

Avaliação da Nutrição e Produtividade da Cultura do Milho sob Diferentes Doses e Fontes de Fósforo¹

Arthur José de Souza Gomes¹, Ivan Vilela Andrade Fiorini^{1,2}, Renzo Garcia Von Pinho^{1,3}; Vitor Lucas de Souza¹, Marco Antônio M. Mendonça Filho^{1,3} e Micaela Sandim Nascimento¹

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, arthurjsg93@hotmail.com ²Bolsista CAPES, ³Bolsistas CNPq. ivanvaf@yahoo.com.br e renzo@dag.ufla.br

RESUMO - Em geral, os solos tropicais são de baixa fertilidade, com teores reduzidos de fósforo (P), sendo que os fertilizantes fosfatados são significativos para o aumento da produtividade. O objetivo foi avaliar o estado nutricional do milho e a produtividade de grãos em função de doses e fontes de fósforo. O experimento foi instalado em 15/11/2010, na área experimental da UFLA, situada na Fazenda Vitorinha em Ijaci – MG, sob plantio direto. O delineamento experimental foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2+1 (2 doses de fósforo: 70 e 140 kg P₂O₅/ha, 2 fontes de fósforo: MAP e MAP revestido por Policote, mais a testemunha sem P). Foi utilizado o híbrido GNZ 2004. Foram avaliadas a altura de plantas aos 30 dias após emergência (AP), os teores de fósforo foliar (% P) e a produtividade de grãos (PG). A dose 140 kg ha⁻¹ P₂O₅ proporcionou acréscimos em AP e % P. A fonte MAP com Policote quando comparada com a fonte MAP proporcionou maior AP, mas não provocou acréscimos em % P e PG. Não houve resposta em produtividade para as diferentes fontes de fósforo, não sendo possível fazer qualquer inferência sobre o efeito das fontes de fósforo.

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

Introdução

A fixação do fósforo nos solos brasileiros se dá pela ligação formada com a argila e/ou a precipitação do mesmo junto ao ferro (Fe) e alumínio (Al). A eficiência de adubação com fósforo (P) geralmente é baixa, 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⁻¹ de P₂O₅, seriam necessários para a obtenção de altas produtividades (Coutinho et al., 1991). O uso de fósforo polimerizado vem sendo apresentado como uma nova opção na redução da adsorção do P pelos colóides do solo. A liberação gradual promovida pelo revestimento do nutriente faz com que o contato deste com os óxidos de Fe e Al e a argila seja reduzido, não havendo assim a formação de compostos estáveis o que diminuiria a disponibilidade no solo

¹ ***Agradecimentos à FAPEMIG pelo apoio no congresso ao primeiro autor.

(Agostinho et al., 2010). Diversos tipos de coberturas de grânulos de adubos têm sido testados, com resultados variados (Bansiwal et al., 2006; Zhang et al., 2006). O objetivo foi avaliar o estado nutricional do milho e a produtividade de grãos em função de doses e fontes de fósforo.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em 20/11/2010 na Fazenda Vitorinha em Ijaci – MG, em solo classificado como Latossolo vermelho amarelo, textura argilosa e declividade de 4% em sistema de plantio direto. Nesta área o plantio foi feito sobre as plantas daninhas e restos da cultura anterior (milho) que foram dessecados com o herbicida glifosato (Roundup Transorb), na dosagem de 2 L/ha do p.c., 15 dias antes do plantio. 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, duas fontes de fósforo: MAP (10-54-00) e MAP revestido pelo polímero Policote (09-48-00), mais um tratamento adicional (sem adubação fosfatada) (Tabela 3). A parcela experimental foi formada por seis linhas de plantio, espaçadas de 0,80 m e com comprimento de seis metros, sendo consideradas para a coleta de dados as duas linhas centrais da parcela.

Foi utilizado o híbrido de milho GNZ 2004, proveniente da empresa Geneze Sementes Ltda, 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 tembotrione (Soberan), na dosagem de 120 ml/ha do p.c. mais 3 L/ha do p.c. de atrazina, aplicado aos 30 dias após a semeadura. Para o controle da lagarta do cartucho foi aplicado o inseticida deltametrina (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 e 80 kg de K_2O /ha, utilizando Uréia e KCl. A adubação de cobertura foi feita com 135 kg N/ha e 90 kg K_2O /ha, 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) Análise química da folha (AF): Essa análise foi realizada apenas no experimento conduzido na área experimental da UFLA em Ijaci/MG (< valor de P_2O_5 no solo). Para isso foi coletada a folha oposta e abaixo da primeira espiga sem a nervura central de seis plantas da área útil da parcela, no estágio R2 (pleno florescimento). As folhas colhidas em cada parcela foram lavadas e secas em estufa de circulação forçada a $70^{\circ}C$, até peso constante, para determinação da matéria seca. Amostras do material de cada parcela foram moídas e enviadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA para as determinações dos teores de fósforo na matéria seca da folha. Por meio do extrato nítrico-perclórico, foram determinados os teores de fósforo (Malavolta et al., 1997); c) 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 umidade. Os dados referentes ao peso de grãos foram transformados para kg/ha e corrigidos para umidade padrão de 13%.

Resultados e Discussão

Para a altura de plantas aos 30 dias após a emergência (DAE), teores foliares de fósforo e produtividade de grãos foram constatadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre os cinco tratamentos (Tabela 3). Verificou-se também resposta à aplicação de fósforo, haja vista que foi significativa a fonte de variação testemunha versus fatorial evidenciando a resposta à aplicação de P_2O_5 . Para a altura de plantas e o teor foliar de fósforo considerando o fatorial constatou-se diferenças significativas para as doses (70 e 140 kg/ha de P_2O_5) e fontes de fósforo (MAP e MAP com Policote). Para a produtividade de grãos considerando o fatorial houve diferenças significativas apenas entre as doses (70 e 140 kg/ha de P_2O_5). Constatou-se a interação entre doses e fontes de fósforo apenas para os teores foliares de fósforo evidenciando que os resultados obtidos nas diferentes doses de fósforo dependem da fonte de fósforo considerada.

Os resultados médios de altura de plantas, teores foliares de fósforo e produtividade de grãos considerando os cinco tratamentos avaliados estão apresentados na Tabela 4. É possível verificar que a altura de plantas, a produtividade de grãos e o estado nutricional das plantas, avaliado pelos teores de fósforo nas folhas, foram afetados pelos diferentes tratamentos avaliados. Os tratamentos a base de MAP com Policote e o tratamento com a dose de 140 kg/ha com MAP propiciou maior altura de plantas aos 30 DAE. A testemunha e o tratamento

70 kg/ha com MAP proporcionou a menor altura de plantas aos 30 DAE. A dose 140 kg/ha com MAP proporcionou o maior teor foliar de fósforo em relação aos outros tratamentos. Para a produtividade de grãos a dose 140 kg/ha com MAP e 140 kg/ha com MAP com Policote foram superiores a testemunha sem fósforo. A média de todos os tratamentos com utilização de fósforo foi superior na produtividade de grãos em 1488 kg ha⁻¹ a mais que a testemunha sem fósforo.

Os resultados médios da altura de plantas, teores de fósforo e produtividade de grãos considerando as diferentes doses de fósforo estão apresentados na Tabela 5. Verifica-se que houve diferenças entre as duas doses de fósforo para todas as características avaliadas. Isto indica que a variação nas doses de fósforo proporcionou melhoria na altura de plantas aos 30 DAE, nos teores de fósforo foliar e na produtividade de grãos, sendo que a dose de 140 kg P₂O₅/ha foi superior a dose 70 kg P₂O₅/ha evidenciando assim a resposta do milho à aplicação de fósforo. Resultado semelhante foi obtido por Lucena et al. (2000), que verificou aumento na produtividade da cultura com o aumento das doses de P₂O₅, até o nível de 180 kg ha⁻¹. Vários outros autores relataram a resposta do milho a doses crescentes de fósforo (Souza et al., 1997; Prado et al., 2001; Sousa e Lobato, 2003).

Os resultados médios da altura de plantas, teores de fósforo foliar e produtividade de grãos considerando as duas fontes de fornecimento de fósforo (MAP e MAP com Policote) estão apresentados na Tabela 6. Verifica-se que houve diferenças entre as diferentes fontes de fornecimento de fósforo para as características altura de plantas e teores de fósforo foliar. Isto indica que a forma de fornecimento de fósforo MAP com Policote proporcionou maior altura de plantas aos 30 DAE, ou seja um maior arranque da cultura. Resultados que se assemelham aos obtidos por Vila et al. (2010) que obtiveram maiores valores de altura de plantas de milho em saturação por bases igual a 51,41%. Os resultados indicam que o uso de adubos fosfatados revestidos com polímeros promove aumento na altura de plantas de milho. Os maiores teores de fósforo foliar foram encontrados para a forma de fornecimento de fósforo MAP. As fontes MAP e MAP com Policote proporcionaram produtividade de grãos semelhantes. 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. De acordo com Valderrama et al. (2010) a aplicação de fosfato revestido com polímero proporciona maior produtividade de grãos de milho quando comparado com o fosfato monoamônio convencional. Ainda de acordo com estes autores, o emprego de ambos os fertilizantes proporciona acréscimos significativos na produtividade do milho, decorrente da liberação lenta de fósforo absorvível ao longo do ciclo da cultura, promovida pela cobertura do grânulo

do MAP. A elevação da saturação de bases para altos valores, como 60%, diminui a eficiência do polímero, provavelmente pela saturação dos sítios de troca desses polímeros com cátions como Ca e Mg, facilitando, assim, a precipitação de fósforo solúvel pelo excesso desses cátions no solo. Os resultados obtidos neste trabalho em relação à produtividade de grãos, não corroboram com os resultados encontrados por esses autores, devido ao alto teor de fósforo e elevada saturação por bases encontradas neste solo não sendo assim possível detectar resposta em produtividade do MAP revestido.

Conclusões

A maior dose de fósforo (140 kg/ha P₂O₅) proporcionou acréscimos na altura de plantas, % de P nas folhas e produtividade de grãos evidenciando resposta à aplicação de fósforo. A fonte MAP com Policote quando comparada com a fonte de fósforo MAP proporcionou maior altura de plantas aos 30 dias após a emergência, mas não provocou acréscimos na produtividade de grãos. Não houve resposta em produtividade de grãos para as diferentes fontes de fósforo, não sendo possível fazer qualquer inferência sobre o efeito dessas fontes.

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.

BANSIWAL, A. K. *et al.* Surfactant-Modified Zeolite as a Slow Release Fertilizer for Phosphorus. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 13, p. 4773-4779, 2006.

CIARELLI, D.M., FURLANI, A.M.C., DECHEM. 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.

COUTINHO, E.L.M. et al. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. *Científica*, São Paulo, v.19, n.2, p.93-104, 1991.

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

PRADO, R. M., FERNANDES F. M., ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo em adubação de manutenção. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n. 1, p.83-90, 2001.

SOUSA, D.M.G., LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Piracicaba, Potáfos, 2003. 16p. (Informações Agronômicas, 102)

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

SOUZA, E. C. A. et al. Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.32, p. 1829-1836 , nov. 1997.

LUCENA, L. F. C. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.334-337, 2000.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 39, n. 03, p. 191-196, 2009.

VILA, E. J. P. et al. Recomendação de fertilização com torta de filtro para a cultura do milho em Latossolo Arenoso no Noroeste Paranaense. In: FERTBIO. 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: SBCS. 1 CD-ROM.

ZHANG, F. et al. Effects of slow/controlled-release fertilizer cemented and coated by nano-materials on biology. Nanoscience, v. 11, n. 01, p. 18-26, 2006.

Tabela 1. Resultados analíticos da amostra de solo da área experimental da UFLA em Ijaci/MG.

Prof. (cm)	pH (água)	M.O. g/dm ³	K mg/dm ³	Ca	Mg	Al	H+Al	V %	m
0-20	6,5	2,7	101	3,8	1,5	0,0	2,3	70,6	0
Prof. (cm)	P mg/dm ³	P-rem mg/L	Cu	B mg/dm ³	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
0-20	11,3	19,2	0,5	0,2	9,1	4,4	57	8	35

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

Tabela 2. Descrição dos tratamentos avaliados no experimento.

Tratamentos	Dose P ₂ O ₅ (kg/ha)	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 a altura de plantas aos 30 DAE (AP), teores de fósforo (%P) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

FV	GL	QM		
		AP(cm)	% P	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Blocos	3	28,44*	0,000032	707032,78
Tratamentos	4	58,17**	0,001143**	2880153,25**
Doses (D)	(1)	92,64*	0,000306**	4293505,16*
Fontes (F)	(1)	78,76*	0,001806**	7493,93
D x F	(1)	2,64	0,001406**	133811,46
Testemunha versus Fatorial	(1)	58,65**	0,001051**	7085802,44**
Erro	12	6,92	0,000153	475036,61
C.V. (%)		8,12	4,67	14,77
Média geral		32,42	0,26	6665,62

** = 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), teores de fósforo (% P) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) considerando os tratamentos avaliados.

Aduobos	AP (cm)	% P	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 - (70 / MAP)	28,25 b	0,265 b	6332,12 ab
2- (140 / MAP)	33,87 a	0,292 a	7551,06 a
3- (70 / MAP + Policote)	33,50 a	0,262 b	6558,31 ab
4- (140 / MAP + Policote)	37,50 a	0,252 b	7411,44 a
5- (Testemunha)	29,00 b	0,250 b	5475,18 b

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), dos teores de fósforo (% P) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) considerando as diferentes doses de fósforo.

Doses P ₂ O ₅	AP (cm)	% P	Produtividade (kg ha ⁻¹)
70	30,87 b	0,263 b	6445,21 b
140	35,68 a	0,272 a	7481,25 a

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

Tabela 6. Resultados médios de altura de plantas aos 30 DAE (cm), teores de fósforo (% P) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) considerando as diferentes fontes de fósforo.

Fontes P ₂ O ₅	AP (cm)	% P	Produtividade (kg ha ⁻¹)
MAP	31,06 b	0,278 a	6941,59 a
MAP com Policote	35,50 a	0,257 b	6984,87 a

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