

## **Eficiência de Doses e Fontes de Fósforo na Produtividade de Grãos de Milho<sup>1</sup>**

Vitor Lucas de Souza<sup>1</sup>, Ivan Vilela Andrade Fiorini<sup>1</sup>, Renzo Garcia Von Pinho<sup>1</sup>, Matheus Rodrigues Carvalho<sup>1,2</sup>, Calil Sampaio Lasmar<sup>1</sup> e Marco Antônio M. Mendonça Filho<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. vitorlucassouza@hotmail.com, ivanvaf@yahoo.com.br, renzo@dag.ufla.br, mateusrodcar\_bsi@hotmail.com, caliufls@hotmail.com e marcoantoniomuco@gmail.com  
<sup>2</sup>Bolsista Cnpq.

**RESUMO** - Para os solos brasileiros de acidez elevada e baixa disponibilidade de fósforo (P), a aplicação de fertilizantes fosfatados é fundamental para obter altas produtividades. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de grãos de milho em função de doses e fontes de P. O experimento foi instalado em 23/11/2010, em área experimental da UFLA, em Lavras - MG sob sistema convencional de cultivo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2+1 (2 doses de P: 70 e 140 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 2 fontes de P: MAP e MAP revestido por Policote<sup>®</sup>, mais a testemunha). Foi utilizado o híbrido GNZ 2004. Foram avaliados: altura de plantas aos 30 dias (AP), produtividade de grãos (PG) e índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP). A aplicação da dose 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionou aumento na AP, mas não apresentou resposta à aplicação de fósforo para a PG. O revestimento do MAP com Policote<sup>®</sup> não proporcionou melhoria significativa na PG. O IEAP não foi influenciado pelas doses e fontes de fósforo. Não foi possível fazer inferência sobre o efeito das fontes e das doses de fósforo, uma vez que não houve resposta à adubação fosfatada.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, fertilizantes, polímeros, fósforo revestido, adubação fosfatada.

### **Introdução**

Nos solos brasileiros, os fertilizantes minerais fosfatados são significativos para o aumento ou manutenção da produtividade das culturas. O fósforo (P), devido à sua complexa dinâmica em solos ácidos e intemperizados, apresenta baixa eficiência de utilização, tornando necessário aplicar elevadas quantidades de fertilizante fosfatado para atender às demandas das culturas, pois do que é adicionado ao solo, a maior parte torna-se imóvel ou indisponível e, assim, apenas 10% do P proveniente da adubação é recuperado pelas plantas (CIARELLI et al., 1998).

Para suprir adequadamente a planta de milho, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, seriam necessários para a obtenção de altas produtividades (COUTINHO et al., 1991). A eficiência da adubação não depende apenas das doses ou quantidades a serem aplicadas. Outros fatores devem ser do conhecimento do técnico e/ou agricultor, para que conduzam a um melhor uso dos adubos.

Em solos com acidez elevada e baixa disponibilidade de P, a aplicação de calcário e de fertilizantes fosfatados é fundamental para a obtenção de altas produtividades (ERNANI et al., 2001). Os fertilizantes de liberação controlada são aqueles que atrasam a disponibilidade

---

<sup>1</sup>Trabalho realizado com o apoio financeiro da CAPES, CNPq e FAPEMIG

inicial dos nutrientes por meio de diferentes mecanismos, com a finalidade de disponibilizá-los para as culturas por maior período de tempo e otimizar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (ZAVASCHI, 2010).

Porém, por se tratar de um produto em início de pesquisas, pouco se sabe sobre seu comportamento em solos ácidos. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência e produtividade de grãos do milho em função de doses e fontes de fósforo.

### **Material e Métodos**

O experimento foi instalado em 23/11/2010 na área experimental do Departamento de Agricultura/UFLA, em Lavras - MG sob sistema convencional de cultivo em solo classificado como Latossolo vermelho escuro, textura argilosa e declividade de 10%, numa área de sucessão de culturas, milho sobre milho. Antes do plantio, a área foi arada com grade pesada e posteriormente foi feita a gradagem. A análise química do solo foi realizada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciência do Solo da UFLA (Tabela 1).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, formado por um fatorial  $2 \times 2 + 1$ , sendo duas doses de fósforo: 70 e 140 kg  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ , duas fontes de fósforo: MAP (10-54-00) e MAP revestido por Policote® (09-48-00), mais um tratamento adicional (sem adubação fosfatada) (Tabela 2). A parcela experimental foi formada por seis linhas de plantio, espaçadas de 0,80 m e com comprimento de seis metros, sendo considerada para a coleta de dados as duas linhas centrais da parcela.

Foi utilizado a cultivar de milho GNZ 2004, proveniente da empresa Geneze Sementes Ltda. Esta cultivar é um híbrido simples de ciclo precoce, grãos semi-dentado amarelo, porte médio, indicado para plantio na região para produção de grãos e silagem. Após a abertura dos sulcos com semeadora, a semeadura foi realizada manualmente deixando-se 4,8 plantas por metro após o desbaste, visando obter uma população final de plantas de 60 mil plantas por ha.

O controle das plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com o herbicida Soberan (tembotrione), na dosagem de 120 ml  $ha^{-1}$  mais 3 l  $ha^{-1}$  de atrazina, aplicado aos 30 dias após a semeadura. Para o controle da lagarta do cartucho foi aplicado o inseticida Decis no estágio de seis folhas. Todos os outros tratamentos culturais utilizados foram os comumente empregados no cultivo do milho na região.

A adubação de plantio foi calculada de modo a fornecer 40 kg de N  $ha^{-1}$  e 80 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , utilizando Uréia e KCl. A adubação de cobertura foi feita com 135 kg N  $ha^{-1}$  e 90 kg  $K_2O$   $ha^{-1}$ , utilizando Uréia e KCl, quando as plantas se encontravam com quatro folhas completamente expandidas.

Foram avaliadas as seguintes características:

a) Altura de Plantas (AP) – medida em cinco plantas na área útil da parcela aos 30 dias após emergência (DAE), do solo até a inserção da última folha completamente expandida

b) Produtividade de Grãos (PG) – Foram colhidas as espigas da área útil da parcela (duas fileiras centrais). As espigas foram debulhadas, os grãos pesados e determinado o seu teor de água. Os dados referentes ao peso de grãos foram transformados para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigidos para umidade padrão de 13%.

c) Índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP) - calculado para cada fonte avaliada (MAP e MAP revestido por Policote) nas doses 70 e 140  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  utilizando a seguinte fórmula :

$$\text{IEAP} = (\text{Produtividade com P, em } \text{kg ha}^{-1} - \text{Produtividade sem P, em } \text{kg ha}^{-1}) / \text{Dose aplicada de P, em } \text{kg ha}^{-1}.$$

### **Resultados e Discussão**

Para a altura de plantas foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os cinco tratamentos avaliados. Para essa característica considerando o fatorial constatou-se diferenças significativas para as doses (70 e 140  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e fontes de fósforo (MAP e MAP com Policote). Para essa característica houve resposta à aplicação de fósforo, o que pode ser comprovado pela significância da fonte de variação testemunha versus fatorial. Para a produtividade de grãos e índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado não foram constatadas diferenças significativas para nenhuma fonte de variação (Tabela 3).

Isto indica que neste local não houve resposta à aplicação de fósforo para essas características. Provavelmente isto ocorreu devido ao solo deste local já possuir um alto nível de fósforo. A precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi considerada boa, com valores de C.V. sempre inferiores a 17% (exceto para o IEAP). Os altos valores de C.V. (>20%) encontrados para o índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado, provavelmente se deve a obtenção de valores próximos ou inferiores a zero em algumas parcelas.

Os resultados médios de altura de plantas, considerando os cinco tratamentos avaliados estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que a dose 140  $\text{kg}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /MAP com Policote proporcionou a maior altura de plantas aos 30 DAE, propiciando um maior arranque inicial da cultura e a testemunha sem fósforo foi inferior aos demais tratamentos. A produtividade de grãos neste experimento não diferiu entre os tratamentos. Apesar de não diferir estatisticamente dos

outros tratamentos a dose 140 kg de  $P_2O_5$ /MAP com Policote e 140/MAP propiciou os maiores valores de produtividade de grãos.

Os resultados médios da altura de plantas aos 30 DAE e produtividade de grãos, considerando as duas fontes fornecimento de fósforo (MAP e MAP com Policote) estão apresentados na Tabela 5. Houve diferenças entre as fontes de fornecimento de fósforo. A fonte MAP com Policote proporcionou a maior altura de plantas aos 30 DAE. Os menores valores obtidos com o MAP convencional podem estar associados à sua menor eficiência, devido ao contato direto desse adubo com os colóides do solo, ocasionando forte adsorção e reduzindo, desta forma, o aproveitamento do nutriente pelas plantas de milho (GOMES et al., 2005).

Não houve diferenças entre as fontes para a produtividade de grãos e para o índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP) entre essas fontes. Segundo Sousa e Lobato (2004) o melhor desempenho do adubo revestido ocorre na saturação por bases de 50% em solos altamente intemperizados como os do Cerrado. Devido ao alto teor de fósforo neste solo aliado a baixa saturação por bases (34%) não foi possível detectar respostas em produtividade e eficiência agrônômica do fósforo aplicado entre essas fontes. Assim como no presente trabalho (pH de 5,1), Agostinho et al. (2010) não encontraram diferenças nas produções de massa da matéria seca da parte aérea de milho entre o MAP convencional e revestido por polímero, quando o solo encontrava-se com elevada acidez (pH de 4,6).

Os resultados médios da altura de plantas e a produtividade de grãos, considerando as diferentes doses de fósforo estão apresentados na Tabela 6. Verifica-se que houve diferenças entre as doses de fósforo e a dose 140 kg de  $P_2O_5$  propiciou a maior altura de plantas aos 30 DAE. Não houve diferenças entre as doses para a produtividade de grãos e índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado. Isto pode ser explicado devido ao teor de fósforo neste solo estar em nível elevado não permitindo detectar resposta à aplicação de fósforo.

Os resultados médios do índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado considerando as duas fontes fornecimento de fósforo (MAP e MAP com Policote) e doses (70 e 140 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) estão apresentados na Tabela 7. Constatou-se que não houve diferenças significativas entre as diferentes doses e fontes de fósforo para essa característica.

### **Conclusões**

A aplicação da maior dose de  $P_2O_5$  (140 kg  $ha^{-1}$ ) de MAP com Policote proporcionou significativo aumento na altura de plantas em relação aos outros tratamentos avaliados. Não houve resposta à aplicação de fósforo para a produtividade de grãos e índice de eficiência de

aplicação de fósforo, não sendo possível fazer qualquer inferência sobre o efeito de doses e/ou fontes de fósforo aplicado.

### Literatura Citada

AGOSTINHO, F. B. et al. Efeito do uso de MAP revestido com polímeros de liberação gradual em atributos de solo e produtividade de matéria seca no milho. *In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO*, 28, 2010, Goiânia. Resumos... Goiânia: ABMS, 2010. p. 6.

CIARELLI, D.M., FURLANI, A.M.C., DECHEM, A.R., LIMA, M. Genetic variation among maize genotypes for phosphorus-uptake and phosphorus-use efficiency in nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.21, n.10, p.2219-2229, 1998.

ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 02, p. 939-946, 2001.

GOMES, J. A. et al. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. *Acta Scientiarum. Agronomia*, v. 27, n. 03, p. 521-529, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

ZAVASCHI, E. Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

**Tabela 1.** Resultados analíticos da amostra de solo da área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA em Lavras-MG.

Prof. (cm)	pH (água)	M.O. g dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al	H+Al	V %	m
0-20	5,1	3,0	200	2,5	0,6	0,1	7	33,9	2,7
	P mg dm <sup>-3</sup>	P-rem mg L <sup>-1</sup>	Cu	B mg dm <sup>-3</sup>	Mn	Zn	Argila	Silte dag kg <sup>-1</sup>	Areia
0-20	17,3	20,5	1,8	0,4	10,9	8,1	54	13	33

Extrator: P-Mehlich; B-Água quente; Cu/Fe/Mn/Zn – DTPA.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos avaliados nos experimentos.

Trat	Dose P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Fonte
1	70	MAP
2	140	MAP
3	70	MAP revestido por Policote
4	140	MAP revestido por Policote
5	0	-

MAP: 10-54-00; MAP revestido por Policote: 09-48-00

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para altura de plantas aos 30 DAE (AP), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP).

FV	GL	QM		
		AP (cm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	IEAP
Blocos	3	38,87	306214,41	139,02
Tratamentos	4	151,41**	2220554,37	-
Doses (D)	(1)	78,76*	4350811,93	37,91
Fontes (F)	(1)	147,01**	420649,53	48,12
D x F	(1)	37,51	13,95	5,18
Testemunha versus Fatorial	(1)	342,37**	4110742,06	-
Erro	12	15,86	2104613,07	283,83
C.V. (%)		9,71	16,55	63,88
Média geral		41,02	8764,04	10,28

\*\* = Teste F significativo a 1% de probabilidade; \* = Teste F significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Resultados médios de altura de plantas aos 30 DAE (AP) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) considerando os cinco tratamentos avaliados.

Adbos	AP (cm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
1 - (70 / MAP)	39,37 b	8308,04 a
2- (140 / MAP)	40,75 b	9349,11 a
3- (70 / MAP + Policote)	42,37 b	8630,46 a
4- (140 / MAP + Policote)	49,87 a	9675,26 a
5- (Testemunha)	32,75 c	7857,31 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Resultados médios de altura de plantas aos 30 DAE (AP), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP) considerando as diferentes fontes de fósforo. UFLA, Lavras – MG, 2011

Fontes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AP (cm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	IEAP
MAP	40,06 b	8828,57 a	8,54 a
MAP com Policote	46,12 a	9152,86 a	12,01 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Resultados médios de altura de plantas aos 30 DAE (AP), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP) considerando as diferentes doses de fósforo. UFLA, Lavras – MG, 2011.

Doses P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AP (cm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	IEAP
70	40,87 b	8469,25 a	8,74 a
140	45,31 a	9512,18 a	11,82 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Resultados médios do índice de eficiência agrônômica do fósforo aplicado (IEAP) considerando as diferentes fontes de fósforo e doses de fósforo. UFLA, Lavras – MG, 2010.

Fontes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Dose 70 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Dose 140 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
MAP	6,44 aA	10,65 aA
MAP com Policote	11,04 aA	12,98 aA

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.