

Scientia Agricola

Print version ISSN 0103-9016

Sci. agric. vol. 55 n. 2 Piracicaba May/Aug. 1998

<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161998000200003>

EFICIÊNCIA RELATIVA DE FONTES DE FÓSFORO DE DIFERENTES SOLUBILIDADES NA CULTURA DO ARROZ

L.H.I. NAKAYAMA^{1,5}; N.T. CACERES²; J.C. ALCARDE³; E. MALAVOLTA⁴

¹CEPLAC/SUPOR/SEPES, C.P. 1801, CEP: 66635-110 - Belém, PA.

²Dow Elanco, Rio Preto, São Paulo.

³ Depto. de Química-ESALQ/USP, C.P. 9, CEP: 13418-900 - Piracicaba, SP.

⁴Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, C.P. 9, CEP: 13400-970 - Piracicaba, SP.

⁵Bolsista do CNPq.

RESUMO: Foi realizado um experimento em casa de vegetação com arroz, para verificar se os fosfatos solúveis em ácido cítrico a 2% ou citrato de amônio apresentam a mesma eficiência agrônômica que os fosfatos solúveis em água e comparar a eficiência dos extratores de resina e Mehlich com a disponibilidade de fósforo no solo. As fontes testadas foram superfosfatos simples (SPS), multifosfato magnesiano (MFM), termofosfato magnesiano (TFM), fosfato de Araxá (FA) e fosfato de Gafsa (FG), nas doses de 0, 50 e 150mg P/dm³. Na dose de 50mg P/dm³ as fontes apresentaram índice de eficiência agrônômica (IEA), em relação ao SPS (IEA = 100%), de 106%, 98%, 95% e 16%, respectivamente para o MFM, TFM, FG e FA. Na maior dose (150 mg P/dm³) os IEA foram de 86%, 82%, 84% e 22% para as fontes na mesma ordem, sendo as três primeiras estatisticamente iguais ao SPS, demonstrando que os fosfatos solúveis em ácido cítrico ou citrato apresentaram eficiência agrônômica similar à de fosfatos solúveis em água. Comparando-se a resina

trocadora de íons e o extrator de Mehlich como extratores de P do solo, observou-se que a resina forneceu as melhores correlações entre o fósforo do solo e produção de matéria seca ($r = 0,82$ resina e $r = 0,08$ Mehlich) e quantidade de fósforo absorvido pelas plantas de arroz ($r = 0,89$ resina e $r = 0,15$ Mehlich).

Descritores: Arroz, fósforo, fontes, eficiência, extrator, *Oryza sativa*

RELATIVE EFFICIENCY OF PHOSPHORUS SOURCES OF DIFFERENT SOLUBILITY ON RICE PLANTS

ABSTRACT: A greenhouse experiment was conducted with rice aiming to evaluate the agronomic efficiency of phosphates soluble in citric acid 2% or ammonium citrate, as compared to the water soluble phosphates and to compare the efficiency between the extractors of resin and Mehlich with the available soil phosphorus. The sources tested were Simple superphosphate (SSP), Magnesium multiphosphate (MP), Magnesium thermophosphate (TP), Araxá rock phosphate (AP) and Gafsa rock phosphate (GP), at the rates of 0, 50 and 150 mg P/dm³. The agronomic efficiency indices (AEI) for the 50 mg rate were 106%, 98%, 95% and 16% respectively for MP, TP, GP when compared to a standard AEI of 100% for SSP. At the higher rate, AEI were, of the same order, 86%, 82%, 84% and 22%, the first three being statistically equivalent to SSP, showing similar efficiencies when compared to water-soluble phosphates. Furthermore, in comparing ion-exchange resin and Mehlich as soil phosphate extractors, the resin was observed to have a much better correlation between soil phosphorus and a) dry matter yield ($r = 0,82$ resin and $r = 0,08$ Mehlich) b) phosphorus uptake by rice plants ($r = 0,89$ resin and $r = 0,15$ Mehlich).

Key Word: rice, phosphorus, sources, efficiency, extrator, *Oryza sativa*

INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo de arroz predominante no Brasil é o de sequeiro. Aproximadamente 70% da produção é proveniente de regiões Centrais do país, abrangendo grande parte dos Estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso (Dall'acqua et al. 1976; Fageria & Barbosa Filho, 1981). Entretanto, essas zonas produtoras estão localizados em solos sob vegetação de cerrado, cuja produtividade está limitada a problemas de deficiências de alguns nutrientes, entre eles, o fósforo.

A deficiência de fósforo é um dos fatores que limita a produção agrícola nos solos ácidos. Nestes, o fósforo solúvel em água transforma-se em fosfato de ferro e fosfato de alumínio, que tornam-se não disponíveis as plantas.

Por outro lado, para a utilização adequada de diferentes fontes de fósforo, nesses solos, necessita-se de extratores que estimem com precisão o fósforo do solo que as plantas são capazes de absorver, e permitir identificar as formas extraídas.

Diversos trabalhos foram conduzidos no Brasil com o objetivo de avaliar a eficiência agronômica dos fosfatos naturais. Trabalhos de Dynia (1977), Feitosa et al. (1978), Korndorfer (1978), Braga et al., (1980), Goedert et al. (1990) e Coutinho et al. (1991) mostraram, além da baixa eficiência dos fosfatos naturais apatíticos em relação ao superfosfato triplo, a grande variabilidade desses fosfatos como fonte de fósforo para as plantas.

Inúmeros autores tem demonstrado a maior eficácia das rochas fosfatadas em condições de acentuada acidez. Goedert & Lobato (1980) estudaram a eficiência agronômica de onze fontes de fósforo num LE de cerrado e evidenciaram que a eficiência dos fosfatos naturais é maior com o aumento da acidez do solo. Blanco et al. (1965), trabalhando com o fosfato de Araxá, além de outros, em três condições de pH verificaram que na faixa de pH 4,7 - 5,0 houve melhor aproveitamento desses fosfatos.

Ao contrário dos fosfatos solúveis em água, a eficiência dos fosfatos naturais nacionais tem sido menor quando se faz a correção da acidez do solo através da calagem (Goedert & Lobato, 1980 e Cantaruti et al. 1981). Isto pode ser explicado, uma vez que os fosfatos naturais contém a fluorapatita que se decompõem em meio ácido para formar fosfato monocálcico e outros compostos solúveis.

Quanto ao tempo de reação dos fosfatos com os solos, resultados de Bragança (1979), Novais et al. (1980), Cabala & Santana (1983) e Novelino et al. (1985) mostraram que embora haja maior solubilização dos fosfatos naturais com o tempo de contato com o solo, essa reação nem sempre conduz a uma maior disponibilidade do fósforo para as plantas. Esses autores verificaram decréscimo na produção de matéria seca e fósforo acumulado pelas plantas, quando ocorreu maior tempo de contato dos fosfatos naturais com o solo.

Outros autores, trabalhando em condições de campo e casa de vegetação, verificaram o contrário, ou seja, a disponibilidade de fósforo para as plantas, proveniente de vários fosfatos naturais, aumentou com o tempo de reação entre fosfato e solo, tendo o superfosfato como referência (Gargantini et al. 1972; Gargantini & Soares, 1973; Yost et al. 1975; Souza, 1977; Cabala & Wild, 1982 e Goedert & Lobato, 1984). A divergência dos resultados é atribuída, por Novelino et al. (1985), ao critério utilizado para avaliar o efeito do tempo sobre a solubilidade dos fosfatos e disponibilidade de fósforo, tipo de solo, espécie de planta e as reações solo - fertilizantes.

A substituição do extrato ácido de P, em uso na rotina de análise de solo, pelo método da resina trocadora de ânions foi baseado no coeficiente de correlação (r) entre as quantidades de fósforo absorvida pelas plantas e os teores de fósforo no solo (Fixen & Grove, 1990; Silva, 1991). Os dados foram agrupados em função da reação do solo (pH), destacando-se o método da resina

trocadora de ânions, cujos valores de r foram no mínimo superiores a 68%, dando boa exatidão, o que não ocorreu com os demais extratores.

O fósforo solúvel em solução neutra de citrato de amônio indica a forma de fosfato bicálcico dos fertilizantes. Esse extrator solubiliza também escórias básicas, metafosfatos de cálcio e potássio, rocha fosfatada fundida, fosfatos de ferro e fosfatos de alumínio (Catani & Nascimento, 1952; Saucelli, 1965 e Malavolta et al. 1976).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a hipótese de que os fosfatos que apresentam alta proporção (75% ou mais) do seu P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% ou citrato neutro de amônio tem a mesma eficiência agrícola que os fosfatos solúveis em água. Como objetivo secundário, procurou-se correlacionar a eficiência de dois extratores (Mehlich e Resina) com a disponibilidade de fósforo no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, em Piracicaba - SP.

Foi utilizado amostras da camada superficial (0 a 20 cm), de um Latossolo Vermelho Amarelo Álico, proveniente do Município de São Pedro - SP, tendo as seguintes características químicas: matéria orgânica 29 g/dm^3 ; N = $1,0 \text{ g/dm}^3$; pH (CaCl_2 $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$) = 4,2; P (resina) = 2 mg/dm^3 ; K = 1,0; Ca = 2,5 e Mg = $1,0 \text{ mmol/dm}^3$; Cu (DTPA) = 2,0; Fe = 49; Mn = 47 e Zn = 14 mg/dm^3 ; SiO_2 = 26; Al_2O_3 = 41 e Fe_2O_3 = 21 %. Os vasos tinham capacidade para 2,0 kg de terra e as fontes de P_2O_5 testadas apresentavam as seguintes características ([TABELA 1](#)). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 11 tratamentos e três repetições.

TABELA 1							
Características dos produtos utilizados como fontes de P ₂ O ₅ .							
Fontes	P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ Solúvel	Ca	Mg	S	P ₂ O ₅ Sol/ P ₂ O ₅ Total	Natureza Física
	%						
Super simples	19	18 ⁽¹⁾	20	0	12	95	pó
Multifosfato	18	18 ⁽²⁾	18	3	11	100	aglomerado
Termofosf.	19	16 ⁽³⁾	20	9	0	84	pó
Fosf. Araxá	30	6 ⁽³⁾	29	0	0	20	pó
Fosf. Gafsa	30	13 ⁽³⁾	28	0	0	43	pó
(1) H ₂ O (2) Citrato de amônio (3) Ácido Cítrico							

Foram aplicadas doses de fósforo (50 e 150 mg P. Kg⁻¹ terra), calculados com base na percentagem de P total, dos seguintes adubos fosfatados: superfosfato simples, multifosfato magnésiano (Fosmag), termofosfato magnésiano, fosfato de Araxá e fosfato de Gafsa. Foi incluído um tratamento testemunha. A acidez do solo foi corrigida através da aplicação de calcário dolomítico (30% de CaO, 10% MgO e PRNT = 100%), na forma de suspensão, contendo 100g do produto por litro. A suspensão foi aplicada na dose de 20 ml por vaso, e durante o cultivo foram efetuadas adubações com nitrogênio, potássio, enxofre, boro, cobre e zinco.

A semeadura do arroz foi realizada utilizando-se 10 sementes por vaso da cultivar IAC 64, deixando-se posteriormente três plantas. Efetuou-se uma adubação básica de plantio comum a todos os tratamentos, com 356 mg de NH₄NO₃; 104 mg KCl; 161 mg CaSO₄. 2 H₂O; 184 mg MgCO₃; 11,8 mg H₃BO₃; 20 mg CuSO₄; 14,8 mg ZnSO₄. 7 H₂O. Após o plantio foram realizadas adubações de cobertura com nitrogênio e potássio fornecendo-se 150 mg de cada elemento por vaso.

Diariamente, os vasos com terra foram pesados e mantidos com umidade em torno de 60% da capacidade de campo através de regas.

As plantas de arroz foram conduzidas até a fase de emborrachamento (60 dias), sendo colhidas e suas partes separadas em parte aérea e raiz, lavadas, secas, pesadas, moídas e analisadas quimicamente segundo processos metodológicos descritos em Malavolta et al., 1989.

Antes do plantio e após o cultivo de arroz foram coletados amostras de terra de cada vaso e analisados quimicamente (Raij et al., 1987).

Os dados foram submetidos a análises da variância segundo o delineamento inteiramente casualizado, sem transformações de dados nas variáveis. A comparação das médias entre os tratamentos foi realizada com o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. A eficiência dos extratores foi avaliada através de análise de regressão, empregando-se como parâmetros de avaliação a disponibilidade do fósforo, a quantidade de P acumulado na parte aérea e a produção de matéria seca do arroz, correlacionando-os com o fósforo extraído do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de fósforo da amostra de terra utilizada é muito baixo ($2,0 \text{ mg/dm}^3$) facilitando com isso a ocorrência de respostas pela cultura à adição do elemento.

O extrator de Mehlich, por se tratar de um extrator ácido, possui a capacidade de extrair formas de fósforo do solo ligadas principalmente ao cálcio, que não estariam prontamente disponível às plantas. Os dados apresentados na [TABELA 4](#), mostram elevados teores de P no solo nos tratamentos que receberam fosfato natural de Araxá, principalmente na dose de 150 mg P/dm^3 .

O fósforo quantificado pelo extrator de Mehlich quando se aplicou termofosfato e fosfato de Gafsa, teve o valor inferior ao do fosfato natural de Áraxa. O valor expresso no multifosfato magnésiano foi menor e semelhante ao do superfosfato simples ([TABELA 2](#)).

A resina trocadora de íons é caracterizada como um extrator acidulado que simula as raízes dos vegetais na absorção de P do solo. Seu pH pouco abaixo da neutralidade propicia a extração de P ligado tanto a cálcio como a ferro e alumínio.

Através da [Figura 1](#), constata-se o baixo índice de correlação apresentado entre extração de P pela planta e o teor no solo indicado pelo extrator de Mehlich, apontam que este extrator de fósforo é inadequado, principalmente quando se utiliza o fosfato natural. Esta limitação do extrator de Mehlich tem sido observada e relatada por Goedert & Lobato, (1980); Raij et al., (1987).

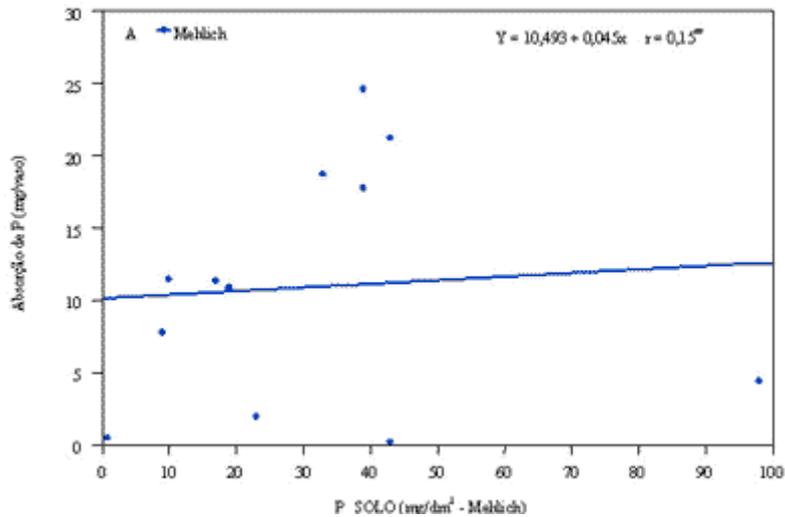


Figura 1 - Relação entre a quantidade absorvida de P (mg/vaso) pelas plantas de arroz (parte aérea + raízes) em função do teor no solo indicado pelo extrator de Mehlich.

Todos estes fatores mencionados confirmam a obtenção da melhor correlação entre os teores de P no solo indicados pelo extrator de resina e o acúmulo de fósforo na parte aérea e raízes ([Figura 2](#)), e para a produção de matéria seca das plantas de arroz ($r = 0,82^{**}$).

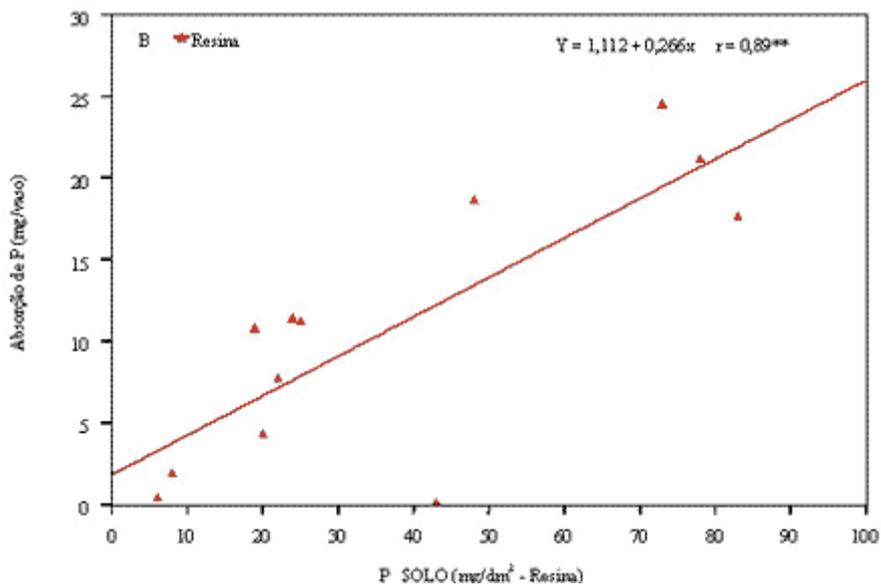


Figura 2 - Relação entre a quantidade absorvida de P (mg/vaso) pelas plantas de arroz (parte aérea + raízes) em função do teor no solo indicado pelo extrator de Resina.

Os conteúdos de fósforo tanto na parte aérea como na raiz variaram em função das doses aplicadas, excetuando para o fosfato natural que apresentou um

conteúdo baixo em ambas as doses. Já a quantidade de P absorvida tanto pela parte aérea como pela raiz do arroz foi bastante diferente para as doses e fontes de fósforo aplicadas ([TABELA 3](#)).

Na [TABELA 4](#), são apresentados os dados de produção da matéria seca (raiz + parte aérea) em função das diferentes doses e fontes fosfatadas. A extração cresceu em todas as fontes da dose 50 para 150 mg P/dm³, contudo, comparando-se as fontes nas mesmas doses, só houve diferenças significativas entre o fosfato de Araxá e as demais fontes, nas doses testadas ([TABELA 4](#)).

Fontes	Dose (mgP/dm ³)	Mehlich		Resina	
		Antes plantio	Após colheita	Antes plantio	Após colheita
Testemunha	0	0,5	0,8	4	6
SPS	50	13	9	27	22
	150	55	39	129	83
Fosmag	50	12	10	45	24
	150	49	39	155	73
Termofosfato	50	17	19	26	19
	150	30	33	64	48
Fosf. Araxá	50	13	23	9	8
	150	49	98	19	20
Fosf. Gafsa	50	21	17	49	25
	150	55	43	111	78

TABELA 3						
Teores de P no tecido vegetal (parte aérea + raízes) de plantas de arroz e extração do elemento em função de doses e fontes fosfatadas.						
Fontes	Doses	P- aérea	Teor P (%) raiz	Quantidade de P absorvido (mg P/vaso)		
	mg P/dm ³			P- aérea	raiz	total
Test.	0	0,037	0,030	0,29	0,18	0,47
SPS	50	0,111	0,65	5,76	2,00	7,76
	150	0,237	0,090	13,04	4,69	17,73
Fosmag.	50	0,101	0,060	9,68	1,79	11,47
	150	0,183	0,095	20,64	3,92	24,56
Termof.	50	0,104	0,065	8,61	2,22	10,83
	150	0,163	0,080	16,22	2,47	18,69
F. Araxá	50	0,063	0,060	1,20	0,73	1,93
	150	0,097	0,070	3,29	1,09	4,38
F. Gafsa	50	0,114	0,065	9,09	2,21	11,30
	150	0,167	0,080	17,45	3,74	21,19

TABELA 4 - Produção de matéria seca de plantas de arroz (g/vaso) em função das fontes de P para cada dose testada.			
Fonte	Dose (mg P/dm ³)		
	0	50	150
Testemunha	1.39	-	-
SPS	-	11.94 A ⁽¹⁾	17.75 A
Multifosfato	-	12.56 A	15.40 A
Termofosfato	-	11.69 A	13.04 A
Fosfato de Araxá	-	3.12 B	4.94 B
Fosfato de Gafsa	-	11.38 A	15.12 A

(1) Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferiu entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

As diferenças entre os fosfatos de Araxá e de Gafsa podem ser atribuídas as suas constituições, pois, enquanto o fosfato de Araxá é um fosfato apatítico com pequeno grau de substituição em sua estrutura cristalina e baixa eficiência para as culturas anuais, conforme demonstram Goedert & Lobato (1980), Goedert & Lobato (1984) e Goedert et al. (1990). O fosfato de Gafsa apresenta alto grau de substituição do PO_4^{3-} pelo CO_3^{2-} sendo portanto mais facilmente solubilizado (Bennet et al. 1957), além de apresentar solubilidade mediana em ácido cítrico (Alcarde & Ponchio, 1979).

Quanto ao termofosfato, a alta solubilidade pode ser explicada pelo aquecimento e destruição da estrutura cristalina da apatita e na transformação de sílico-fosfato de cálcio.

Com base nos dados apresentados na [TABELA 4](#), pode-se calcular o índice de eficiência agronômica das diferentes fontes fosfatadas, considerando-se o superfosfato simples como padrão, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{IEA} = \frac{(\text{Prod. fonte testada}) - (\text{Prod. test.})}{(\text{Prod. SPS}) - (\text{Prod. test.})} \cdot 100$$

Os IEA percentuais obtidos na dose de 50 mg P/dm³ foram de 106, 98, 95, e 16% para multifosfato magnésiano, termofosfato, fosfato de Gafsa e fosfato de Araxá, respectivamente, e na dose de 150 mg P/dm³ os IEA foram de 86, 82, 84, e 22%, para as fontes na mesma ordem anterior ([Figura 3](#)). Em termos de eficiência agronômicas, existem similaridades entre as fontes de fósforo solúveis tanto em ácido cítrico a 2,0 % (termofosfato e fosfato de Gafsa) ou citrato de amônio (multifosfato magnésiano) como em água (superfosfato simples) em qualquer dose de fósforo.

Observa-se também que na menor dose de P, com exceção do fosfato de Araxá, as demais fontes tiveram o IEA maior ou próximo do padrão. Em parte, tal fato se deve a utilização do superfosfato simples na forma de pó, pois a redução do tamanho do grânulo de fonte solúveis em água, aumenta o contato com o solo e as reações de adsorção.

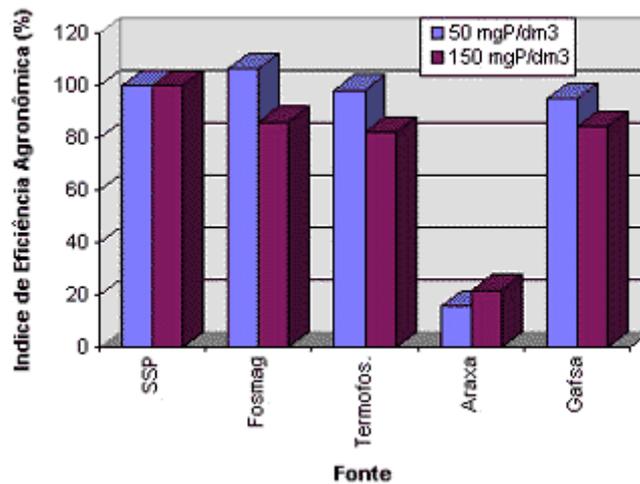


Figura 3 - Índice de eficiência agrônômica das fontes fosfatadas tendo como fonte padrão o superfosfato simples.

CONCLUSÕES

- As fontes de fósforo solúveis em ácido cítrico a 2% (fosfato de Gafsa e termofosfatos) e em solução neutra de citrato de amônio (multifosfato magnésiano) possuem eficiência agrônômica equivalente ao superfosfato simples que é totalmente sóluvel em água.
- A resina trocadora de íons expressa melhor os teores de P do solo, em comparação com extrator de Mehlich, principalmente quando uma fonte fosfatada insolúvel em água é aplicada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a participação de V. M. Silva; M.A. de S. Guilherme; M.H. Borges; F. C. da Silva; R.M. Pfeifer; R.J.M. Marcondes e N. P. de S. Falcão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C.; PONCHIO, C.O. A ação solubilizante das soluções de citrato de amônio e de ácido cítrico sobre fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.173-178, 1979. [[Links](#)]

BENNET, O.L.; ENSMINGER, L.E.; PEARSON, R.W. The availability of phosphorus in various sources of rock phosphate as shown by greenhouse studies. **Proceedings Soil Science Society of America**, v.21, p.521-524, 1957. [[Links](#)]

BLANCO, H.G.; VENTURINI, W.R.; GARGANTINI, H. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo, para trigo, em estudo de efeito residual para a soja. **Bragantia**, v.24, p.261-290, 1965.

[[Links](#)]

BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; FEITOSA, C.T. et al. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n.1, p.36-39, 1980. [[Links](#)]

BRAGANÇA J.B. Solubilidade do fosfato de Araxá em diferentes tempos de incubação, em solos com diversos níveis de alumínio trocável. Viçosa, 1979. 69p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. [[Links](#)]

CABALA, F.P.; SANTANA, M.B.M. Disponibilidade e diagnose de fósforo pela análise química do solo com referência ao Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.109-118, 1993. [[Links](#)]

CABALA, F.P. & WILD, A. Direct use of low grade phosphate rock from Brasil as fertilizer. I Effect of reaction time in soil. **Plant and Soil**. v.65, p.351-362, 1982. [[Links](#)]

CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F. et al. .L. Época de aplicação de fosfato natural em relação à calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.129-133, 1981. [[Links](#)]

CATANI, R.A.; NASCIMENTO, A.C. Solubilidade de alguns fosfatos naturais. **Revista de Agricultura**, v.26, n.9, p.149-168, 1952. [[Links](#)]

COUTINHO, E.L.; NATALE, W.; VILLA NOVA, A.S. et al. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.9, p.1393-1399, 1991. [[Links](#)]

DALL'ACQUA, F.M.; KUSSOW, W.R.; MORAIS, J.F.V. et al. Arroz no cerrado. / Apresentado no 4. Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, 1976. [[Links](#)]

DYNIA, J.F. Efeito do pH e da capacidade de retenção de fósforo dos solos na eficiência de adubos fosfatados. Porto Alegre. 1977. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [[Links](#)]

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência de absorção do fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, n.6, p.777-782. 1981. [[Links](#)]

FEITOSA, C.T.; RAIJ, B. van; DECHEN, A.R. et al. Determinação preliminar da deficiência relativa de fosfato, para trigo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, n.3, p.193-195, 1978. [[Links](#)]

FIXEN, P.E.; GROVE, J.H. Testing soil for phosphorus. In: WESTERMAN, R.L., (Ed.) **Soil testing and plant analysis**. 3.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.141-180. [[Links](#)]

GARGANTINI, H.; SOARES, E. Efeitos de diversos fertilizantes fosfatados na produção de trigo cultivado em vasos. **Bragantia**, v.32, n.9, p.193-200, 1973. [[Links](#)]

GARGANTINI, H.; FEITOSA, C.T.; IGUE, T. Efeito de diferentes fertilizantes fosfatados em diversas condições de acidez do solo, na produção do trigo em vasos. **Bragantia**, v.31, n.1, p.109-116, 1972. [[Links](#)]

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.3, p.311-318, 1980. [[Links](#)]

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfato em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.97-102, 1984. [[Links](#)]

GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUZA, D.M.G. Eficiência agronômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p.521-530, 1990. [[Links](#)]

KORNDORFER, G.H. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre, 1978. 61p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [[Links](#)]

MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J.C.; PONCHIO, C.D. **Em torno da solubilidade dos fosfatos naturais**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1976. 39p. [[Links](#)]

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p. [[Links](#)]

NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; MARTINS FILHO, C.A. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.153-155, 1980. [[Links](#)]

NOVELINO, J.O.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. et al. Solubilização de fosfato de Araxá, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco latossolos, na presença e na ausência de calagem. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v.9, p.13-22, 1985. [[Links](#)]

RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química do solo para fins de Fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p. [[Links](#)]

SAUCHELLI, V. **Phosphate in agriculture**. New York: Reinold Publishing, 1965. 277p. [[Links](#)]

SILVA, F.C. da. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar, por extratores. Piracicaba. 1990. 164p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. [[Links](#)]

SOUZA, J. Fosfatos naturais como fonte de fósforo, em diferentes períodos de incubação em dois solos. Viçosa, 1977. 55p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa. [[Links](#)]

YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V. Residual effects of phosphorus application. In: NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. **Agronomic: economic research on tropical soil**; anual report for 1975. Raleigh, 1975. p.26-32. [[Links](#)]

Recebido para publicação em 20.02.97

Aceito para publicação em 10.03.98