

Disponibilidade de P em latossolo argiloso após incubação de doses de superfosfato triplo revestido com polímeros

Availability of P in clayish latosol after incubation of triple super phosphate coated with polymers

*Lucas Ferreira de Souza*¹; *Carlos Henrique Eiterer de Souza*²;
*Vanessa Junia Machado*²; *Cristiano Gonçalves Caixeta*¹;
*Vinícius José Ribeiro*³; *Jackeline de Siqueira Castro*⁴

¹ Engenheiro Agrônomo pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), MG.
e-mail: cristiano.ag2009@hotmail.com.

² Professor do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: carloshenrique@unipam.edu.br; vanessajm@unipam.edu.br.

³ Mestrando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ES.
e-mail: vj.ribeiro@yahoo.com.br.

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), MG. e-mail: jackelinesiqueiracastro@yahoo.com.br.

Resumo: Os solos sob cerrado, devido ao intenso processo de intemperismo, principalmente os latossolos, promovem uma maior adsorção e fixação de fósforo, o que limita a produtividade das culturas nessas áreas. Para aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados tem-se empregado novas tecnologias, dentre elas, o revestimento dos fertilizantes com produtos à base de polímeros sintéticos ou naturais. O trabalho teve como objetivo avaliar a disponibilidade de P em latossolo argiloso após incubação de doses de superfosfato triplo revestido com polímeros. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises de Fertilidade do Solo do UNIPAM (CeFert), onde foi utilizado um latossolo vermelho de textura argilosa, coletado na profundidade de 0 – 20 cm. O delineamento em DBC com fatorial 2x7, sendo duas fontes (superfosfato triplo com e sem revestimento polimerizado) e sete tempos (60, 50, 40, 30, 20, 10 e 0 dias antes da semeadura), de incubação de fertilizante no solo, em 4 blocos. Ao final do período de incubação, foram cultivadas plantas de milho por 20 dias após a emergência. Em seguida, as plantas foram coletadas e avaliadas conforme o seguinte: altura de planta, SPAD, massa seca de raiz e parte aérea, P-disponível por Meh-1 e o teor de P na folha. Após a incubação, a fonte superfosfa-

to triplo com revestimento polimerizado (POL) foi superior à fonte superfosfato triplo não revestido com polímeros (SFT) para altura de planta, aos 50 e 60 dias. Não foi observado efeito das fontes para produção de matéria seca da parte aérea e raiz. Em SPAD houve diferença para os tempos de 0, 30, 40 e 60 dias; entretanto para fornecimento do POL houve maiores teores de P-disponível no solo após o cultivo, ou seja, obteve-se melhor residual de P no solo e no teor P foliar aos 20 dias após a incubação, quando a adubação de POL se apresentou superior à SFT.

Palavras-chaves: Fertilizantes de liberação lenta; Adubos fosfatados; P-disponível.

Abstract: The cerrado soils, due to intense weathering process, mainly oxisols, promote greater adsorption and fixation of phosphorus, which limits the crop productivity in these areas. To increase the efficiency of phosphate fertilizers, new technologies have been employed, among them, the coating of fertilizer products made from natural or synthetic polymers. The study aimed to assess the availability of P in oxisols after incubation of triple superphosphate coated with polymers. The experiment was conducted at the Analytical Laboratory of Soil Fertility of UNIPAM (CeFert), where we used a red clayey Oxisol collected from a depth of 0 - 20 cm. The randomized blocks design was a factorial 2x7 with two sources (triple superphosphate with and without coating polymerized) and seven times (60, 50, 40, 30, 20, 10, and 0 days before sowing) incubation of fertilizer in the soil, in 4 blocks. At the end of the incubation period, were cultivated maize plants for 20 days after emergence. Then, the plants were collected by performing the following ratings: plant height, SPAD, dry mass of roots and shoots, available P content by Meh-1 and P content in the leaf. After incubation, the source Triple superphosphate coated (POL) was superior to triple superphosphate source uncoated polymers (SFT) for plant height at 50 and 60 days. No effect was observed for sources of dry matter production of shoot and root. In SPAD, occurred difference for 0, 30, 40 and 60 days, however for providing POL showed higher levels of P-available in soil after cultivation, in other words, had the best residual P in soil P and P content in leaf 20 days after incubation.

Key-words: slow release fertilizers; phosphate fertilizers; P available.

Introdução

A maioria dos solos brasileiros é deficiente em fósforo e, portanto, responde à adubação fosfatada. Os estudos de Raij *et al.* (1982) revelam deficiência generalizada de P disponível nesses solos, ocorrendo casos em que não se consegue produção das culturas sem aplicação desse nutriente, como ocorre, por exemplo, nos cerrados da região Centro-Oeste.

Em condições tropicais, diferentes autores têm relatado o P como o nutriente mais limitante da produtividade em diversas culturas (NOVAIS; SMYTH, 1999; BASTOS *et al.*, 2008; BENEDITO *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011). Esse fato é explicado pela carência de P nos solos, tanto em consequência do material de origem quanto da forte interação do P com o solo (RAIJ, 1991): menos de 0,1% desse nutriente encontra-se na solução do solo (FARDEAU, 1996).

Mesmo absorvido em menores quantidades, o P exerce função-chave no metabolismo das plantas, uma vez que tem atividade em processos como formação de proteínas, divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, respiração e fornecimento de energia (TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo Marschner (1995), o nutriente é indis-

pensável para o completo ciclo das plantas, influenciando de modo particular no crescimento de raízes. Assim, é importante na formação do estande de plantas, posteriormente no suprimento iônico e hídrico, e no metabolismo envolvido nos fatores de produção, como enchimento de grãos e armazenamento de compostos de reserva nas plantas (KORNDÖRFER, 2004).

Em solos tropicais, principalmente os sob cerrado, geralmente as doses de P recomendadas são altas, em função da baixa eficiência dos fertilizantes, que varia entre 20% e 35% de aproveitamento desse nutriente pelas culturas (FINCK, 1992; NOVAIS; SMYTH, 1999; SOUSA; LOBATO, 2002; NICOLINI, 2009; TRENKEL, 2010). Isso decorre da alta capacidade de fixação do P adicionado ao solo através de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade para as plantas (NOVAIS *et al.*, 2007).

Para melhorar a eficiência da prática de fertilização, a pesquisa desenvolveu a tecnologia dos fertilizantes encapsulados, cuja liberação de nutrientes é gradual ou lenta (SHAVIV, 1999), ao contrário dos fertilizantes tradicionais, os quais são recobertos por substâncias orgânicas, inorgânicas ou resinas sintéticas. Além disto, o processo de encapsulamento dos fertilizantes influi diretamente no mecanismo e intensidade de liberação dos nutrientes (GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2003), com a finalidade de disponibilizá-los para as culturas por maior período de tempo e otimizar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (ZAVASCHI, 2010).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a disponibilidade de P em latossolo argiloso após incubação de doses de superfosfato triplo revestido com polímeros.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises de Fertilidade do Solo (CeFert) e na casa de vegetação localizada no Campus do Centro Universitário de Patos Minas, MG (UNIPAM).

O solo foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm localizado a 5 km da BR-365, no trecho entre Patos de Minas e Patrocínio – Km 418, nas seguintes coordenadas geográficas: 18°43'422" S e 46°32'606" W.

Depois de coletado o solo, este foi seco ao ar e peneirado em uma peneira de 0,2 mm. Após estes procedimentos foi realizada análise para caracterização química e física dos solos (Tabela 1 e 2), determinando os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+} trocáveis; acidez potencial por acetato de cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria; P-assimilável por Mehlich-1, P-remanescente, e pH em água. Para análise física de textura do solo foi utilizado o método de Pipeta, conforme a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado para montagem do ensaio experimental. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2012.

pH	M.O.	P	K	P-rem	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T
H ₂ O	dag dm ⁻³ mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
5,84	3,41	1,36	153,0	5,98	1,79	0,75	2,74	2,93	5,67

pH em água, K e P-assimilável por Mehlich-1, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial, matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia Embrapa (1997).

Tabela 2. Caracterização física do solo utilizado para montagem do ensaio experimental. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2012.

Argila	Areia	Silte
..... g Kg ⁻¹		
658	112	230

Análise textural pelo Método da pipeta conforme metodologia proposta por Embrapa (1997).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em um esquema fatorial 2x7, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por 7 tempos (60, 50, 40, 30, 20, 10 e 0 dias após a incubação de 100 mg dm⁻³ P₂O₅) e duas fontes de superfosfato triplo (com e sem revestimento de polímeros).

Para o experimento, as amostras de solo foram colocadas em vasos de 0,5 dm³, realizando as aplicações dos fertilizantes fosfatados nos tempos determinados. Os vasos após a adubação foram mantidos próximos à umidade de capacidade de campo, determinada pelo método do torrão, conforme a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Os fertilizantes foram peneirados em peneira de 2,0 mm para homogeneização antes da aplicação dos tratamentos, sendo a dose utilizada (100 mg dm⁻³ de P₂O₅) incorporada ao volume total de cada vaso.

Após o final do período de incubação dos fertilizantes, foram semeadas 3 sementes por vaso de um híbrido comercial de milho (STATUS VIP®). Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste conduzindo uma planta por vaso.

As adubações para cultura do milho seguiram as recomendações propostas por CFSEMG (1999), aplicando-se todos os nutrientes necessários, menos o fósforo. As adubações foram realizadas com intervalo de 5 dias, divididas em 4 vezes, sendo a primeira realizada na ocasião da semeadura. A dose por vaso foi de 150 mgdm⁻³ de N e 120 mg dm⁻³ de K₂O, usando-se como fontes ureia (45% N) e cloreto de potássio (58% de

K₂O). Como fonte de micronutrientes, foram aplicados 30 mLdm⁻³, em períodos regulares de 5 dias de solução de micronutrientes com Fe EDTA (16,04% Fe), H₃BO₃ (17,48% B), MnSO₄ (36,39 % Mn), ZnSO₄ (22,73% Zn), CuSO₄ (25,44% Cu) e (NH₄)₆Mo₇O₂ (54,34% Mo) nas concentrações de 23,8; 1,3; 0,794; 0,106; 0,026 e 0,013 µg L⁻¹, respectivamente conforme proposição de Johnson et al. (1957).

Após 20 dias de emergência das plantas de milho, foi avaliada a altura de planta em cada vaso com auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros. Em seguida seccionaram-se as plantas a 1 cm de altura da superfície do solo, separando parte aérea e raiz.

O teor de clorofila na parte aérea foi estimado por meio das leituras de SPAD, sendo empregado o Chlorophyll Meter SPAD-502 (MINOLTA, 1989), realizando-se uma leitura por planta, e fixando-se o clorofilômetro no terço-médio da lâmina foliar da primeira folha totalmente expandida (MATSUNAKA *et al.*, 1997).

Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel e secos em estufa de circulação forçada de ar a 65-72^o C até peso constante, a fim de se obter a massa seca parte aérea (MSPA).

As raízes foram retiradas manualmente por peneiramento (2,0 mm) e lavadas em água corrente. Em seguida, foi realizada a determinação da massa seca de raiz (MSR), de modo semelhante à obtenção dos valores para parte aérea.

Após a separação das raízes, o solo de cada vaso foi seco ao ar, e coletadas amostras a fim de se determinarem os teores de P disponíveis extraídos por Mehlich-1. As amostras de MSPA foram trituradas em moinho de faca, tipo Willis, para quantificação dos teores de fósforo no tecido vegetal por espectrofotometria de UV com Amarelo de Vanadato, de acordo com metodologia proposta pela Embrapa (2009).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, ajustando modelos de regressão, em função do tempo de incubação, e teste de Tukey, em relação às fontes de fertilizantes, ambos a 5% de significância, utilizando-se o software Sisvar (FERREIRA, 2000).

Resultados e discussão

Verificou-se que nos tempos de 0, 10, 20, 30 e 40 dias, o superfosfato triplo não revestido com polímeros (SFT) apresentou a mesma altura das plantas de milho quando comparados, e nos tempo de incubação de 50 e 60 dias, ocorreu redução em relação ao superfosfato triplo com revestimento polimerizado (POL) (Tabela 3). Após 50 e 60 dias de incubação das fontes, o POL foi superior ao SFT em 17,54% e 13,76%, respectivamente. O resultado demonstrou maior eficiência do POL quando incubado em maiores tempos sobre a altura das plantas de milho cultivadas. Conforme Pereira *et al.* (2003), fontes de liberação lenta apresentam efeito residual mais longo em relação as fontes convencionais.

Tabela 3. Valores médios de altura das plantas de milho com diferentes tempos de incubação, UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2012.

Dias de incubação de P ₂ O ₅	Altura de planta (cm)	
	Superfosfato Triplo Convencional	Superfosfato Triplo Polimerizado
0	34,05 a*	37,20 a
10	36,33 a	37,75 a
20	33,48 a	35,80 a
30	30,68 a	34,45 a
40	33,65 a	33,95 a
50	26,70 b	32,38 a
60	29,13 b	33,78 a
CV (%) = 8,39	DMS = 4,02	

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Zhanget *al.* (2006), na avaliação de trigo, observaram melhores resultados quanto à produtividade e altura de plantas, com o uso de adubos revestidos com diferentes polímeros, quando comparados com adubos convencionais.

Na avaliação da altura de plantas de milho, observou-se reposta linear e interação dos tempos de incubação e fontes de superfosfato triplo (Figura 1). Verificou-se um decréscimo na altura de 1,28 e 0,74 para cada 10 dias de incubação com SFT e POL, respectivamente. Esse resultado demonstra que o SFT apresentou 42% menor em relação ao POL ao longo do tempo.

Em trabalho realizado por Vila *et al.* (2010), os maiores valores de altura de plantas de milho foram em adubos fosfatados revestidos com polímeros, onde esse efeito é dependente da adequada correção de solos ácidos e intemperizados do Cerrado.

A massa seca de raiz (MSR) apresentou resposta quadrática para os dias de incubação, independentemente da fonte utilizada (Figura 2). A menor produção de massa seca de raiz foi de 0,30g no tempo de incubação de 40,5 dias.

Em trabalho realizado por Guareschi (2010), o emprego de fertilizantes revestidos por polímeros conferiu maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja quando comparados aos fertilizantes convencionais.

Na avaliação da massa seca de parte aérea (MSPA) houve resposta linear para os dias de incubação, independentemente da fonte utilizada (Figura 3). Porém, pode-se perceber que quanto menor o tempo de incubação dos fertilizantes, maior a MSPA. A cada dia houve aumento do tempo de incubação, gerando valores menores de 2,3mg de MSPA, nas plantas de milho cultivadas.

Agostinho *et al.* (2010) não encontraram diferenças nas produções de massa da matéria seca da parte aérea de milho entre MAP convencional e revestido por polímeros, quando o solo encontrava-se com pH em torno de 4,6. Independentemente do pH do solo, o adubo revestido com polímero promoveu maior eficiência de utilização do fósforo pela cultura do açafrão, quando comparado com MAP convencional (JAGADEESWARAN *et al.*, 2005). Em solo com saturação por bases de 60%, Valderrama *et al.* (2009) não encontraram diferenças entre superfosfato simples convencional e polimerizado na cultura do feijão. Estes resultados contrastantes reforçam a necessidade de se considerar os valores de pH e saturação por bases nos estudos com fósforo revestido.

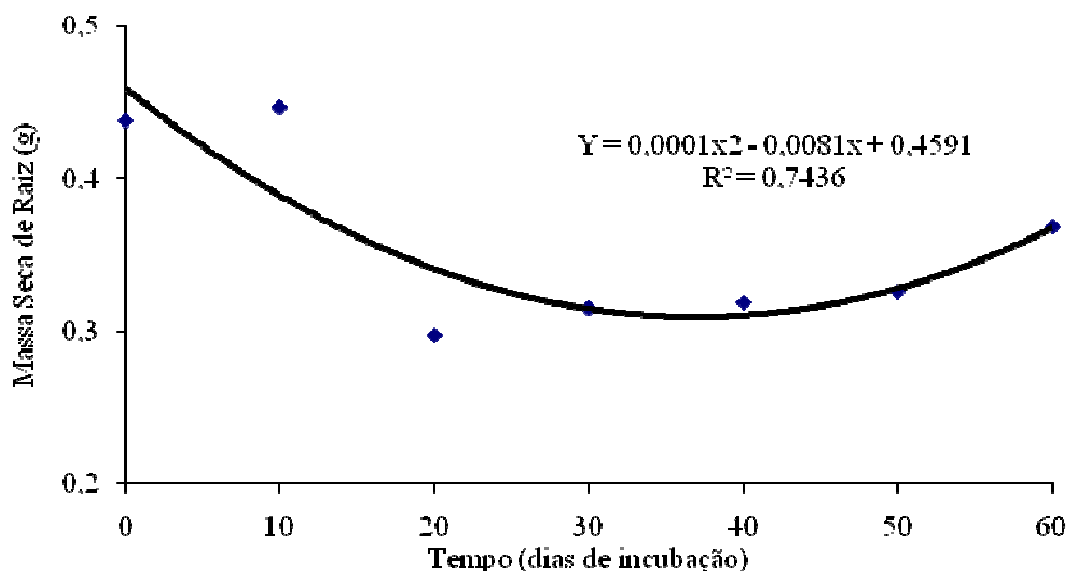


Figura 2. Modelos de regressão ajustado para massa seca de raiz de plantas de milho em função de tempos de incubação e fonte superfosfato triplo convencional e polimerizado, cultivadas em vaso em casa de vegetação. UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2012.

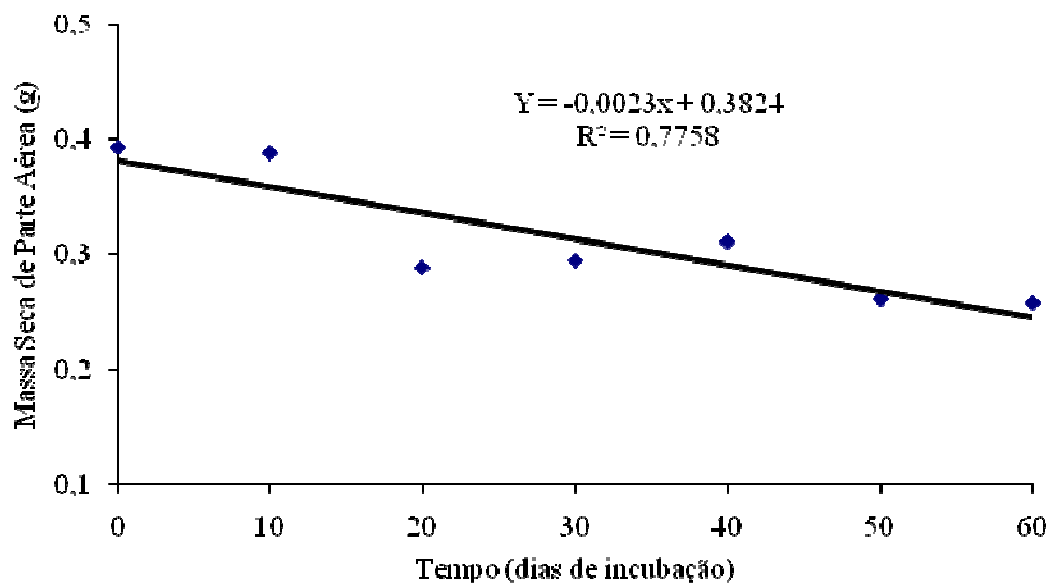


Figura 3. Modelos de regressão ajustado para massa seca de Parte Aérea de plantas de milho em função de tempos de incubação e fonte superfosfato triplo convencional e polimerizado, cultivadas em vaso em casa de vegetação. UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2012.

Observando os resultados de P disponível por Mehlich⁻¹ nos vasos após o cultivo de milho, notou-se que o POL apresentou resultado superior de 6,6% em relação ao SFT (Tabela 5). A disponibilização demonstrada pela fonte com revestimento gera resultados em aumento na eficiência do fósforo no solo uma vez que, segundo Gonçalves (1988), mais de 90% do P aplicado como fonte solúvel são adsorvidos ou precipitados na primeira hora de contato com o solo.

No entanto, de acordo com Cunha (2006), adubos polimerizados podem reduzir pela metade a quantidade de fósforo utilizada na adubação no algodão, sendo uma alternativa viável para a rentabilidade da cultura, mantendo a produtividade e o estado nutricional das plantas.

Tabela 5. Fósforo disponível extraído por Mehlich-1 (mg dm^{-3}) após cultivo de milho em vasos em casa de vegetação. UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2012.

Fertilizante	Fósforo disponível (mg dm^{-3})
Superfosfato Triplo Convencional	3,77 b*
Superfosfato Triplo Polimerizado	4,02 a
CV (%)= 11,29	DMS = 0,238

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Nos diferentes tempos de incubação de P_2O_5 nos teores de P foliar, houve significância nas fontes utilizadas, apenas para 20 dias após a incubação de P_2O_5 (Tabela 6),

quando foi observada uma diferença com POL78% superior em relação SFT. Também foi observado que os valores médios do teor de P foliar estão abaixo da faixa de suficiência desse nutriente para a cultura do milho, 2,0 a 4,0 g Kg⁻¹ (SILVA, 2009). Contudo, a faixa de suficiência foi padronizada em amostras de folhas coletadas no estágio de pendramento da cultura, diferentemente dos valores obtidos no presente trabalho.

Tabela 6. Valores médios de Teores P Foliar de milho com diferentes tempos de incubação, UNIPAM. Patos de Minas, MG, 2012

Dias de incubação de P ₂ O ₅	P Foliar (g Kg ⁻¹)	
	Superfosfato Triplo Convencional	Superfosfato Triplo Polimerizado
0	0,91 a*	0,94 a
10	0,64 a	0,79 a
20	0,69 b	1,23 a
30	0,93 a	0,69 a
40	0,73 a	0,94 a
50	1,15 a	0,97 a
60	0,98 a	0,67 a
CV (%) = 30,65	DMS = 0,38	

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Em cultivo de milho em vaso com latossolos de textura argilosa e média, Souza *et al.* (2011) não observaram diferenças entre os teores foliares de P com o uso de fosfato monoamônio com e sem revestimento de polímeros. Semelhante a Valderrama *et al.* (2009), que em cultivo de feijão sob plantio direto, no município de Ilha Solteira (SP), também não observaram diferenças entre os tratamentos com superfosfato triplo com e sem revestimento de polímeros nos teores foliares de N, P e K, que variaram apenas em função das doses.

Conclusão

(i) A fonte do Superfosfato triplo com revestimento polimerizado gerou valores superiores ao superfosfato triplo convencional para altura de planta, aos 50 e 60 dias após a incubação; índice SPAD aos 0, 30, 40 e 60 dias após a incubação; P disponível no solo e para P no tecido foliar 20 dias após a incubação;

(ii) para a produção de massa seca da parte aérea e raiz não houve diferença entre as fontes.

Referências

AGOSTINHO, F. B. Efeito do uso de MAP revestido com polímeros de liberação gradual em atributos de solo e produtividade de matéria seca no milho. *In*: CONGRESSO NACIO-

NAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: ABMS, 2010. p. 6.

BASTOS, A. L.; COSTA, J.P.V.; SILVA, I.F.; RAPOSO, R.W.C.; SOUTO, J.S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 136-142, 2008.

BENEDITO, D. S.; PROCHNOW, L.I.; SILVEROL, A.C.; TOLEDO, M.C.M. Eficiência agronômica de compostos organominerais obtidos pelo Processo Humifert. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 191-199, 2010.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

CUNHA, S. C. **Aspecto econômico sobre produção do algodoeiro em Mineiros–GO na safra 2005/2006**. Mineiros: Faculdades Integradas de Mineiros, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. In: SILVA, F.C. (ed. Técnico). 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Embrapa – SPI, Brasília. 1997. 212p.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook. **Fertility Research**. Lone Tree, v. 45, p. 91-100, 1996.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66p.

FINCK, A. Fertilizers and their efficient use. In: Halliday, D.J., Trenkel, M.E. and Wichmann, W. (ed.). **World Fertilizer Use Manual**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1992.

GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. **Revista Laranja**. Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 507-518, 2003.

GONÇALVES, J. L. M. **Cinética de transformação de fósforo lábil em não lábil em amostras de solos de cerrado**. 1988. 62p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GUARESCHI, R. F. **Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde.

JAGADEESWARAN, R.; MURUGAPPAN, V.; GOVINDASWAMY, M. Effect of Slow Release NPK Fertilizer Sources on the Nutrient use Efficiency in Turmeric (*Curcuma longa* L.). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 01, n. 01, p. 65-69, 2005.

JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirement of different plant species. **Plant and Soil**, v. 8, n. 3, p. 337-353, 1957.

KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 290-306. 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS. 1989, 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MATSUNAKA, T.; WATANABE, Y.; MIYAWAKIA, T.; ICHIKAWA, N. Prediction of grain protein content in winter wheat through leaf color measurements using a chlorophyll meter. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 43, p. 127-134, 1997.

MINOLTA CAMERA COMPANY. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Radiometric Instruments divisions, 1989. 22 p.

NICOLINI, K.P. **Produção de fertilizantes de liberação lenta a partir da torta de mamona (*Ricinus comunis*) e de ureia intercalada em caulins**. 2009. 126f. Doutorado em Química – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, MG. 2007. 1017p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G.H.; MOURA, W.F.; CORREA, G.F. Extratores de silício disponível em escórias e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 265-274, 2003.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van.; ROSADO, P.C.; LOBATO, E. In: Oliveira, A.J. (ed.). **Adubação fosfatada no Brasil: Apreciação geral, conclusões e recomendações**. Brasília: Embrapa, 1982, pp. 10-28.

SANTOS, D.H.; SILVA, M.A.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; ECHER, F.R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Re-**

vista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SHAVIV, A. Preparation methods and release mechanisms of controlled release fertilizers: agronomic efficiency and environmental significance. **Proceedings of the Fertiliser Society**, York, v. 41, n. 3, p.1-35, 1999.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. e LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, Embrapa Cerrados, p. 147-168. 2002.

SOUZA, C. H. E. Produção de matéria seca de plantas de milho cultivadas em vaso em função da aplicação de monofosfato de amônio polimerizado em Latossolo vermelho argiloso. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** Uberlândia, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2004. 719 p.

TRENKEL, M.E. **Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Efficiency in Agriculture**. 2 ed. Paris; IFA, 2010.

VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. 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. 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.; WANG, R.; XIAO, Q.; WANG, Y.; ZHANG, J. Effects of slow/controlled-release fertilizer cemented and coated by nano-materials on biology. **Nanoscience**, v. 11, n. 01, p. 18-26, 2006.

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