

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS NORTE-RIO-GRANDENSES QUANTO À ADSORÇÃO DE FÓSFORO¹

J.S. DE HOLANDA e A.A. DE MEDEIROS²

RESUMO - Em amostras de solos representativos de duas microrregiões do Estado do Rio Grande do Norte, Bruno não cálcico, Podzólico, Latossolo, Litólico e Vertissolo, foram adicionadas doses crescentes de fósforo para avaliação de parâmetros de adsorção. Os dados obtidos foram plotados sob a forma da isoterma de Langmuir e apresentaram alta correlação linear para P solução de 0,7 a $11,9 \times 10^{-4}$ M, em solos de textura média a franco arenosa, e para valores superiores a 1×10^{-4} M, em solos de textura argilosa. Das isotermas traçadas foram calculadas as respectivas equações e determinada a adsorção máxima, a adsorção estimada para um nível crítico de P solução igual a 0,1 ou 0,2 ppm, e a energia de retenção. Os valores mais baixos de adsorção máxima foram apresentados pelos solos Podzólico e Latossolo, em torno de 70 ppm, e o mais alto pelo Vertissolo, 1.075 ppm.

Termos para indexação: isotermas Langmuir, adsorção máxima, P solução, adsorção nível crítico, energia adsorção.

CHARACTERIZATION OF PHOSPHORUS ADSORPTION IN SOILS OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT - In representative soils of two regions in Rio Grande do Norte State: Noncalcic Brown, Podzolic, Latosol, Lithosolic and Vertisol, phosphorus levels were added for determination of adsorption parameters. The values obtained were graphically represented in Langmuir isotherm form and showed high linear correlations for P-solutions between 0.7 and 11.9×10^{-4} M, in soils of the sandy loam texture and to values higher than 1×10^{-4} M in clayey soils. The Langmuir equations, maximum adsorption, estimated adsorption to phosphorus solutions at 0.1 or 0.2 ppm and bonding energy were to be determined. The Podzolic and Latosol soils showed the values of maximum adsorption, around 70 ppm. The highest value was showed in Vertisol soil, 1,075 ppm.

Index terms: Langmuir isotherms, maximum adsorption, solution-P, critical level adsorption, bonding energy.

INTRODUÇÃO

A carência de fósforo na maioria dos solos do Estado do Rio Grande do Norte, como fator limitante da produtividade, é conhecida desde a década de 1920; entretanto, na época atual, ainda se desconhecem as doses ideais de adubação fosfatada necessárias para a obtenção de máximos rendimentos físicos e/ou econômicos, para qualquer sistema de cultivo.

A resposta das culturas à adubação depende de fatores inerentes às próprias culturas e de fatores ligados ao solo (adsorção).

A quantidade de fósforo adsorvida pelo solo depende do teor da fração argila, da composição química e mineralógica da argila, do alumínio

trocável, do teor de óxi-hidrôxi de ferro e alumínio, do pH, do teor de matéria orgânica e da natureza e quantidade de cátions presentes no complexo de troca (Fassbender 1969, Syers et al. 1973, Singholka et al. 1975, Sá Júnior et al. 1968).

Admite-se que o teor de ferro no solo seja o principal responsável pela força com que o fósforo é retido; o alumínio pode determinar a magnitude de adsorção (Williams et al. 1958). Em solos latossólicos, Chang & Chu (1961) verificaram que o fósforo foi adsorvido mais fortemente, ficando retido principalmente sob a forma de fosfato de ferro.

Inúmeros trabalhos avaliam a adsorção de fósforo no solo, através do método da isoterma de Langmuir. Olsen & Watanabe (1957), utilizando este método, obtiveram uma relação linear para concentrações de P solúvel de 1 a 9×10^{-4} M. O P solúvel é função do P adsorvido e da energia de retenção. Kamprath (1977) e Fox & Kamprath (1970) obtiveram máximos rendimentos de culturas

¹ Aceito para publicação em 28 de junho de 1984.

² Eng. - Agr., EMBRAPA/Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S.A. - Unidade Regional de Pesquisa de Mossoró, km 47, BR 110 CEP 59600 Mossoró-RN.

com P solução de 0,2 a 0,07 ppm. Por outro lado, Kamprath (1967) verificou que a manutenção de 8 ppm de P disponível (extrator Melich) foi suficiente para a obtenção de máximos rendimentos de milho, em solo argiloso.

Alguns estudos relacionam a adsorção máxima de fósforo com a quantidade de adubo fosfatado que deve ser aplicada ao solo para um ótimo desenvolvimento das culturas. Woodruff & Kamprath (1965), Almeida Neto & Brasil Sobrinho (1977) observaram que solos com alta adsorção máxima aparentemente são capazes de suprir fósforo, em quantidades suficientes para o ótimo desenvolvimento das plantas, a mais baixas saturações de adsorção do que solos com baixa adsorção máxima.

A determinação dos parâmetros de adsorção máxima no solo, a energia de retenção e a estimativa do P adsorvido para níveis de P solução supostamente críticos constituíram o objetivo básico deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos representativos das microrregiões norte-rio-grandenses de Seridó e Serrana foram selecionados para avaliação dos parâmetros de adsorção de fósforo. Foram utilizados: um Latossolo Vermelho-Amarelo, um Podzólico

Vermelho-Amarelo, um Litólico eutrófico, três Bruno não cálcicos e um Vertissolo. Amostras foram coletadas nos horizontes A (0 - 30 cm) e B (35 - 40 cm) dos Bruno não cálcicos, e no Ap (0 - 20 cm), dos demais solos, sendo a composição química determinada (Tabela 1). Os teores de argila foram tomados dos perfis modais, descritos por Brasil (1971), correspondentes aos números 4, 18, 61, 25 e 38, respectivamente, para os solos Latossolo, Podzólico, Litólico, Bruno não cálcico e Vertissolo.

O ensaio foi conduzido em laboratório. As amostras de solo, secadas ao ar, passaram em peneira de 2 mm de diâmetro. Foi determinada a umidade gravimétrica.

Foram tomados 2 g de solo seco, com repetição, colocados em tubos de centrífuga e adicionados 40 ml de soluções contendo diferentes concentrações de fósforo, em KCl 0,05N. Como fonte de fósforo foi utilizado o KH_2PO_4 ; o pH das soluções foi ajustado para 6,5 com KOH.

Os tratamentos testados consistiram de níveis crescentes de P até atingir ou chegar próximo da saturação dos sítios de adsorção dos solos (Tabela 2).

Com base em um prévio teste de adsorção de P, para os solos Latossolo e Podzólico, foram aplicados os níveis até 1.200 ppm; para os demais, não foram testados os de 25, 75 e 150.

As misturas solos/soluções foram submetidas a uma agitação contínua, por um período de 26 horas; em seguida, foram centrifugadas a 2.500 rpm, durante 15 minutos. Os sobrenadantes foram coletados, e o fósforo, determinado através do método colorimétrico, descrito por Murphy & Riley (1962). O fósforo adsorvido foi obtido por diferença entre os níveis iniciais e finais de P solução.

TABELA 1. Valores de pH, Al trocável, CTC, saturação de bases, matéria orgânica, P extraível e teor de argila dos solos utilizados.

Solos	pH	Al ³⁺ meq/100 g	CTC meq/100 g	Saturação bases %	Matéria orgânica %	P ppm	Argila* %	Perfil* nº
Latossolo	5,2	0,18	3,3	68	0,2	3,0	12	4
Podzólico	4,4	0,31	2,1	51	0,2	1,2	8	18
Litólico	6,0	0,07	8,2	93	1,5	6,0	13	61
Bruno não cálcico 1 (A)**	5,8	0,14	12,3	91	2,1	18,6		
Bruno não cálcico 1 (B)**	5,7	0,14	20,2	94	0,2	3,0	17 (A)	
Bruno não cálcico 2 (A)	6,1	0,07	10,6	89	3,2	4,6		25
Bruno não cálcico 2 (B)	5,8	0,07	12,8	92	0,9	0,6	46 (B)	
Bruno não cálcico 3 (A)	5,4	0,14	6,2	60	2,6	9,2		
Bruno não cálcico 3 (B)	4,9	1,3	6,1	73	0,2	0,6		
Vertissolo	5,2	0,14	40,0	93	6,1	6,4	70	38

* Perfil modal, descrito por Brasil (1971)

** Corresponde a horizontes do perfil do solo

TABELA 2. Relação de tratamentos, concentrações de fósforo nas soluções adicionadas e quantidades de fósforo testadas nos solos.

Tratamento	P em solução 0,05 N KCl (µg/ml)	P adicionado (ppm - solo)
1	0	0
2	1,25	25
3	2,50	50
4	3,75	75
5	5,00	100
6	7,50	150
7	10,00	200
8	20,00	400
9	40,00	800
10	60,00	1.200
11	80,00	1.600
12	160,00	3.200
13	320,00	6.400

Os dados obtidos foram grafados sob a forma linear da isoterma de Langmuir:

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{k \cdot b} + \frac{1}{b} \cdot C$$

onde: C = concentração de P na solução final de equilíbrio ppm (µg/ml)

x/m = P adsorvido ppm (µg/g de solo)

K = energia de retenção µgP/ml

b = adsorção máxima de P ppm (µgP/g de solo)

Através dos gráficos, foram calculadas as equações de adsorção e destas os parâmetros adsorção máxima e energia de retenção. O primeiro foi assumido pelo valor inverso da declividade da reta e o segundo, obtido pela relação entre a declividade da reta e a intersecção da mesma no eixo das ordenadas.

Foram estimadas as adsorções de P a um nível crítico de P solução supostamente considerado como suficiente para o máximo rendimento das culturas. Consideraram-se os valores 0,1 e 0,2 ppm de P solução, como níveis críticos, respectivamente, para solos de textura argilosa e franco arenosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como era de prever, ocorreram diferenças acentuadas nos valores de adsorção máxima para os vários solos testados. Os solos de textura franco arenosa (Latossolo e Podzólico) apresentaram as mais baixas adsorções máximas, respectivamente,

67 e 71 ppm de P. À medida que aumentou o teor de argila do solo, a adsorção máxima de P se elevou de modo que o Vertissolo apresentou o mais alto valor de adsorção máxima, 1.075 ppm (Tabela 3). A influência do teor de argila também é evidenciada quando se comparam os dados de adsorção máxima dos horizontes A e B dos solos Bruno não cálcicos, cujos valores de B foram aproximadamente o dobro dos de A. Estes resultados concordam com os de Sá Júnior et al. (1968) e Syers et al. (1973).

Os solos Bruno não cálcicos apresentaram valores intermediários de adsorção de P, com variações que podem ser atribuídas tanto à disponibilidade do elemento no solo, proveniente de adubação fosfatada em alguns deles, em anos anteriores, como à variação do teor de argila. Os horizontes A adsorveram de 196 a 357 ppm de P, e os B, de 454 e 625 ppm. A adsorção máxima do solo Litólico foi semelhante às dos horizontes A dos Bruno não cálcicos, com os quais geralmente ocorre em associação, a campo.

Para os níveis críticos de P solução considerados, foram obtidas adsorções que corresponderam à percentagem de 14% a 21% das adsorções máximas. Estes dados contrastam com os observados, na prática, por Woodruff & Kamprath (1965), Al-

TABELA 3. Adsorções de P, máximas e para os níveis críticos considerados, e energia de adsorção para os solos estudados.

Solos	Adsorção máxima (ppm)	Adsorção ao nível crítico (ppm)	Energia adsorção (µg/ml)
Latossolo	67	14*	0,498
Podzólico	71	14*	0,282
Litólico	323	44	0,155
Bruno não cálcico 1 (A)**	244	.	0,082
Bruno não cálcico 1 (B)	556	92	0,072
Bruno não cálcico 2 (A)	357	49	0,187
Bruno não cálcico 2 (B)	625	118	0,107
Bruno não cálcico 3 (A)	196	.	0,128
Bruno não cálcico 3 (B)	454	63	0,220
Vertissolo	1075	150	0,093

* Nível crítico considerado igual a 0,2 ppm P solução. Para os outros solos igual a 0,1 ppm.

** Corresponde a horizontes do perfil no solo.

meida Neto & Brasil Sobrinho (1977), para os quais as adsorções obtidas para o máximo desenvolvimento das plantas variaram de 25% a 100% de saturação de adsorção máxima, compreendendo, respectivamente, solos de textura argilosa a franco arenosa. A explicação para as diferenças entre os dados obtidos e os mencionados pelos autores, provavelmente, consiste em que os deste trabalho partiram de estimativas através de níveis críticos supostos e ausência de plantas.

Os horizontes A dos solos Bruno não cálcicos 1 e 3 não apresentaram adsorção para o nível crítico considerado (0,1 ppm P solúvel). Isto se justifica pelo fato de conterem teores altos de P, respectivamente, 18,6 e 9,2 ppm (determinados pelo extrator Melich), os quais, provavelmente seriam suficientes para o P solução ser superior ao crítico. Estas observações, apesar de serem em ausência de cultura, assemelham-se aparentemente, às de Kamprath (1967); em solo argiloso, a manutenção de 8 ppm de P disponível (determinado pelo extrator Melich) foi suficiente para a obtenção de máximos rendimentos de milho.

A energia de retenção se comportou inversa-

mente do que se podia esperar. Não houve tendência de proporcionalidade entre o conteúdo de argila dos solos e o aumento de energia de retenção. Convém lembrar que os teores de argila dos solos (Tabela 1) não foram determinados e correspondem a perfis modais descritos por Brasil (1971), que, obviamente, podem apresentar alguma diferença do conteúdo real de argila dos solos trabalhados. Comparando-se os dados dos horizontes A e B dos solos Bruno não cálcicos, verifica-se que são contraditórios; em um deles, a energia de retenção aumenta de A para B, enquanto, nos outros dois, diminui. É impossível uma análise mais acurada sobre este item, pois não se dispõe de informações básicas sobre características dos solos, teor de ferro, por exemplo, que poderiam ser responsáveis pela força de retenção, conforme Williams et al. (1958). Coincidindo com os resultados obtidos por Chang & Chu (1961), o Latossolo adsorveu P mais fortemente (0,498 $\mu\text{gP/ml}$) que os demais solos.

Nos solos Latossolo e Podzólico a porção linear mais representativa corresponde a um intervalo de P solução de 0,7 a 11,9 $\times 10^{-4}\text{M}$, (2 a 37 $\mu\text{gP/ml}$ solução) (Fig. 1). Estes dados são equiparáveis aos

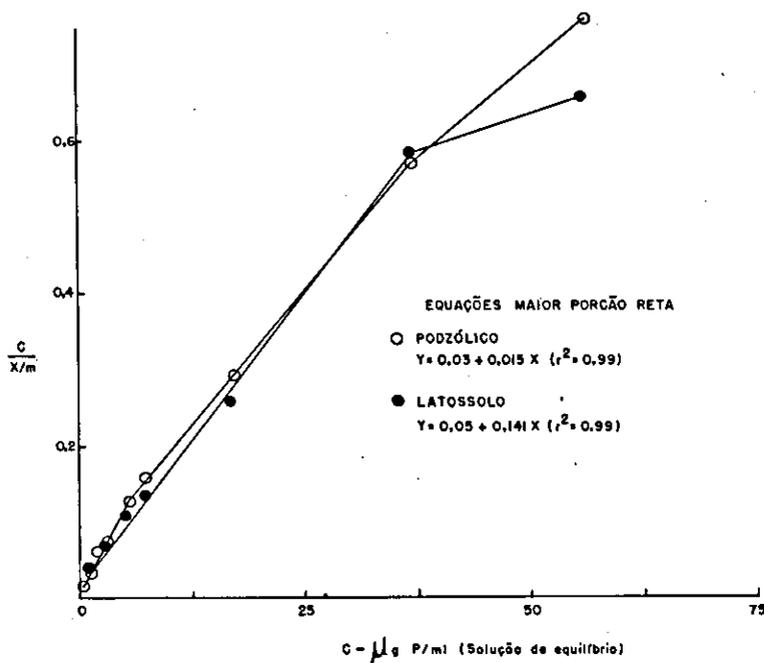


FIG. 1. Isothermas de Langmuir obtidas com os solos podzólico e Latossolo.

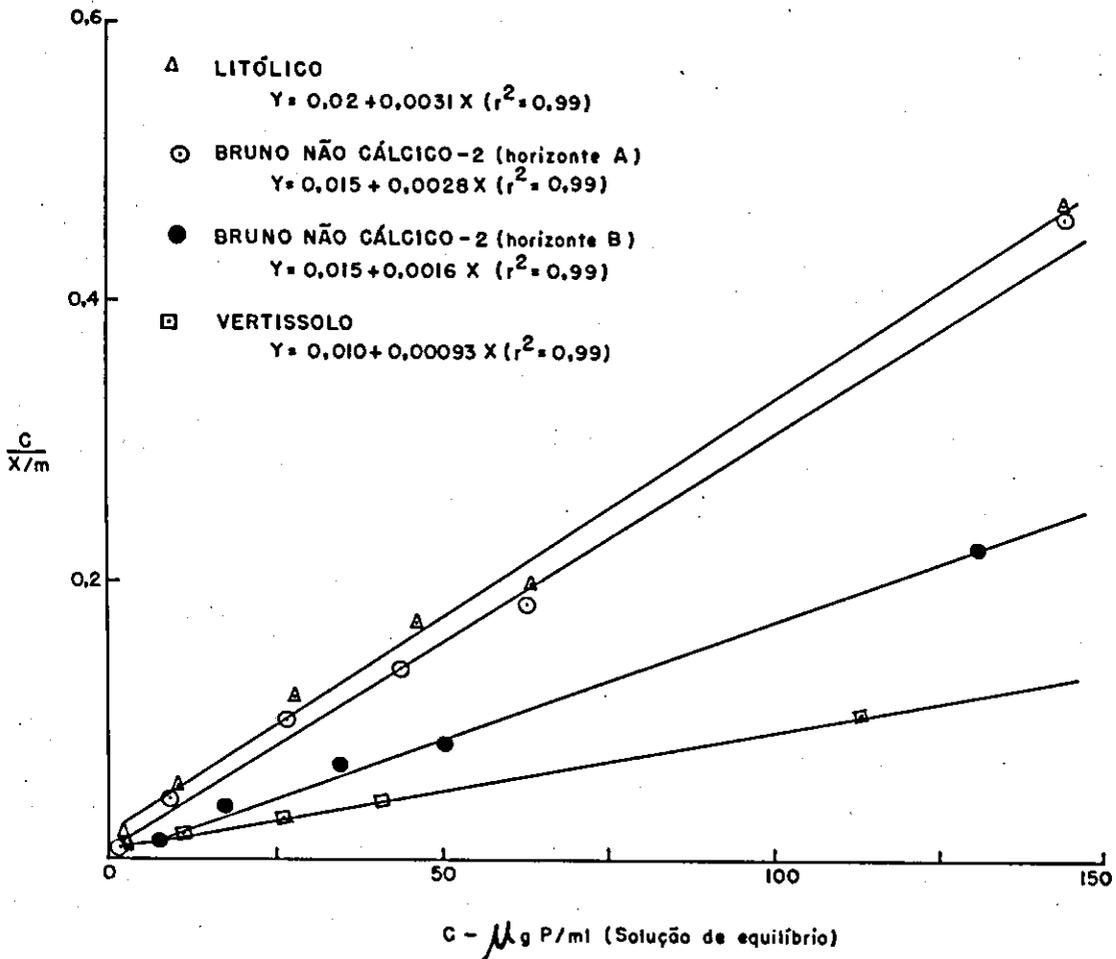


FIG. 2. Isothermas de Langmuir obtidas com os solos Litólico, Bruno não cálcico - 2 e Vertissolo.

obtidos por Olsen & Watanabe (1957), cuja relação linear ficou entre 1 a $9 \times 10^{-4} M$. Os desvios da reta são explicados pela existência de mais de uma população de sítios de adsorção (Syers et al. 1973, Rajan & Fox 1975). Os resultados com solos de textura argilosa foram lineares para concentrações de P solução superiores a $1 \times 10^{-4} M$, chegando a atingir valores maiores que $50 \times 10^{-4} M$, ($155 \mu g P/ml$ solução) (Fig. 2).

CONCLUSÕES

1. Os solos de textura franco arenosa (Latosolo e Podzólico) apresentaram os menores valores de adsorção máxima, respectivamente, 67 e 71 ppm

de P; o Litólico e os Bruno não cálcicos, valores intermediários (196 a 625 ppm de P). A maior adsorção máxima foi observada no solo mais argiloso (Vertissolo), 1.075 ppm de P.

2. Para um nível crítico de P solução considerado (0,2 ppm), a adsorção estimada para os solos Latossolo e Podzólico correspondeu a 20% de saturação da adsorção máxima (14 ppm); para o Vertissolo, a 14% de saturação da adsorção máxima (150 ppm), em um nível crítico de P solução igual a 0,1 ppm.

3. Os valores de energia de adsorção de P, aparentemente, não dependeram da textura dos solos. O Latossolo foi o que apresentou maior energia de adsorção, $0,498 \mu g$ de P/ml solução.

4. Os solos Podzólico e Latossolo evidenciaram a presença de mais de uma população de sítios de adsorção. O segmento de reta de maior proporção apresentou alta correlação linear (isoterma de Langmuir) para P solução de 0,7 a $11,9 \times 10^{-4}$ M. Os resultados com solos de textura argilosa foram lineares para valores de P solução superiores a $1,0 \times 10^{-4}$ M.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Ibanor Anghinoni, professor do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRS, a orientação e sugestões apresentadas na condução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA NETO, J.X. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Fixação de fósforo em três solos sob cerrado de Goiás. *R. bras. Ci. Solo*, 1:12-5, 1977.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, 1971. 531p. (Boletim Técnica, 21. Série Pedológica, 9).
- CHANG, S.C. & CHU, W.K. The fate of soluble phosphate applied to soils. *J. Soil Sci.*, 12(2):286-93, 1961.
- FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. *Turrialba*, 19:497-505, 1969.
- FOX, R.L. & KAMPRATH, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirement of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:902-7, 1970.
- KAMPRATH, E.J. Residual effect of large application of phosphorus on high phosphorus fixing soils. *Agron. J.*, 59:25-7, 1967.
- KAMPRATH, E.J. Phosphorus fixation and availability in highly weatered soils. In: FERRI, M.G. IV Simpósio sobre o cerrado; bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, 1977. p.333-47.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta, Amsterdam*, 27:31-6, 1962.
- OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S.A. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils measured by langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 21(2):144-9, 1957.
- RAJAN, S.S.S. & FOX, R.L. Phosphate adsorption by soils. II. Reactions in tropical acid soils. *Soil Sci. Am. Proc.*, 39:846-51, 1975.
- SÁ JÚNIOR, J.P.M. e; GOMES, I.F. & VASCONCELLOS, A.L. de. Retenção de fósforo em solos da zona da mata de Pernambuco. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 3:183-8, 1968.
- SINGHOLKA, S.; ELLIS, J.H. & BLEVINS, R.L. Adsorptions and bonding energy indexes for phosphorus in four soils of Northeast Thailand. *Soil Sci. Plant Anal.*, 6(6):619-28, 1975.
- SYERS, J.K.; BROWMAN, M.G.; SMILLIE, G.W. & COREY, R.B. Phosphate sorption by soil evaluated by langmuir adsorption equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37:358-63, 1973.
- WILLIAMS, E.G.; SCOTT, H.M. & MCDONALD, M.J. Soil properties and phosphate sorption. *J. Sci. Food Agric.*, 9(9):551-9, 1958.
- WOODRUFF, J.R. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 29(2):148-50, 1965.