

EFEITO RESIDUAL DE ADUBOS FOSFATADOS NO RENDIMENTO DO ARROZ E NA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO AVALIADA POR DIFERENTES MÉTODOS¹

SILVINO GUIMARÃES MOREIRA², MARCIA APARECIDA SIMONETE², EDGAR FERNANDO DE LUCA^{3a}, LUÍS PEDRO DE MELO PLESE², WAGNER JORGE^{3b}, EURÍPEDES MALAVOLTA⁴.

RESUMO - Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito residual de fertilizantes fosfatados na produção de grãos de arroz, determinar a eficiência de extratores químicos e isotópico na disponibilidade de fósforo e testar a folha "Y" como folha diagnóstica para avaliar o estado nutricional da planta de arroz em P. Utilizou-se um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, anteriormente cultivado com alfafa. Os tratamentos utilizados no cultivo da leguminosa foram quatro doses (0, 50, 100 e 200 mg/dm³ de P) e quatro fontes de P (superfostato triplo, termofostato yoorin, fosfato natural da Carolina do Norte e fosfato natural de Arad). Foi observado efeito residual das doses de P tanto na produção de grãos como no acúmulo de P na parte aérea das plantas. Os extratores resina, Mehlich-1 e 3 foram similares na avaliação dos teores de P disponível no solo. O extrator de Bray e a diluição isotópica apresentaram menor coeficiente de correlação entre o P acumulado na parte aérea e o P extraído do solo. A folha "Y" mostrou-se adequada para avaliar o estado nutricional do arroz em P.

Palavras-chave: Fertilizante fosfatado, superfostato, fosfato de rocha, folha "Y".

RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATE SOURCES ON RICE YIELD AND ON PHOSPHORUS AVAILABILITY EVALUATED BY SEVERAL METHODS

ABSTRACT - A greenhouse experiment was carried out in order to evaluate the residual effect of triple superphosphate, magnesium thermophosphate (Yoorin), North Carolina rock phosphate and Arad rock phosphate on the rice yield, to determine the efficiency of five soil P extractants, and to test the "Y" leaf as a diagnostic leaf in the phosphated nutrition of rice. On the previous study, four P rates (0, 50 100 and 200 mg/dm³) were applied to alfalfa grown in a Oxysol (dystrophic Red Yellow Latosol). The residual effect of P was observed by an increase in grain yield and P accumulation in the plant. Resin, Mehlich-1 and Mehlich-3 soil P extraction methods were similar indicators of available P. Soil P extracted by isotopic dilution and by the Bray extractant presented lower correlation coefficients with the P accumulated in the plant tops. The "Y" leaf was a good indicator of the P nutrition of rice.

Key words: phosphate fertilizer, superphosphate, rock phosphate, "Y" leaf.

¹ Trabalho apresentado no 5º Encontro de Pós-Graduandos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, realizado de 22 a 23 de setembro de 1999, em Piracicaba, SP.

² Pós-Graduandos do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP. CP 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP.

³ Pós-Graduandos Laboratório de Biogeoquímica de Solos; ^b Laboratório de Química Analítica - CENA/USP. CP 96, CEP 13400-970, Piracicaba, SP.

⁴ Pesquisador do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas - CENA/USP. CP 96, CEP 13400-970, Piracicaba, SP. Recebido para publicação em 05-09-2001

INTRODUÇÃO

Os baixos teores naturais dos solos brasileiros em fósforo, além das perdas do elemento por reações de precipitação e adsorção, favorecidas pela acidez e mineralogia oxidica da maioria desses solos, são alguns dos fatores que fazem do P um dos nutrientes para plantas mais limitantes à produção das culturas. A possibilidade do esgotamento natural das reservas de rochas fosfáticas mais concentradas tem levado alguns cientistas a estudar o emprego de materiais menos puros na agricultura (PROCHNOW, 2001), além de ter aumentado a preocupação com o efeito residual dos adubos fosfatados (FAGERIA et al., 1991; ROSSI et al., 1999).

Em um estudo conduzido em condições de campo para avaliar o efeito residual de fontes de P na produção de grãos de soja, REIN et al. (1994) observaram maior efeito residual do fosfato da Carolina do Norte em relação ao superfosfato triplo. Apesar de este efeito ser esperado, uma vez que as fontes menos solúveis necessitam de maior tempo para que o fosfato se torne disponível às plantas, ROSSI et al. (1999) observaram em casa de vegetação melhor eficiência dos fertilizantes solúveis, comparados aos fosfatos naturais. Em um estudo de cinco anos em condições de campo, FAGERIA et al. (1991) observaram maior produção de grãos devido ao superfosfato triplo apenas no primeiro ano.

Os métodos de extração de P do solo, mais utilizados no Brasil tem sido a solução diluída de ácidos fortes (Mehlich-1) e a resina trocadora de íons. Conforme RAIJ et al. (1986), o extrator Mehlich-1 pode superestimar os valores de fósforo no solo quando um fosfato de rocha é empregado na adubação, devido à dissolução do fósforo ligado a cálcio pelo ácido clorídrico.

Em 1984 foi proposta a utilização do extrator Mehlich-3 para solos ácidos (Mehlich, 1984), em substituição ao extrator Mehlich-1. Este método possibilita redução de custos em laboratórios de análise de solo pela sua capacidade de extrair simultaneamente outros nutrientes (K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mg e Zn, além do P) (TRAN et al., 1990). Além disso, por ter menor acidez que o extrator Mehlich-1 reduz a superestimação do P disponível em solos adubados com fontes fosfatadas menos reativas.

No Brasil, o método da resina trocadora de íons foi adaptado para a análise de rotina de solos por RAIJ et al. (1986) para extração conjunta de P, K, Ca e Mg, utilizando uma mistura de resinas de troca aniônica e catiônica, saturadas com bicarbonato de sódio. A presença de grupos funcionais (-NR₃⁺ e OH⁻), nas cadeias de poliestireno das resinas, permite que o material comporte-se como base forte, estando dissociado em qualquer valor de pH. O processo de transferência do P dos colóides para a resina é semelhante à absorção de P pelas plantas, caracterizada pela transferência do P lábil para a solução e daí para as raízes (SILVA e RAIJ, 1999).

O extrator proposto por Bray (BRAY e KURTZ, 1945) apresenta a possibilidade de utilização no Brasil (SFREDO et al., 1979). Estudos de ENWEZOR (1977) em solos nigerianos e de FAGERIA et al. (1991) em solo brasileiro, demonstraram a existência de uma boa correlação entre o teor de P no solo e a produção de grãos. No entanto, a solução extratora de Bray possui o flúor que desloca o ânion fosfato, ligado ao Fe e ao Al, e o ácido clorídrico que dissolve os fosfatos de cálcio. Deste modo, pode extrair grande quantidade de P em solos recém adubados com fosfatos de rocha (SFREDO et al., 1979), superestimando os teores de P lábil.

O método da troca isotópica (valor E) é outra forma de estimar a quantidade de P lábil do solo pela troca do íon ³¹P pelo seu isótopo ³²P (McAULIFFE et al., 1948). Nesse método é utilizado o próprio elemento em estudo, sem a introdução de soluções salinas, complexantes ou ácidas.

Um extrator é considerado eficiente quando retira do solo teores que são correlacionados diretamente com a concentração do nutriente na folha diagnóstica e/ou com a quantidade acumulada do nutriente pela planta. A folha diagnóstica deve ser aquela que representa bem o estado nutricional da planta em todos os nutrientes. No caso da planta de arroz é recomendado por MALAVOLTA et al. (1997) a retirada das folhas medianas na época do início do perfilhamento. No entanto, no Estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América do Norte é utilizado há muitos anos a folha "Y" (a mais recente folha completamente madura), por ser considerada a mais sensível indicadora da nutrição em N, P e K (MIKKELSEN, 1976).

O presente trabalho teve como objetivos: a) avaliar o efeito residual de fertilizantes fosfatados na produção de grãos de arroz, bem como no acúmulo de P nas plantas; b) determinar a eficiência de extratores químicos e isotópico na avaliação da disponibilidade de fósforo, em função de fontes e doses de P; e, c) testar a folha "Y" como folha diagnóstica para avaliar a nutrição de P para o arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) em Piracicaba, SP, em casa de vegetação. Utilizou-se um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, franco argiloso arenoso (37% de argila) do município de Nova Odessa, SP. As características químicas naturais da camada de 0-20 cm do solo foram as seguintes: pH (CaCl₂)=3,7; MO=20 g/dm³; P (resina)=4 mg/dm³; K=1 mmol/dm³, Ca=3

mmol/dm³, Mg=2 mmol/dm³, Al=21 mmol/dm³, H+Al=96 mmol/dm³, SB=6 mmol/dm³, CTC_{pH7}=102 mmol/dm³; V%=6 e m=78%, determinadas conforme metodologia descrita por RAIJ e QUAGGIO (1983).

O arroz (*Oryza sativa* L.) cv. IAC 165 foi cultivado no ano de 1999, utilizando-se o solo cultivado no ano de 1996 com alfafa (*Medicago sativa* L.). Antes do cultivo da alfafa, efetuou-se a calagem, com calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 70%. Os tratamentos utilizados para o cultivo da alfafa, constituíram-se de quatro doses de P: 0, 50, 100 e 200 mg/dm³ de P total e quatro fontes: superfostato triplo (ST), termofostato yoorin (TY), fosfato natural da Carolina do Norte (FCN) e fosfato natural de Arad (FA) (TABELA 1), conforme descrito por Moreira (1997). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4 x 4 (4 doses e 4 fontes), com três repetições.

Tabela 1. Características dos adubos fosfatados utilizados no experimento

Fertilizantes ^(*)	P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ em água	P ₂ O ₅ em ácido cítrico 2		P ₂ O ₅ em CNA + água	Ca	Mg
			%	g/kg			
ST	430	379	390	416	200	-	
TY	180	-	165	75	200	90	
FCN	300	-	93	53	340	-	
FA	330	-	99	29	370	12	

(*)superfostato triplo (ST), termofostato yoorin (TY), fosfato natural da Carolina do Norte (FCN) e fosfato natural de Arad (FA)

Durante o cultivo da alfafa foram feitos seis cortes. Foi feita também uma adubação de manutenção com 171 mg/dm³ de K, 0,5 mg/dm³ de B, 0,1 mg/dm³ de Co e Mo e 0,5 mg/dm³ de Fe, Mn e Zn. Após o cultivo da alfafa (vasos de 5 L), o solo foi seco ao ar e guardado em sacos plásticos até o cultivo do arroz, quando foram utilizados vasos com capacidade de 2,5 L. Antes da semeadura do arroz retirou-se uma amostra de terra de aproximadamente 100 g de cada vaso para as determinações do teor de P e aplicou-se 50 mg/L de K e de N nas formas de KCl e de NH₄NO₃, respectivamente. Em 21/01/99 foram semeadas 10 sementes de arroz, realizando-se posteriormente um desbaste para quatro plantas por vaso.

Os vasos foram irrigados diariamente, adicionando-se água suficiente para proporcionar ao solo umidade equivalente a 70% da capacidade de campo. Aos 45 e 67 dias após a emergência, foram feitas adubações potássica e nitrogenada em cobertura (50 mg/L de N e de K). Aos 74 dias da emergência foi feita a coleta da folha "Y" para diagnose foliar. A colheita das plantas foi feita 102 dias após a emergência, separando-se folhas + colmos e grãos, que foram secos, pesados e moídos para análise.

O P disponível no solo foi avaliado por cinco métodos: por resina trocadora de íons (RAIJ et al., 1986), pelos extratores Mehlich-1 (EMBRAPA, 1979), Mehlich-3 (MEHLICH, 1984) e Bray (BRAY e KURTZ, 1945) e pelo valor de troca

isotópica (valor E), descrito por VOSE (1980), utilizando-se 4 horas de agitação ao invés das 24 originalmente propostas. A concentração de P nas folhas de arroz foi determinada no extrato da digestão nítrico-perclórica conforme a metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

Para estudar o efeito de fontes e doses de P na produção de grãos de arroz e na quantidade de P acumulada na parte aérea das plantas foi utilizada a análise de variância (Teste F). Como a interação doses e fontes foi significativa, utilizou-se o teste de Tukey (5%) para avaliar o efeito das fontes, dentro de cada dose, e a análise de regressão para estudar o efeito de doses dentro das fontes.

Os extratores foram avaliados pela correlação linear simples, entre: a) os teores de P do solo e a quantidade de P acumulada na parte aérea; b) entre os teores de P do solo e a produção de grãos; c) entre os teores de P do solo e a concentração de P na folha "Y"; e, d) entre os teores de P do solo e a concentração de P na parte aérea. Dentro de cada fonte e dose de P foi feita a análise de variância, seguida do teste de médias (Tukey a 5%) para avaliar a capacidade de extração e discriminação dos métodos.

Foram calculadas também, as correlações lineares: a) entre a concentração de P na folha "Y" e a produção de grãos; b) entre a concentração de P na folha "Y" e a concentração de P na parte aérea; e, c) entre a concentração de P na folha "Y" e a quantidade de P acumulada na parte aérea

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito residual de fósforo

A produção de grãos foi influenciada pelas fontes de P e doses aplicadas. Nas menores doses de P (50 e 100 mg/dm³), a produção de grãos de arroz foi semelhante entre as fontes (TABELA 2). No entanto, a fonte FCN apresentou maior produção, quando comparada à FA. REIN et al. (1994) obtiveram maior efeito residual de P na produção de soja, em solos sob cerrado, quando foi utilizado FCN farelado, comparado ao ST. KAMINSKI e PERUZZO (1997), avaliando o efeito residual de fontes de P (ST, FA e fosfato natural de Gafsa), em solos com teor médio de P, não obtiveram diferença na produção de grãos de milho.

Tabela 2. Produções médias de grãos de arroz obtidas pela aplicação de superfosfato triplo (ST), termofosfato yoorin (TY), fosfato natural da Carolina do Norte (FCN) e fosfato natural de Arad (FA).

Doses	ST	TY	FCN	FA
mg/dm ³	g/vaso			
0	3,91a	3,91a	3,91a	3,91 ^a
50	7,34ab	6,48ab	7,78a	6,08b
100	7,56ab	7,64ab	8,10a	6,41b
200	7,84b	9,58a	10,04a	9,20ab

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na maior dose aplicada, o ST apresentou menor produção do que as fontes TY e FCN (TABELA 2), o que poderia ser explicado pela maior solubilidade do ST, uma vez que MOREIRA (1997) observou maior eficiência do ST na produção de matéria seca de alfafa (primeira cultura), em relação às fontes FCN e FA, quando utilizou a dose 200 mg/dm³. No entanto, com esta dose as plantas de arroz absorveram maior quantidade de P do que com as fontes TY e FCN (TABELA 3). ROSSI et al. (1999), estudando

o efeito residual de fertilizantes fosfatados, verificaram que a maior produção de matéria seca de arroz foi obtida com a utilização do ST, nas doses de 50, 100 e 200 mg/dm³, comparado às fontes FCN, FA e TA. FAGERIA et al. (1991) obtiveram maior rendimento de grãos de arroz com a aplicação de ST apenas no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, a maior produção foi obtida com os fosfatos naturais brasileiros, mas a partir do terceiro cultivo, não observaram diferença entre as fontes.

Tabela 3. Quantidades de P acumuladas na parte aérea (folhas + caules) de plantas de arroz obtidas pela aplicação superfostato triplo (ST), termofostato yoorin (TY), fosfato natural da Carolina do Norte (FCN) e fosfato natural de Arad (FA)

Doses	ST	TY	FCN	FA
mg/dm ³	mg/vaso			
0	12,96a	12,96a	12,96a	12,96a
50	23,50a	14,56c	23,37ab	15,57bc
100	32,28a	16,63b	30,66a	29,58a
200	39,06a	21,18c	29,90b	45,14a

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

A menor resposta na produção de grãos de arroz obtida com a aplicação das doses de 50 e 100 mg/dm³ de FA (TABELA 2) não está relacionada apenas com a quantidade de P absorvida (TABELA 3). O mesmo foi observado no caso do ST (TABELAS 2 e 3). O coeficiente de correlação linear entre a quantidade de P acumulada na parte aérea com a produção de grãos de todo o experimento foi de apenas 0,55, embora significativo a 1% de probabilidade.

A produção de grãos foi ajustada ao modelo linear, para doses de P dentro de cada uma

das fontes de P utilizadas (FIGURA 1). A produção de grãos aumentou com as doses de P aplicadas, para todos os fosfatos. Estes resultados eram esperados, uma vez que aumentando as doses aplicadas, aumenta-se o suprimento de P às plantas (FIGURA 2). ROSSI et al. (1999) também obtiveram maior produção de matéria seca com o incremento de doses de P. Resultados similares também foram obtidos por MOREIRA (1997) na produção de matéria seca de alfafa e de centrosema.

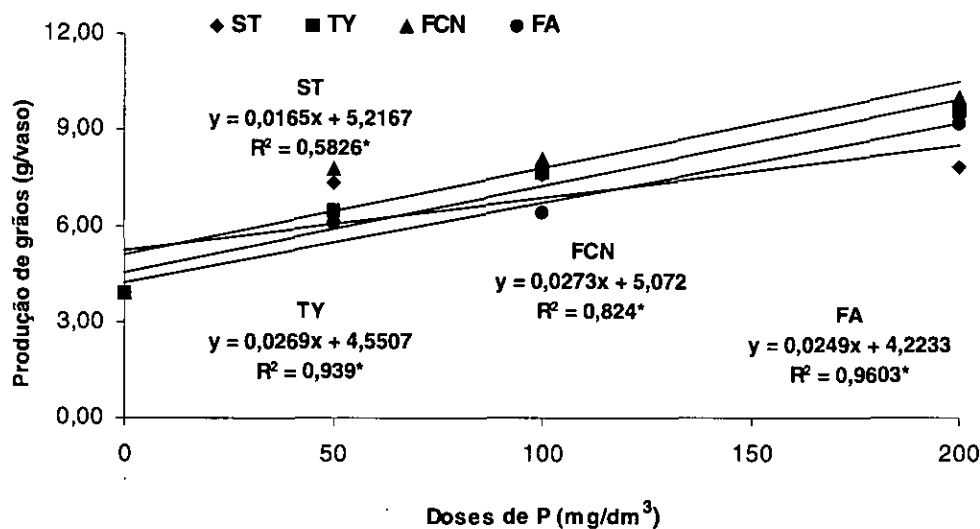


Figura 1. Produção de grãos de arroz, em função de fontes de P (superfostato triplo-ST, termofostato yoorin-TY, fosfato natural da Carolina do Norte-FCN e fosfato natural de Arad-FA) e doses aplicadas (*significativo a 5%)

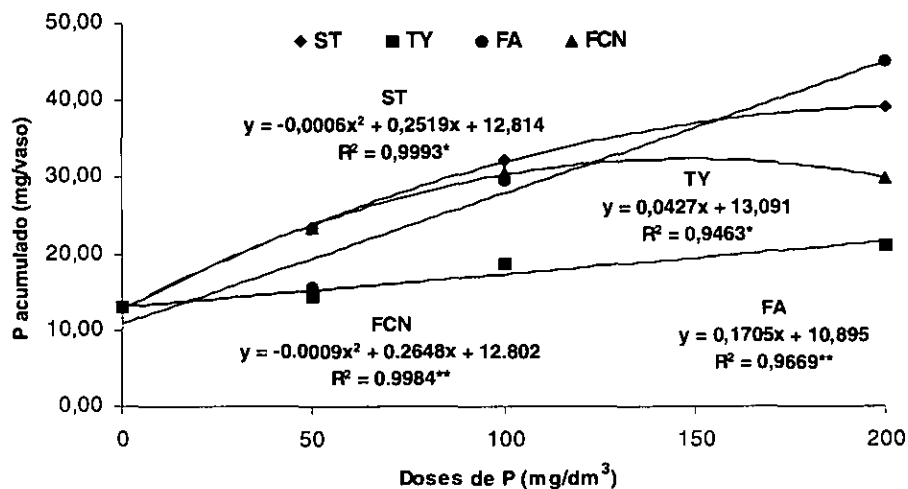


Figura 2. Quantidades de P acumulado na parte aérea (folhas + caule) de plantas de arroz, em função de fontes de P (superfostato triplo-ST, termofosfato yoorin-TY, fosfato natural da Carolina do Norte-FCN e fosfato natural de Arad-FA) e doses aplicadas (* e **significativo a 5 e a 1 % respectivamente)

Avaliação da disponibilidade de fósforo

As quantidades de P extraídas por diluição isotópica (valor E) e pela resina foram em geral maiores que as extraídas pelos outros métodos, em quase todas as fontes e doses de adubos fosfatados (TABELA 4). Os extratores Mehlich-1 e 3 apresentaram quantidades intermediárias de P entre a resina e o Bray. Esperava-se no entanto obter maiores quantidades de P extraído pelas soluções ácidas, principalmente no caso da aplicação de adubos menos solúveis (TY, FCN e FA), devido ao abaixamento do pH, que provoca a dissolução do P desses produtos. Em condições ácidas, o fósforo ligado ao cálcio, em fosfatos pouco reativos, pode ser dissol-

vido, superestimando sua disponibilidade (SILVA e RAIJ, 1999). ROSSI et al. (1999) determinaram maiores teores de P extraídos do solo pelo extrator Mehlich-1 com a utilização de fosfatos naturais, em relação às quantidades extraídas pela resina e por Mehlich-3. Entretanto, quando o ST foi aplicado ao solo, a maior extração foi obtida com o método da resina e por Mehlich-1, em relação ao Mehlich-3. O fato de que os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 não subestimaram os teores de P nos tratamentos com a adição de fosfatos naturais reativos sugere que os mesmos já não estariam na forma apatítica original tendo-se transformado em outras formas disponíveis.

Tabela 4. Teores de fósforo do solo determinado por diferentes métodos.

Dose de P	Valor E	Resina	Mehlich-1	Mehlich-3	Bray
mg/dm ³					
Testemunha					
0	4b	5a	2cd	3c	1d
Superfosfato triplo					
50	14a	12ab	6c	9bc	6c
100	16ab	21a	9c	16ab	13bc
200	52a	45a	20b	34a	21c
Termofosfato yoorin					
50	14a	9b	4c	7bc	3c
100	26a	15b	6c	10bc	7c
200	48a	41a	19b	18b	15b
Fosfato natural da Carolina do Norte					
50	26a	12b	6cd	8bc	3d
100	44a	25b	14c	12c	6d
200	38c	63a	49b	18d	9d
Fosfato natural de Arad					
50	33a	14b	6c	7c	2c
100	40a	27b	15c	10c	4d
200	49b	77a	41b	18c	8c

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os coeficientes de correlação determinados entre as quantidades de P acumulado na parte aérea das plantas e o P extraído do solo pelos diferentes extratores foram altamente significativos (TABELA 5). As maiores correlações foram obtidas com a utilização da resina e dos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3, e as menores, pelo método de Bray e pelo valor E. Resultados similares foram obtidos por ROCHA BELTRÁN (1994). ROSSI et al.

(1999) observaram altas correlações entre os teores de P do solo extraídos pela resina, e pelas soluções de Mehlich-1 e Mehlich-3 e o P acumulado na parte aérea das plantas. Deste modo, pode-se afirmar que a resina e as soluções ácidas foram igualmente eficientes na avaliação do P disponível, concordando com os resultados obtidos por MOREIRA (1997) e ROSSI et al. (1999).

Tabela 5. Correlações entre os teores de fósforo do solo extraídos por diferentes extratores e as quantidades de P acumulado na parte aérea, concentrações de P na parte aérea e concentrações de P na folha "Y" das plantas de arroz.

Extratores	Quantidade de P (acumulado)	Concentração de P (parte área)	Concentração de P (folha "Y")
Valor E	0,52**	0,29ns	0,44**
Resina	0,75**	0,53**	0,56**
Mehlich-1	0,68**	0,52**	0,51**
Mehlich-3	0,65**	0,65**	0,42**
Bray	0,55**	0,67**	0,32*

ns= não significativo; * significativo a 5% c ** significativo a 1%.

Os coeficientes de correlação linear entre a concentração de P na folha "Y" com a concentração de P na parte aérea e com a quantidade de P acumulado pelas plantas foram elevados e significativos (Figura 3 a,b). Mesmo que os coeficientes de correlação entre a concentração de P na folha

"Y" e a produção de grãos tenha sido de apenas 0,31, pode-se dizer que a concentração de P na folha "Y" refletiu bem o estado nutricional da planta quanto a esse nutriente. Novas avaliações devem ser feitas para outros nutrientes para que, caso sejam confirmados os resultados observados para o

P, a folha "Y" possa ser utilizada como folha diagnóstica para o arroz, como recomendado por MIKKELSEN (1976). As correlações entre os te-

ores de P do solo extraídos pelos diferentes métodos e a concentração de P na folha "Y" foram baixas, mas significativas (TABELA 5).

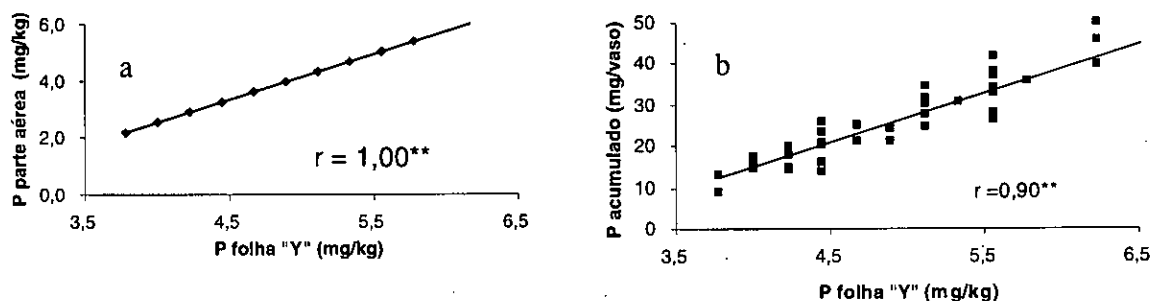


Figura 3. Correlações lineares entre as concentrações de P na folha "Y" das plantas de arroz com as concentrações de P na parte aérea (a) e com as quantidades de P acumulado na parte aérea (**significativo a 1%)

Os coeficientes de correlação entre produção de grãos e P extraído por resina e pelos extratores Mehlich-1 e 3 foram elevados e semelhantes entre si, no caso dos fosfatos naturais (TA-

BELA 6). À exceção do termofosfato yoorin, os coeficientes obtidos foram inferiores com a utilização do valor E. Nenhum método apresentou correlação significativa para o superfosfato triplo.

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre a produção de grãos de arroz e os teores de P do solo extraído pelos diferentes métodos para os fertilizantes: superfosfato triplo-ST, termofosfato yoorin-TY, fosfato natural da Carolina do Norte-FCN e fosfato natural de Arad-FA e coeficientes de correlação entre os teores de P do solo, no conjunto de todos os fertilizantes (total), com a produção de grãos.

Extrator	ST	TY	FCN	FA	Total
Valor E	0,28ns	0,95**	0,21ns	0,54ns	0,54**
Resina	0,29ns	0,92**	0,93**	0,93**	0,71**
Mehlich-1	0,27ns	0,92**	0,93**	0,94**	0,68**
Mehlich-3	0,17ns	0,93**	0,91**	0,87**	0,51**
Bray	0,35ns	0,92**	0,81**	0,87**	0,52**

ns= não significativo, ** significativo a 1%.

CONCLUSÕES

Foi observado efeito residual do fósforo na produção de grãos e na quantidade acumulada de P na parte aérea do arroz, que aumentaram com incremento das doses aplicadas.

Os teores de P extraídos pelos diferentes extratores aumentaram com as quantidades de fertilizantes aplicado.

O P extraído por resina e pelas soluções ácidas (Mehlich-1 e 3) apresentaram altas correlações com o P acumulado pelas plantas e com o rendimento de grãos. Menores correlações foram obtidas com a utilização do extrator Bray e pelo valor E.

A folha "Y" mostrou-se adequada para avaliar o estado nutricional em fósforo, do arroz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAY, R.H.; KURTZ, L.T. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, Baltimore, v.59, p.39-45, 1945.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de*

- solo. Pt.2, método 2-6: análise química: fósforo assimilável. Rio de Janeiro, 1979.
- ENWEZOR, W.O. Soil testing for phosphorus in some nigerian soils: I comparizon of methods of determining available phosphorus in soil Southeastern Nigeria. *Soil Science*, Baltimore, v.123, p.48-53, 1977.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J. Influence of phosphate rock source and rates on rice and common bean production in an Oxisol. *Plant and Soil*, The Hague, v.134, p.137-144, 1991.
- KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. *Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivos*. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (Boletim Técnico, 3).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- McAULIFFE, C.D.; HALL, N.S.; DEAN, L.A.; HENDRICKS, S.B. Exchange reactions between phosphates and soils: hydroxilic surface of soil minerals. *Soil Science Society America Proceedings*, Madison, v.12, p.115-123, 1948.
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.15, p.1409-1416, 1984.
- MOREIRA, A. *Efeito de fontes e dose de fósforo na alfafa (Medicago sativa L.) e avaliação de extratores*. Piracicaba, 1997. 107p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MIKKELSEN, D.S. Diagnostic plant analysis for rice. In: REISENAUER, H. M (ed.). *Soil and plant tissue testing in California*. Berkeley: Division of Agricultural Sciences- University of California, 1976. p.30-31 (Bulletin, 1879).
- PROCHNOW, L.I. *Eficiência agrônômica de fosfatos acidulados contendo compostos fosfáticos de ferro para arroz-de-sequeiro e arroz inundado*. Piracicaba, 2001. 118p. Tese (Livro Docência em Fertilidade do Solo) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: IAC, 1983. 40p. (IAC. Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Extration of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soil by an ion-exchange resin procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New Work, v.17, p.547-566, 1986.
- REIN, T.A.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Eficiência agrônômica do fosfato natural Carolina do Norte em solo de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. *Anais...* Petrolina: SBSC/EMBRAPA-CPATSA, 1994. p.96-102.
- ROCHA BELTRÁN, R. *Comparação entre fontes de fósforo através de três extratores químicos do solo e plantas de arroz*. Piracicaba, 1994. 73p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ROSSI, C.; ANJOS, A.R.M.; CAMARGO, M.S.; WEBER, O.L.S.; IMHOFF, S. MALAVOLTA, E. Efeito residual de fertilizantes fosfatados para o arroz: avaliação do fósforo na planta e no solo por diferentes extratores. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 56, p.39-46, 1999.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; CORDEIRO, D.S.; PALHANO, J.B.; DITTRICH, R.C. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, p.111-115, 1979.
- SILVA, F.C. da; RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, p.267-288, 1999.
- TRAN, T.S.; GIROUX, M.; GUILBEAUT, J.; AUDES, P. Evaluation of Mehlich-III extractant to estimate the available P in Quebec Soils. *Communications Soil Science Plant Analysis*, New Work, v.21, p.1-28, 1990.
- VOSE, P.B. Isotopes in soil studies. In: INTRODUCTION to nuclear techniques in agronomy and plant biology. New York: Pergamon Press, 1980. p. 235-267.