

Comparação dos extratores Mehlich-1 e Bray-1 com o coletor a base de óxido de ferro na avaliação do fósforo no solo

Soraya Moreno Palácio^{1*}, Eduardo Bernardi Luchese² e Ervim Lenzi³

¹Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, C.P. 520, 85903-000, Toledo-Paraná, Brazil. ²Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 86960-000, Marechal Cândido Rondon-Paraná, Brazil. ³Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil *Author for correspondence.

RESUMO. A eficiência dos métodos Mehlich-1, Bray-1 e coletor de fósforo para extrair o fósforo foi estudada em casa de vegetação utilizando-se três solos: Terra Roxa - TR (argiloso); latossolo vermelho - LV (textura média) e podzólico vermelho - PV (argiloso) e como planta teste o milho (*Zea mays* L.). Os solos receberam duas doses (9,50 e 4,75 g kg⁻¹) de 5 adubos orgânicos: 1 - Lodo de esgoto de Curitiba - PR; 2 - Lodo de esgoto de Maringá - PR, ambos receberam calagem a 30%; 3 - Lodo de esgoto de Curitiba - PR, com calagem a 50%; 4 - Esterco de galinha; 5 - Esterco bovino. O experimento completou-se com uma testemunha. As plantas e os solos com e sem tratamento foram coletados após 40 dias da semeadura. O teor de fósforo nos solos coletados foi avaliado utilizando-se os extratores Mehlich-1, Bray-1 e o método do coletor de fósforo (discos de tecido sintético revestido por óxido de ferro). A leitura da concentração do fósforo nas soluções de solos e das plantas foi feita pelo método da espectrofotometria UV-Vis, que utiliza a formação do complexo fosfomolibdico. Os resultados obtidos mostraram pela análise de variância que os três métodos utilizados podem prever o fósforo absorvido pelas plantas de milho, sendo que o método Bray-1 mostrou menos interferência frente aos tratamentos e alterações no teor de argila.

Palavras-chave: fósforo, extratores de fósforo, disponibilidade de fósforo, difusão do fósforo.

ABSTRACT. Comparison between Mehlich-1 and Bray-1 extractors and iron oxide collector for phosphorus availability in soil. The efficiency of methods Mehlich-1, Bray-1 and phosphorus collector to extract phosphorus from soils was tested. Samples of three soils, Dystric Nitosols; Rhodic Ferasols; Ferric Acrisol and maize (*Zea mays* L.) as test plant were used in a greenhouse. Soils received two doses (9.50 and 4.75 g kg⁻¹) of 5 organic fertilizers: 1 - sewage sludge from Curitiba - PR; 2 - sewage sludge from Maringá - PR, both limed at 30%; 3 - sewage sludge from Curitiba - PR, limed at 50%; 4 - chicken manure; 5 - bovine manure. The experiment had a control treatment test. Plants and soil samples were collected after 40 days of sowing. While phosphorus availability in the collected soils was evaluated by extractors Mehlich-1, Bray-1 and the phosphorus collector method (disks of synthetic fabric covered by iron oxide), phosphorus concentration in plants and soil solutions were determined by the classical spectrophotometric UV-Vis method. A variance analysis of results showed that the three methods predict the phosphorus absorbed by the corn plants. Bray-1 method presented less interference with the treatments and the clay content of soils.

Key words: phosphorus, phosphorus extractors, phosphorus availability, phosphorus diffusion.

O mecanismo de difusão dos nutrientes no solo é uma das formas de suprimento de fósforo às plantas. Deste modo, a capacidade de um extrator em definir o fluxo difusivo do fósforo no interior do solo constitui, a princípio, uma variável que pode ser utilizada para prever a disponibilidade desse

nutriente às plantas. Entretanto, é importante frisar aqui que a maioria dos métodos utilizados na avaliação da disponibilidade do fósforo apresenta índices que medem o P-lábil, parte dele, ou ainda o P presente na solução do solo. Entre estes métodos incluem-se os do duplo ácido (Mehlich-1), o

método Bray-1 (solução de ácido clorídrico com fluoreto de amônio) e o método da resina. O extrator Mehlich-1 e o Bray-1, devido ao seu baixo pH, dissolvem parcialmente os óxidos de ferro e alumínio, extraindo parte do P adsorvido neles, além de fosfatos de cálcio, podendo este último mecanismo superestimar a avaliação em solos que receberam aplicações de fosfatos naturais. O método da resina trocadora de cátions e ânions, proposto por (Raj *et al.*, 1987), apresenta grande eficiência, contudo, os laboratórios de análise de solo, principalmente os de rotina, nem sempre possuem a resina ao seu alcance. Assim é interessante estudar uma alternativa.

Outros métodos têm sido propostos para definir a disponibilidade de fósforo do solo às plantas (Volkweiss *et al.*, 1988). Dentre estes, encontra-se o uso de sistemas fixadores de fósforo (aqui denominados de coletores de fósforo) à base de oxihidróxidos, sendo os mais estudados os que utilizam oxihidróxidos de ferro.

Utilizando tiras de papel-filtro impregnadas com oxihidróxido de ferro Silva e Raj, (1996) e Menon *et al.*, 1989, e 1988, demonstraram que este método, quando aplicado ao solo sem agitação, ou seja, com o papel colocado em contato com o solo úmido, apresenta correlação significativa com o fósforo absorvido pela cana-de-açúcar, embora não tenha se destacado entre os métodos testados como o mais eficiente, porém, apresentou uma melhora significativa quando foi considerado o fator argila na análise de regressão.

Ilógico seria se esperar que algum método de extração de fósforo de um solo represente de modo idêntico a capacidade de uma planta em absorver fósforo, porém, a pesquisa procura incessantemente definir novos métodos que sejam os mais universais possíveis, pois perdas na produção por falta de adubação ou, pelo excesso, podem significar um fator decisivo na relação custo/benefício.

Em busca de um método que quantifique melhor a capacidade de um solo em fornecer fósforo para as plantas e supondo que a maior parte do fósforo absorvido pelas plantas decorra da difusão do mesmo no solo, este trabalho teve como objetivos:

- estudar a possibilidade de utilizar o coletor de fósforo confeccionado com tecido sintético (Perfex) revestido com oxihidróxido de ferro para avaliar a capacidade de solos em fornecer fósforo para as plantas;
- comparar o fósforo extraído do solo pelos métodos do coletor à base de tecido sintético, Mehlich-1 e de Bray-1 com o fósforo absorvido pelas plantas de milho;
- analisar o efeito da textura dos solos (argiloso, textura média e arenoso) e dos tratamentos aplicados aos mesmos, sobre os extratores de fósforo.

Material e métodos

Os três solos utilizados: terra roxa - TR (argiloso); latossolo vermelho - LV (textura média) e podzólico vermelho - PV (arenoso) classificados pela FAO (1974) em *Dystric Nitosols*; *Rhodic Fenasols* e *Ferric Acresols* respectivamente, foram coletados na região de Maringá, no Estado do Paraná, na profundidade de 0-20 cm. Após secagem e homogeneização, retirou-se uma amostra para a caracterização química e física (Tabela 1 e 2), seguindo-se metodologia descrita em Embrapa (1997).

O delineamento experimental com três repetições consistiu de 3 (três) solos e 5 (cinco) tratamentos com compostos orgânicos nas dosagens de 9,50 (a) e 4,75 g kg⁻¹ (b) respectivamente e uma testemunha. Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade para 3 dm³ e copos de polietileno com capacidade de 0,5 dm³. No total foram preparados 99 vasos e 99 copos, correspondendo respectivamente a: 3 solos x 5 fertilizantes x 2 doses de cada fertilizantes x 3 repetições = 90 + (3 solos testemunha x 3 repetições = 9) = 99. Os vasos receberam a planta-teste, enquanto os copos destinaram-se apenas à análise do fósforo nos solos com e sem tratamento; ambos receberam os mesmos tratamentos e foram mantidos sob as mesmas condições experimentais em casa de vegetação.

Tabela 1. Resultado das análises químicas dos solos utilizados

Solos	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	←————— cmol _c dm ⁻³ —————→					P mg dm ⁻³	C g dm ⁻³
			Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺		
TR	5,80	5,30	7,37	4,86	2,51	0,31	2,49	8,0	9,5
LV	6,20	5,20	3,40	2,53	0,89	0,12	2,52	7,0	11,6
PV	6,30	5,70	2,90	2,33	0,57	0,15	2,99	7,0	10,8

TR - Terra Roxa (solo argiloso); LV - Latossolo Vermelho (textura média); PV - Podzólico Vermelho (arenoso)

Tabela 2. Resultados das análises de textura dos solos utilizados

Solos	areia grossa	areia fina	silte	argila
	← % →			
TR	9	12	27	52
LV	28	38	2	32
PV	20	51	3	26

TR - Terra Roxa (solo argiloso); LV - Latossolo Vermelho (textura média); PV - Podzólico Vermelho (arenoso)

Os materiais utilizados de natureza orgânica, como adubos orgânicos, nos diversos tratamentos foram os seguintes: Tratamento 1 - Lodo de esgoto (biossólido) proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos de Curitiba (PR), que recebeu calagem a 30% em relação ao peso úmido, e logo após foi secado e moído; Tratamento 2 - Lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Maringá - PR (Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná), que recebeu calagem a 30% em relação ao peso úmido e logo após foi secado e moído; Tratamento 3 - Lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Curitiba - PR, que recebeu calagem a 50% em relação ao peso úmido, e logo após foi secado e moído; Tratamento 4 - Esterco de galinha proveniente da região de Maringá, o qual foi secado e moído; Tratamento 5 - Esterco bovino também proveniente da região de Maringá, o qual foi secado e moído. Os resultados da análise dos adubos utilizados encontram-se na Tabela 3.

Os solos destinados aos tratamentos e à testemunha receberam a calagem. Os compostos orgânicos (adubos) foram incorporados em doses de 9,50 g kg⁻¹ (a) e de 4,75 g kg⁻¹ (b) para cada tratamento respectivamente em cada amostra de 3 dm³ dos respectivos solos e completamente homogeneizados.

O calcário utilizado foi o calcário dolomítico do Grupo São Paulo - Itapeva, cuja especificação do fabricante é: CaO - 42%; MgO - 25%; PN (Poder de Neutralização) - 137; PRNT (Poder Real de Neutralização Total) - 131, Peneira 10 (2 mm) - 100%; Peneira 20 (0,84 mm) - 99%; Peneira 50 (0,30 mm) - 90% e Natureza Física - pó.

A seguir cada amostra foi dividida em duas porções, uma de 2,5 dm³, colocada nos vasos, e a outra de 0,5 dm³, colocada nos copos de polietileno

de 0,5 dm³. Os vasos e os copos assim preparados receberam água destilada e deionizada até atingirem a umidade correspondente a 60% da capacidade máxima de retenção de água, ficando desta forma por um período de 15 dias para que os processos químicos alcançassem o equilíbrio. Após este período, nos vasos de 2,5 dm³ efetuou-se a semeadura com 5 sementes de milho por vaso Agroceres C-525. Nos copos de 0,5 dm³ manteve-se apenas a umidade a 60% da capacidade máxima de retenção de água. Passados 5 dias da germinação, procedeu-se ao desbaste das plantas menores e menos desenvolvidas, deixando-se um total de 3 plantas por vaso. Os vasos e copos assim preparados foram mantidos com a umidade inicial até os 40 dias pós-semeadura, quando foi feito o corte das plantas rente ao solo.

Após o corte das plantas o material vegetal foi secado em estufa a 70°C, até peso constante, quando foi determinada a massa do tecido seco das mesmas. Após, em moinho de facas com malha de 0,2 mm realizou-se uma moagem do material, que ficou pronto para a análise do conteúdo de fósforo, seguindo-se o método espectrofotométrico UV-Vis, o qual utiliza a formação do complexo entre o fosfato e o molibdato de amônio (Horwitz, 1980). As amostras de solo contidas nos copos foram secadas ao ar, tamisadas em malha de 2 mm e reservadas para posterior análise do conteúdo de fósforo pelos métodos: Mehlich-1, Bray-1 e coletores, conforme proposto neste trabalho. Ao final a concentração do P foi lida pelo método da espectrofotometria UV-Vis.

Para a extração do fósforo dos solos com a solução extratora Mehlich-1 (Nelson *et al.*, 1953), utilizou-se a solução extratora constituída de uma mistura de ácido sulfúrico 0,0125 mol.L⁻¹ e ácido clorídrico 0,05 mol.L⁻¹, conforme descrito em Tedesco *et al.* (1985).

Para a extração do fósforo com a solução extratora Bray-1, foi utilizada a proposta por Bray e Kurtz (1945), que utiliza como solução extratora uma combinação de HCl e NH₄F.

Tabela 3. Resultados das análises dos adubos utilizados

Adubos	Umidade (110° C) (%)	N mg kg ⁻¹	pH H ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ca	Mg	S
				← % →				
Lodo de esgoto 1	10,10	22.600	13,0	0,23	2,53	9,92	4,84	1,06
Lodo de esgoto 2	20,20	20.600	12,8	1,18	1,09	2,03	1,00	0,98
Lodo de esgoto 3	20,30	20.600	10,4	1,32	1,28	7,26	2,28	1,03
Esterco de galinha	8,90	19.000	7,5	1,30	1,20	2,86	0,50	0,30
Esterco bovino	22,40	11.000	5,6	0,98	0,56	0,86	0,38	0,18

Lodo de esgoto 1 = lodo de esgoto de Curitiba com 30% de calcário; Lodo de esgoto 2 = lodo de esgoto de Maringá com 30% de calcário; Lodo de esgoto 3 = lodo de esgoto de Curitiba com 50% de calcário

Na medida do fósforo difusível, utilizou-se o coletor de fósforo confeccionado a partir de tecido sintético (Perfex) revestido de uma película de oxihidróxido de ferro. Denomina-se neste trabalho de coletor de fósforo um círculo de tecido sintético (Perfex) onde foi depositado oxihidróxido de ferro destinado a fixar fósforo. O termo “coletor” foi usado por analogia à ação de coletar, recolher, agrupar algo de um meio qualquer, no caso, fósforo da solução do solo.

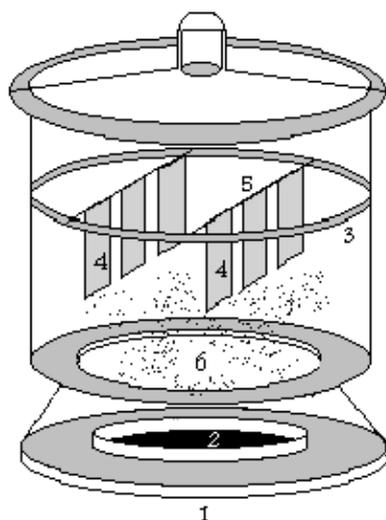


Figura 1. Dispositivo utilizado para formar o $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{ppt})$ sobre tiras de papel filtro ou pano sintético (Perfex) (Fonte: Luchese *et al.*, 2000). 1. Câmara (Dessecador); 2. Prato com hidróxido de amônio; 3 e 5. Suporte de arame; 4. Tiras de papel filtro ou pano sintético impregnadas com solução de FeCl_3 ; 6. Vapores de $\text{NH}_3(\text{g})$

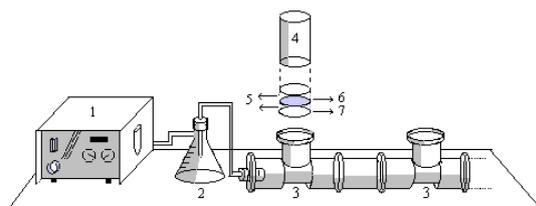


Figura 2. Dispositivo para fazer a sucção da solução do solo através do coletor (Fonte: Luchese *et al.*, 2000). 1. Bomba de sucção; 2. Sistema de segurança (trap); 3. Sistema suporte; 4. Tubo de polietileno com o coletor e o solo; 5. Solo; 6. Coletor; 7. Disco de papel

A confecção dos coletores seguiu metodologia proposta por Luchese *et al.* (2000), onde, o tecido Perfex foi cortado em retângulos de 7,0 x 4,0 cm, descontaminados, impregnados com uma solução 0,4 mol.L⁻¹ de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e saturado com vapores de NH_3 em uma câmara tipo dessecador, Figura 1. Depois foram secados e cortados em discos de 3,0 cm de diâmetro, os quais foram colocados em contato com o solo, umedecidos por capilaridade e

mantidos em sucção a 200 mmHg por 5 minutos, (Figura 2). Foram depois deixados em repouso por 24 horas, sendo a sucção diferente do proposto por Rein (1991), onde foi utilizada uma sucção de 150 mmHg. Após este período, os coletores foram lavados com água destilada e deionizada. A análise do fósforo nos coletores seguiu a metodologia proposta por Luchese *et al.* (2000).

Resultados e discussão

Os dados obtidos (Tabela 4), submetidos à análise de regressão, considerando-se todos os solos (Tabela 5), mostraram que os métodos estudados, método do coletor de fósforo; método Mehlich-1 e Bray-1, pela correlação linear obtida entre o fósforo extraído pelo método e o extraído pela planta, são eficientes para definir a quantidade de fósforo extraído pelo milho, a 1% de significância. Porém, quando da avaliação dos resultados considerando-se todos os solos, com a exclusão do tratamento 4 (esterco de galinha), a análise de regressão mostrou que o extrator Mehlich-1 passou a ser significativo a 5%; assim, para este extrator, a presença do referido adubo interferiu no referido método (Tabela 5) embora não o tenha eliminado.

Tabela 4. Teores de fósforo extraídos pelos extratores Mehlich-1 (mg.kg^{-1}), Bray (mg.kg^{-1}) e Coletor ($\mu\text{g.coletor}^{-1}$) nos solos TR, LV e PV e teores de fósforo em mg vaso^{-1} obtidos da parte aérea do milho cultivado nos três solos

Tratamento	Métodos						
	Mehlich-1 (mg kg^{-1})			Coletor de fósforo ($\mu\text{g coletor}^{-1}$)			
	TR	LV	PV	TR	LV	PV	
Testemunha	9,22	4,93	12,02	1,52	1,68	1,62	
1	a	23,13	43,87	31,28	1,67	2,65	2,76
	b	9,49	21,53	12,34	1,36	2,14	1,77
2	a	11,39	28,01	18,56	1,61	2,70	2,22
	b	7,67	16,72	13,56	1,37	1,55	1,48
3	a	41,59	92,71	58,00	2,90	6,09	5,92
	b	20,07	44,93	40,37	1,17	2,94	2,57
4	a	86,92	104,13	125,13	9,68	16,31	8,86
	b	52,55	117,24	102,18	5,11	9,20	6,94
5	a	10,70	28,70	19,16	2,11	3,82	2,43
	b	6,16	18,49	16,35	1,95	1,75	2,34
		Bray (mg kg^{-1})			Planta (mg vaso^{-1})		
		TR	LV	PV	TR	LV	PV
Testemunha		11,36	18,23	31,10	2,49	6,94	6,94
1	a	13,62	67,53	38,57	14,45	11,18	12,25
	b	14,04	44,52	26,34	15,80	18,75	10,90
2	a	13,17	47,41	35,32	14,90	13,49	11,44
	b	12,09	47,95	27,55	16,55	19,38	12,45
3	a	33,82	108,56	77,74	23,76	19,04	16,93
	b	23,17	84,42	50,24	23,71	24,49	20,38
4	a	115,85	208,60	194,28	27,18	26,62	12,69
	b	82,70	205,48	146,65	40,40	54,88	35,66
5	a	21,30	50,96	31,95	13,44	23,83	22,56
	b	17,53	26,61	27,82	20,45	15,76	15,78

TR - Terra Roxa (solo argiloso); LV - Latossolo Vermelho (textura média); PV - Podzólico Vermelho (arenoso); Testemunha - Solo + Calcário; 1 - Lodo Esgoto (Ctba 30% calcário); 2 - Lodo Esgoto (Mgá 30% calcário); 3 - Lodo de Esgoto (Ctba 50% calcário); 4 - Esterco de galinha; 5 - Esterco Bovino; a - 9,50 g kg⁻¹; b - 4,75 g kg⁻¹

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear simples (r) entre a concentração de fósforo na parte aérea do milho e o fósforo extraído por diferentes métodos em três solos do Paraná, separados por classes de teor de argila e diferentes tratamentos aplicados

Variáveis de correlação: planta <i>versus</i> Tratamento		Classe 2	Classe 3	Todos
Mehlich-1	Todos menos tratamento 1	0,7025**	0,7773**	0,8161**
	Todos menos tratamento 2	0,7016**	0,7814**	0,8211**
	Todos menos tratamento 3	0,6800*	0,7738**	0,8255**
	Todos menos tratamento 4	0,6664*	0,7318**	0,6990*
	Todos menos tratamento 5	0,7516**	0,8079**	0,8310**
	Todos	0,6952*	0,7446**	0,7859**
Bray-1	Todos menos tratamento 1	0,7599**	0,8007**	0,8225**
	Todos menos tratamento 2	0,7631**	0,7997**	0,8215**
	Todos menos tratamento 3	0,7857**	0,7915**	0,8316**
	Todos menos tratamento 4	0,8368**	0,8385**	0,7436**
	Todos menos tratamento 5	0,7698**	0,8347**	0,8302**
	Todos	0,7159**	0,7736**	0,7936**
coletor	Todos menos tratamento 1	0,6908*	0,7239**	0,7617**
	Todos menos tratamento 2	0,6939*	0,7307**	0,7617**
	Todos menos tratamento 3	0,7266**	0,7271**	0,7776**
	Todos menos tratamento 4	0,8491**	0,8160**	0,7936**
	Todos menos tratamento 5	0,6995*	0,7370**	0,7622**
	Todos	0,6370*	0,6914*	0,7297**

Classe 2: 41 a 55% de argila, TR - Terra Roxa (solo argiloso) e Classe 3: 26 a 40% de argila, solos, LV - Latossolo Vermelho (textura média) e PV - Podzólico Vermelho (arenoso) Embrapa-CNPS (1989); Testemunha - Solo + Calcário; 1 - Lodo Esgoto (Ctba 30% calcário); 2 - Lodo de Esgoto (Mgá 30% calcário); 3 - Lodo Esgoto (Ctba. 50% calcário); 4 - Esterco de galinha; 5 - Esterco Bovino; a - 9,50 g kg⁻¹; b - 4,75 g kg⁻¹; * Significativo em nível de 5% de probabilidade; ** Significativo em nível de 1% de probabilidade

Segundo a Embrapa - CNPS (1989) e os dados da Tabela 2, o solo terra roxa - TR classifica-se na classe textural 2 (42 a 55% de argila) e os solos latossolo vermelho - LV e o podzólico vermelho - PV classificam-se na classe textural 3 (26 a 40% de argila) conforme são enquadrados na Tabela 5. Na mesma Tabela 5 a análise de regressão mostra que para o solo de classe 2, os coeficientes de correlação r, quando considerados todos os solos, o desempenho dos métodos Mehlich-1 e dos coletores de fósforo foi afetado, ao passo que o extrator Bray-1 não teve os níveis de significância diminuídos para 5% em nenhum dos tratamentos estudados (Tabela 5). Quando se consideraram apenas os solos de classe 3, todos os métodos estudados mostraram-se eficientes a 1% de significância, com exceção do método do coletor de fósforo, que mostrou diminuição do nível de significância para 5% quando foram considerados todos os tratamentos (Tabela 5). Assim, o método Bray-1 mostrou-se mais eficiente em relação à textura dos solos estudados, embora todos se tenham comportado a contento se considerarmos o nível de significância de 5%.

Os resultados obtidos foram contrários ao estudo de Braidia *et al.* (1996), que comparou métodos de determinação da disponibilidade de fósforo do solo para as plantas e concluiu que o método (papel de filtro impregnado com óxido de ferro) está menos sujeito ao efeito dos teores de argila dos solos que o Mehlich-1, podendo ser aplicado

independentemente do tipo de solo. Neste trabalho observou-se que o extrator Bray-1 foi o que menos sofreu influência do teor de argila e que o método da difusão que teoricamente simularia melhor a ação das raízes quanto à absorção de P nos solos não suplantou o extrator Bray-1.

Com relação aos tratamentos, para o extrator Mehlich-1 a retirada dos tratamentos 3 e 4 (lodo de esgoto de Curitiba-PR com 50% de calcário e esterco de galinha, respectivamente, Tabela 5), mostrou diminuição do nível de significância para 5%, para o coletor. Isto ocorreu quando da retirada dos tratamentos 1, 2 e 5 (lodo de esgoto de Curitiba-PR com 30% de calcário, lodo de esgoto de Maringá-PR com 30% de calcário e esterco de boi, respectivamente). Para o Bray-1 não houve em nenhum caso diminuição do nível de significância para 5% nas correlações, mostrando que o extrator Bray-1 é o mais universal dentre os aqui estudados, tanto para alteração de argila quanto para tratamentos com material orgânico.

Devemos considerar que as condições experimentais sob as quais foram conduzidos os dois trabalhos diferiram, principalmente nos parâmetros planta teste, substrato para a retenção do óxido de ferro, forma dos coletores entre outros parâmetros, o que pode ter provocado as diferenças encontradas.

Ao se comparar os métodos de extração de fósforo entre si (Tabela 6), os resultados mostraram que houve correlação entre eles. Os coeficientes de correlação (r), foram significativos em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 6. Coeficientes de correlação linear simples para os teores de P (Mehlich-1), P (Bray-1) e P (Coletor), comparados entre si

Tipo de correlação	Solo			
	TR	LV	PV	Todos os solos
Mehlich-1 <i>versus</i> Bray-1	0,9578**	0,9918**	0,9579**	0,9780**
Mehlich-1 <i>versus</i> coletor	0,9499**	0,9711**	0,8617**	0,8951**
Bray-1 <i>versus</i> coletor	0,9735**	0,9682**	0,9267**	0,9293**

TR - Terra Roxa (solo argiloso); LV - Latossolo Vermelho (textura média); PV - Podzólico Vermelho (arenoso). ** significativo em nível de 1% de probabilidade

Caso consideremos apenas o nível de 5% de significância para os resultados estatísticos, dados considerados adequados para trabalhos em fertilidade do solo, os três métodos avaliados podem ser utilizados como testes para avaliar a necessidade de adubação fosfatada nos solos estudados, sob as condições em que foi realizado o experimento.

Resumindo a discussão tem-se:

Os três métodos (Mehlich-1, Bray-1 e do coletor) foram eficientes na extração de fósforo a 5% de significância, independente do teor de argila e dos tratamentos aplicados.

Os três métodos se correlacionaram entre si em nível de 1% e podem ser utilizados para predição da necessidade de adubação fosfatada nos solos estudados, nas condições deste experimento.

O efeito do teor de argila diminuiu os coeficientes de correlação para os três métodos para as classes de solos 2 e 3. Para a classe 2 os métodos Mehlich-1 e do coletor de fósforo foram mais afetados, tendo uma série de tratamentos com diminuição do nível de significância para 5%, enquanto para a classe 3 somente para o método do coletor de fósforo houve esta variação. O extrator Bray-1 mostrou-se menos sensível a esta alteração para as duas classes de solos estudados.

Os três métodos estudados, quando comparados entre si, mostraram-se significativamente semelhantes.

Referências bibliográficas

- Braida, J.A.; Camargo, F.A. de O.; Rosso, I.J.; Gianello, C. Meurer, E.J. Comparação de métodos de determinação da disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 20:345-347, 1996.
- Bray, R.; Kurtz, L.T. Determination of total organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 59:39-45, 1945.
- Embrapa. CNPS. *Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 2. ed. Passo Fundo: SBCS. Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC. Núcleo Regional Sul/Embrapa-CNPS, 1989. 128 p.
- Embrapa. *Manual de métodos de análises de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa do Solo, 1997. 212 p.
- Fao. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Rome, soil map of the World*. Paris: FAO/Unesco, 1974. p. 5.
- Horwitz, W. (Ed.). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. 13. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1980. 1018 p.
- Luchese, E.B; Lenzi, E.; Favero, L.O.B; Loubak, L.H. Phosphorus Collectors from Filter and Synthetic Cloth Coated with Iron or Aluminium Oxide to Provide Phosphorus by Diffusion in Soils. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 43(2):173-179, 2000.
- Menon, R.G.; Chien, S.H.; Hammond, L.L. *The Pi soil phosphorus test: a new approach to testing for soil phosphorus*. Alabama: International Fertilizer Development Center, 1989.
- Menon, R.G.; Chien, S.H.; Hammond, L.L.; Sissing, H.H. A determination of plant-available phosphorus by the iron hydroxide-impregnated filter paper (Pi) soil test. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52(1):110-115, 1988.
- Nelson, W. L; Mehlich, A; Winters, E. The development and use of soil tests for phosphorus availability. In: Pierre, W. H.; Norman, A. G. (Ed.). *Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition*. New York: Academic Press, 1953. p.153-188.
- Raij, B. Van.; Quaggio, J. A.; Cantarella, H.; Ferreira, M. E.; Lopes, A. S.; Bataglia, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargil, 1987.
- Rein, T. A. *Estimativa do fluxo difusivo de fósforo nos solos e avaliação de sua disponibilidade às plantas*. Porto Alegre, 1991. (Master's Thesis in Agronomy) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Silva, F.C. da; Raij, B. Van. Avaliação da disponibilidade de fósforo, por diversos extratores, em amostras de solos cultivados com cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 20:83-90, 1996.
- Tedesco, M.J.; Volkweiss, S.J.; Bohnem, H. *Análises de solos, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. (Boletim Técnico n. 5).
- Volkweiss, S.J.; Corey, R.B. *Método de extração do fósforo de solos controlada por difusão para avaliar a disponibilidade para as plantas*. 1988. (Relatório de Atividade) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988. Não publicado.

Received on September 14, 2000.

Accepted on November 28, 2000.