

# INFLUÊNCIA DE NÍVEIS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE CULTURAS EM UM SISTEMA DE ROTAÇÃO E NOS TEORES DE FÓSFORO DE DOIS SOLOS DO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO (1)

C.M.B. DE FARIA (2) & J.R. PEREIRA (2)

## RESUMO

Estudou-se a influência de níveis e épocas de aplicação de fósforo na produção de culturas em um sistema de rotação formado por algodão-milho-algodão, para um Oxisol, e por algodão-arroz-algodão, para um Vertisol. As alterações de fósforo no solo e a percentagem de recuperação do fósforo aplicado foram também avaliadas. Usaram-se uma testemunha e três níveis de fósforo ( $P_2O_5$ ): 60, 120 e 180 kg/ha em: a) uma aplicação para cada ciclo de cultura; b) uma aplicação para cada dois ciclos; e c) uma única aplicação para os três ciclos.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos na produção das culturas. Enquanto no Oxisol as extrações de fósforo pelo método de Bray 1 foi maior do que pelo método de Mehlich, no Vertisol aconteceu o inverso. O incremento no teor de fósforo no solo e a percentagem de recuperação do fósforo aplicado foi maior para o Oxisol por ambos os extratores. A recuperação do fósforo em relação aos níveis e épocas de aplicação não apresentou resultados conclusivos.

## SUMMARY: INFLUENCE OF DIFFERENT PHOSPHORUS LEVELS AND APPLICATION TIME ON CROP PRODUCTION AND SOIL PHOSPHORUS CONTENT IN A CROP ROTATION SYSTEM IN TWO SOIL TYPES OF THE LOWER-MIDDLE SÃO FRANCISCO VALLEY

*The effects of different phosphorus levels and application time were studied on the yields of a crop rotation system made up of cotton-corn-cotton in an Oxisol and cotton-rice-cotton in a Vertisol. The changes in the soil phosphorus content and percent recovery of phosphorus applied were also evaluated. Four phosphorus ( $P_2O_5$ ) levels were used (0, 60, 120 and 180 kg/ha), each level being applied, once each crop season, once every two crop seasons, and once every three crop seasons.*

*There were no significant differences among treatments for crop productions. Whereas in the Oxisol the phosphorus extractions by the Bray 1 method were higher than by the Mehlich method, in the Vertisol the opposite took place. The increment in the soil phosphorus content and recovery of applied phosphorus were higher in the Oxisol for both extraction methods. The phosphorus recovery in relation to levels and application time did not present clear results.*

## INTRODUÇÃO

Geralmente onde a exploração agrícola é bastante intensiva, como nas áreas irrigadas do submédio São Francisco, o uso de fertilizantes é elevado, resultando em resíduos no solo, principalmente os fosfatados, que poderão permanecer ou se acumular em ao longo do tempo (Pereira & Siqueira, 1978).

Young; Zubriski; Norum (1960), em um trabalho de rotação com quatro culturas, durante quarenta anos, em que o P era aplicado em dose de 60 lb/acre a cada quatro anos, verificaram que no final do experimento o teor «disponível» de fósforo no solo era maior (21 a 28 ppm) do que no início do experimento (18 ppm). Read; Spratt; Bailey; Warder, (1977) constataram que o efeito residual sobre o rendimento da

cultura perdurou nos oito anos do ensaio, acreditando que nas aplicações maiores de (P) 400 kg/ha, esse efeito poderia continuar por muito tempo. Leamer (1963) observou que o rendimento da planta se manteve alto até seis anos ou até quando uma quantidade de fósforo igual à das aplicações iniciais foi removida pelas colheitas. Matocha; Conrad; Reyes; Thomas (1970) observaram que, dependendo da quantidade aplicada inicialmente, o fósforo pode permanecer altamente disponível no solo por mais de dez anos.

Dessa forma, o conhecimento do resíduo de fósforo no solo torna-se de grande importância para as novas adubações a serem feitas. Entretanto, a eficiência do efeito residual sobre o rendimento da planta depende de vários fatores, tais como: tipo do solo, textura, capacidade de adsorção de fósforo, nível inicial de fósforo disponível, taxa de fósforo aplicado, forma do material fosfatado adicionado, tipos de produtos formados das reações dos fosfatos com os componentes do solo e da capacidade de remo-

(1) Convênio EMBRAPA/CODEVASF. Apresentado na XIII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Recebido para publicação em outubro de 1978 e aprovado em maio de 1979.

(2) Eng.º Agr.º, Pesquisador do CPATSA/EMBRAPA, Caixa Postal 23 - Petrolina-PE.



ção de fósforo pela cultura (Olsen; Watanabe; Cosper; Larson; Nelson, 1954; Matocha *et alii*, 1970 e Read *et alii*, 1977).

A avaliação da eficiência do resíduo de fosfato no solo pode ser feita mediante os extratores químicos de fósforo «disponível» (Fole & Grimm, 1973; Leamer, 1963 e Olsen *et alii*, 1954).

O presente trabalho teve como objetivo medir o efeito de níveis e épocas de aplicação de fósforo na produção de culturas em um sistema de rotação em dois solos do submédio São Francisco, e fazer uma avaliação do resíduo do fósforo no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos, sendo um deles num *Oxisol*, no Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina (PE), e outro num *Vertisol*, no Campo Experimental de Mandacaru, Juazeiro (BA) ambos situados no vale do submédio São Francisco. O *Oxisol* apresenta argila do grupo 1:1, é profundo e possui alta taxa de infiltração de água. O *Vertisol* apresenta predominância das argilas do grupo 2:1, montmorilonita, e tem baixas taxas de infiltração e permeabilidade de água (E.U.A., 1970).

Nos locais dos experimentos, coletaram-se amostras de solo à profundidade de 0-20 cm, determinando-se a capacidade máxima de adsorção de fósforo através da equação de Langmuir, segundo Flassbender (1966), algumas características químicas, conforme Vettori (1969) e a composição granulométrica (Quadro 1).

Foram estabelecidos sistemas de rotação algodão (*Gossypium hirsutum* L.) Var. IAC 13-1, seguido de milho (*Zea mays* L.) var. piranão para o experimento de *Oxisol*, e algodão, da mesma variedade, seguido de arroz (*Oryza sativa* L.) var. amarelão-precoce-de-Goiás para o experimento do *Vertisol*. Os espaçamentos de plantio foram de 80 cm x 25 cm para o algodão, 80 cm x 20 cm para o milho e 30 cm entre fileiras, utilizando 150 kg/ha de sementes para o arroz.

Em cada local, foram estabelecidos três ciclos sucessivos de culturas num período aproximado de um ano e meio. Durante o ciclo das culturas, o solo era mantido adequadamente úmido através de irrigações por infiltração e inundação respectivamente, para o *Oxisol* e *Vertisol*.

Em ambos os locais, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e dez tratamentos, constituídos de uma testemunha e três níveis de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 60, 120 e 180 kg/ha empregados da seguinte maneira: a) uma aplicação para cada ciclo de cultura; b) uma aplicação para cada dois ciclos e c) uma única aplicação para os três ciclos. As parcelas tinham as dimensões de 4,00 x 6,00 m.

Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de 120 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio e 30 kg/ha de K<sub>2</sub>O, como cloreto de potássio, por ciclo de cultura. O nitrogênio foi parcelado duas vezes no *Vertisol*, metade no plantio e metade 40 dias após, e três vezes no *Oxisol*, 1/3 no plantio, 1/3 aos 25 dias e o restante aos 45 dias após. O fósforo, o potássio e a primeira parcela de nitrogênio foram aplicados a lanço e incorporados ao solo. O restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura ao lado das fileiras das plantas.

Após a colheita do terceiro ciclo de cultura, coletaram-se amostras de solo de cada parcela e extraiu-se o fósforo «disponível» pelos métodos de Mehlich (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N) e Bray 1 (NH<sub>4</sub>F 0,03 N + HCl 0,025 N), segundo metodologia descrita por Olsen & Dean (1965). Com esses valores de fósforo «disponível», determinou-se a recuperação do fósforo residual, utilizando-se a fórmula:

$$\% \text{ recuperação} = [(P \text{ análise} - P \text{ testemunha}) / P \text{ aplicado}] \times 100$$

onde P análise é a quantidade de fósforo extraído do solo com tratamento X, P testemunha é a quantidade de fósforo extraído do solo que não recebeu fósforo, e P aplicado é a quantidade de fósforo empregada no tratamento X (Fole & Grimm, 1973).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produção encontram-se no quadro 2. No terceiro ciclo de cultura no *Oxisol*, a produção do algodão foi perdida em decorrência de as plantas terem apresentado um crescimento desuniforme, e de muita chuva no período da colheita. A análise estatística não revelou diferença significativa entre os tratamentos para nenhum ciclo de cultura em ambos os solos, apesar de ter havido uma depressão do teor inicial de fósforo neles após os cultivos das plantas (Figura 1). Esperava-se que pelo menos para o milho e para o arroz, que são mais exigentes em fósforo do que o algodão (Malavolta; Haag; Mello; Brasil Sobr.<sup>o</sup> 1974), houvesse alguma resposta às adubações estudadas. A baixa produtividade dessas culturas atribuída ao ataque da lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea*, no milho, e ao fato de a variedade de arroz não ser adaptada à região — poderá ter interferido nos resultados.

Quadro 1. Algumas características de amostras dos solos estudados.

Características	Solos	
	Oxisol	Vertisol
Adsorção máxima de P (mg/g de solo)	0,410	0,959
pH em H <sub>2</sub> O (1:1)	5,8	7,6
Al <sup>+3</sup> (meq/100g)	0,15	0,00
H <sup>+</sup> (meq/100g)	0,34	0,00
Ca <sup>+2</sup> (meq/100g)	1,10	27,10
Mg <sup>+2</sup> (meq/100g)	0,30	9,50
K <sup>+</sup> (1) (meq/100g)	0,28	0,52
Na <sup>+</sup> (2) (meq/100g)	0,03	0,08
"S" (meq/100g)	1,71	37,20
"T" (2) (meq/100g)	2,20	37,20
M.O. (%)	0,40	1,03
Areia (%)	88	36
Silte (%)	6	20
Argila (%)	6	44

(1) Extração pelo NH<sub>4</sub>OAc.

(2) Pela soma do complexo sortivo.

Considerando-se que os dados de correlação entre o fósforo extraído e o aplicado ficaram bem ajustados às equações lineares (Figura 1), pode-se ter uma idéia, através das posições das retas, do comportamento do fósforo no solo depois dos três ciclos de cultura. Entre os solos, observa-se que, tanto para o extrator de Mehlich como para o de Bray 1, o incremento de fósforo devido aos níveis aplicados, foi muito maior para o *Oxisol* do que para o *Vertisol*. Esse fato se deve à diferença existente na capacidade de adsorção máxima de fósforo entre os dois solos (Quadro 1), tendo em vista que aqueles de alta capacidade de adsorção, como o *Vertisol*, requerem uma adição maior de fósforo para aumentar o teor de elemento disponível do que os de baixa capacidade de adsorção. (Cavalcanti, 1974).

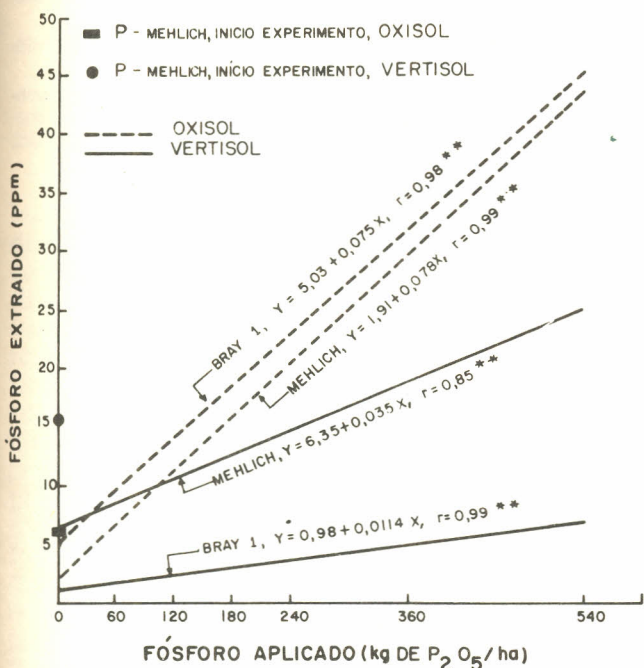


**Quadro 2. Média de produção das culturas: milho (grão), arroz (grão) e algodão (caroço) no sistema de rotação para Oxisol e Vertisol.**

Tratamentos(1)	Ciclos de cultura no Oxisol			Ciclos de cultura no Vertisol		
	1.º	2.º	3.º	1.º	2.º	3.º
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Algodão	Milho	Algodão	Algodão	Arroz	Algodão
kg/ha	t/ha					
0	3,59	3,10	—	3,87	2,66	2,46
60 (a)	3,17	3,83	—	4,05	2,82	2,31
60 (b)	4,31	4,17	—	4,12	3,14	2,42
60 (c)	4,39	4,78	—	4,28	3,08	2,46
120 (a)	3,71	3,52	—	4,02	2,99	2,09
120 (b)	4,45	4,35	—	4,05	3,15	2,16
120 (c)	4,21	4,08	—	3,98	3,22	2,03
180 (a)	4,51	4,64	—	4,46	3,17	1,93
180 (b)	4,40	4,54	—	4,38	2,75	2,11
180 (c)	3,22	3,22	—	4,18	3,08	2,54
Valor de F para tratamento	2,09 ns.	1,07ns.	—	1,65 ns.	0,05 ns.	1,00 ns.
DMS 5%	1,78	2,76	—	0,69	1,31	1,02
CV. (%)	18,3	28,2	—	6,9	18,0	18,0

n.s. - Não significativo a 5%.

(1) - As letras (a), (b) e (c) representam as épocas de aplicação dos níveis de fósforo: (a) indica uma aplicação para cada ciclo de cultura; (b), uma aplicação para cada dois ciclos de cultura e, (c), uma única aplicação para os três ciclos de cultura.



**Figura 1. Relação entre o fósforo extraído do solo (kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no final do experimento e o total de fósforo aplicado até o último ciclo de cultura.**

Em relação aos extratores, enquanto para o *Oxisol*, o Bray 1 extraiu mais fósforo do que o de Mehlich, o inverso aconteceu para o *Vertisol*. Isso pode estar relacionado com a natureza química dos extratores e com as características dos solos. Segundo Balerdi; Muller; Fassbender (1968) nos solos alcalinos, os extratores mais ácidos removem mais fósforo do que os menos ácidos, devido à forma predominante de fósforo

nesses solos ser a de P-Ca cuja solubilidade aumenta quando o valor do pH diminui, acontecendo o contrário nos solos ácidos, onde as formas de P-Al e P-Fe são as dominantes e se tornam mais solúveis quando o pH do meio aumenta. Braga e Defelipo (1972) constataram que a calagem dos solos provocou um aumento no teor de fósforo pelo método de Mehlich e uma diminuição pelo de Bray 1.

A percentagem de recuperação do total de fósforo aplicado pelas extrações químicas do solo pelos métodos de Mehlich e Bray 1, após o último ciclo de cultura, no *Oxisol*, foi superior à do *Vertisol* (Quadro 3), o que sem dúvida, se deveu à diferença da capacidade de adsorção entre ambos.

Em relação à aplicação do fósforo, observa-se que, de modo geral, a recuperação foi maior para as aplicações mais recentes do que nas mais antigas (Quadro 3).

**Quadro 3. Recuperação do fósforo no final do experimento pelos extratores químicos de Mehlich e Bray 1 dos níveis de fósforo aplicados em diferentes épocas nos sistemas de rotação de cultura.**

Tratamentos(1)	Oxisol		Vertisol	
	Mehlich	Bray 1	Mehlich	Bray 1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%			
kg/ha	%			
0	—	—	—	—
60 (a)	29,18	29,51	16,48	5,47
60 (b)	16,79	19,66	20,69	5,46
60 (c)	10,46	9,01	27,10	4,27
120 (a)	32,64	28,59	15,44	4,86
120 (b)	32,21	33,56	1,91	4,90
120 (c)	23,66	23,82	0,38	3,85
180 (a)	32,99	32,04	19,15	5,35
180 (b)	34,77	35,74	8,42	4,88
180 (c)	24,62	16,94	13,92	4,58

(1) As letras (a), (b) e (c) representam as épocas de aplicação dos referidos níveis de fósforo: (a) indica uma aplicação para cada ciclo de cultura; (b), uma aplicação para cada dois ciclos de cultura e, (c), uma única aplicação para os três ciclos de cultura.

Quanto aos níveis de fósforo aplicados, nota-se que no *Oxisol* existiu uma tendência de a recuperação ser maior para os níveis superiores do que para os inferiores, enquanto no *Vertisol* não se constatou essa tendência. Talvez isso seja devido ao fato de que as quantidades de fósforo aplicadas, sendo a maior de 540 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ficaram muito aquém de saturar a capacidade máxima de adsorção do Vertisol, 4.390 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e, conforme relata Fole & Grimm (1973), quando a taxa de fósforo aplicada é pequena em relação à capacidade máxima de adsorção, o fósforo se torna mais fortemente retido pelos constituintes do solo do que quanto a taxa de aplicação é grande.

Ocorreram casos, como no *Vertisol*, em que houve menor recuperação de fósforo quan-



do se colocaram maiores quantidades desse elemento ao solo. Talvez a existência de alguma camada impermeável ou uma compactação em locais referentes a esses casos tenha diminuído a taxa de infiltração d'água e mantido maior teor de umidade por um período mais longo na camada superficial, provocando um aumento na solubilização do fosfato. Esse fato, se realmente aconteceu, explica os resultados obtidos. Moraes (1973) encontrou que o fósforo extraído e o presente na solução do solo aumentaram com o transcurso do tempo em que o solo ficou inundado.

### LITERATURA CITADA

- BALERDI, F.; MULLER, L.; FASSBENDER, H.W. - Estudio del fosfato en suelos de America Central. III. Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. Turrialba, 18: 348-360, 1968.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. - Relações entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material vegetal em solos sob vegetação de cerrado. Rev. Ceres, 19: 124-136, 1972.
- CAVALCANTI, F.J. de A. - Alguns aspectos da fixação do fósforo por solos da região de Piracicaba. Tese de M.S., ESALQ, Piracicaba 1974. 62p.
- E.U.A. - Reconhecimento dos recursos hidráulicos e de solos da bacia do Rio São Francisco, Washington, Bureau of Reclamation. s.l, 1970. v.2 168p.
- FASSBENDER, H.W. - La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. Fitotecnica Latino Americana, 3: 203-216, 1966.
- FOLE, D.A. & GRIMM, S.S. - Avaliação do efeito residual do fósforo por meio de métodos de extração e modelos matemáticos no Oxisol. Passo Fundo. Agron. Sulriog. 9: 205-221, 1973.
- LEAMER, R.W. - Residual effects of phosphorus fertilizer in an irrigated rotation in the Southwest. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27: 65-68, 1963.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, J.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBR., M.O.C. - Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- MATOCHA, J.E.; CONRAD, B.E.; REYES, L.; THOMAS, G.W. - Residual value of phosphorus fertilizer on a calcareous soil. Agron. J., 62: 572-574, 1970.
- MORAES, J.F.V. - Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de óxido — redução e a disponibilidade de fósforo no solo. Pesq. agr. bras. 8: 93-101, 1973. Sér. Agron.
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. - Phosphorus. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1035-1049.
- OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S.; COSPER, H.R.; LARSON, W.E.; NELSON, L.B. - Residual phosphorus availability in long-time rotations on calcareous soil. Soil Sci. 78: 141-151, 1954.
- PEREIRA, J.R. & SIQUEIRA, F.B. - Alterações nas características químicas de um Oxisol sob irrigação. In: Reunião sobre Salinidade em áreas Irrigadas, Fortaleza, 1978. 20p. (Petrolina, CPATSA, 1978).
- READ, D.W.L.; SPRATT, E.D.; BAILLEY, L.D. & WARDER, F.C. - Residual effects of phosphorus fertilizer. I. For wheat grown on four chenozenic soil types in Saskatchewan and Manitoba. Can. J. Soil Sci. 57: 255-262, 1977.
- VETTORI, L. - Métodos de análise de solo. EPE, Rio de Janeiro, 1969. 24p. (Bol. Téc. 7).
- YOUNG, R.A.; ZUBRISKI, J.C. & NORUM, E.B. - Influence of long-time fertility management practices on chemical and physical properties of a Fargo clay. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 24: 124-128, 1960.

## EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO E NO RENDIMENTO ECONÔMICO DA SOJA NA REGIÃO DE DOURADOS (MS) <sup>(1)</sup>

D.S. CORDEIRO <sup>(2)</sup>; D. PÖTTKER <sup>(3)</sup>; C.M. BORKERT <sup>(2)</sup>; G.J. SFREDO <sup>(2)</sup>; A.N. MESQUITA <sup>(3)</sup>; R.C. DITTRICH <sup>(2)</sup> & J.B. PALHANO <sup>(2)</sup>

### RESUMO

Comparou-se a eficiência de fosfatos naturais (fosfato-de-patos-de-minas e fosfato-de-gafsa), à do superfosfato triplo no rendimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), instalando em Latosolo Roxo distrófico textura argilosa, fase cerrado, no município de Dourados (MS), um experimento testando as seguintes doses: 0, 160, 320, 480 e 640 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, em parcelas subdivididas com quatro repetições. As subparcelas foram divididas no 2.º ano para estudar o efeito residual do fosfato aplicado no 1.º ano e do residual + adubação de manutenção com 70 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, na forma de superfosfato triplo.

Como cultivares reagentes, usaram-se o «santa-rosa» em 1976 e o «paraná» em 1977. Foram ajustadas funções de produção para os dados de 1977 (residual e manutenção) e 1976 + 1977 (residual). O fosfato-de-gafsa teve uma eficiência média de 95% em relação ao superfosfato triplo no residual. Com uma manutenção de fósforo solúvel, a eficiência desse fosfato foi superior ao superfosfato triplo. Possuindo condições de ser recomendado para a região considerada, o fosfato-

<sup>(1)</sup> Trabalho recebido para publicação em dezembro de 1978 e aprovado em maio de 1979.

<sup>(2)</sup> Pesquisadores da EMBRAPA-CNPSoja. Cx. Postal 1.061. Londrina (PR).

<sup>(3)</sup> Pesquisadores da EMBRAPA/UEPAE de Dourados (MS).