

ADSORÇÃO E DESLOCAMENTO RECÍPROCO DE SILÍCIO E FÓSFORO EM DOIS LATOSSOLOS DO TRIÂNGULO MINEIRO ^{1/}

Maria Goreti de Almeida Oliveira ^{2/}

José Mário Braga ^{3/}

Francisco Franco Feitosa Teles ^{2/}

1. INTRODUÇÃO

O silício é o segundo elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre. Está presente como silicato ou como óxido na fase sólida do solo e como H_4SiO_4 na solução do solo.

Além disso, tem características químicas que se assemelham muito às do fósforo. Em consequência, as reações de um, no solo, têm implicações nas do outro, podendo ocasionar liberação de um deles para a fase líquida, afetando os vegetais que crescem nesse solo.

A interação de fósforo e silício se deve essencialmente à competição pelos mesmos pontos de adsorção e ao papel que o segundo parece exercer no metabolismo do primeiro. Como resultado dessa interação, favorecendo o silício, pode ocorrer diminuição de fósforo, aumento no transporte desse elemento das raízes para a parte aérea, aumento da eficiência da planta na sua utilização e desbalanceamento de nutrientes (3, 5, 9, 10, 11). Por outro lado, se a interação favorece o fósforo, há dessilificação dos solos e ocorre maior adsorção de silício, que, apesar de não ser considerado elemento essencial, é benéfico para alguns vegetais.

^{1/} Parte da tese do primeiro autor, requisito do curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da U.F.V.

Aceito para publicação em 12-5-1986.

^{2/} Departamento de Química da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Solos da UFV. 36570 Viçosa, MG.

Constituíram objetivos deste trabalho:

1. avaliar a capacidade máxima de adsorção de silício e de fósforo em dois latossolos do Triângulo Mineiro;
2. estudar o deslocamento recíproco de silício e de fósforo nesses latossolos.

2. MATERIAL E MÉTODO

Neste ensaio foram utilizadas amostras da camada entre zero e vinte centímetros de profundidade de dois solos classificados como Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, textura média (LEdm), e Latossolo Roxo Distrófico (LRd) (Quadro 1).

Primeiramente, foi determinada a capacidade máxima de adsorção de silício e de fósforo das duas amostras de solo, com a mesma metodologia para ambos os casos. Essa metodologia consistiu em tomar 2,5 g de solo e agitá-los, em agitador Eberbach, com 25 ml de solução aquosa e solução de CaCl_2 0,01M, em tubos de centrífuga de polietileno de 30 ml, por um período de 24 horas, com concentrações que variaram de 0 a 200 ppm de fósforo ou de silício. Após a agitação, foram adicionadas duas gotas de ácido nítrico (1:1), e as suspensões foram centrifugadas, determinando-se o elemento numa alíquota. Ambos foram determinados colorimetricamente, o fósforo pela redução do complexo fosfomolibdico com vitamina C (7) e o silício pela redução do complexo silicomolibdico com vitamina C, segundo OLIVEIRA (8).

Os dados da concentração do elemento na solução de equilíbrio, adsorvido à

QUADRO 1 - Caracterização química e textural dos dois solos estudados

Características	LEdm	LRd
pH em H_2O	5,0	4,9
Al^{3+} (eq. mg/100g solo)	0,90	0,40
Ca^{2+} (eq. mg/100g solo)	0,40	0,24
Mg^{2+} (eq. mg/100g solo)	0,43	n.d
K^+ (eq. mg/100g solo)	0,11	0,06
C (%)	0,99	0,60
Areia Grossa (%)	7	10
Areia Fina (%)	69	18
Silte (%)	11	35
Argila (%)	13	37

* Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solo da UFV.

fase sólida, foram ajustados à isoterma de Langmuir, na sua forma linear, o que permitiu a determinação da capacidade máxima de adsorção do elemento no solo.

Determinada a capacidade máxima de adsorção de silício e fósforo, foi feito o estudo do deslocamento de um elemento pelo outro. Em primeiro lugar, foi feito o deslocamento do silício pelo fósforo. Para tal, 2,5 g de solo foram saturados, até a capacidade máxima de adsorção, com tetracloreto de silício e deixados em repouso por 24 horas. Transcorrido esse prazo e descartado o sobrenadante, foram adicionados 25 ml de solução com fósforo, como KH_2PO_4 , na concentração de 0 a 200 ppm. Essas misturas foram agitadas, por 24 horas, em agitador horizontal rotativo, tipo Eberbach. Transcorrido esse período, as soluções foram centrifugadas, e, no sobrenadante, foi determinado o silício, segundo OLIVEIRA (8). Considerou-se silício deslocado pelo fósforo a diferença positiva entre a concentração de silício inicialmente adicionada ao solo e a concentração desse elemento no sobrenadante.

O mesmo procedimento foi adotado para fazer o deslocamento de fósforo pelo silício. Assim, 2,5 g de solo foram deixados em repouso por 24 horas numa solução com fósforo, na forma de KH_2PO_4 , na concentração próxima à capacidade máxima de adsorção. Transcorrido esse prazo e descartado o sobrenadante, foram adicionados 25 ml de solução de silício, como tetracloreto de silício, na concentração de 0 a 200 ppm, agitando-se, a seguir, por 24 horas, em agitador horizontal rotativo Eberbach. Transcorrido esse período, as soluções foram centrifugadas, e, no sobrenadante, foi determinado o fósforo, segundo BRAGA e DEFELIPO (1). Considerou-se fósforo deslocado pelo silício a diferença positiva entre a concentração de fósforo inicialmente adicionada ao solo e a concentração desse elemento no sobrenadante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da capacidade máxima de adsorção, tanto de silício quanto de fósforo, calculados a partir da isoterma de Langmuir, na sua forma linear, estão no Quadro 2.

Observa-se que as capacidades máximas de adsorção de fósforo e silício são maiores no LRd do que no LE_{dm}. Tal fato está relacionado com o conteúdo de argila, que é maior no LRd, e, possivelmente, com a qualidade da argila. Nas determinações da capacidade máxima de adsorção, as concentrações de silício ou de fósforo foram feitas em solução de CaCl_2 0,01 M e em água. Não se observou alteração nos valores da capacidade máxima de adsorção de fósforo quando se usou uma ou outra matriz da solução. O mesmo não ocorreu com o silício, tendo sido verificada uma diminuição na capacidade máxima de adsorção quando se usou CaCl_2 0,01 M. Essa diminuição, possivelmente, resultou da menor disponibilidade de silício, que deve ter-se precipitado como silicato de cálcio, sal insolúvel (12). Tal fato não foi observado quando se usou água, que somente favoreceria a hidrólise de SiCl_4 . A água tem sido usada como extrator de sílica do solo possivelmente por causa desse fato (2).

Observa-se que, no LE_{dm}, a quantidade máxima de fósforo deslocada pelo silício foi de 0,023 mg P/g de solo, o que corresponde a 17,7% do teor de fósforo adicionado ao solo. Já no LRd a quantidade máxima de fósforo deslocada pelo silício foi de 0,176 mg P/g de solo, o que corresponde a 13,4% da quantidade de fósforo adicionada ao solo (Quadro 3). Esses deslocamentos podem ser interpretados como resultados da diminuição dos pontos de adsorção do fósforo, que foram ocupados pelo silício, significando menor adsorção. Fatos semelhantes foram observados por Ray *et alii*, citados por SMYTH (11).

QUADRO 2 - Equação de regressão, segundo a isoterma de adsorção de Langmuir, e valores da capacidade máxima de adsorção de silício e de fósforo e da capacidade máxima de adsorção de fósforo

Solos	Equação		Capacidade máxima de adsorção	
	Silício	Fósforo	Silício	Fósforo
			mg Si/g Solo	mg P/g Solo
LEdm	$Y = 2,457x + 11,914$ $r = 0,986$	$Y = 7,722x + 14,011$ $r = 0,998$	0,407	0,130
LRd	$Y = 1,935x + 7,969$ $r = 0,984$	$Y = 0,761x + 4,315$ $r = 0,981$	0,517	1,314

QUADRO 3 - Concentração de silício adicionado, concentração de P na solução de equilíbrio e quantidade retida nos solos LE_{dm} (1) e LR_d (2). Média de quatro repetições

Tratamento Si (ppm)	Concentração de P na solução de equilíbrio		P retido no solo	
	LE _{dm}	LR _d	LE _{dm}	LR _d
	mg P/g solo		mg P/g solo	
0	0,000	0,000	0,130	0,314
20	0,010	0,000	0,120	0,314
40	0,019	0,000	0,111	0,314
60	0,021	11,200	0,109	1,202
80	0,021	13,500	0,109	1,179
100	0,021	14,100	0,109	1,173
120	0,022	16,200	0,108	1,152
140	0,023	16,900	0,107	1,145
160	0,012	17,600	0,118	1,138
180	0,008	17,600	0,122	1,138
200	0,000	13,800	0,124	1,176

(1) - Capacidade máxima de adsorção de fósforo = 0,130 mg P/g de solo.

(2) - Capacidade máxima de adsorção de fósforo = 1,314 mg P/g de solo.

O deslocamento de fósforo foi relacionado, da mesma maneira que a capacidade máxima de adsorção, com a textura dos dois solos. No LR_d, a adsorção e o deslocamento foram bem maiores. É necessário considerar que este é um solo mais argiloso do que o LE_{dm}. Possivelmente, com a adsorção de ânions há liberação de hidroxilas, fato observado pela primeira vez por MATTSON (6).

Observa-se também que, quando a adição foi acima de 140 ppm de silício, a quantidade de fósforo foi diminuída no LE_{dm} (Quadro 3). O mesmo aconteceu no LR_d, mas a partir do nível de 180 ppm de silício (Quadro 3). É possível que os diferentes valores estejam ligados a outras reações, uma vez que a polimerização das unidades monômeras ($\text{Si}(\text{OH})_4$) em solução só ocorreria em pH superior a 12 (4).

No estudo do deslocamento de silício pelo fósforo no LE_{dm}, os dados obtidos mostraram que a quantidade máxima de silício deslocada pelo fósforo foi de 0,175 mg Si/g de solo, o que corresponde a 43% do teor de fósforo adicionado ao solo. Já no LR_d a quantidade máxima de silício deslocada pelo fósforo foi de 0,130 mg Si/g de solo, o que corresponde a 25,2% do silício adicionado ao solo (Quadro 4). Isso, também possivelmente, se deve ao fato de solos de textura mais argilosa, como o LR_d, apresentarem maior retenção de silicato e fosfato, e, para que ocorra retenção desses ânions, hidroxilas, substituídas por fosfato ou silicato, deverão ser liberadas, hipótese levantada por MATTSON (6).

Quanto ao aspecto quantidade, as diferenças entre as quantidades de silício deslocadas para a solução do solo foram muito pequenas: valores de 0,175 mg Si/g

QUADRO 4 - Concentração de fósforo (ppm) adicionado, concentração de Si na solução de equilíbrio e quantidade retida nos solos LE_{dm} (1) e LR_d (2). Média de quatro repetições

Tratamento P	Concentração de Si na solução de equilíbrio		P retido no solo	
	LE _{dm}	LR _d	LE _{dm}	LR _d
(ppm)				
0	0,000	0,000	0,407	0,517
20	0,117	0,000	0,290	0,517
40	0,117	0,101	0,290	0,416
60	0,117	0,105	0,290	0,412
80	0,117	0,105	0,290	0,412
100	0,117	0,108	0,290	0,409
120	0,130	0,111	0,274	0,406
140	0,143	0,114	0,264	0,403
160	0,146	0,130	0,261	0,387
180	0,175	0,130	0,232	0,387
200	0,175	0,130	0,232	0,387

(1) - Capacidade máxima de adsorção de silício = 0,407 mg Si/g solo.

(2) - Capacidade máxima de adsorção de silício = 0,517 mg Si/g solo.

de solo no LE_{dm} e de 0,130 mg Si/g de solo no LR_d. Em ambos os solos as percentagens de deslocamento máximo de fósforo pelo silício foram menores do que as percentagens de deslocamento máximo de silício pelo fósforo. Esse fato coincide com os resultados de estudos da adsorção competitiva de silicato e fosfato em vários solos, realizados por OBIHARA e RUSSEL (7), quando a presença do silício na solução do solo não reduziu a adsorção do fósforo até que o pH subisse acima de 6,5. Entretanto, a adsorção de fósforo reduz a adsorção de silício em todos os valores de pH.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram coletadas amostras de dois latossolos com texturas diferentes, com o objetivo de avaliar a capacidade máxima de adsorção de silício e fósforo e estudar o deslocamento recíproco desses elementos nos dois solos.

Utilizaram-se amostras de dois solos com vegetação de cerrado (LR_d e LE_{dm}) da região do Triângulo Mineiro.

As determinações de laboratório, usando materiais de solo, compreenderam: capacidade máxima de adsorção de fósforo, capacidade máxima de adsorção de silício, deslocamento de silício pelo fósforo e deslocamento de fósforo pelo silício. A capacidade máxima de adsorção foi avaliada mediante a transformação linear da equação de Langmuir; o deslocamento, mediante as diferenças entre as quanti-

dades do elemento adicionado para saturar o solo e as quantidades que foram deslocadas do solo para a solução.

Diante dos resultados obtidos, foram tiradas as seguintes conclusões:

1. há uma competição dos ânions fosfatos e silicatos pelos mesmos sítios de adsorção;
2. a adição de fosfato, sem conhecimento da razão silício/fósforo ideal, poderá acarretar a dessilificação do solo.
3. a adição de silicato favorece a disponibilidade de fosfato aplicado, o que pode resultar no seu maior aproveitamento pelos vegetais.

5. SUMMARY

(SILICA AND PHOSPHORUS RECIPROCAL ADSORPTION AND DISLOCATION IN TWO LATOSOLS FROM THE «TRIÂNGULO MINEIRO», BRAZIL)

The basic objectives of this study were to evaluate the maximum capacity of silica and phosphorus adsorption and to study the reciprocal dislocation of these two elements in two latosols in the «cerrado» region of the «Triângulo Mineiro».

The maximum adsorption capacity of silica and phosphorus was evaluated through a linear transformation of the Langmuir equation and the reciprocal dislocation was determined by the differences between the quantities of elements added to obtain soil saturation and the quantities dislocated from the soil to the solution.

The following conclusions were drawn:

1. there is a competition between phosphate and silicate ions for the adsorption sites present in the two studied soils.
2. adding phosphorus, without knowing the ideal silicate/phosphate ratio for each soil, can lead to soil desilicization.
3. the addition of silica increases phosphorus availability and, consequently, its absorption may be improved.

6. LITERATURA CITADA

1. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Rev. Ceres* 21:73-85. 1974.
2. FREITAS, L.C. & GLÓRIA, N.A. Determinação colorimétrica do silício em solos. II. Aplicação do método silicomolibdato amarelo e do azul de molibdênio na determinação da sílica total e solúvel em solos. *Anais da ESALQ*, 33:15-31. 1976.
3. KHALID, R.A. & SILVA, J.A. Residual effect of calcium silicate on pH, phosphorus and aluminum in a tropical soil profile. *Soil Sci Plant Nutr.*, 26:87-98. 1980.
4. LINDSAY, W.L. *Chemical equilibrium in soil*. New York, John Wiley & Sons, 1979. 449 p.
5. MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Agromônica Ceres, 1980. p. 130-205.

6. MATTSON, S. The laws of soil colloidal behavior: V. Ion adsorption and exchange. *Soil Sci.* 31:311-331. 1931.
7. OBIHARA, C.H. & RUSSEL, W. Specific adsorption of silicate and phosphate by soils. *J. Soil Sci.* 23:105-117. 1972.
8. OLIVEIRA, M.G.A. *Determinação, adsorção e deslocamento recíproco de silício e fósforo em latossolos do Triângulo Mineiro*. Viçosa, Imprensa Universitária, UFV, 1984. 68 p. (Tese de Mestrado).
9. RAJAN, S.S.S. Phosphate adsorption and displacement of structural silicon in an allophane clay. *J. Soil Sci.* 26:250-256. 1975.
10. SILVA, J.A. Possible mechanisms for crop response to silicate applications. In INT. SYMP. SOIL FERT. EVALUATION, Nova Delhi. 1971. Anais, Nova Delhi. p. 805-814.
11. SMYTH, T.J. *Comparison of the effects of phosphorus, lime and silicate application of phosphorus sorption in exchange and rice growth in an oxisol from the cerrado of Brazil*. Raleigh, North Caroline University. Soil Science Department. 1976. 138 p. (Tese de Doutorado).
12. VOGEL, A.I. *Química Analítica Qualitativa*. Buenos Aires, Kapelusz, 1974. p. 305-309.