

Analysis — BLACK, C. A. ed. Part. 1. American Society of Agronomy, Monograph 9: 234-252. 1965.

DALL'OLIO, A. & REICHARDT, K. — Spatial variability of physical properties of a tropical soil: III: The use of a neutron probe to access soil water content. BT-006. CENA, Piracicaba, SP, 15 p. 1976.

NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. & ERH, K. T. — Spatial variability of soil water properties. *Hilgardia* 42 (1): 215-263. 1973.

REICHARDT, K.; GROHMANN, F.; LIBARDI, P. L. & QUEIROZ, S. V. — Spatial variability of a tropical

soil: I: Geometric properties BT-004 — CENA, Piracicaba, S. P. 24 p. 1976.

REICHARDT, K.; GROHMANN, F.; LIBARDI, P. L. & QUEIROZ, S. V. — Spatial variability of a tropical soil: II: Soil water retention curves and hydraulic conductivity. BT-005, CENA, Piracicaba, S. P., 28 p. 1976.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; MEIRELLES, N. M. F.; FERREYRA, F. F. H.; ZAGATTO, E. A. G. & MATSUI, E. — Extração e Análise de Nitratos em solução do Solo. Submetido para publicação na R. Bras. Ci. Solo, 1: 130-132, 1977.

COMISSÃO II — QUÍMICA DO SOLO

ADSORÇÃO DE MOLIBDATO EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO ⁽¹⁾

C. SIQUEIRA ⁽²⁾ & A. C. VELLOSO ⁽³⁾

RESUMO

Foram estudadas as características de adsorção de molibdato em nove amostras de solo coletadas sob vegetação de cerrado. A adsorção nas duas primeiras horas de agitação variou de 85 a 90% da adsorção verificada após 24 horas onde, aparentemente, o sistema atingiu o equilíbrio. As maiores quantidades de molibdato adsorvido ocorreram nas proximidades de pH 4. A partir deste pH, a adsorção decresceu acentuadamente, tornando-se muito pequena em valores de pH superiores a 6. A adsorção máxima (25°C, pH 4), calculada pela equação linear de Langmuir, variou de 0,6 a 3,1 mmoles de Mo/100g de solo. Pouco efeito competitivo de fosfato foi observado, indicando alta afinidade do molibdato pelos sítios de adsorção dos solos.

SUMMARY: MOLIBDATE ADSORPTION IN SOILS UNDER CERRADO VEGETATION (SAVANNAH).

The adsorption of molybdate by soil samples collected in Brazilian "cerrados" (savannah) containing dominantly kaolinite and aluminium and iron oxy-hydroxides has been investigated as a function of pH, concentration and competitive effect of phosphate. The adsorption isotherms in general conformed to the Langmuir-type equation. Calculated maximum adsorption (25°C; pH 4) varied from 0.6 to 3.1 mmoles Mo/100g. The curves relating molybdate adsorption to pH were similar in shape showing a maximum near pH 4. The amount adsorbed decreased with increasing pH. Competitive studies with phosphate suggest that molybdate had a high affinity for the adsorption sites in these soils.

INTRODUÇÃO

Os íons molibdato são fortemente adsorvidos por alguns solos, sendo que a quantidade adsorvida depende do pH, da concentração da solução e da composição mineralógica do solo (Theng, 1971; Barrow, 1970 e 1972; Gonzalez et alii, 1974).

Aceita-se, geralmente, que soluções básicas do molibdato contêm apenas íons na forma tetraédrica MoO_4^{2-} . Segundo Chojnacka (1963) a espécie MoO_4^{2-} sofre protonação entre pH 2,5 e 4,5, passando às formas monoméricas de HMoO_4^- e H_2MoO_4 . Após a protonação inicial, esses monômeros podem sofrer condensação dando formação a uma série de iso ou hetero-polimolibdatos (Carpéni, 1947; Schwarzenbach e Meier, 1958). Esse fenômeno é altamente favorecido em concentrações relativamente elevadas de molibdênio e também por aumento da temperatura (Schwarzenbach e Meier, 1958). Segundo Reys e Jurinak (1967) condensações iônicas podem acontecer em concentrações de molibdênio superiores a 50 ppm no valor de pH 4. A forma (ou formas) exata do produto de condensação

(1) Parte da Tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para obtenção do grau de M. Sc. Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 11 a 16/7/77, em São Luiz, MA. Recebido para publicação em agosto 1977 e aprovado em novembro de 1977.

(2) Pesquisador da Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária, atualmente em serviço no Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG.

(3) Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, km. 47 da Rodovia Rio-São Paulo, 20.000 — Rio de Janeiro. Bolsista do C. N. P. q.

permanece, entretanto, ainda desconhecida. Em soluções de concentrações inferiores a, aproximadamente, 30 ppm de Mo, somente as espécies monoméricas do íon molibdato existem independentemente do valor do pH (Carpéni, 1947). Os trabalhos de Reys e Jurinak (1967) e Barrow (1970) apresentam evidências de que somente as formas monoméricas seriam adsorvidas e segundo Pascal, citado por Gonzalez *et alii* (1974), a adsorção decresce a concentração de monômeros da solução, favorecendo a conversão dos polímeros, inicialmente presentes, às formas monoméricas.

De acordo com a teoria da adsorção aniônica proposta por Hingston *et alii* (1972) e desenvolvida para a gibsita e goethita, o pH de máxima adsorção de molibdato ocorreria quando o pH da solução em equilíbrio se igualasse ao pK_2 do ácido molíbdico, que segundo Sasaki *et alii* (1959) se situa em 4.

Barrow (1970) verificou que solos com altos teores de óxi-hidróxidos amorfos de alumínio apresentaram alta adsorção de molibdato. Theng (1971) observou alta adsorção na fração argila de solos com predominância de caulinita ou de alofana. Segundo Gonzalez *et alii* (1974) a adsorção de molibdato pelos solos derivados de cinzas vulcânicas foi devido, principalmente à presença de alofana e óxi-hidróxidos amorfos de alumínio, silício e ferro.

Sob vegetação de cerrado há predominância de Latossolos (Jacomine, 1969). Caulinita, gibsita e goethita constituem os minerais predominantes da fração argila destes solos (Camargo e Bennema, 1966; Jacomine, 1969; Leal e Velloso, 1973; Weaver, 1974). Apresentam, também, altos teores de óxi-hidróxidos amorfos de alumínio, ferro e silício (Leal e Velloso, 1973; Weaver, 1974).

O estudo da adsorção do molibdato nos solos sob vegetação de cerrado em função da concentração, pH da suspensão e presença de fosfato é o objetivo do presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se amostras de solos sob vegetação de cerrado, coletadas até a profundidade de 20 cm. Estas amostras foram obtidas de solos pertencentes às Unidades de Grande Grupo referidas abaixo e coletadas nas seguintes regiões:

Solo 1 e 3 — Latossolo Amarelo Podzólico, coletados no Amapá; solo 5 — Podzólico Vermelho Amarelo, coletado no Amapá; solo 2 — Latossolo Vermelho Amarelo, coletado em São Paulo; solo 4 — Latossolo Roxo, coletado em Goiás; solo 8 — Latossolo Vermelho Escuro, coletado em Brasília; solos 6, 7 e 9 — Latossolo Vermelho Amarelo — coletados em Brasília. Maiores detalhes sobre a localização e descrição dos solos 2, 4, 6, 7, 8 e 9 são apresentados por Leal e Velloso (1973) e sobre os solos 1, 3 e 5 por Ramos e Velloso (1977).

Métodos Analíticos

Molibdato e fosfato foram analisados espectrofotometricamente pelos métodos do tiocianato (Aguilera & Jackson, 1953) e do molibdato de amônio em meio clorídrico (Jackson, 1958), respectivamente. O pH foi determinado potenciometricamente na suspensão aquosa.

a) **Efeito do tempo de equilíbrio** — Diversas porções de 1 g das amostras dos solos 1, 4 e 9 foram agitadas, em duplicata, por períodos de 2, 4, 6, 12, 18, 24, 36 e 48 horas com 20 ml de soluções contendo 50, 100 e 125 mg Mo/l, respectivamente. No final do tempo de agitação o pH da suspensão se situou entre $4,0 \pm 0,1$ para as amostras dos solos 1 e 9 e $4,5 \pm 0,1$ para a do solo 4.

b) **Efeito do pH** — A diversas porções de 1 g de amostras do solo 1 adicionaram-se 20 ml de soluções contendo 50 mg de Mo/l e possuindo valores de pH variáveis, de modo a fornecer, após um período de 24 horas de agitação, valores de pH situados na faixa de 3,0 a 7,0. O mesmo procedimento foi seguido para as amostras de solos 2, 4 e 9, usando-se soluções contendo 75, 100 e 125 mg de Mo/l, respectivamente.

c) **Efeito da Concentração** — A diversas porções de 1 g das amostras de todos os solos em estudo adicionaram-se 20 ml de soluções de molibdato com concentrações variando de $1 \times 10^{-4}M$ a $1 \times 10^{-3}M$. O pH das suspensões, no final do tempo de agitação, se manteve entre $4,0 \pm 0,1$.

d) **Competição pelo fosfato** — A diversas porções de 1 g das amostras dos solos 1, 4 e 9, em duplicata, foram adicionados 20 ml de soluções contendo 0,5 mM de molibdênio e 0,0; 0,1; 0,5 e 2,5 mM de fósforo, respectivamente. O pH das suspensões no final do tempo de equilíbrio, se situou entre $4,0 \pm 0,1$.

Em todos os experimentos, foram seguidas as seguintes normas:

(a) as amostras de solo foram secas ao ar e passadas por peneiras com malha de 2 mm de diâmetro; (b) os resultados foram expressos na base de massa da amostra seca ao ar; (c) as soluções de molibdato foram preparadas a partir do $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ e as de fosfato a partir do KH_2PO_4 , todas (inclusive no efeito da competição) contendo 20 mmoles de KCl por litro, para manter a mesma força iônica e as partículas floculadas; (d) a temperatura foi mantida próxima a 25°C; (e) o tempo de agitação foi de 24 horas; (f) a centrifugação das suspensões foi realizada a 25°C numa supercentrífuga refrigerada e o molibdato (ou fosfato) foi analisado no sobrenadante; (g) às soluções de molibdato (ou de molibdato mais fosfato) foram adicionadas volumes de HCl ou KOH, em quantidades determinadas previamente em experimentos preliminares, de modo a obter a faixa de pH desejada após o tempo de agitação de amostra com a solução; (h) a adsorção do molibdato (ou fosfato) foi calculada pela diferença entre as concentrações inicial e final do Mo (ou P) na solução em equilíbrio. Os valores da adsorção máxima (b) foram calculados pela equação linear de Langmuir: $C \div x/m = 1/kb + C/b$. Nesta, a concentração (C) de molibdênio na solução em equilíbrio foi expressa em ppm de Mo; o molibdênio adsorvido pelo solo (x/m) em mmoles de Mo/100 g de solo; a capacidade de adsorção máxima (b) corresponde ao inverso do coeficiente angular da reta; a constante (k) relacionada à energia de adsorção calculou-se pela razão entre o coeficiente angular e o coeficiente linear da reta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas propriedades dos solos aparecem no quadro 1. Observa-se que na fração argila dos solos sob vegetação de cerrado do Brasil Central (solos 2, 6, 7, 8 e 9) predominância de caulinita e gibsita; no solo 4, entretanto, os óxi-hi-

Quadro 1 — Propriedades selecionadas dos solos sob vegetação de cerrado.

Solos	pH		Matéria Orgânica	Argila	Fe ₂ O ₃ (1)	Al ₂ O ₃ (2)	SiO ₂ (2)	Mineralogia da fração argila	Adsorção de molibdato*	
	Água	KCl							b(3)	Máx. Exp.(4)
					%			mmol/100g		
1	4,9	4,2	1,8	37	2,6	3,8	4,9	Caulinita	1,1	1,0
2	4,5	4,5	1,7	35	4,0	11,8	2,3	Caulinita, gibsita	1,7	1,6
3	5,0	4,1	1,6	34	1,6	4,7	5,9	Caulinita	1,6	1,5
4	4,6	4,5	1,7	48	12,7	12,0	3,3	Gibsita, hematita	2,2	2,1
5	4,7	4,1	1,6	41	2,3	6,8	8,2	Caulinita	1,9	1,8
6	5,2	4,2	1,9	25	2,7	4,7	1,3	Caulinita, gibsita	0,6	0,6
7	5,1	4,2	2,7	50	7,9	9,1	5,6	Caulinita, gibsita	2,0	1,9
8	5,1	4,3	2,2	46	7,9	11,7	3,8	Caulinita, gibsita	2,2	2,2
9	4,7	4,1	3,4	62	7,5	29,2	4,4	Caulinita, gibsita	3,1	2,9

(*) Dados obtidos pelos autores. Demais dados foram obtidos por Leal e Velloso (1973) e Velloso (1976).

(1) Extração com ditionito-citrato-bicarbonato.

(2) Extração com hidróxido de sódio 0,5 M fervente durante 2,5 minutos.

(3) Adsorção máxima a partir da equação de Langmuir.

(4) Máx. Exp. = Adsorção máxima experimental obtida na Figura 2.

dróxidos, principalmente gibsita e hematita, apresentam-se predominantemente, ao lado de traços de caulinita (Leal e Velloso, 1973). Velloso (1976) verificou que os solos sob vegetação de cerrado do Amapá (solos 1, 3 e 5) apresentavam predominância de caulinita bem cristalizada e teores relativamente baixos de material amorfo (extraído com NaOH 0,5N) e de óxi-hidróxidos de ferro (extraídos com citrato-ditionito-bicarbonato).

No estudo do tempo de contato (agitação) necessário ao equilíbrio da reação de adsorção (Quadro 2), a concentração de molibdato foi selecionada de maneira a fornecer, nos valores de pH fixados, uma concentração de aproximadamente 5 ppm de Mo em todas as soluções em equilíbrio (o que equivale à parte convexa das isotermas de adsorção obtidas). Para as três amostras dos solos estudados, verificou-se que 85 a 90% da adsorção de molibdato ocorreu nas duas primeiras horas de contato e, que depois de 24 horas, a adsorção permaneceu, aparentemente, constante.

A figura 1 apresenta, para as amostras dos solos 1, 2, 4 e 9, o efeito do pH da suspensão na adsorção do molibdato. Como anteriormente, a concentração de molibdato foi selecionada para fornecer em pH 4,0 $\pm$ 0,1, uma concentração de aproximadamente 5 ppm de Mo nas soluções em equilíbrio. Observou-se, independentemente das características dos solos, um máximo de adsorção nas proximidades de pH 4,0. A partir deste ponto a adsorção decresceu rapidamente com o aumento do pH.

Como se verifica (Fig. 1) a faixa de pH usada neste experimento inclui a segunda constante da dissociação do ácido molíbdico ($pK_2 = 4$), em cujas proximidades ocorreram as maiores adsorções, o que está de acordo com a teoria da adsorção aniônica proposta por Hingston *et alii*

Quadro 2 — Tempo de contato necessário ao equilíbrio das reações de absorção de molibdato.

Solo	Tempo de contato	Mo adicionado	Mo adsorvido	
			mmoles/100 g	%
	h			
1	2	1,04	0,81	77,88
	4	1,04	0,83	79,81
	6	1,04	0,85	81,73
	12	1,04	0,88	84,62
	18	1,04	0,91	87,50
	24	1,04	0,90	86,54
	36	1,04	0,91	87,50
	48	1,04	0,90	86,54
4	2	2,08	1,33	63,94
	4	2,08	1,35	64,90
	6	2,08	1,40	67,31
	12	2,08	1,46	70,19
	18	2,08	1,47	70,67
	24	2,08	1,52	73,08
	36	2,08	1,52	73,08
	48	2,08	1,58	75,96
9	2	2,61	2,14	81,99
	4	2,61	2,29	87,74
	6	2,61	2,32	88,89
	12	2,61	2,43	93,10
	18	2,61	2,46	94,25
	24	2,61	2,48	95,02
	36	2,61	2,48	95,02
	48	2,61	2,51	96,17

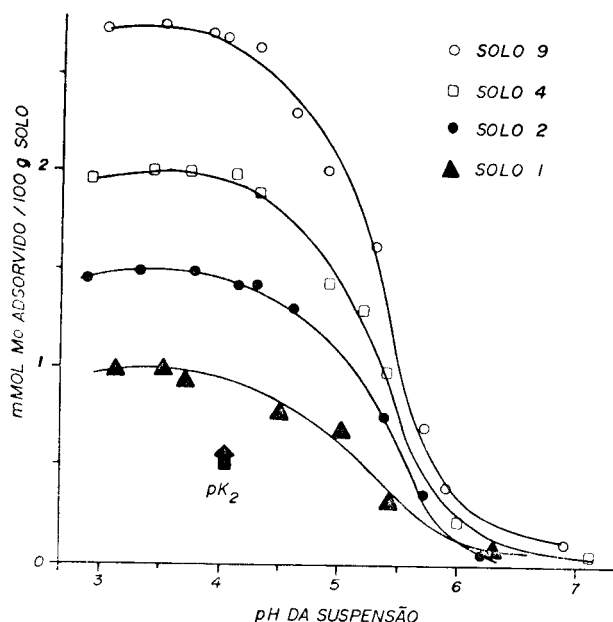


Fig. 1 — Efeito do pH na adsorção de molibdato pelos solos 1, 2, 3 e 9.

(1972). Nos valores de pH inferiores a aproximadamente 3, devido às formas mais protonadas de anion ou então, à dissolução parcial da argila, a adsorção começa a decrescer. Acima do pH 6 a adsorção tornou-se muito pequena e isto se deve ao baixo ponto de carga zero nesses horizontes superficiais, em torno de 4 (Velloso *et alii*, 1977) e, também à predominância da espécie aniônica de maior carga (MoO_4). Resultados semelhantes foram obtidos por Gonzalez *et alii* (1974), em solos com predominância de alofana e por Theng (1971) na fração argila de solos com predominância de caulinita ou de alofana. A figura 1 sugere que estudos de comparação da adsorção de molibdato em solos deverão ser realizados nas proximidades de pH 4, porque a partir deste valor as pequenas variações do pH do sistema acarretariam grandes mudanças na adsorção.

As isotermas de adsorção de molibdato, obtidas em $\text{pH } 4,0 \pm 0,1$ para os horizontes A de todos os solos, encontram-se na figura 2, onde as quantidades de molibdato adsorvido aparecem plotadas contra as concentrações de molibdato, em ppm de Mo, nas soluções em equilíbrio. Os valores de adsorção máxima de molibdato, *b*, calculados pela equação linear de Langmuir (Quadro 1) variaram de 0,6 mmoles de Mo/100g (solo 6) a 3,1 mmoles de Mo/100g (solo 9), o que está em conformidade com a diversidade de características dos solos. Os valores de *b* (Quadro 1) se situam próximos dos valores experimentais, obtidos das isotermas de adsorção. Nos solos sob vegetação de cerrado do Ama-

pá (solos 1, 3 e 5) a caulinita compreende de 60 a 70% da fração argila (Velloso, 1976). Como estes solos apresentaram uma adsorção de molibdato comparativamente alta em relação aos demais solos estudados, deve-se supor que, nos mesmos, a caulinita desempenha papel relevante na adsorção.

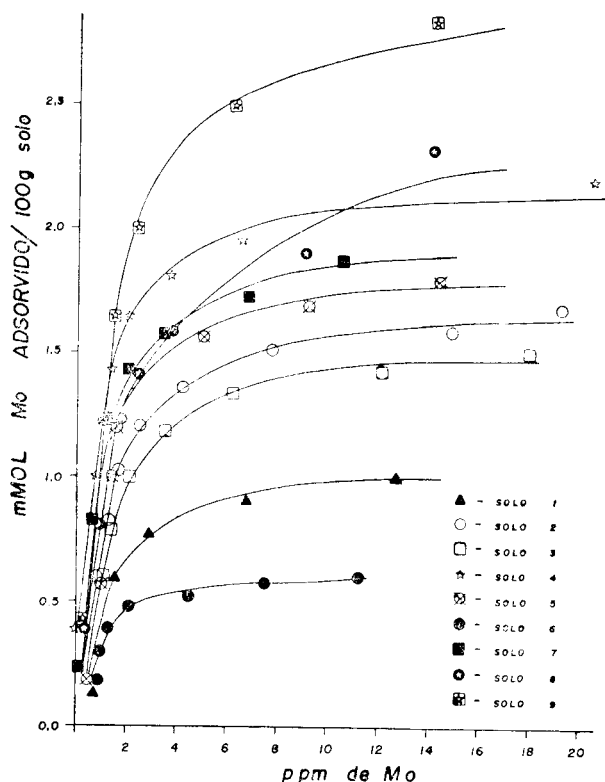


Fig. 2 — Isotermas de adsorção de molibdato dos solos (pH 4; 25°C).

No estudo de competição (Quadro 3), verificou-se pouco efeito competitivo do fosfato, indicando a alta afinidade do molibdato pelos sítios de adsorção ou adsorção em sítios diferentes. Efeitos semelhantes foram observados por Gorchach *et alii* (1969) e por Gonzalez *et alii* (1974).

Quadro 3 — Adsorção de molibdato na presença de diferentes quantidades de fosfato.

Solo	Relação mM Mo: mM P da solução inicial						Controle	
	0,5:0,1		0,5:0,5		0,5:2,5		Mo(1)	P(2)
	Mo	P	Mo	P	Mo	P		
1	0,90	0,19	0,86	0,72	0,65	1,58	0,87	0,82
4	0,97	0,19	0,97	0,94	0,90	2,91	0,98	0,98
9	0,98	0,19	0,96	0,96	0,90	3,71	0,98	0,99

(1) Molibdato adsorvido na ausência de fosfato (solução 0,5mM em Mo).

(2) Fosfato adsorvido na ausência de molibdato (solução 0,5mM em P).

A alta capacidade de adsorção, aliada à grande afinidade do molibdato pelos sítios de adsorção, influenciarão a disponibilidade deste micronutriente, especialmente nos solos com valores baixos de pH e com valores altos de ponto de carga zero.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, N. H. & JACKSON, M. L. — Iron oxide removal from soils and clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 17: 359-364, 1953.
- BARROW, N. J. — Comparison of the adsorption of molybdate, sulfate and phosphate by soils. *Soil. Sci.*, 109: 282-288, 1970.
- BARROW, N. J. — Influence of solution concentration of calcium on the adsorption of phosphate, sulfate, and molybdate by soils. *Soil Sci.* 113(3): 175-180, 1972.
- CAMARGO, M. N. & BENNEMA, J. — Delineamento esquemático dos solos do Brasil. *Pesq. Agrop. Bras.* 1: 47-54, 1966.
- CAPÉNI, G. — Sur la constitution des solutions aqueuses d'acide molybdique et de molybdates alcalins: IV. Conclusions générales. *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 14: 501-503, 1947.
- CHOJNACKA, J. — Influence of pH on the ionic mobilities of molybdic isopolyacids. *Roczniki Chemii*, 37: 259-272, 1963.
- GONZALEZ, B. R.; APPELT, H.; SCHALSCHA, E. B. & BINGHAM, F. T. — Molybdate adsorption characteristics of volcanic-ash-derived soils in Chile. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38: 903-906, 1974.
- GORLACH, E.; GORLACH, K. & COMPALA, A. — The effect of phosphates on the sorption and desorption of molybdates in the soils. *Agrochimica*, XIII: 506-512, 1969.
- HINGSTON, F. J.; POSNER, A. M. & QUIRK, J. P. — Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. *J. Soil. Sci.*, 23: 177-192, 1972.
- JACKSON, M. L. — *Soil Chemical Analysis*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1958. 498 p.
- JACOMINE, P. K. T. — Descrição das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de alguns perfis de solos sob vegetação de cerrado. *Bol. Téc. n.º 11*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Escr. Pesq. e Exp. 1969.
- LEAL, J. R. & VELLOSO, A. C. — Adsorção de fosfato em Latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesq. Agr. Bras.*, 8: 81-88, 1973.
- RAMOS, D. P. & VELLOSO, A. C. — Características de alguns solos da Região do Médio Amazonas. *Pesq. Agr. Bras.*, Série Agron., 1977 (no prelo).
- REYS, E. D. & JURINAK, J. J. — A mechanism of molybdate adsorption on α -Fe₂O₃. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31: 637-641, 1967.
- SASAKI, Y.; LINDQUIST, I. & SILLEN, L. G. — On the first equilibrium steps in the acidification of the molybdate ion. *J. Inorg. Nuclear Chem.*, 9: 93-94, 1959.
- SCHWARZENBACH, G. & MEIER, J. — Formation and investigation of unstable protonation and deprotonation products of complexes in aqueous solution. *J. Inorg. Nuclear Chem.*, 8: 302-311, 1958.
- THENG, B. K. G. — Adsorption of molybdate by some chrysotylite and amorphous soil clays. *N. Z. J. Science*, 14: 1040-1056, 1971.
- VELLOSO, A. C. — Características de alguns solos sob vegetação de cerrado da Região Amazônica. Tese Livre Docência, UFRRJ, 1976. 91 p.
- VELLOSO, A. C.; LEAL, J. R. & SANTOS, G. A. — Ponto de carga zero de Latossolos cauliniticos e Latossolos gibbsiticos sob cerrado. Trabalho apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. São Luiz MA. 1977.
- WEAVER, R. M. — Soils of central plateau of Brazil: Chemical and mineralogical properties. *Agron. Mimeo.* 74-8. Cornell University. Ithaca, New York, 1974.

COMISSÃO III — BIOLOGIA DO SOLO

ATIVIDADE DA NITROGENASE, NITRATO REDUTASE E ACUMULAÇÃO DE NITROGÊNIO EM MILHO BRAQUÍTICO Zea mays L. (CV. PIRANÃO) EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA¹

P. A. A. PEREIRA (2), J. F. W. VON BÜLOW (3) & C. A. NEYRA (3)

RESUMO

A atividade da nitrogenase (N₂-ase) em raízes preincubadas, a atividade da nitrato redutase (ANR) nas folhas e a acumulação de nitrogênio na parte aérea foram determinadas durante o ciclo de desenvolvimento do milho braquítico (cv. Piranão). As plantas cresceram no campo com dois níveis de adubação nitrogenada (35 e 235 kg N/ha). Amostras periódicas mostraram que o máximo da atividade N₂-ase ocorre durante o crescimento reprodutivo da planta, com dois picos de máxima atividade, na emergência dos estilos («silking») e na metade do enchimento dos grãos. No tratamento com alto nível de N (235 kg N/ha) houve um incremento da atividade da nitrato redutase nas folhas, na produção de matéria seca e na acumulação de N total na parte aérea das plantas, entretanto a atividade da N₂-ase foi quase totalmente inibida quando comparada com o tratamento com nível baixo de N (35 kg/ha). O índice de par-

¹ Contribuição do Programa Internacional em Treinamento e Pesquisa Básica em Fixação de Nitrogênio nos Trópicos, patrocinado pelo CNPq, EMBRAPA e UFRRJ. Recebido para publicação em agosto de 1977 e aprovado em novembro de 1977.

² Aluno do 3.º ano de Engenharia Agrônoma-UFRRJ, km. 47.
³ Prof. da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Dpto. de Engenharia Agrônoma.