



RECUPERAÇÃO DO FÓSFORO APLICADO NO SOLO DE FONTES SOLÚVEIS E INSOLÚVEIS EM ÁGUA

Gaspar Henrique Korndörfer¹ e Robson Thiago Xavier de Sousa²

1. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo, professor titular do curso de agronomia na Universidade Federal de Uberlândia- UFU. Brasil.
2. Pós graduando em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil. (robsontxs@yahoo.com.br).

RESUMO

Os adubos fosfatados quando aplicados no solo podem apresentar reações diferenciadas quanto ao pH e retenção de fósforo (P) pelo solo. Visando conhecer melhor a reação dos adubos fosfatados solúveis e insolúveis no solo foi montado um experimentos em condições de laboratório para medir o P fixado e recuperado através de dois métodos de extração, resina e duplo ácido (Mehlich). O fósforo fixado ou retido pelo solo foi obtido subtraindo-se o P recuperado do P aplicado. Além do P recuperado, foi determinado o P solúvel em CaCl_2 0,005M e o pH em água. O experimento foi conduzido em sacos plástico contendo 200g de solo (Latosolo vermelho-escuro álico - LVa). Foram usadas quatro fontes de P, dois termofosfatos magnesianos (Yoorin-Mg e Yoorin Master-S), superfosfato triplo na forma granulada e (TSP-gran) e pó (TSP-pó). Os solos receberam dosagens de P_2O_5 equivalentes a 200, 400, 800, 1600 e 3200 mg dm^{-3} . O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos comparados através de teste de media (Tukey 5%) e regressões polinomiais. Os resultados mostraram que os teores de P recuperados pelo método da resina foram superiores aos recuperados pelo duplo ácido (Mehlich). O superfosfato triplo granulada foi a fonte de P que apresentou a menor fixação de P e a mais alta recuperação em relação ao P aplicado. Os termofosfatos, embora apresentando capacidade diferenciada de acidificação do solo, não apresentaram diferença entre si quanto ao P fixado e ou recuperado. As fontes insolúveis (termofosfatos) foram as que mais influenciaram o pH do solo, enquanto a fonte solúvel (TSP) tende a não influenciar o pH do solo.

PALAVRAS-CHAVES: Fertilizantes fosfatados, fixação, fósforo

PHOSPHORUS RECOVERY IN THE SOIL FROM WATER SOLUBLE AND INSOLUBLE PHOSPHORUS SOURCES

Phosphate fertilizers when applied to the soil may have different reactions on the pH and retention of phosphorus (P) by soil. Aiming to better understand the reaction of soluble and insoluble phosphate fertilizers in the soil was mounted in an experimental laboratory conditions to measure the P set and recovered by two extraction methods, resin and double acid (Mehlich). The match set or retained by the soil was obtained by subtracting the P recovered from the P applied. In addition to the recovered P was determined in soluble P 0.005 M CaCl_2 and pH in water. The experiment was conducted in plastic bags containing 200g of soil (Oxisoil - LVa). We used four

sources of P, two types of magnesium thermal-phosphates (Yoorin-Mg and Yoorin Master-S) and granulated (TSP-gran) and powder (TSP-powder) triple superphosphate were used. Five P_2O_5 rates from each P source were applied in the soil: 200, 400, 800, 1600 and 3200 mg dm^{-3} . The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications and treatments compared by test media (Tukey 5%) and polynomial regressions. The results showed that levels of P recovered by the resin method were higher than those recovered by the double acid (Mehlich). The granulated triple-superphosphate presented the lower fixation and the highest P recovery compared to the non soluble sources. The thermal-phosphates, although presenting different soil acidification power, it did not shown difference between fixed and or recovered P. The thermal-phosphate, mainly Yoorin-MG was the P source that more influenced soil pH, while TSP (granulated and powder) did not have influence on soil pH.

KEYWORDS: Phosphate fertilizers, fixation, phosphorus

INTRODUÇÃO

No Brasil a deficiência de P é observada na maioria dos solos. Nestes solos, o P deve ser fornecido em grandes quantidades, para compensar as deficiências causadas pela baixa disponibilidade e pela adsorção, principalmente nos solos ácidos (LANA, 1988). Os fertilizantes fosfatados adicionados ao solo sofrem várias reações de adsorção, os produtos formados são normalmente pouco disponível para as plantas (NETO & SOBRINHO, 1977). A fixação do P adicionado no solo ocorre principalmente pela adsorção por óxidos hidratados de ferro e alumínio presentes em maiores quantidades nos solos mais intemperizados (NOVAIS, 1977).

Segundo LARSEM (1967) citado por FERNANDES, (1981) a disponibilidade de P para as plantas está ligada a concentração de P na solução do solo, assim como a quantidade de fósforo que é absorvida pela planta depende do equilíbrio das demais formas de P com a solução. O solo, portanto, compete com a planta no tocante ao fosfato aplicado. O conhecimento da quantidade de fosfato capaz de ser fixada pelo solo é de grande importância, para se prever a necessidade de adubação. Quando mais ácido o solo, maior a solubilidade dos hidróxidos livres de ferro e alumínio, portanto quanto mais baixo o pH do solo, maior a probabilidade de precipitação do P (fixação).

Objetivou-se, com o presente trabalho, quantificar a capacidade de fixação de P de fontes solúveis e insolúveis em água e o efeito sobre o pH do solo, através de dois métodos de extração, resina e duplo ácido (Mehlich).

MATERIAL E MÉTODOS

Para diminuir a interferência da matéria orgânica foram usadas amostras de solo da camada de 20-40cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-escuro álico (LEa), textura muito argilosa sob vegetação de cerrado, do município de Uberlândia (MG). O solo foi seco à sombra e passado em peneira de 5mm. Os atributos químicos e físicos do solo usado no experimento estão expostos na Tabela 1 e a análise física na Tabela 2.

Tabela 1. Atributos químicos de amostra de terra de Latossolo Vermelho escuro álico típico textura muito argilosa.

pH	P	B	Cu	Fe	Mn	Zn	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	V	m	M.O.
	-----mg dm ⁻³ -----							----- Cmolc dm ⁻³ -----			----- % -----					
4,7	0,6	0,05	0,6	59	2,4	0,3	18,8	0,5	0,1	0,0	0,1	0,6	4,6	3	80	0,4

Pmeh-1 e K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. Mo – método calorimétrico; B- [BaCl₂.2H₂O 0,125 à quente]; Cu,Fe,Mn,Zn- [DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ a pH 7,3]

Tabela 2. Caracterização física da amostra de terra do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) .

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
----- g. kg ⁻¹ -----			
30	50	130	790

Observações: Análise textural pelo Método da Pipeta (EMBRAPA, 1970).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 20 tratamentos, em esquema fatorial 4X5, sendo 4 fontes de fósforo (superfosfato triplo (TSP) pó (passando em peneira de 0,84 mm) e granulado, termofosfato magnésiano Yoorin-Mg e termofosfato Yoorin Máster-S) (Tabela 3) e 5 doses de P₂O₅ equivalentes a 200, 400, 800, 1600 e 3200 mg dm⁻³, foram realizadas 4 repetições.

TABELA 3. Teores de nutrientes e solubilidade das fontes utilizadas no experimento.

Fonte de P	Nutrientes Totais (%)				P ₂ O ₅ sol. em H ₂ O	P ₂ O ₅ sol. em ac. citrico
	P ₂ O ₅	Ca	Mg	S		
TSP (po e granulado)	47,9	15,0	---	1,5	42,8	---
Yoorin-Mg*	17,7	19,8	8,1	---	---	16,1
Yoorin Master-S*	16,8	19,0	7,8	6,4	---	12,9

Fonte: Fertilizantes Mitsui S. A.

Os adubos fosfatados foram misturados a 200g de solo e foram acondicionados em sacos plásticos de 1 litro. Durante o período de incubação os solos foram mantidos próximos a capacidade de campo, isto é, com 32ml de água destilada/200g solo. A reposição da água evaporada (peso) foi feita a cada dois dias e o período de reação (incubação) foi de 30 dias. Ao término do período de incubação, os solos foram analisados quanto aos teores de P extraídos com HCl 0,05N+H₂SO₄ 0,025N (Mehlich), resina, cloreto de cálcio (CaCl₂ 0,005M) e pH em H₂O. O fósforo "recuperado" foi obtido pela diferença entre o P "adicionado" - P

"solução" (extraído com CaCl_2) enquanto que o P "fixado" foi obtido pela diferença entre o P "adicionado" - P "recuperado".

Os resultados quantitativos foram submetidos à análise de regressão, tendo-se empregado, para tanto, o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). Os dados qualitativos foram submetidos ao teste de Tukey a 0,05 de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os valores de P fixado de cada uma das fontes testadas. O fósforo fixado dos termofosfatos foram superiores aos do superfosfato. Esse comportamento não era esperado já que os fosfatos solúveis possuem a tendência de acidificar o solo enquanto que os termofosfatos de alcalinizar os solos. A elevação do pH junto as partículas dos termofosfatos deveriam diminuir as reações de fixação de P. O produto granulado (SFT) diminui a superfície de contato com o solo e conseqüentemente as reações de fixação em relação ao produto em pó. A fixação do P proveniente do TSP em pó foi de 67% enquanto que o mesmo produto granulado foi de apenas 62%. A maior fixação de P observada no Yoorin+S comparada ao Yoorin-Mg, possivelmente foi causada pela presença do enxofre que diminui o efeito alcalinizante do produto, diminuindo o pH e aumento a fixação. Com relação ao TSP a menor fixação observada na forma granulada é justificada pela menor superfície de contato do grânulo com o solo (Figura 1).

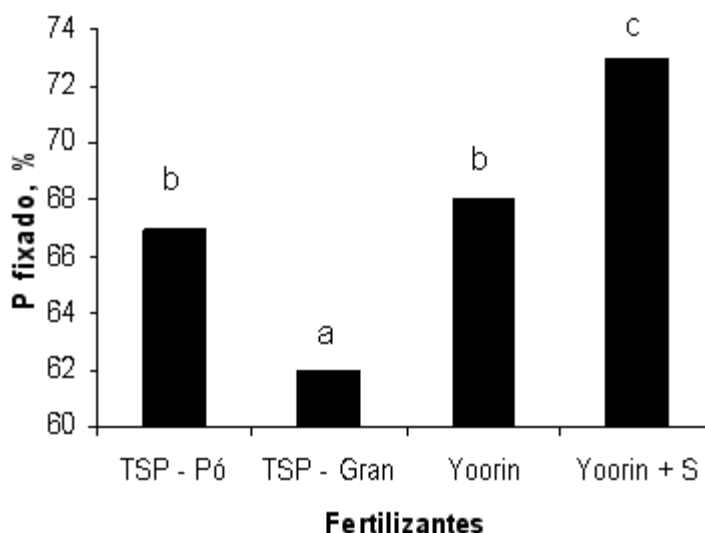


FIGURA 1. P fixado calculado com base no método do duplo ácido (Mehlich), na dosagem de 400 mg dm^{-3} .

O extrator resina se mostrou superior ao de Mehlich a 5% de probabilidade para o teste de Tukey, na dosagens de 200, 800, 3200 mg dm^{-3} de fósforo aplicados ao solo, enquanto que na dosagem de 400 mg dm^{-3} não foi observada diferença significativa entre os extratores. Na dosagem de 1600 mg dm^{-3} foi observada superioridade de extração pelo extrator de Mehlich, também com diferença

significativa entre os extratores, para o teste de Tukey a 5% de probabilidade. De maneira geral a porcentagem média total de fósforo recuperado pelo extrator resina foi superior 5% quando comparado à porcentagem média total obtida pelo método de Mehlich (Figura 2).

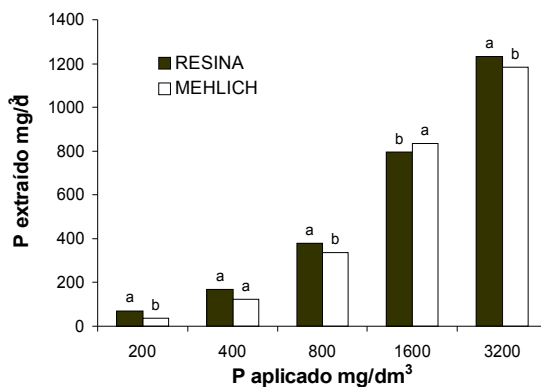


FIGURA 2. Media do fósforo extraído do solo após o período de incubação pela resina e Mehlich nas diferentes dosagens de fósforo (media das fontes)

As interações significativas para o teste F entre fontes e métodos nas dosagens utilizadas foram demonstradas nas figuras 3 e 4, que representam suas regressões polinomiais. O fósforo extraído por Mehlich sofreu efeito linear na utilização do TSP-PÓ, e quadrático para as demais fontes, conforme é possível observar na figura 3, sendo que a quantidade de fósforo extraído por Mehlich foi maior com a utilização do TSP-GRAN.

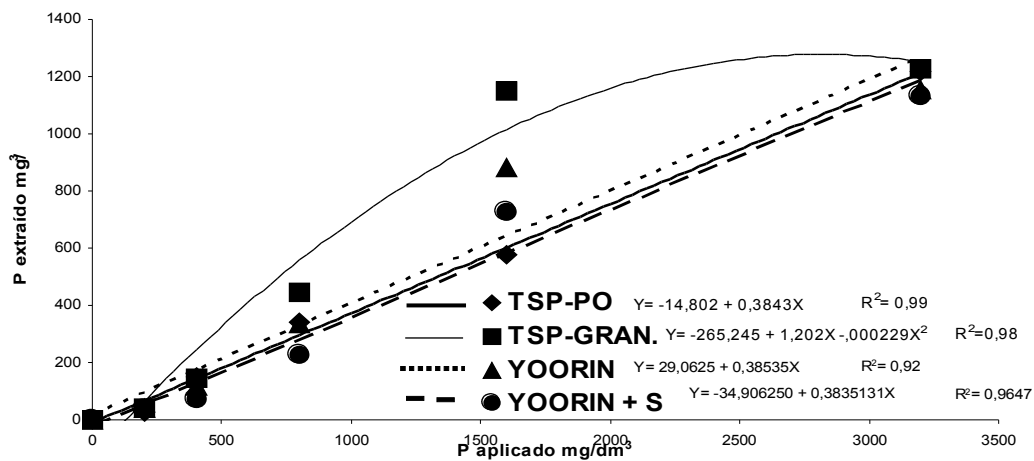


FIGURA 3. Regressão polinomial para fósforo recuperado por Mehlich, dentro das fontes, nas dosagens utilizadas.

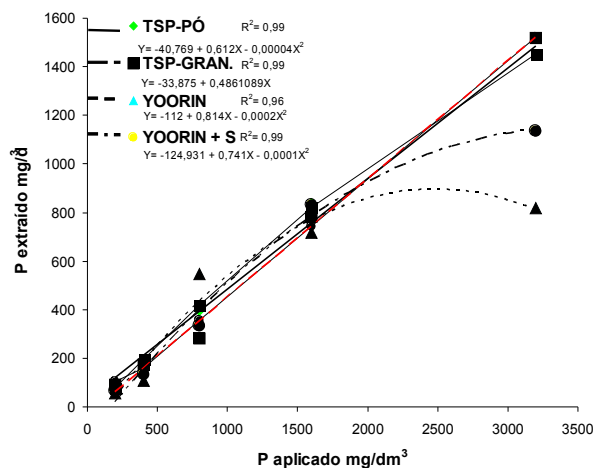


FIGURA 4. Regressão polinomial para fósforo extraído por resina, dentro das fontes e doses utilizadas.

O fósforo extraído por resina sofreu efeito quadrático com a utilização do YOORIN + S e YOORIN, para o TSP-GRAN. e TSP-PÓ este efeito foi linear. Os termofosfatos YOORIN e YOORIN + S se demonstram superiores nas dosagens de 400 e 800 mg dm⁻³, e apresenta comportamento peculiar, diferindo das fontes solúveis, onde nas dosagens mais elevadas é nítida a diminuição dos níveis de P extraídos por resina. A diminuição destes níveis possivelmente foi causada por uma incompleta solubilização destas fontes insolúveis nas dosagens mais elevadas, insolubilidade esta causada pelos elevados níveis de P aplicados e também possivelmente por um curto tempo de reação, o que impossibilita ao extrator resina retirar do solo estas fontes não reagidas e insolúveis, por não se tratar de um extrator ácido, figura 4. No entanto a não solubilização completa dos termofosfatos se restringe apenas às dosagens mais elevadas, uma vez que os níveis de P extraídos nestas dosagens estão próximos ou até mesmo superiores aos extraídos

das fontes solúveis, também, porque os termofosfatos causaram expressiva elevação no pH do solo, o que caracteriza a reação destes produtos. GAVA et al. (1997), estudando tempos de reação de termofosfatos num latossolo vermelho-escuro, observa que após 20 dias de reação as quantidades de P recuperadas sofrem pequenas oscilações atribuídas, às reações de adsorção e precipitação de P e à atividade microbiológica do solo (mineralização e imobilização).

A análise de fósforo extraído por (CaCl_2 0.005 M), demonstra que apenas na aplicação de dosagens muito elevadas é possível extrair fósforo prontamente disponível na solução do solo, na maioria dos tratamentos foram extraídos teores de fósforo iguais ou próximos a zero, por este motivo não foram feitas análises estatísticas, impossibilitando comparações.

O pH obtido do solo, relativamente as doses aplicadas em cada tratamento, sofreu aumentos concomitantes a elevação das dosagens aplicadas. Os termofosfatos MG- YOORIN e YOORIN MASTER foram as fontes que mais causaram elevação no pH do solo, sendo que no tratamento com MG-YOORIN foram observados os valores médios de pH mais elevados cerca de 12% superior ao YOORIN MASTER, figura 5.

A diferença no pH entre os termofosfatos e o superfosfato, possivelmente pode ter sido causada pela reação com o silicato de cálcio presente na formulação dos termofosfatos, composto este que tem grande efeito na elevação do pH do solo.

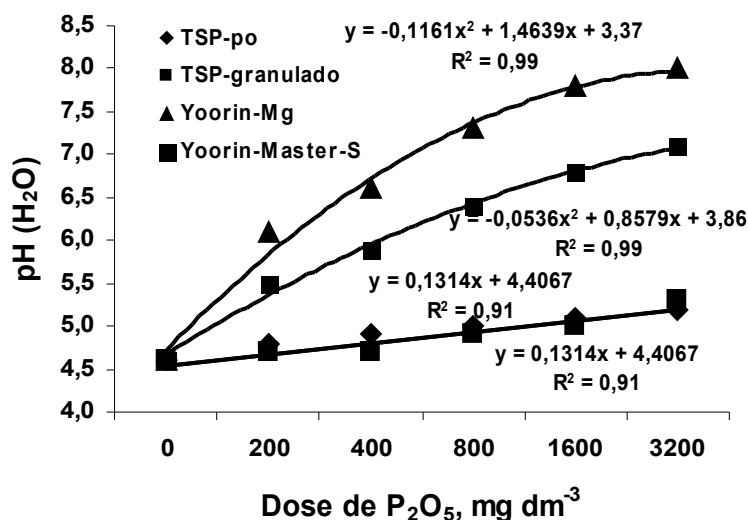


FIGURA 5. Efeito de fontes e doses de P sobre o pH (H₂O) do solo após o período de incubação.

Alguns adubos fosfatados deixam no solo um resíduo ácido, enquanto outros tendem a alcalinizá-lo. O superfosfato triplo quase não tem efeito na reação do solo porque se trata de uma fonte bem curada, se houver no produto acidez livre, a acidez do solo deverá aumentar. Os termofosfatos podem ter óxidos ou hidróxidos de cálcio livres os quais dão reação alcalina no meio (MALAVOLTA, 1981).

CONCLUSÕES

O método de extração por resina extraiu quantidades de fósforo superiores ao Mehlich.

Os fertilizantes fosfatados diferem entre si, com relação à fixação de P no solo.

As fontes de fósforo afetam significativamente o pH do solo sendo os termofosfatos as fontes de característica mais alcalinizante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA brasileira de pesquisa agropecuária. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. **Manual de métodos e análises de solo**. 1970. Rio de Janeiro.

FERNANDES, F. M. **Comparação de fontes e doses de adubos fosfatados na cultura da soja (Glycine max (L.) MERRIL), em solo de cerrado**. Piracicaba, ESALQ, 80 p. 1981.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45., 2000, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: UFSCar, 2000. p. 255

GAVA, J. L. et al. Eficiência relativa de fertilizantes fosfatados no crescimento inicial de eucalipto cultivado em solos de cerrado. **Revista brasileira de ciências dos solo**, Viçosa, 21: 497-504, 1997.

LANA, R. M. Q. **Fontes, doses e profundidade de aplicação do fósforo na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris (L.))**. Viçosa, UFV, 1988. 136 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.

NETO. J. X. de A. & SOBRINHO, M. O. C. do B. Fixação do fósforo em três solos sob cerrado de Goiás. **Revista brasileira de Ciências do Solo** 1:12-15, 1977.

NOVAIS, R. F. **Phosphorus supplyng capacity of previously reavily fertilized soils**. Raleigh, Noth Carolina State University. 1977. 153p.