

Fósforo no solo determinado por diferentes extratores em função aplicação de calcário e silicatos⁽¹⁾.

Aline da Silva Sandim⁽²⁾; Leonardo Theodoro Büll⁽³⁾; Jader Luis Nantes Garcia⁽⁴⁾; Emerson Lolli Garcia⁽⁴⁾; Luciana de Arruda Garcia⁽⁴⁾ e Natália Rodrigues Ferreira⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq. ⁽²⁾ Doutoranda em Agronomia, Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP. Rua José Barbosa de Barros, 1780 Fazenda Experimental Lageado 18610-307 - Botucatu, SP – Brasil Telefone: (14) 38117169. Email: alinesandim@gmail.com ⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu– UNESP. ⁽⁴⁾ Mestrando em Agronomia, Programa Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu – UNESP.

RESUMO: Partindo do princípio que a aplicação do silicato pode resultar em aumento na disponibilidade de fósforo no solo para as culturas, objetivou-se estudar a influência da silicatagem, em comparação à calagem, na dessorção de fósforo em solos com fósforo previamente adsorvido, avaliada por dois extratores. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x3x5, constituídos por três solos, três doses de fósforo e quatro corretivos de acidez, além de um tratamento sem correção da acidez, totalizando 180 parcelas experimentais. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em vasos de 20 L. Os solos foram submetidos a três doses de P, (0, 50 e 150 mg dm⁻³), tendo como fonte superfosfato triplo em pó e mantidos incubados por 90 dias. Após o período de incubação foram realizadas amostragens, para análise química de rotina e determinações dos teores de P através dos métodos resina, Mehlich 1. Com base nesses resultados foi realizada a aplicação dos corretivos de acidez calculando-se as doses visando a elevar a 70% o valor de saturação por bases. Os corretivos de acidez utilizados foram: calcário dolomítico, escória de aciaria, escória de aciaria forno de panela, e wollastonita que permaneceram incubados por mais 60 dias e novas determinações dos níveis de P foram realizadas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As escórias aumentaram os teores de fósforo no solo, quando comparadas ao calcário, sugerindo interação positiva entre Si e P no solo. Os extratores Mehlich 1 e Resina apresentaram altas correlações com o P extraído.

Termos de indexação: Mehlich 1, Resina trocadora de íons, interação silício e fósforo.

INTRODUÇÃO

O fósforo é o nutriente mais limitante para o início do desenvolvimento e crescimento das plantas. Ao contrário dos demais nutrientes, a adubação com P assume a particularidade de aplicar uma quantidade várias vezes maior do que aquela exigida pelas plantas, pois se torna

necessário satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do P (Furtini Neto et al., 2001).

Estudos que medem a disponibilidade de P sob condições ácidas são consistentes ao abordar a grande influência da acidez do solo, as mudanças químicas no P no solo, causada por reações de precipitação / adsorção.

O extrator Mehlich 1, amplamente usado no país em análises laboratoriais de rotina, é composto de fortes ácidos diluídos e pode superestimar os níveis de P disponível em solos tratados com fosfato de rocha ou em que os níveis de P inorgânico-Ca são maiores devido ao baixo intemperismo (Novelino et al., 1985). Por outro lado, pode subestimar os valores de P disponível em solos com alto teor de argila, como consequência do esgotamento do extrator em tais condições (Novais & Kamprath, 1979). No entanto, o método da resina também é questionado, devido a provável subestimação do P lábil, principalmente em solos com alta capacidade de adsorção de P (Campello et al., 1994).

Ressalta-se, ainda, que os fosfatos são recursos naturais não renováveis, escassos e sem sucedâneos, devendo, portanto, ter utilização eficaz (Prado & Fernandes, 1999). Neste sentido, a ciência do solo vem estudando diferentes maneiras de melhorar a eficiência da adubação fosfatada.

Partindo do princípio que o ânion silicato pode ocupar os pontos de adsorção do ânion fosfato, objetivou-se estudar a influência da silicatagem, em comparação à calagem, em solos oxidicos com fósforo previamente adsorvido, na disponibilidade de fósforo, avaliada por dois extratores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vasos de 20 L, em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Ciência do Solo, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP/FCA, no município de Botucatu, SP, incubando três solos com fósforo que, posteriormente, receberam materiais corretivos de acidez e foram cultivados com milho. Foram selecionados três solos oxidicos que apresentaram variações texturais, todos ácidos, com baixos teores de P lábil e classificados, de

acordo com EMBRAPA (2006): como Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ), LATOSSOLO Vermelho Distrófico (Lvd), textura argilosa e LATOSSOLO Vermelho Distrófico (LVd), textura média, cujas características químicas são descritas na **tabela 1**.

Tabela 1. Características químicas dos solos estudados.

Características	Solos		
	Lvd (textura média)	Lvd (argiloso)	RQ (arenoso)
pH (CaCl ₂)	4,0	4,1	4,3
M.O. (g dm ⁻³)	30	37	11
P _{resina} (mg dm ⁻³)	4	5	Trç
P _{mehlich -1} (mg dm ⁻³)	1,2	1,5	1
SiCaCl ₂ (mg dm ⁻³)	3,1	1,8	1,2
P _{rgm} (mg dm ⁻³)	19	9	41
Al ³⁺ (mmol dm ⁻³)	19	15	4
H+Al (mmol dm ⁻³)	67	71	24
K (mmol dm ⁻³)	0,3	1,0	0,7
Ca (mmol dm ⁻³)	3	5	2
Mg (mmol dm ⁻³)	1	2	1
SB (mmol dm ⁻³)	4	9	4
CTC (mmol dm ⁻³)	71	79	28
V%	6	11	15
S (mg dm ⁻³)	11	26	7

Cada solo foi submetido a três doses de P, (0, 50 e 150 mg dm⁻³), tendo como fonte superfosfato triplo em pó, umedecidos a 70% da capacidade máxima de retenção de água e mantidos incubados por 90 dias para que ocorresse a adsorção.

Após o período de incubação foram realizadas amostragens, para análise química de rotina e novas determinações dos teores de P através dos métodos resina, Mehlich 1. Com base nesses resultados foi realizada a aplicação dos corretivos de acidez calculando-se as doses visando a elevar a 70% o valor de saturação por bases. Os corretivos de acidez utilizados foram: calcário dolomítico, escória de aciaria, escória de aciaria forno de panela, e wollastonita que permaneceram incubados por mais 60 dias e novas determinações dos níveis de P foram realizadas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 3x3x5, com quatro repetições constituídos por três solos, três doses de fósforo e quatro tipos de corretivos de acidez, além de um tratamento sem correção da acidez, totalizando 180 unidades experimentais.

A amostragem do solo foi efetuada em cada vaso, ao final do período de incubação com fósforo e com os materiais corretivos da acidez. Nas amostras de solo foram realizadas as determinações de: pH em CaCl₂, P, Ca, Mg e K extraídos pela resina trocadora de íons, H+Al³⁺ por acetato de cálcio (Raij et al., 2001). Os teores de fósforo foram determinados também pelo extrator Mehlich 1, na relação solo: solução de 1:10, com tempo de agitação de 5 min.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2003). Os efeitos das doses de P foram testados por meio de equações de regressão. Os modelos de regressão foram escolhidos com base no teste F, com significância de 1% e 5 % de probabilidade, e nos seus respectivos coeficientes de determinação. A eficiência dos extratores foi avaliada através da análise de correlação linear simples de Pearson, empregando-se a quantidade total de fósforo absorvida pelo milho e os teores de fósforo e silício extraídos pelos diferentes métodos testados. Foram consideradas correlações com níveis de significância maiores que 80% ($\alpha < 0,01$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisou-se a interação entre as doses de fósforo e os corretivos para a variável teor de P no solo.

Estudando-se o efeito do fósforo isoladamente, verificou-se que as doses desse nutriente aumentaram o teor de fósforo disponível (extraído por resina) em todos os solos estudados. Analisando a **tabela 2**, observa-se que houve interação significativa entre a aplicação dos corretivos e as doses de fósforo. Carvalho (1999) trabalhando com um Latossolo Vermelho-escuro não observou significância para as doses de silicato de cálcio (CaSiO₃) na variação do teor de fósforo no solo.

O extrator de Mehlich 1, por se tratar de um extrator ácido, possui a capacidade de extrair formas de fósforo do solo ligadas principalmente ao cálcio, que não estariam prontamente disponível às plantas. É possível observar que a capacidade de recuperação do fósforo aplicado ao solo foi diferente quando se comparam os dois extratores, pois, nota-se que a resina extraiu mais fósforo em relação ao extrator Mehlich 1 (**Tabela 3**).

Este fato pode ser explicado, porque a resina age de forma semelhante às raízes da planta, ou seja,

quantificando também o fósforo lábil. De modo geral, as quantidades de fósforo extraídas pelos dois métodos variaram em termos relativos, em função das doses de fósforo aplicadas. Embora se diferenciem quanto à capacidade de extração, o uso de diferentes métodos na análise de fósforo leva a resultados não comparáveis em seus valores absolutos devido à influência de condições particulares de cada técnica de determinação (Raij, 1978; Silva & Braga, 1992).

Observa-se na **tabela 3** que no solo Lvd (textura argilosa), obteve-se teores menores quando comparado ao Neossolo Quartzarênico, mostrando que a capacidade deste extrator diminui nos solos argilosos devido ao consumo de íons hidrogênio pelos grupos funcionais não ocupados pelo fósforo nos colóides inorgânicos e readsorção de fósforo aos colóides durante a extração (Cajuste & Kussow, 1974).

Observa-se pelos dados que o uso do silício não interfere na escolha do extrator, pois tanto o Mehlich 1 e a resina apresentaram o mesmo comportamento quando houve a adição de silício ao solo em relação ao fósforo extraído.

O estudo de correlação entre os teores de fósforo extraído pela solução de Mehlich 1 e resina encontram-se, representados na **figura 1**, através do qual observam-se valores significativos de coeficientes de correlação, tal como observado em outros trabalhos (Kroth, 1998; Bortolon, 2005). Verifica-se pelos elevados coeficientes de correlação e pela semelhança nos valores obtidos, que os dois extratores foram semelhantes na avaliação do P disponível para os três solos estudados. Essa eficiência é confirmada pela elevada correlação obtida entre os extratores, que para os três solos foi de 0,855.

Embora os dois extratores tenham apresentado condições semelhantes, o método da resina, pela sua maior capacidade de extração, seria o mais indicado em estudos de calibração, uma vez que segundo Kochhann et al. (1982), métodos com essa característica apresentam menor possibilidade de ocorrência de erros analíticos, devido às maiores faixas de classes de P obtidas.

CONCLUSÕES

O método da Resina apresentou maior capacidade de extração do P aplicado.

Os extratores Mehlich 1 e Resina apresentaram altas correlações com o P extraído e o fósforo, independente do solo e do material corretivo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq.

REFERÊNCIAS

CAJUSTE, L. J.; KUSSOW, W. R. Use and limitations of the North Carolina method to predict available phosphorus in some oxisols. **Tropical Agronomy**, Trinidad, v. 51, p. 246-252, 1974.

CAMPELLO, M. R. et al. Avaliação da reversibilidade de fósforo não lábil para lábil em solos com diferentes características. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, p. 157-165, 1994.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2001. 252 p.

NOVAIS, R. F.; KAMPRATH, E. J. Parâmetros de isoterma de adsorção de P como critério de recomendação de adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 37-41, 1979.

NOVELINO, J. O. et al. Solubilização de fosfato-de-araxá, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco latossolos, na presença e ausência de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 13-22, 1985.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo no latossolo vermelho-escuro e na areia quartzosa. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, p. 235-242, 1999.

SILVA, J. T. A.; BRAGA, J. M. Sensibilidade de extintores de fósforo e nível crítico de dez solos do Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 39, n. 226, p. 542-53, 1992.

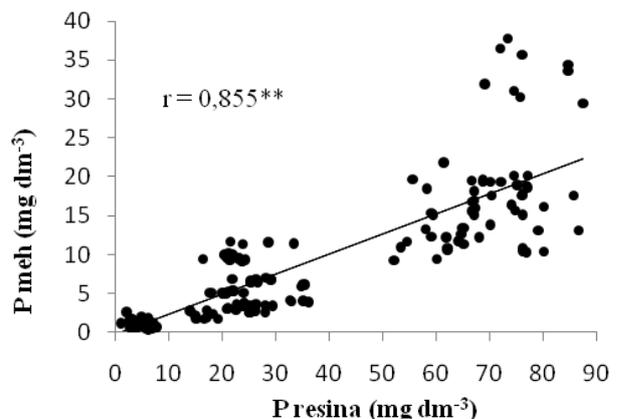


Figura 8 - Correlação entre fósforo determinado pelos métodos resina de troca iônica e Mehlich-1

Tabela 2 - Teor de P no solo, extraído por resina, em função da aplicação dos corretivos e doses de P nos solos.

Doses	P resina (mg dm ⁻³)				
	Sem correção	Calcário	Wollastonita	Esc. FP	Esc. Aciaria
(RQ) Solo de textura arenosa					
0	2,6 a ⁽¹⁾	2,7 a	4,8 a	3,2 a	5,5 a
50	20,7 a	23,4 a	26,3 a	20,8 a	26,7 a
150	66,6 d	79,1 a	68,8 cd	76,0 ab	73,6 abc
Ef. de doses	L**	Q*	L**	Q**	L**
C.V (%) 13,19					
(LVd) Solo de textura média					
0	2,8 b	3,3 b	3,5 b	4,2 b	15,0 a
50	19,0 d	26,5 b	20,4 cd	22,4 c	35,0 a
150	59,7 d	68,0 c	65,8 c	71,8 b	76,3 a
Ef. de doses	Q**	Q**	Q**	Q**	L**
C.V (%) 3,55					
(Lvd) Solo de textura argilosa					
0	4,8 b	5,7 b	6,3 b	6,0 b	17,8 a
50	22,6 b	24,2 b	26,5 b	26,0 b	34,1 a
150	54,4 d	77,2 b	64,6 c	63,2 c	82,8 a
Ef. de doses	L**(2)	Q**	L**	L**	Q**
C.V (%) 5,92					

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01

Tabela 3 - Teor de P no solo, extraído por Mehlich 1, em função da aplicação dos corretivos e doses de P nos solos.

Doses	P mehlich (mg dm ⁻³)				
	Sem correção	Calcário	Wollastonita	Esc. FP	Esc. Aciaria
(RQ) Solo de textura arenosa					
0	0,7	1,2	1,3	1,0	1,6
50	6,9 b ⁽¹⁾	10,1 a	9,4 a	9,3 a	11,5 a
150	16,5 e	31,3 b	19,5 c	34,9 a	17,5 cd
Ef. de doses	L**	L**	Q**	Q**	Q**
C.V (%) 9,58					
(LVd) Solo de textura média					
0	0,9	1,6	0,9	1,2	2,2
50	5,1	5,3	5,1	6,1	6,6
150	14,9 b	19,2 ab	16,2 ab	17,5 ab	21,8 a
Ef. de doses	L**	L**	L**	L**	L**
C.V (%) 34,12					
(Lvd) Solo de textura argilosa					
0	0,5	1,1	1,1	0,6	2,2
50	2,6	3,1	3,5	3,6	4,0
150	10,5 b	11,6 b	11,2 b	11,6 b	15,0 a
Ef. de doses	L**(2)	Q*	Q*	L**	Q**
C.V (%) 16,07					

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01