMASON, D.N. Zinc-phosphorus interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) grown in chelator-buffered nutrient solutions. *Plant and Soil*, 143:163-77, 1992.
12. SOUZA, D.M.G. Reações de grânulos de superfosfato triplo em solos e seus efeitos imediatos e residuais sobre as culturas. Porto Alegre, UFRGS, 1980. 90p. (Dissertação de mestrado)
13. SOUSA, D.M.G. & VOLKWEISS, S.J. Rendimento de matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea de milho influenciados pela adubação com superfosfato triplo em pó e em grânulos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 11:127-32, 1987.
14. SOUSA, D.M.G. & VOLKWEISS, S.J. Efeito residual do superfosfato triplo aplicado em pó e em grânulos no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 11:141-6, 1987.
15. SOUZA, E.C.A.; COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W. & BARBOSA, J.C. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:1031-6, 1998.
16. SUAREZ, D. & IGUE, K. Efecto del tamaño de granos en la absorción de fósforo en suelos volcánicos. *Turrialba*, 24:180-6, 1974.
17. TERMAN, G.L. & ALLEN, S.E. Fertilizer and soil P uptake by maize, as affected by soil P level, granule size, and solubility of phosphate sources. *Journal of Agricultural Science*, 73:417-24, 1969.
18. WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38, 1934.