

A FIXAÇÃO DO FÓSFORO EM ALGUNS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, ESTUDADA COM O AUXÍLIO DO FÓSFORO RADIOATIVO P32 (*)

R. A. CATANI e D. PELLEGRINO

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de S. Paulo — Piracicaba

INTRODUÇÃO

É bem conhecido o fato de que o íon fosfato é "fixado" ou "adsorvido" ou retido pelo solo em quantidade mais ou menos elevada de acôrdo com certas características do solo e outros fatores.

O termo fósforo "fixado" parece ser o mais adequado para definir a conversão do fósforo solúvel em formas menos solúveis, porquanto não implica na maneira ou modo pelo qual se verificou a transformação. Assim, adotando o ponto de vista de DEAN (1949), o fósforo "fixado" é definido como o fósforo que se encontra ligado ou unido à fase sólida do solo.

De acôrdo com o que já foi explanado por KURTZ (1953) e OLSEN (1953), muitas são as causas que concorrem para a fixação do fósforo e dentre as mais importantes podem ser citadas :

a) reação entre o íon fosfato e os íons cálcio, magnésio, ferro, alumínio, manganês etc., originando fosfatos insolúveis.

b) adsorção do íon fosfato pelas partículas de minerais de argila, óxidos hidratados de ferro, alumínio, manganês, titânio etc., tornando-se o íon fosfato, como consequência, retido na superfície das partículas citadas.

c) absorção do fósforo inorgânico pelos vegetais inferiores, convertendo-o em forma orgânica.

Para as condições gerais dos solos do Estado de São Paulo, isto é, solos ácidos ou com tendência a se tornarem ácidos, e

(*) Trabalho realizado com aparelhamento doado pela Fundação Rockefeller. Apresentado ao VI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Secção II: Química do Solo.

com um teor de médio a alto em óxidos hidratados de ferro, alumínio e outros, a adsorção do íon fosfato à partículas coloidais constitui a causa mais importante da fixação do fósforo, conforme já foi esclarecido em trabalhos anteriores (CATANI, 1947; CATANI, GALLO & NASCIMENTO, 1957).

Outros dados, obtidos com "seedlings" de tomate evidenciam, também, que a fixação do fósforo em terra roxa legítima é muito elevada, (MALAVOLTA & PELLEGRINO, 1954).

Tendo-se êsses fatos em vista é que se projetou o presente trabalho, com a finalidade de se estudar a fixação do íon fosfato em meio fortemente ácido, empregando-se fósforo radioativo (P32) associado ou não com o fósforo comum (P31), ambos na forma de íon fosfato.

MATERIAL E MÉTODOS

O material empregado constitui-se de três amostras de solos da coleção da Secção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo de Campinas. A análise granulométrica e características químicas mais importantes das três amostras, terra roxa misturada, massapé e arenito Bauru, são as seguintes :

	Roxa misturada	Massapé	Arenito Bauru
Areia %	25,0	6,5	60,8
Argila %	43,0	31,7	8,4
Limo %	32,0	61,8	30,8
Fe ₂ O ₃ %	16,0	7,0	4,0
Al ₂ O ₃ %	12,0	13,0	4,0
SiO ₂ %	8,0	12,0	5,0
pH	5,30	5,20	6,40
C % (Carbôno)	1,50	1,22	0,68
N % (Nitrogênio)	0,115	0,108	0,070
E. mg de K+/100 g de terra	0,10	0,13	0,13
E. mg de Ca++/100 g de terra	2,16	1,04	4,76
E. mg Mg++/100 g de terra	0,42	0,52	1,18

Determinação do fósforo solúvel em solução de H₂SO₄ 0,05 normal

Foram transferidos 1, 2, 4, 8 e 16 g de cada amostra de terra para balões de Erlenmeyer de 300 ml. Acrescentaram-se 100 ml de solução do H₂SO₄ 0,05 normal, agitou-se durante 15

minutos a 30-40 r.p.m. num agitador Wagner, filtrou-se e determinou-se o fósforo por fotocolorimetria numa alíquota, pelo método da redução do ácido fosfomolibdico com cloreto estanhoso, conforme já foi descrito (CATANI, GALLO & GARGANTINI, 1955; CATANI, NASCIMENTO & GALLO, 1957).

Determinação do fósforo solúvel em solução 0,05 normal em H₂SO₄ e 0,025 normal em NH₄F

Foram transferidos 1, 2, 4, 8 e 16 g de cada amostra de terra para balões de Erlenmeyer de 300 ml. Acrescentaram-se 100 ml de solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio. Os balões foram agitados durante 15 minutos a 30-40 rpm num agitador Wagner e filtrou-se. Retirou-se numa alíquota e determinou-se o fósforo por redução do ácido fosfomolibdico pelo cloreto estanhoso, após a eliminação do íon fluoreto com ácido bórico, conforme já foi descrito (CATANI, NASCIMENTO & GALLO, 1957).

Determinação da fixação porcentual do fósforo radioativo (P³²) em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico

Foram transferidos 1, 2, 4, 8 e 16 g de cada amostra de terra para balões de Erlenmeyer de 300 ml. Acrescentaram-se em cada balão 100 ml de solução de H₂SO₄ 0,05 normal, contendo fósforo (fosfato) na forma de isótopo P³². Os balões foram agitados durante 15 minutos a 30-40 rpm e filtrou-se. Retirou-se uma alíquota de 1 ml, transferiu-se para uma cápsula de aço inoxidável, secou-se à luz infra-vermelha e procedeu-se a 5 contagens de 2 minutos cada uma na primeira plataforma do aparelho Scaler modelo "1000" da Tracerlab Inc.

Simultaneamente, procedeu-se a determinação do "background" e à contagem, nas mesmas condições descritas, de uma prova em branco, isto é secou-se 1 ml de uma solução preparada à partir de 100 ml de solução de H₂SO₄ 0,05 normal contendo fósforo na forma de isótopo P³², sem contudo ter colocado a citada solução em contato com o solo.

Determinação da fixação porcentual do fósforo radioativo (P³²) em solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio

Foram transferidos 1, 2, 4, 8 e 16 g de cada amostra de terra para balões de Erlenmeyer de 300 ml. Acrescentaram-se

100 ml de solução 0,05 normal em H_2SO_4 e 0,025 normal em NH_4F e contendo, ainda fósforo na forma do isótopo P32. Os balões foram agitados durante 15 minutos a 30-40 rpm e daqui por diante seguiu-se a mesma marcha de trabalho descrita na determinação da fixação porcentual do fósforo radioativo em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico.

Determinação da fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico

Foram transferidos 1, 2, 4, 8 e 16 g de cada amostra de terra para balões de Erlenmeyer de 300 ml. Acrescentaram-se 100 ml de solução 0,05 normal em H_2SO_4 , 0,001 normal em PO_4^{-3} (proveniente do K_2HPO_4) e contendo ainda P32.

A determinação da fixação porcentual do fósforo radioativo P32 foi executada no filtrado, segundo as indicações já descritas em linhas anteriores.

A determinação da fixação porcentual do P31 procedente do K_2HPO_4 foi feita do seguinte modo: foi retirada uma alíquota de 2 ml da solução filtrada, após a agitação da suspensão de solo, e o fósforo foi determinado por fotocolorimetria conforme foi descrito na determinação do fósforo solúvel em solução de H_2SO_4 0,05 normal. Por diferença de uma prova em branco (determinação do fósforo em 2 ml de solução preparada do mesmo modo mas sem entrar em contato com o solo), calculou-se a porcentagem de fixação do fósforo P31 promovida pelo solo.

Determinação da fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) em solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio

Foram transferidos 1, 2, 4, 8 e 16 g de cada amostra de terra para balões de Erlenmeyer de 300 ml. Acrescentaram-se 100 ml de solução 0,05 normal em ácido sulfúrico, 0,025 normal em fluoreto de amônio, 0,001 normal em PO_4^{-3} (proveniente do K_2HPO_4) e contendo, ainda, fósforo radioativo (P32).

A determinação da fixação porcentual de fósforo radioativo (P32), foi executada no filtrado segundo a técnica já descrita.

A determinação da fixação porcentual do P31 procedente do K_2HPO_4 foi feita da seguinte maneira: foi retirada uma a-

líquota de 2 ml e o fósforo foi determinado por fotocolorimetria. Por diferença de uma prova em branco calculou-se a fixação porcentual de fósforo.

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Fósforo solúvel em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e solúvel em solução 0,025 normal em fluoreto de amônio e 0,05 normal em ácido sulfúrico

Os resultados obtidos sôbre o teor de fósforo do solo solúvel em solução de ácido sulfúrico 0,05 normal e em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio, encontram-se no quadro I.

QUADRO I — Quantidade de PO_4^{-3} , em equivalente micrograma, extraída do solo com 100 ml de solução 0,05 N de H_2SO_4 e com 100 ml de solução 0,05 N de H_2SO_4 e 0,025 N de NH_4F

Solo	g de solo	100 ml de sol. 0,05N de H_2SO_4	100 ml de sol. 0,05N de H_2SO_4 , 0,025N de NH_4F
		e. mg PO_4^{-3}	e. mg PO_4^{-3}
Terra roxa misturada	1	0,40	1,30
	2	0,37	2,20
	4	0,48	2,40
	8	0,57	1,25
	16	0,57	0,75
Massapé	1	0,57	1,30
	2	0,69	1,50
	4	1,03	1,75
	8	1,15	1,50
	16	1,38	1,25
Arenito Bauru	1	0,79	0,80
	2	0,61	1,20
	4	0,99	1,80
	8	1,45	3,00
	16	2,28	4,00

Na primeira coluna do quadro I, acham-se designados os solos estudados; na segunda coluna, o número de gramas de terra; na terceira coluna, o número de equivalentes-microgra-

mas de PO_4^{-3} extraídos por agitação da quantidade de terra especificada na segunda coluna, com 100ml de solução de ácido sulfúrico 0,05 normal; finalmente, na quarta coluna, estão representados os resultados em equivalentes microgramas de PO_4^{-3} extraídos por 100 ml de solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio.

Os dados do quadro I esclarecem que a solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio foi mais eficiente na extração do fósforo do que a solução que encerra apenas ácido sulfúrico (0,05 normal em ácido sulfúrico). Este fato, já verificado em trabalho anterior (CATANI, NASCIMENTO & GALLO, 1957), pode ser explicado pela ação do ânion fluoreto, quer por troca com o íon fosfato do solo, quer pela formação dos íons complexos FeF_6^{-3} e AlF_6^{-3} com o ferro e o alumínio do solo e conseqüente libertação do fosfato.

Ainda, no quadro I, devem ser observados os dados referentes a 8 e 16 g da terra roxa misturada e massapé, que com solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio forneceram resultados inferiores nas amostras de menor pêso. Talvez o fenômeno ocorrido encontre explicação na refixação do íon fosfato, isto é, uma fixação posterior do fósforo solubilizado, que pode ter lugar durante a filtração da suspensão de solo.

*Fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) em
solução de ácido sulfúrico 0,05 normal*

QUADRO II — Fixação porcentual do fósforo radioativo, P32, pelo solo, quando este elemento na forma de fosfato estava em solução de ácido sulfúrico 0,05 normal

Solo	Terra roxa misturada		Massapé		Arenito Bauru	
	dpm	fixação %	dpm	fixação %	dpm	fixação %
Prova em branco	1741±19		2117±21		1648±18	
1 g	991±14	43,1	1792±19	13,4	1450±17	12,0
2 g	642±11	63,1	1535±18	27,5	1351±16	18,0
4 g	367± 9	79,9	1169±15	44,8	1196±15	27,4
8 g	183± 6	89,5	785±13	62,9	1000±14	39,3
16 g	107± 5	93,9	420± 9	80,2	755±12	54,2

Os resultados obtidos sobre a fixação porcentual do P32 pelo solo, quando o fósforo radioativo estava em 100 ml de solução 0,05 normal de ácido sulfúrico, encontram-se no quadro II.

Na primeira coluna do quadro acham-se descritos os pêsos das amostras. Na segunda coluna estão os valores encontrados para o número de desintegrações por minuto (dpm) dos diversos pêsos da amostra de terra roxa misturada. Assim, 1 ml da prova em branco, isto é, 1 ml da solução de ácido sulfúrico 0,05 normal contendo P32, mas sem entrar em contato com o solo, forneceu 1741 ± 19 desintegrações por minuto. Quando 1 g de terra roxa misturada foi colocada em contato com 100 ml da solução de ácido sulfúrico 0,05 normal, conforme a descrição dada, 1 ml do filtrado forneceu 991 ± 14 desintegrações por minuto; 2 g da mesma terra em contato com 100 ml da citada solução forneceram 642 ± 11 desintegrações por minuto, etc.

Na terceira coluna aparecem os valores calculados para a fixação porcentual do fósforo radioativo, P32, para a terra roxa misturada. Admitindo-se 1741 dpm da prova em branco como 100 a fixação porcentual foi calculada mediante a expressão :

$$100 - \frac{\text{dpm X } 100}{1741}$$

Na 4a. e 5a. colunas, respectivamente, estão os valores do número de dpm e da fixação porcentual da terra massapé. Na 6a. e 7a. colunas estão apresentados os valores do número de dpm e da fixação porcentual na terra procedente do arenito Bauru.

A fixação porcentual do fósforo radioativo da terra massapé foi calculada como é evidente, segundo a expressão :

$$100 - \frac{\text{dpm X } 100}{2117} \text{ e a da terra procedente do arenito de Bauru:}$$

$$100 - \frac{\text{dpm X } 100}{1648}$$

Conforme esclarecem os dados obtidos, a fixação do fósforo radioativo (P32) em solução de ácido sulfúrico 0,05 normal,

variou de acôrdo com a natureza do solo e com o pêso da amostra. Para o mesmo pêso da amostra de solo, verifica-se que a terra roxa sempre fixou mais fósforo que a massapé e esta, mais que o arenito Bauru. Aliás, êste fato é perfeitamente compreensível em face da composição dos citados solos.

Verificou-se também que para o mesmo solo, a fixação porcentual cresceu com o pêso da amostra trabalhada, evidenciando um comportamento peculiar aos fenômenos de adsorção.

Fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) em solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio

Os resultados obtidos sôbre a fixação porcentual do P32 pelo solo, quando o fósforo radioativo se encontrava em 100 ml de solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio, são apresentados no quadro III.

QUADRO III — Fixação porcentual de fósforo radioativo (P32) pelo solo, quando êste elemento estava em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio

Pêso das amostras	Terra roxa misturada		Massapé		Arenito Bauru	
	dpm	fixação %	dpm	fixação %	dpm	fixação %
Prova em branco	1755±19		1937±20		1503±17	
1 g	1431±17	18,5	1706±18	11,9	1442±17	4,1
2 g	1182±15	32,7	1530±17	21,0	1413±17	6,0
4 g	833±13	52,5	1145±15	40,9	1329±16	11,6
8 g	350± 8	76,9	891±13	54,0	1186±15	21,1
16 g	153± 6	91,3	370± 9	80,9	976±14	35,1

Os dados do quadro III evidenciam que, em igualdade de pêso da amostra, a terra roxa fixa mais fósforo radioativo do que as terras massapé e arenito de Bauru. Êste último solo, o arenito Bauru, apresentou a menor fixação porcentual de P32.

Comparando-se os dados do quadro III com os do quadro II, conclue-se que o ânion fluoreto atenuou a fixação do fósforo rodioativo pelo solo em todas as amostras, com exceção

da amostra de 16 g de solo massapé, que apresentou uma fixação levemente superior, quando presente o íon fluoreto.

Fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) pelo solo, quando em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico

Os dados sôbre a fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) pelo solo, quando os dois isótopos se encontravam em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico, são apresentados no quadro IV.

QUADRO IV — Fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum, (P31) pelo solo, quando em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico

Pêso da amostra	Terra roxa misturada		Massapé		Arenito Bauru	
	Fix. porcentual		Fix. porcentual		Fix. porcentual	
	P32	P31	P32	P31	P32	P31
1 g	16,6	13,8	8,5	0,0	4,4	0,0
2 g	28,5	25,3	14,2	9,2	4,3	6,9
4 g	50,1	48,3	23,4	20,7	10,7	13,8
8 g	73,2	66,7	38,5	29,9	17,4	16,1
16 g	88,7	87,4	60,6	48,3	27,5	20,1

Na primeira coluna do quadro IV estão representados os pêsos das amostras de terra, que foram agitadas com 100 ml da solução 0,05 normal de ácido sulfúrico, 0,001 normal de K_2HPO_4 e contendo, ainda, P32. Na segunda e terceira colunas, a fixação porcentual do P32 e P31, respectivamente, promovida pela terra roxa misturada. Na quarta e quinta colunas, a fixação porcentual do P32 e P31, respectivamente, promovida pelo solo massapé. Finalmente, na sexta e sétima colunas, a fixação porcentual do P32 e P31, respectivamente, promovida pelo solo arenito Bauru.

Os dados do quadro IV esclarecem que para o mesmo solo e o mesmo pêso da amostra, a fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) foi, em geral, maior que a do fósforo comum (P31). Excetuam-se dois casos no arenito Bauru, onde 2 g e 4 g de terra fixaram mais o isótopo P31 que o P32.

A terra roxa misturada, em igualdade de pêso de amostra, fixou P32 e P31 em maior proporção que a terra massapé e arenito Bauru, confirmando os dados obtidos anteriormente.

Comparando-se os dados do quadro IV com os do quadro II, verifica-se que a fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) pelos diversos solos diminuiu quando em presença do isótopo P31.

Fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) pelo solo, quando em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio

Os dados sôbre a fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e fósforo comum (P31), quando os dois isótopos se encontram em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio são apresentados no quadro V.

QUADRO V — Fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) pelo solo, quando em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio

Pêso da amostra	Terra roxa misturada		Massapé		Arenito Bauru	
	Fix. porcentual		Fix. porcentual		Fix. porcentual	
	P32	P31	P32	P31	P32	P31
1 g	3,1	3,0	7,1	0,0	5,9	0,0
2 g	13,9	14,0	11,7	3,0	4,5	0,0
4 g	34,5	37,0	21,5	14,0	10,4	3,0
8 g	58,4	56,0	44,2	41,0	17,6	8,0
16 g	85,3	80,0	65,3	66,0	24,5	16,0

Na primeira coluna do quadro V estão representados os pêsos das amostras de terra, que foram agitados com 100 ml da solução 0,05 normal em ácido sulfúrico, 0,025 normal em fluoreto de amônio, 0,001 normal em K_2HPO_4 e contendo, ainda, fósforo radioativo (P32). Na segunda e terceira colunas, a fixação porcentual do P32 e P31, respectivamente, promovida pela terra roxa misturada. Na quarta e quinta colunas, a fixação porcentual do P32 e P31, respectivamente, promovida pelo solo massapé. Finalmente, na sexta e sétima colunas, a fixa-

c) A fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) pelos solos estudados, em igualdade de pesos de amostra, quando esse elemento se encontrava em solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio, foi inferior à descrita no item b. Este fato indica que o ânion fluoreto protegeu, em parte, o íon fosfato do P32 contra a ação fixadora do solo.

d) A fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) pelos solos estudados, quando os dois isótopos se encontravam em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico, foi elevada. A fixação porcentual relativamente intensa do fósforo radioativo (P32), apesar da presença de uma concentração muito maior do fósforo comum (P31), indica que há realmente uma fixação elevada de fósforo pelo solo, além de poder ocorrer o fenômeno de "troca isotópica".

e) A fixação porcentual do fósforo radioativo (P32) e do fósforo comum (P31) pelos solos estudados, quando os dois isótopos se encontravam em solução 0,05 normal de ácido sulfúrico e 0,025 normal de fluoreto de amônio foi relativamente elevada, se bem que inferior a promovida em solução formada de apenas ácido sulfúrico 0,05 normal. Este fato, isto é, a fixação porcentual do P32 e do P31 pelos solos, em menor proporção quando presente o ânion fluoreto, vem confirmar que este ânion protege, em parte, o íon fosfato contra a ação fixadora do solo.

f) Das conclusões que os dados do presente trabalho permitem tirar, deve ser salientada a que se refere à notável capacidade que o solo apresenta em fixar fósforo, mesmo em soluções fortemente ácidas conforme foram usadas neste estudo.

RESUMO

É bem conhecido o fato que o íon fosfato é fixado ou retido pelo solo em quantidade variável, de acordo com certas características do solo e com outros fatores.

Para as condições gerais dos solos do Estado de S. Paulo, isto é, solos ácidos e com um teor de médio a alto em óxidos hidratados de ferro, alumínio, etc., a adsorção do íon fosfato às

partículas coloidais, constitui a causa mais importante da fixação do fósforo.

Empregando-se 1, 2, 4, 8 e 16 g de terra de diversos solos (terra roxa misturada, massapé e arenito Bauru) e agitando-se com 100 ml de várias soluções, contendo fósforo radioativo (P32) associado ou não com fósforo comum (P31), foi possível determinar a fixação percentual dos dois isótopos.

A determinação da fixação percentual do fósforo radioativo (P32) foi executada por meio da contagem do número de desintegrações em amostras das soluções, com o aparelho Scaler modelo "1000" da Tracerlab Inc. A determinação da fixação do fósforo comum (P31) foi executada por método químico em amostras de soluções antes e depois de permanecerem em contato com o solo.

A fixação percentual de fósforo radioativo (P32) pelo solo, quando êsse isótopo se encontrava em solução de ácido sulfúrico 0,05 normal, foi elevada nos três solos estudados, sendo mais intensa na terra roxa misturada, vindo à seguir a terra massapé e finalmente o arenito de Bauru. Assim, para se ter uma idéia dos números obtidos, enquanto 4g de terra roxa misturada fixaram 79,9% do fósforo radioativo presente na solução de ácido sulfúrico 0,05 normal, o mesmo peso da amostra da terra massapé e do arenito de Bauru fixaram 44,8% e 27,4% de P32, respectivamente. Quando 4g de terra foram agitadas com solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio a fixação percentual de fósforo radioativo (P32) foi de 52,5% para a terra roxa misturada, 40,9% para a terra massapé e 11,6% para o arenito de Bauru. Esses dados, comparados com os anteriores, evidenciam que o ânion fluoreto protege, em parte, o íon fosfato contra a ação fixadora do solo.

A agitação de 4 g de terra com solução 0,05 normal de ácido sulfúrico contendo fósforo radioativo (P32) e fósforo comum (P31) forneceram os seguintes dados para a fixação percentual:

Terra roxa misturada		Massapé		Arenito de Bauru	
Fixação percentual	Fixação percentual	Fixação percentual	Fixação percentual	Fixação percentual	Fixação percentual
P32	P31	P32	P31	P32	P31
50,1	48,7	23,4	20,7	10,7	13,8

Os dados apresentados neste resumo e os outros dados obtidos, descritos no texto do presente trabalho, vêm esclarecer que ocorre realmente uma fixação elevada de fósforo pelo solo, além de poder ocorrer o fenômeno de "troca isotópica".

Finalmente, a agitação de 4 g de terra com solução 0,05 normal em ácido sulfúrico e 0,025 normal em fluoreto de amônio, contendo fósforo radioativo (P32) e fósforo comum (P31) forneceram uma fixação percentual dos dois isótopos inferior a obtida com a solução contendo somente ácido sulfúrico, isto é, sem fluoreto de amônio. Isto indica, ou melhor, confirma que o íon fluoreto protege, em parte, o íon fosfato contra a ação fixadora do solo.

SUMMARY

This paper reports a study concerning the phosphorus (P32 and P31) fixation by three soils of the State of S. Paulo, Brazil. In the first experiment one hundred milliliter of 0.05 Normal solution of sulfuric acid with radioactive phosphorus were shaken for 15 minutes with 1, 2, 4, 8 and 16 g of each soil and the percentage fixation of P32 was determined. The soil "terra roxa misturada", derived from basalt, fixed 43.1%, 63.1%, 79.9%, 89.9% and 93.9% of the radioactive phosphorus for 1, 2, 4, 8 and 16 g of soil respectively. The other two soils (massapé and arenito Bauru) fixed less than the first one.

In the second experiment one hundred milliliters of 0.05 N sulfuric acid and 0.025 N ammonium fluoride containing P32 were shaken for 15 minutes with 1, 2, 4, 8 and 16 g of each soil and the percentage fixation of P32 was determined. The same soil "terra roxa misturada" derived from basalt, fixed 18.5%, 32.7%, 52.5%, 76.9% and 91.3% of the radioactive phosphorus, showing that the percentage fixation of added phosphorus was reduced when the fluoride ion was present.

In the third experiment one hundred milliliters of 0.05 N H2SO4 with P32 and P31 (from 0.001 N K2HPO4 solution) were shaken for 15 minutes with 1, 2, 4, 8 and 16 g of each soil and the percentage fixation of P32 and P31 was determined. The "terra roxa misturada" soil fixed 16.6%, 28.5%, 50.1%,

73.2% and 88.1% of P32 and 13.8%, 25.3%, 48.3%, 66.7% and 87.4% of P31 for 1, 2, 4, 8 and 16 g of soil respectively.

In the fourth experiment, one hundred milliliters of 0.05 N H2SO4 and 0.025 N NH4F solution with P32 and P31 (from 0.001 N K2HPO4 solution) were shaken for 15 minutes with 1, 2, 4, 8 and 16 g of each soil and the percentage fixation of P32 and P31 was determined. The "terra roxa misturada" soil fixed 3.1%, 13.9%, 34.5%, 58.4% and 85.3% of P32 and 3.0%, 14.0%, 37.0%, 56.0% and 80.0% of P31 for 1, 2, 4, 8 and 16 g of soil, respectively. These data show that the percentage fixation of P32 and P31 was reduced when the fluoride ion was present.

From all the data there are indication that the soils studied present high phosphorus fixation capacity and the percentage fixation for phosphorus can be reduced by the addition of complexing agents like fluoride ion.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Isótopos da Universidade de S. Paulo (Faculdade de Medicina) pelo fornecimento do isótopo P32 usado neste trabalho e ao Prof. E. MALAVOLTA, da E. S. A. "Luiz de Queiroz", pela cessão de uma parte do P32 recebido.

LITERATURA CITADA

CATANI, R. A., 1947 — *Contribuição ao estudo dos fosfatos, sua dosagem, extração e distribuição nos solos do Estado de S. Paulo*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 65 páginas (Tese de doutoramento).

CATANI, R. A., J. R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955 — Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim n. 69, Instituto Agrônômico, Campinas, Estado de S. Paulo, 29 páginas.

CATANI, R. A., A. C. DO NASCIMENTO e J. R. GALLO, 1957 — Formas de ocorrência do fósforo nos solos do Estado de S. Paulo. *Revista de Agricultura* 32: 147-163.

DEAN, L. A., 1949 — Fixation of soil phosphorus. In *Advances in Agronomy*, vol. I, edited by A. G. Norman, pg. 391-409. Academic Press Inc.

KURTZ, L. T., 1953 — Inorganic Phosphorus in Acid and Neutral Soils. In *Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition*, edited by W. H. Pierce and A. G. Norman, pg. 59-88. Academic Press Inc.

MALAVOLTA, E. e D. PELLEGRINO, 1954 — Nota sôbre algumas transformações do superfosfato radioativo em terra roxa. *Revista de Agricultura*, 29: 317-323.

• OLSEN, S. R., 1953 — Inorganic Phosphorus in Alkaline and Calcareous Soils. In *Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition*, edited by W. H. Pierce and A. G. Norman, pg. 89-122. Academic Press Inc.