

FORMAS DE FÓSFORO NUM PLANOSSOLO DO RIO GRANDE DO SUL E SUA DISPONIBILIDADE PARA A CULTURA DO ARROZ IRRIGADO¹

WENCESLAU J. GOEDERT², JOSÉ FRANCISCO PATELLA³ e JOSÉ FRANCISCO V. MORAES³

Sinopse

Estudos de formas de fósforo no solo foram efetuados em diversas parcelas de um ensaio. Esse experimento foi instalado em 1960 pela Seção de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul (IPEAS), sobre um Planossolo. O objetivo inicial era o estudo de fontes e doses de fósforo e sua influência na produção do arroz.

A análise de fracionamento do fósforo no solo e a determinação do fósforo disponível foram executadas em parcelas adubadas por 8 anos consecutivos, com doses de 90 kg/ha de P₂O₅ de quatro diferentes fontes.

Os dados obtidos no laboratório e as produções da cultura do arroz permitiram os seguintes estados: a) transformações que ocorrem no solo com o fósforo adicionado; b) comparação entre as formas de fósforo no solo e sua disponibilidade; c) relação entre a disponibilidade de fósforo e a produção de arroz.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul é uma das mais importantes na economia agrícola do Estado (mais de 350.000 ha), sendo que a maior parte da mesma se desenvolve em Planossolos, com baixa disponibilidade de fósforo, característica comum à grande maioria dos solos da região. Como decorrência desta característica, tornou-se comum o uso de adubos fosfatados, desde o início de sua implantação em nosso meio.

Em condições de alagamento, os fosfatos férricos insolúveis são reduzidos para a forma de compostos ferrosos, mais solúveis. Este fato é responsável pela liberação do fósforo naquelas condições (Mikkelsen & Patrick 1968) em que poderá ser aproveitado pela planta de arroz. Há então a necessidade de conhecer as reações e transformações que ocorrem nos solos, quando feitas as adições sob as diversas formas de adubos fosfatados.

O trabalho objetiva, principalmente, mostrar alguns aspectos relacionados com as formas de fósforo do solo e a cultura do arroz irrigado.

Com a discussão dos dados pretende-se ainda:

- a) caracterizar as formas de fósforo inorgânico;
- b) verificar as transformações que ocorrem no solo quando são adicionados adubos fosfatados;
- c) estabelecer relações entre a disponibilidade e as formas de fósforo;
- d) estudar as relações entre a disponibilidade do fósforo e a produção da cultura do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste trabalho são de um experimento da Seção de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul (IPEAS), em que se estuda o efeito de doses e fontes de fósforo sobre a produção de arroz. Neste ensaio, iniciado em 1960, o solo, vem recebendo adubação fosfatada, anualmente.

O solo no qual está localizado o ensaio apresenta perfil com as propriedades gerais citadas no esquema abaixo:

- A₁ - 0 - 30 cm; Bruno escuro (7,5 YR 4/2, úmido); franco-arenoso; fração, pequena, granular; transição difusa e plana;

¹ Recebido 10 dez. 1969, aceito 13 jan. 1970.

Apresentado no XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Curitiba, julho 1969.

² Eng.º Agrônomo do Setor de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul (IPEAS), Caixa Postal E, Pelotas, Rio Grande do Sul.

- A₂ - 30 - 50 cm; bruno (10 YR 5/3, úmido); areia; fra-
ca, pequena, granular; transição abrupta e ondulada;
- B₂ - 50 - 85 cm; bruno-avermelhado escuro (5 YR 3/2,
úmido) com mosqueado abundante, médio, proeminente,
bruno-forte (7,5 YR 5/6, úmido) e vermelho (2,5
YR 4/6, úmido); argila, forte, média, prismática; transi-
ção gradual e ondulada;
- C - sedimentos de formação cenozóica em decomposição.

É um solo com características típicas de Planos-
solo. Segundo o Sistema Compreensivo Americano
(Soil Survey Staff 1967), os planossolos cultivados
com arroz no Rio Grande do Sul são classificados
como Alfissolos ou Ultissolos, dependendo da per-
centagem de saturação de bases. Todos são consti-
tuídos por um epipédom Úmbrico e um horizonte
subsuperficial Argílico.

O esquema experimental escolhido foi o de blo-
cos ao acaso, com 4 repetições.

Dos doze tratamentos que compõem o experimen-
to, foram escolhidos para a análise do fósforo no solo,
os seguintes:

Tratamentos	O de P ₂ O ₅ /ha/ano
Testemunha	0
F. Olinda	90
Hiperfosfato	90
Superfosfato simples	90
Superfosfato triplo	90

Tôdas as parcelas foram adubadas com sulfato de
amônio e cloreto de potássio em doses de 30 kg/ha
de N e K₂O, anualmente.

As amostras foram coletadas apenas na camada
superficial.

As análises de rotina seguiram o esquema da Se-
ção de Solos do IPEAS, qual seja:

P e K disponíveis extraídos pelo método Carolina do Norte
(H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05 N);

pH em água na proporção 1:1;

(Ca + Mg) e Al trocáveis extraídos por KCl N; matéria
orgânica (M.O.%) calculada com a % de C, obtido por
via seca.

Para a determinação do P total, 2 g de solo foram
fundidos com Na₂CO₃ de acordo com Jackson
(1958)

O fracionamento dos fosfatos inorgânicos seguiu o
processo de Chang e Jackson (1957) modificado por
Petersen e Corey (1966). O fósforo foi medido pelo
método azul molibdato (Jackson 1968).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 8 anos de adubação fosfatada as parcelas
foram analisadas no laboratório de rotina e os dados
estão no Quadro 1.

QUADRO 1. *Dados químicos de avaliação de fertilidade
dos solos com diversos tratamentos*

Tratamentos	pH	P (ppm)	K (ppm)	M.O. (%)	AL (me/100g)	Ca + Mg (me/100g)
Testemunha	4,8	5	46	2,3	1,1	2,3
F. Olinda	4,8	23	44	2,3	0,8	2,0
Hiperfosfato	4,6	23	52	2,2	0,8	2,3
Superf. simples	4,7	14	44	2,3	1,0	3,3
Superf. triplo	4,5	29	63	2,4	1,0	2,5

Com excessão do P disponível, há pouca varia-
ção nos demais dados. Observa-se, contudo, que o
solo é naturalmente ácido, apresentando baixos teo-
res de potássio, cálcio e magnésio, e de matéria or-
gânica. O teor de alumínio, encontrado na análise,
não oferece problemas para a cultura do arroz ala-
gado.

A diferença marcante é notada no teor de P dis-
ponível. As parcelas adubadas com superf. triplo
apresentam mais P disponível.

QUADRO 2. *Formas de fosfatos do solo expressos em
ppm de P*

Tratamentos	Fe-P	Al-P	Ca-P	Outros fosfatos*	P total
Testemunha	27	6	3	154	190
F. Olinda	34	11	11	137	215
Hiperfosfato	55	19	8	148	230
Superf. simples	37	13	5	150	205
Superf. triplo	57	25	5	158	245

* Obtido por diferença.

Através do Quadro 2, pode-se notar que o Planos-
solo é pobre em fósforo total, quando comparado a
outros solos do Rio Grande do Sul (Divisão de Pe-
dologia e Fertilidade do Solo 1967). Contudo, os
dados da parcela testemunha estão de acordo com
os encontrados por Tedesco (1968), para um Pla-
nossolo.

As frações de "P solúvel em redutor" e "P ocuí-
do" foram juntadas à fração "Outros fosfatos" em
vista de terem sido constatados valores muito baixos

para estas formas de fósforo. O método de fracionamento usado leva a fatores de diluição muito grande, de modo a se perder a precisão quando a amostra é pobre nessas frações.

Por outro lado, tendo em vista os dados obtidos, nota-se que a maior parte do fósforo no solo estudado é de origem orgânica. Este fato está relacionado à textura grosseira do horizonte A desses solos, sendo a matéria orgânica responsável pela maior parte das funções coloidais.

A fração Fe-P é a mais comum entre as inorgânicas, enquanto que a fração Ca-P é a menos comum. Esta diferença é bem evidenciada no solo em condições naturais (testemunha). Isto é compreendido quando se levam em consideração as condições de acidez em que se formam estes solos.

Com relação à fração Ca-P, é interessante notar que as parcelas adubadas com fosfatos naturais (fosfatos tricálcicos) possuem mais fósforo nessa forma que as com fosfatos solúveis.

As parcelas que receberam adubação fosfatada durante 8 anos apresentam em média 25 ppm de P total a mais que a testemunha. Embora aquelas parcelas produzissem mais e portanto houvesse maior absorção de P do solo, essa diferença é ainda menor do que se poderia esperar. Em vista destes resultados restava a hipótese de que o fósforo adicionado teria se translocado verticalmente no perfil. Foi realizada, então, uma amostragem em diversas profundidades de parcelas adubadas e no solo virgem, ao lado do experimento (Quadro 3).

QUADRO 3. Fósforo disponível em diversas profundidades do solo cultivado com adubação e do solo virgem

Profundidade (cm)	P Disponível	
	Solo cultivado (ppm)	Solo virgem (ppm)
0 — 10	0,6	2,4
10 — 20	4,5	1,6
20 — 30	3,2	1,3
30 — 40	2,1	1,6
40 — 50	2,5	0,8

Os resultados do Quadro 3 mostram que o solo adubado tem mais P disponível em tôdas as profundidades, quando comparado ao solo virgem. Consta-

ta-se assim que o fósforo adicionado translocou-se verticalmente no perfil, o que está de acôrdo com a hipótese acima formulada.

Por outro lado, os dados do Quadro 3 mostram um aspecto particular no comportamento do fósforo, já que a bibliografia, de um modo geral, cita a pouca mobilidade desse elemento no solo. Os dados obtidos com o planossolo (solo muito arenoso) vêm confirmar outros resultados obtidos com solos arenosos no Rio Grande do Sul, com relação ao translocamento do fósforo no perfil (Volkweiss 1969).

Ainda pelos dados do Quadro 2 vê-se que o fósforo adicionado ao solo, através de diferentes formas de compostos fosfatados, normalmente se transforma em fosfatos de ferro e de alumínio. Isto é explicado pelo fato de ser este solo naturalmente ácido, condição em que o ferro e o alumínio têm alta atividade.

Em condições de alagamento há uma redução de alguns elementos no solo, entre os quais, o ferro. O ferro na forma reduzida é bastante solúvel e assim sendo, em ambiente de redução, há liberação de parte do fósforo que estava em forma de fosfatos férricos. Assim, a liberação do fósforo ocluído, quando o óxido férrico é reduzido a hidróxido ferroso, e a redução de fosfatos férricos a formas mais solúveis de fosfato ferroso, são largamente responsáveis pela maior disponibilidade de fósforo nos solos de arroz (Mikkelsen & Patrick 1968). Estas reações em condições de redução, em parte, são responsáveis pelo efeito residual do fósforo em solos alagados (Patella 1965).

Tendo em vista as discussões acima, muitos autores (Chang 1964, Mitsui 1960; Tisdale & Nelson 1956; Mikkelsen & Patrick 1968), consideram a fração Fe-P a fonte mais importante de P disponível para a cultura do arroz.

Embora as amostras analisadas tenham sido coletadas após a safra 67/68, considerou-se interessante discutir as produções dos últimos anos e a produção média (Quadro 4). Apesar de haver variações na produção de um ano para outro, as relações entre os tratamentos foram relativamente constantes. Assim, a produção média mostra bem a situação relativa. Nota-se que as parcelas adubadas produziram mais que a testemunha e, entre as primeiras, as que receberam superfosfato simples tiveram produções levemente inferiores.

A situação relativa entre as produções dos diversos tratamentos espelha perfeitamente a situação com relação do P disponível (Quadro 1) e dos fosfatos de ferro (Quadro 2).

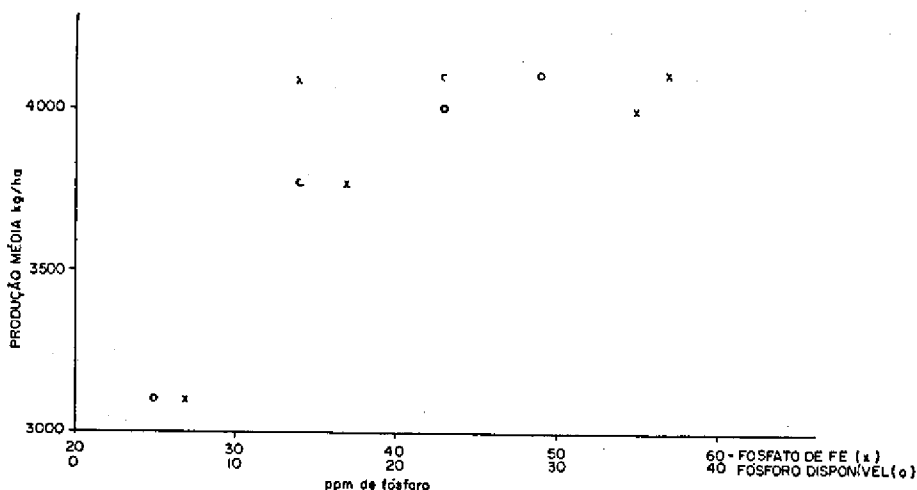


FIG. 1. Relações entre formas de fósforo no solo e a produção de arroz.

QUADRO 4. Produção de Arroz em casca, dos últimos quatro anos, expressos em kg/ha

Tratamentos	65/66	66/67	67/68	68/69	Média
Testemunha	4255	2100	3111	2889	3089
F. Olinda	5222	2900	5222	3067	4100
Hipertofato	4880	3000	4033	3155	4000
Superf. simples	4833	2544	4133	3511	3766
Superf. triplo	5411	2600	5244	3178	4111

Na Fig. 1 procura-se mostrar essa situação. Nota-se que há uma relação estreita entre o P disponível e os fosfatos de ferro, com a produção de arroz. Isto vem confirmar as discussões anteriores sobre as relações entre essas formas de fósforo nos solos alagados.

Pela Fig. 1 vê-se que a produção máxima de arroz tende a ser atingida quando o solo tem 20 a 30 ppm de P disponível, concordando com os resultados obtidos no trabalho de calibração das análises para solos arenosos (Dados não publicados).

CONCLUSÕES

Através das discussões com os dados obtidos podem-se citar as seguintes conclusões gerais:

a) houve translocação vertical do fósforo sob condições de alagamento, já que apenas parte do fósforo adicionado se encontra na superfície;

b) o Planossolo é pobre em P total e a maior parte de P encontra-se na forma orgânica;

c) os fosfatos de ferro são os mais abundantes entre as formas de P inorgânico;

d) o fósforo dos adubos tende a se combinar com o ferro e o alumínio;

e) concordando com a bibliografia, notou-se correlação estreita entre o fósforo disponível e o fósforo na forma de Fe-P;

f) constatou-se relação entre a produção de arroz e os teores de fósforo nas formas de P disponível e de Fe-P.

REFERÊNCIAS

- Chang, S.C. 1964. Phosphorus and potassium of rice soils, p. 373-381. In *The mineral nutrition of the rice plant*. Int. Rice Res. Inst., Maryland, USA.
- Chang, S.C. & Jackson, M.L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84:133-144.
- Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo 1967. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Primeira Etapa. *Pesq. agropec. bras.* 2:71-209.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York. 498 p.
- Mikkelsen, S.S. & Patrick, W.H. 1968. Fertilizer use on rice. In Nelson, L.B. et al. (ed.) *Changing patterns in fertilizer use*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, USA.
- Mitsui, S. 1960. Inorganic nutrition, fertilization and soil amelioration for lowland rice. Yokeno Ltd., Tokyo, Japan. 104 p.
- Patella, J.F. 1965. Adubação fosfatada em solos alagados. X Congr. bras. Ciênc. Solo, Piracicaba.
- Petersen, G. W. & Corey, R.B. 1966. A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic phosphates. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 30:563-565.
- Soil Survey Staff 1967. *Soil classification a comprehensive system*. U.S. Dep. Agric., Washington.
- Tedesco, M.J. 1968. Efeitos do nitrogênio e de cinco métodos de adubação fosfatada na cultura do arroz irrigado. Tese Pós-graduação em Solos, Univ. Fed. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- Tisdale, S.L. & Nelson, W.L. 1956. *Soil fertility and fertilizers*. MacMillan, New York. 418 p.
- Volkweiss, S. 1969. Comunicação pessoal.

THE EFFECT OF SOURCES AND RATES OF PHOSPHORUS APPLICATION ON THE PRODUCTION OF RICE IN RIO GRANDE DO SUL

Abstract

This eight year study was started in 1960 to determine the influence of sources and rates of phosphorus application on the production of rice.

The experiment was conducted on a planosol located in Rio Grande do Sul at the Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul. Four sources of phosphorus were applied to the soil at the rate of 90 kg/ha of P_2O_5 . Periodically the various fractions of phosphorus were determined.

From the data obtained in the laboratory and the production of rice the following suggested studies are made:

1. Transformations that occur in the soil with added phosphorus.
2. Comparison between the forms of phosphorus in the soil and their availability.
3. Relation between the availability of phosphorus and the production of rice.