

# EFEITO DO FOSFATO-DE-ARAXÁ E SUPERFOSFATO SIMPLES EM ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E DO FÓSFORO RESIDUAL DISPONÍVEL EM UM SOLO OXIC PALEUDALF<sup>1</sup>

SEGUNDO URQUIAGA C.<sup>2</sup>, K. REICHARDT<sup>3</sup> e P.L. LIBARDI<sup>4</sup>

**RESUMO** - Utilizando-se amostras superficiais de solo (TRE, Oxic Paleudalf) da área da Estação Agrometeorológica da ESALQ/USP (Piracicaba, SP), que havia recebido durante um período de três anos adubações de 6 t/ha de fosfato-de-araxá (34,6% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ou 1,2 t/ha de superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em três culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca, realizou-se o presente trabalho em casa-de-vegetação, empregando-se a mesma cultura. O objetivo foi o de avaliar o efeito destes adubos em algumas características físico-químicas do solo e o efeito residual de P, pelos métodos do valor "A" e o de Olsen. Os resultados obtidos indicaram que o fosfato-de-Araxá (48,4% CaO), embora aplicado em alta dose, não afetou significativamente a reação do solo. Por outro lado, tanto o fosfato-de-Araxá, como superfosfato simples, incrementaram o Ca<sup>2+</sup> trocável em - 0,5 mE/100 g. A curto prazo (menos de três anos), a resposta de fosfato-de-araxá como adubo fosfatado correspondeu ao seu teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 2% (4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e não a seu teor total. Pelo valor "A" (usando-se KH<sub>2</sub><sup>32</sup>PO<sub>4</sub>), o efeito residual do superfosfato simples (108,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) foi similar ao do fosfato-de-araxá (136,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), significativamente maior que o teor natural de P do solo (54,0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). A avaliação do P disponível do solo, com ou sem adubo, pelo método de Olsen, teve uma eficiência de 64 e 94% em relação ao valor "A", respectivamente.

Termos para indexação: valor "A", efeito residual de fosfatos, fosfato natural, feijão.

## EFFECT OF ARAXÁ ROCKPHOSPHATE AND SIMPLE SUPERPHOSPHATE ON SOME PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES AND ON THE AVAILABLE RESIDUAL P OF AN OXIC PALEUDALF

**ABSTRACT** - The experiment was developed using surface soil samples (TRE, Oxic Paleudalf) from the Experimental Field Station of ESALQ, located in Piracicaba, SP, Brazil. This soil had received during the period of three years 6 ton/ha of Araxá rockphosphate (34,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) or 1,2 ton/ha of simple superphosphate (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) while three crops of beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) were grown. This greenhouse experiment had the objective of evaluating the effect of these fertilizer applications on some physico-chemical properties of the soil, and also study the residual P effect through the Olsen and "A" value methods. Results indicate that Araxá rockphosphate (48,4% CaO), although applied at high rate, did not affect soil reaction. On the other hand, both fertilizers increased the exchangeable Ca<sup>2+</sup> level approximately 0,5 mE/100 g. In short term (less than three years), the response of Araxá rockphosphate corresponded to its 2% citric acid soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content (4%) rather than to its total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content. Through "A" values (using KH<sub>2</sub><sup>32</sup>PO<sub>4</sub>) it was shown that the residual effect of simple superphosphate (108.6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) was similar to the Araxá rockphosphate (136.6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), but these were significantly greater than the natural P content of the soil (54.0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). The evaluation of available P in the soil (with and without fertilizer) by Olsen's method, had an efficiency of 64 and 94% (respectively) as compared to the "A" value method.

Index terms: "A" values, residual effect of phosphate, natural phosphate, bean.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 2 de setembro de 1981. Contribuição do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Piracicaba, SP, Brasil, subvencionada pela FINEP Projeto IF.866 e CNEN. Trabalho apresentado no Seminário Regional sobre o Uso de Técnicas Nucleares em Estudos das Relações Solo-Planta-Atmosfera, organizado pelo CIEN/CNEN, de 06 a 10 de abril de 1981, em Piracicaba, SP.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Bolsista da AIEA/CNEN/CENA, Docente da Universidade Nacional Agrária La Molina, Lima, Peru.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Professor Adjunto do DFM/ESALQ/USP, Pesquisador do CENA e Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesquisador do CENA/USP e Bolsista do CNPq.

## INTRODUÇÃO

As áreas tropicais do mundo são caracterizadas como as de mais baixa fertilidade em virtude do avançado grau de intemperização (Ultissolos e Oxisolos), causa da sua pobreza em fósforo, um dos nutrientes mais limitantes à produção. A América do Sul, entretanto, com sua grande área tropical, conta, felizmente, com minas de fosfatos naturais, como as localizadas no Brasil (Araxá, Olinda, Jacupiranga, Patos, Pirocoa e outras), Venezuela (Rüecoy, Táchira), Chile (Los Choros, Atacama, Jongoy) e Peru (Bayovar), alcançando reservas de 300; 13; 6-7 e 590 milhões de toneladas, respectivamente (Harrington

et al. 1966 e Fassbender 1967). A maior parte destes fosfatos é usada para elaborar superfosfatos (100% solúveis) e, em menor quantidade, para aplicação direta em solos muito ácidos, pobres em fósforo e em culturas perenes, principalmente.

Na última década, têm-se intensificado as pesquisas para determinar a possibilidade do uso direto desses fosfatos naturais, uma vez que nem sempre foram encontradas respostas favoráveis. Isto parece ser devido, fundamentalmente, à estabilidade (natureza) do fosfato (responsável direto pela solubilidade), às condições de solo (pH, textura, umidade etc.), e às culturas utilizadas (Bennet et al. 1954; Hagin & Berkovits 1961; Fassbender 1967; Villagarcia 1975; Villagarcia et al. 1976, 1978a, b; Doll & Hammond 1977).

No Brasil, a maioria dos fosfatos são metamórficos (v.g. o fosfato-de-Araxá), de alta estabilidade e, portanto, de baixa solubilidade; isto pode ser uma das razões pela qual o seu emprego direto não tem produzido rendimentos satisfatórios a curto prazo (Blanco et al. 1975; Gargantini et al. 1972 e Feitosa et al. 1978).

A eficiência fertilizante de um fosfato natural é avaliada, tradicionalmente, pelo seu efeito residual, recomendando-se (dependendo da cultura) um mínimo de observação de três a cinco anos, a curto prazo, e de dez anos, a longo prazo (Engelstad et al. 1972, 1974). O tempo de reação do fosfato no solo é importante para aumentar a sua solubilidade (disponibilidade) sendo isto mais importante para fosfatos de alta estabilidade (Engelstad 1972; Hammond 1977 e Villagarcia et al. 1974).

Para avaliar a disponibilidade de fósforo do solo e do fertilizante, o conceito do valor "A" desenvolvido por Fried & Dean (1952), mediante o uso de fósforo marcado, apresenta-se como uma metodologia adequada.

Neptune & Muraoka (1978) realizaram um resumo dos principais fatores que afetam a determinação do valor "A".

No presente trabalho, é avaliado o efeito do fosfato-de-araxá e superfosfato simples (depois de três anos de sua aplicação no campo) em algumas características físico-químicas do solo e o efeito residual destes fertilizantes, por meio dos métodos do valor "A" e Olsen.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação CENA/USP, Piracicaba, SP, no período de 26.3.1980 a 30.4.1980.

As amostras de solo utilizadas foram a da superfície de uma Terra Roxa Estruturada (Oxic Paleudalf) da Esta-

ção Agrometeorológica da ESALQ/USP, que recebera, por três anos consecutivos, em culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Carioca, aplicações de fosfato-de-araxá e superfosfato simples, no sulco, numa dose de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, em função de sua solubilidade em ácido cítrico 2%; fosfato-de-araxá de 34,6% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total (4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel) e superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel).

A amostragem foi feita nos 15 cm superficiais das parcelas que receberam os tratamentos de fosfato, além da testemunha (que não recebeu adubo algum).

As amostras de solo foram deixadas secar à sombra, passadas em peneira de malha 10, de 2 mm de diâmetro (TFSA) e colocadas em vaso plástico (3 kg/vaso). As amostras foram caracterizadas físico-quimicamente, conforme Tabela 1.

Os nutrientes aplicados foram:

1. **Macronutrientes:** 100 ppm de N (uréia), 100 ppm de P (15  $\mu$ Ci <sup>32</sup>P/vaso), 126,3 ppm de K e 20 ppm de Mg (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O). O P e K foram aplicados com o KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (reagente analítico).

2. **Micronutrientes:** 1 ppm de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 2 ppm de Cu (CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), 5 ppm de Fe (FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O), 2 ppm de Mn (MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O), 0,5 ppm de Mo (MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), 5 ppm de Zn (ZnCl<sub>2</sub>).

Os macronutrientes foram aplicados na semeadura em solução (75 ml/vaso), fracionados e localizados em três profundidades (25 ml em cada uma). Os micronutrientes também foram aplicados ao solo em solução, porém, dez dias após a germinação (10.4.1980).

A cultura utilizada no experimento foi também feijão da mesma cultivar anteriormente mencionada. Foram semeadas quatro sementes por vaso e, após emergência, deixadas duas plantas por vaso. A irrigação foi controlada utilizando-se água destilada; também controlou-se a sanidade da cultura, e o seu crescimento foi normal.

Empregou-se o delineamento completamente ao acaso, com oito repetições para os tratamentos do fosfato e três repetições para a testemunha.

A colheita foi feita em 30.4.1980, coletando-se somente a parte aérea, a qual, logo após secada em forno a 65°C por 48 horas, foi moída e passada por peneira de malha nº 40. As amostras moídas foram atacadas com solução nítra-perclórica (Johnson & Ulrich 1959), em cujo extrato analisaram-se fósforo total e atividade de <sup>32</sup>P pelo efeito Cerenkov, utilizando-se o sistema cintilador líquido Beckman LS-230 (Nascimento Filho & Lobo 1977).

Os parâmetros avaliados foram:

1. Análise de algumas características físico-químicas do solo em estudo; e
2. disponibilidade de P do solo e efeito residual do fosfato-de-araxá e superfosfato simples, por meio dos métodos do valor "A" e o de Olsen.

Os cálculos do valor "A" baseiam-se no fato de que na sua avaliação as quantidades medidas podem ser adicionadas ou subtraídas (Fried & Dean 1952). A fórmula matemática, na sua forma geral, para o cálculo do valor "A", é a seguinte:

$$A_1 = \frac{B(1 - Y_1)}{Y_1}$$

TABELA 1. Resultados da determinação<sup>3</sup> de algumas características físico-químicas das amostras de solo empregadas na avaliação do efeito residual de duas fontes de P.

Tratamento	Amostra <sup>1</sup>	pH (1:2,5)	P Olsen (ppm)	Cátions trocáveis (m.E./100 g)					Bases H <sup>+</sup> (%)	
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
Super- fosfato simples	I	5,00	39	2,64	0,59	0,50	0,18	0,2	5,6	40
	II	4,79	28	2,18	0,52	0,35	0,18	0,3	6,0	34
	III	4,92	39	2,46	0,52	0,41	0,20	0,1	5,1	41
	IV	4,71	22	2,18	0,50	0,40	0,18	0,3	4,8	39
	V	5,00	22	2,55	0,54	0,44	0,19	0,1	5,3	40
	VI	4,70	26	1,91	0,44	0,36	0,19	0,5	5,8	32
	VII	5,57	22	3,09	0,82	0,65	0,23	0,1	3,3	58
	VIII	5,15	39	2,73	0,56	0,46	0,23	0,2	5,2	42
	Média	4,98	29,6	2,47	0,56	0,45	0,20	0,2	5,1	41
Fosfato- -de- -araxá	I	5,02	28	2,64	0,43	0,58	0,22	0,1	5,3	42
	II	5,00	22	2,73	0,44	0,56	0,21	0,1	5,4	42
	III	5,10	26	2,77	0,53	0,54	0,22	0,1	5,4	42
	IV	5,50	22	3,27	0,75	0,47	0,23	0,1	4,7	50
	V	4,95	33	2,09	0,42	0,56	0,22	0,2	6,2	34
	VI	5,13	33	2,73	0,53	0,68	0,21	0,1	5,4	43
	VII	4,95	22	2,82	0,52	0,41	0,20	0,2	5,7	39
	VIII	5,17	28	3,09	0,64	0,52	0,23	0,1	5,0	47
	Média	5,10	26,7	2,77	0,53	0,54	0,22	0,1	5,4	42
Test. XVII <sup>2</sup>		5,13	11,0	2,18	0,62	0,50	0,20	0,1	4,1	45

<sup>1</sup> Amostras depois de três aplicações de fósforo (em três anos) no campo e antes do presente ensaio. Equivale às repetições do ensaio.

<sup>2</sup> Média de três amostras testemunhas.

<sup>3</sup> Análises feitas de acordo com o "Manual de Métodos e Análise de Solo", EMBRAPA (1979), com exceção do P (Olsen & Dean, 1965).

para P disponível no solo, e

$$A_1 + A_2 = \frac{B(1 - Y_2)}{Y_2}$$

para P disponível no solo + fertilizante, onde:

A<sub>1</sub> = quantidade de P disponível no solo (P natural).

A<sub>2</sub> = quantidade de P disponível no fertilizante

B = quantidade de P aplicado como padrão (<sup>32</sup>P)

Y<sub>1</sub> e Y<sub>2</sub> = proporções de P na planta derivada do padrão (Y = S<sub>p</sub>/S<sub>f</sub>), onde S = atividade específica (cpm/gP) na planta (S<sub>p</sub>) e no fertilizante-padrão (S<sub>f</sub>).

Desta forma:

$$(A_1 + A_2) - A_1 = A_2 = \frac{B}{Y_2} - \frac{B}{Y_1}$$

dá a quantidade de P disponível do fertilizante em termos do padrão. Assim, algumas fontes de P podem ser comparadas (Nagarajah et al. 1979; International Atomic Energy Agency 1976).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados de algumas características físico-químicas das amostras-testemunhas e aqueles das amostras que receberam por três anos aplicações anuais de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, como

fosfato-de-araxá (4%  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 2%) e supersimples (20%  $P_2O_5$  total e solúvel). Isto equivale, portanto, a doses de 6.000 a 1.200 kg/ha (três anos) destes adubos, respectivamente. Observa-se que, não obstante ter sido aplicada grande quantidade de adubo (fosfato-de-araxá), as características físico-químicas estudadas sofreram pouca variação, a não ser no teor de  $Ca^{2+}$  trocável.

A reação dos solos, apesar da aplicação de 6.000 kg de fosfato-de-araxá com 48,4% de CaO (Fassbender 1967), equivalente, portanto à aplicação de 1.904 kg CaO/ha (ou 5.185 kg de  $CaCO_3$ /ha), não variou em relação à testemunha. Isto indica que o fosfato-de-araxá não manifestou seu efeito de calagem devido à sua baixa solubilidade ligada à sua natureza metamórfica (alta estabilidade) (Fassbender 1975). Esta baixa solubilidade afeta bastante sua ação como fertilizante, que é a razão principal de seu uso.

O superfosfato simples, apesar da quantidade aplicada ter sido 1/5 da do fosfato natural, teve a tendência de abaixar o pH (de 5,13 para 4,98), o que pode ser devido à sua alta solubilidade, que causaria liberação dos resíduos ácidos, produto de sua elaboração.

Quanto ao  $Ca^{2+}$  trocável, aumentou em média 20% (± 0,5 m.E./100 g), não havendo diferenças entre efeitos das fontes de adubos fosfatados. Para que isto tenha ocorrido, o fosfato-de-araxá teve que liberar uma quantidade de cálcio semelhante à que liberou os 1.200 kg de superfosfato simples (18%  $Ca^{2+}$ ), para o que devem ter sido solubilizados aproximadamente 690 kg de fosfato-de-araxá ou 11,6%, aproximadamente, de fosfato natural aplicado (6 t/ha). Esta baixa solubilidade tem de ser levada em conta para o uso deste fosfato a curto prazo (menor que três anos), se é que seu uso ainda assim é economicamente viável.

Quanto ao P disponível pelo método de Olsen (Olsen & Dean 1965), não se encontraram diferenças significativas entre os solos adubados com superfosfato simples (29,6 ppm de P ou 136 kg de  $P_2O_5$ /ha) e fosfato-de-araxá (26,7 ppm de P ou 123 kg  $P_2O_5$ /ha), superando ambos a testemunha (11,0 ppm de P ou 51 kg de  $P_2O_5$ /ha) em mais que o dobro, evidenciando o efeito residual dos adubos e a relativa baixa fixação de fósforo pelo solo, possivelmente pelas contínuas aplicações feitas em culturas anteriores.

A semelhança de efeitos entre estes fosfatos, apesar de terem sido aplicados na razão de 8,6:1 de  $P_2O_5$ , para fosfato-de-araxá e superfosfato simples, respectivamente, evidencia, uma vez mais, a baixa solubilidade do fosfato natural, a qual poderia ser quantificada da seguinte maneira: assumindo que o superfosfato simples é totalmente solúvel, para que o fosfato-de-

-araxá libere os 240 kg de  $P_2O_5$  aplicados como o primeiro, teria que solubilizar os seus 4% de  $P_2O_5$  aplicados.

Portanto, existe coincidência com sua solubilidade em ácido cítrico a 2%. Isto deve ser levado em conta para seu uso direto e a curto prazo; caso contrário, as aplicações, em função do seu teor de P total (34,6%  $P_2O_5$ ) para níveis recomendados com fosfatos solúveis, produziriam rendimentos muito baixos. Isto pode explicar, em parte, as baixas respostas encontradas por Blanco et al. (1975), Viegas et al. (1970) e Gargantini et al. (1972).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados de rendimento do feijão (matéria seca), concentração (% P) e absorção total de P/vaso na avaliação do efeito residual de fosfato-de-araxá e superfosfato simples, usando 100 ppm de P como adubo-padrão ( $KH_2^{32}PO_4$ ). Não se encontraram diferenças significativas nos três parâmetros acima citados para os três tratamentos (testemunha e adubados), indicando que a adubação-padrão aplicada foi suficiente para assegurar, pelo menos, um crescimento normal da cultura, condição necessária para reduzir a variação na avaliação da disponibilidade de P no solo pelo método do valor "A", como recomendam numerosos autores citados por Neptune & Muraoka (1978).

Nas Tabelas 3 e 4, apresentam-se os resultados de disponibilidade de P do solo e o efeito residual de fosfato-de-araxá e superfosfato simples, usando como índice o valor "A". Encontrou-se um efeito residual significativo da adubação fosfatada equivalente a uma média de 123 kg de  $P_2O_5$ /ha de fósforo disponível (2,3 vezes maior que o fósforo natural do solo). Ambas as fontes de fosfato (araxá e superfosfato simples) tiveram efeitos similares. Estes resultados demonstram, uma vez mais, que, nas condições de ensaio, a resposta a curto prazo (ou pelo menos em três anos) do fosfato-de-araxá obedeceu mais à sua solubilidade em ácido cítrico (4%  $P_2O_5$ ) e não a seu conteúdo do total de fósforo (34,6%  $P_2O_5$ ).

Na Tabela 5, apresenta-se uma comparação entre a disponibilidade de P do solo avaliado pelo índice do valor "A" e pelo método de Olsen, onde se observa claramente que ambos os métodos tiveram uma alta eficiência discriminatória do teor de P no solo (condição necessária dos métodos de determinação do teor de nutrientes do solo) e que o método de Olsen teve uma eficiência de 64 a 94% na avaliação do P disponível em relação ao índice do valor "A".

**TABELA 2.** Rendimento, concentração e absorção de P pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar carioca, na determinação da disponibilidade de P. Adubação de P: 100 ppm P,  $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$  (15  $\mu\text{Ci}^{32}\text{P}$ /vaso).

Repetição	g m. seca/vaso			% P (m. seca)			$P_{\text{abs}}^1$ (mg P/vaso)		
	S. simples	F. araxá	Test.	S. Simples	F. araxá	Test.	S. simples	F. araxá	Test.
I	11,6	9,4	10,1	0,20	0,20	0,21	23,2	18,8	21,2
II	8,8	11,4	9,5	0,20	0,21	0,21	17,2	23,9	19,1
III	8,3	7,4	10,0	0,18	0,26	0,20	14,9	19,2	20,0
IV	10,9	11,9	-	0,19	0,19	-	20,7	22,6	-
V	10,5	9,8	-	0,18	0,19	-	18,9	18,6	-
VI	9,2	10,2	-	0,19	0,20	-	17,5	20,4	-
VII	10,0	8,7	-	0,19	0,19	-	19,0	16,5	-
VIII	9,2	8,2	-	0,19	0,21	-	17,4	17,2	-
Médias	9,81	9,62	9,9	0,20	0,21	0,21	19,5	19,7	20,1
C.V.		13%			8%			12%	
F		N.S.			N.S.			N.S.	

<sup>1</sup> Corresponde ao P total absorvido do solo (nativo), efeito residual e do P do padrão empregado.

**TABELA 3.** Resultados gerais da determinação do P disponível num solo (Oxic Paleudalf), adubado durante três anos com superfosfato simples e fosfato-de-araxá, mediante a técnica do valor "A" com uso de  $^{32}\text{P}$ .

Repetição	cpm/20 ml alíquota <sup>1</sup>			Ativ. espec. planta <sup>2</sup> (cpm/g P)			Valor "A" geral <sup>3</sup> (ppm P)		
	S. Simples	F. araxá	Test.	S. simples	F. araxá	Test.	S. simples	F. araxá	Test.
I	1343,35	1385,30	1934,10	3358375,0	3463250,0	4605000,0	53,38	48,74	11,86
II	1627,10	1324,65	1890,00	4067750,0	3153928,6	4725000,0	26,64	63,33	9,02
III	1409,45	1952,15	1802,00	3915138,9	3754134,6	4505000,0	31,57	37,21	14,34
IV	1340,00	1471,35	-	3722222,2	3871973,7	-	38,39	33,04	-
V	1297,20	1421,25	-	3603333,3	3740131,6	-	42,96	37,73	-
VI	1584,35	1463,25	-	4169342,1	3658125,0	-	23,55	40,82	-
VII	1503,75	1484,70	-	3957236,8	3907105,3	-	30,17	31,84	-
VIII	1480,50	1540,20	-	3896052,6	3667142,9	-	32,22	40,47	-
Média							34,86	41,65	11,74

<sup>1</sup> cpm/20 ml de alíquota (200 mg m. seca), do extrato total

<sup>2</sup> atividade específica na planta:  $(500 \times 1/\% \text{ P}) = \text{cpm/g P}$

<sup>3</sup> P disponível do solo mais efeito residual do adubo fosfatado (exceto na testemunha):  $A = (Sf/Sp) - 1) \times 100 \text{ mg P} = \text{ppm P}$ ; onde Sf = 5151206,3 cpm/g P.

**TABELA 4.** Disponibilidade de P das duas fontes de fósforo do solo (testemunha) e efeito residual dos fosfatos (supersimples e F. araxá), usando o índice do valor "A".

Repetição	P <sub>solo</sub> + Efeito residual do adubo (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)			Efeito residual (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) <sup>1)</sup>	
	S. simples	F. araxá	Testemunha	S. simples	F. araxá
I	245,5	224,2	54,6	191,5	170,2
II	122,5	291,3	41,5	68,5	237,3
III	163,6	171,2	66,0	109,6	117,2
IV	176,6	152,0	-	122,6	98,0
V	197,6	173,6	-	143,6	119,6
VI	108,3	187,8	-	54,3	133,8
VII	138,8	146,5	-	84,8	92,6
VIII	148,2	186,2	-	94,2	132,2
Média	162,6 (a)	191,2 (a)	54,0 (b)	108,6 (a)	137,6 (a)
C.V.		27%			37%
F		**			N.S.

Nos valores médios, os seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade (teste de Tukey).

<sup>1</sup> Corresponde à diferença: (solo + efeito residual) - Testemunha; considerou-se o peso de 1 ha igual a 2.000 t.

**TABELA 5.** Disponibilidade de P do solo e/ou efeito residual de fosfatos pelo método do valor "A" e Olsen.

Repetição	Solo + efeito residual do adubo (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)					
	Super simples		Fosfato-de-araxá		Testemunha	
	"A"	P <sub>Olsen</sub>	"A"	P <sub>Olsen</sub>	"A"	P <sub>Olsen</sub>
I	245,5	179,4	224,2	128,8	54,6	50,6 <sup>1</sup>
II	122,5	128,8	291,3	101,2	41,5	-
III	163,6	179,4	171,2	119,6	66,0	-
IV	176,6	101,2	152,0	101,2	-	-
V	197,6	101,2	173,6	151,8	-	-
VI	108,3	119,6	187,8	151,8	-	-
VII	138,8	101,2	146,5	101,6	-	-
VIII	148,2	179,4	186,2	128,8	-	-
Média	162,6	136,3	191,6	123,1	54,0	50,6
Índice (%)	100	11	100	64	100	94

<sup>1</sup> Em amostra composta de 3 amostras simples.

## CONCLUSÕES

1. O fosfato-de-araxá (48,4% CaO), não obstante sua aplicação em 6 t/ha (em três anos), não afetou significativamente a reação do solo.
2. A curto prazo (ou pelo menos em três anos), a adubação com fosfato-de-araxá (34,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em função de sua solubilidade em ácido cítrico a 2% (4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), não foi diferente da do superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel), em termos de aumento de Ca<sup>2+</sup> trocável (0,5 m.E/100 g) e disponibilidade de fósforo (efeito residual).
3. O efeito residual pelo índice do valor "A", (usando KH<sub>2</sub><sup>32</sup>PO<sub>4</sub>), foi similar para superfosfato simples (108,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) e fosfato-de-araxá (136,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha).
4. A avaliação do P disponível pelo método de Olsen teve uma eficiência de 64-94% em relação à do valor "A".

## REFERÊNCIAS

- BENNET, O.L.; LONGNECKER, R.C. & GRAY, G. A comparison of the efficiency of 18 sources of phosphate fertilizers on Houston black clay. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 18:408-12, 1954.
- BLANCO, H.G.; VENTURINI, W.R. & GARGANTINI, H. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo, para trigo, com estudo do efeito residual para soja. *Bragantia*, Campinas, 24:261-79, 1965.
- DOLL, E.C. & HAMMOND, L.L. Utilización de la roca fosfatada para aplicación directa en el suelo. Lima, Peru, FAO, 1977. 20p. Trabalho apresentado no seminário sobre manejo e conservação do solo.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- ENGELSTAD, O.P.; GETSINGER, J.G. & STENGEL, P.J. Tailoring of fertilizers for rice. Alabama, National Fertilizer Development Center, Tennessee Valley Authority, 1972. (Bull. 52).
- ENGELSTAD, O.P.; JUGSUJINDA, A. & DATTA, S.K. de. Response by flooded rice to phosphate rocks varying in citrate solubility. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 38:524-9, 1974.
- FASSBENDER, H.W. Los fosfatos naturales de Sechura, Peru. *Turrialba*, 17:159-64, 1967.
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Costa Rica, Turrialba, IICA. 1975. 398p.
- FEITOSA, C.T.; RAIJ, B. van.; DECHEN, A.R. & ALCARDE, J.C. Determinação preliminar da eficiência relativa de fosfatos para trigo em casa de vegetação. *R. bras. Ci. Solo*, 2(3):193-5, 1978.
- FRIED, M. & DEAN, L.A. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.*, 73:263-71, 1952.
- 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*, Campinas, 31:109-17, 1972.
- HAGIN, J. & BERKOVITS, J. Efficiency of phosphatic fertilizers of varying matter solubility. *Can. J. Soil Sci.*, 41:68-80, 1961.
- HAMMOND, L.L. Effectiveness of phosphate rocks in Colombian soils and measured by crop response and soil phosphorus levels. Michigan State University, 1977. Tese Doutorado.
- HARRINGTON, J.F.; WARD, D.E. & MCKELVEY, V.E. Sources of fertilizer minerals in South America, a preliminary study. s.l., U.S. Department of the Interior, 1966. 66p. (Geological Survey Bulletin, 1240).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Áustria. Tracer manual on crops and soils. Vienna, IAEA, 1976. 129p. (Technical Reports series, 171).
- JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. Analytical methods. s.l., s.ed., 1959. (Calif. Agr. Exp. Sta. Bull. 76).
- NAGARAJAH, S.; AMARASIRI, S.L.; JAUFFER, M.M.M. & WICKREMASINGHE, K. Comparative evaluation of phosphorus fertilizer on lowland rice soils by the "A" value technique. In: SYMP. ISOTOPES AND RADIATION IN RESEARCH ON SOIL-PLANT RELATIONSHIPS. Vienna, IAEA/FAO, 1979. Proceedings... p.487-97.
- NASCIMENTO FILHO, V.F. & LOBÃO, A.O. Detecção de <sup>32</sup>P em amostras de origem animal e vegetal por efeito Cerenkov, cintilação líquida e detector G.M. Piracicaba, CENA. 1977. 25p. (Boletim Científico).
- NEPTUNE, A.M.L. & MURAOKA, T. Uso de isótopos em química e fertilidade do solo. *R. bras. Ci. Solo*, 2(3):151-63, 1978.
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A. ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1043-7. Part. 2.
- VIEGAS, G.P.; MIRANDA, L.T. & FREIRE, E.S. Ensaios com diversos fosfatos. *Bragantia*, Campinas, 29:191-8, 1970.
- VILLAGARCIA, S. Utilización inmediata de los fosfatos de Sechura (Bayovar) en la preparación de 30.000 Tn. de fertilizantes fosfatados con 20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para la compañía agrícola 1974-1975. Lima, Peru. UNA la Molina, 1975. 15p. Mimeografado.
- VILLAGARCIA, S.; BAZAN, R.; RODRIGUEZ, J.; URQUIAGA, S.; LOLI, O.; TRELLES, J.; ROJAS, W.; RIZO PATRÓN, E. & ROJAS, A. Re-

**sultados experimentales de la eficiencia del fosfato bruto de Bayovar en el abonamiento del cultivo de la papa en la Sierra Central del Peru. s.l., UNA La Molina - Depto. de Suelos y Fertilizantes, 1974.**

**VILLAGARCIA, S.; MEYER, R. & URQUIAGA, S. Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre fertilización y nutrición mineral del cultivo de papa. Período 1974/1975. Lima, Peru, UNA La Molina, Centro Internacional de la Papa, 1976. 100p. Mimeografiado.**

**VILLAGARCIA, S.; MEYER, R. & URQUIAGA, S.**

**Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre fertilización y nutrición mineral del cultivo de papa. Nutrición fosfatada. Período 1975-1977. Lima, Peru, UNA La Molina, Centro Internacional de la Papa, 1978a. 120p. Mimeografiado.**

**VILLAGARCIA, S.; MEYER, R. & URQUIAGA, S. Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre fertilización y nutrición mineral del cultivo de papa. Rotación de cultivos. Período 1975-1977. Lima, Peru, UNA La Molina - Centro Internacional de la Papa, 1978b. 110p.**