

CORREÇÃO DA ACIDEZ EM UM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ¹

OSMAR MUZILLI² e OSWALDO PEREIRA GODOY³

RESUMO - Através do método da incubação, procurou-se determinar as quantidades de calcário necessárias para a correção da acidez trocável e para a elevação do pH a 6,5 em Latossolo Roxo Distrófico, oriundo da região oeste do Estado do Paraná, bem como evidenciar os efeitos de diferentes níveis de acidez do solo na determinação de Ca + Mg, P e K e/ou presença de Al³⁺ tóxico para as culturas. Foi necessária e suficiente a aplicação de calcário, na base de 2,0 t/ha para cada emg de Al trocável, para neutralização da acidez trocável; para elevação do pH do solo a 6,5 foi necessária a aplicação de 1,20 t de calcário por hectare. Quando o pH do solo foi superior a 5,4 o teor de Al trocável foi igual a zero; e os teores de Ca + Mg, superiores a 4,7 emg/100 ml de terra. A calagem, em quaisquer dos níveis testados, não influenciou na determinação de P solúvel no solo, mas promoveu decréscimo nos valores de K⁺ trocável.

Termos para indexação: solo-fertilidade, solo-acidez-controle, solo-condicionador, calagem, Latossolo Roxo Distrófico - Paraná.

SOIL ACIDITY CORRECTION ON A RED-YELLOW DISTROPHIC LATOSOL FROM THE WEST OF PARANA STATE (BRAZIL)

ABSTRACT - Quantities of lime to be applied on a Red-Yellow Distrophic Latosol, from Western Paraná to either correct the exchangeable acidity or raise the original pH to 6,5 were determined by incubations. This study allowed also to show the effects of the different soil acidity levels on the amount of chemically extracted Al³⁺, Ca²⁺ + Mg²⁺, P and K⁺ on the soil. The rate of 2,0 ton/ha of lime for each eq. mg of Al³⁺ was adequate to neutralise the exchangeable acidity and to increase the soil pH to 5,4 while 12,0 t/ha were required to increase the soil pH to 5,5. In cases in which soil pH was greater than 5,4 the exchangeable Al³⁺ was equal to 0, and Ca²⁺ + Mg²⁺ content greater than 4,7 eq., g/100 ml of soil. Liming, at any soil acidity level studied, did not influence the weak acid extractable soil P, but there was a slight decrease on the amount of exchangeable K⁺.

Index Terms: soil fertility, soil acidity, soil control, soil conditioner, liming, Red-Yellow Distrophic Latosol, Parana.

INTRODUÇÃO

Atualmente, na maioria dos laboratórios do País, a acidez dos solos tem sido expressa nos laudos de análise pelo índice pH (acidez ativa, iônica ou atual), que representa a concentração de H⁺ medida potenciométricamente em solução aquosa de solo, e pelo teor de Al³⁺ trocável (acidez trocável ou nociva), extraído por solução de sal neutro como KCl (Malavolta 1967, Wutke 1972).

De acordo com Seatz & Pearson, citados por Coleman & Thomas (1967), a acidez ativa (pH) é a característica de solo mais mensurada, sendo, certamente, o critério mais amplamente utilizado

no julgamento do nível da acidez do solo.

Com relação à acidez trocável, Veitch (1920) demonstrou que, em solos minerais, esta era devida quase que totalmente a íons monômeros de Al³⁺, e, em menores proporções, a íons de H⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺, o que foi confirmado, posteriormente, por inúmeros pesquisadores (Paver & Marshall 1949, Low 1955, e Chernov 1964). Em solos orgânicos, segundo Yuan (1959), a maior parte da acidez trocável parece ser devida a íons H⁺, uma vez que é difícil extrair Al³⁺ da matéria orgânica.

De acordo com Brauner et al. (1966), em trabalhos de rotina que não exigem um conhecimento exato da concentração de Al³⁺ trocável, a determinação da acidez trocável pelo método indireto (extração com KClN e titulação com NaOH) pode fornecer dados representativos dos elementos em questão; para estudos de maior precisão, sugerem a determinação colorimétrica pelo método "aluminon".

Com relação aos efeitos prejudiciais da acidez

¹ Aceito para publicação em 25 de abril de 1979. Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor na ESALQ/USP para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia em 4.6.1974.

² Eng.^o Agr.^o, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 1.331, CEP 86.100 - Londrina, PR.

³ Eng.^o Agr.^o, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Caixa Postal 96, CEP 13.400 - Piracicaba, SP.

ativa no desenvolvimento vegetal, é sabido que, em solução nutritiva, as plantas podem crescer satisfatoriamente em condições de grande variação de pH, desde que não haja toxidez ou deficiência de elementos, conforme foi demonstrado no clássico trabalho de Arnon & Johnson (1942).

Nos solos, contudo, os efeitos de acidez ativa são indiretos, destacando-se a disponibilidade de nutrientes, sensivelmente afetada pelas variações de pH, sendo que, de um modo geral, a faixa de pH entre 6,0 e 6,5 é a que reúne maior soma de condições favoráveis a essa disponibilidade (Truog 1948, Thorne & Seatz 1963, Pratt 1966, Buckmann & Brady 1966, Malavolta 1967, Wutke 1972).

O índice pH pode servir, ainda, como indicador da possibilidade de ocorrências de níveis nocivos da acidez trocável, bem como pode indicar a disponibilidade de bases trocáveis existentes no solo (Pratt 1966, Gargantini et al. 1970, Muzilli & Kalckmann 1971).

A diagnose de calagem em solos ácidos tem sido obtida através de inúmeros métodos, que se fundamentam, basicamente, em um dos seguintes critérios:

- a. Neutralização da acidez trocável;
- b. Suprimento de Ca^+ a um nível adequado;
- c. Elevação do pH do solo ao redor de 6,5 considerado ótimo à disponibilidade de nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas (Kamprath 1967, Wutke 1972).

No presente estudo, procurou-se determinar as quantidades de calcário necessárias para a correção da acidez trocável e para a elevação do pH a 6,5 em um latossolo roxo distrófico, oriundo da região oeste do Estado do Paraná, bem como evidenciar os efeitos da calagem na disponibilidade de Ca + Mg, P e K em presença de Al^{+3} tóxico às culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com a equipe de pedologia do MADPP (1972)⁴, que procede ao levantamento de solos do Estado do Paraná, os latossolos roxo distróficos são muito profundos, formados a partir de rochas eruptivas básicas, de coloração arroxeada, porosos, muito friáveis e acentuadamente drena-

dos. São solos de baixa fertilidade natural, geralmente bem supridos de matéria orgânica, e, razoavelmente, de potássio. Tanto no horizonte A como no B, os teores de fósforo solúvel, bem como os valores de pH são baixos; os teores de cálcio e magnésio são médios na superfície e baixos nos horizontes mais profundos. Quanto à acidez trocável, tanto no horizonte A como no B, ocorre grande variação, desde teores baixos de Al^{+3} trocável até alguns bastante elevados, sendo solos que normalmente apresentam baixa saturação de bases.

O material utilizado neste estudo foi coletado em camada arável de uma área de terra recém-desbravada e nunca cultivada, situada a 90 km a NW do município de Cascavel, no oeste do Estado do Paraná, tendo-se o cuidado de remover, antes, qualquer vegetação existente na superfície.

Após a coleta, foi homogeneizado em betoneira previamente limpa, seco ao ar durante dois dias, peneirado em malha de 1 cm de diâmetro e posteriormente espalhado sobre uma lona e mantido dessa forma durante três dias, dentro de casa de vegetação, com circulação forçada de ar.

Na ocasião, retiraram-se amostras de vários pontos, as quais foram homogeneizadas e analisadas obtendo-se os valores relacionados na Tabela 1.

TABELA 1. Caracterização química da amostra de solo estudada.

pH	C	Al^{+3}	Ca^{+2} + Mg^{+2}	PO_4^{-3}	K^+
	%		... emg/100 ml ...		
4,80	3,90	1,80	1,30	0,02	1,80

A determinação das doses de calcário necessárias para a correção da acidez, a diferentes níveis, consistiu na incubação, em sacos plásticos, de amostras de 500 g de TFSA, com doses crescentes do corretivo, equivalentes a 0-2-4-6-8-10-12-14-16-18 e 20 t/ha⁽⁵⁾, onde se adicionaram 20 ml de água destilada/100 ml de solo correspondente a aproximadamente 1/3 da porcentagem de espaço poroso do solo, segundo método descrito por Pratt (1966).

Como corretivo, empregou-se calcário dolomítico friável, produzido no município de Castro (PR),

⁴ Comunicação particular.

⁵ Para efeito de cálculo, considerou-se o peso de um hectare igual a 2.000.000 kg de solo.

e cuja análise, realizada no laboratório de Química Agrícola da ESALQ-USP, revelou teores de 29,8% de CaO e de 18,9% de MgO. A fim de se obter um "poder relativo de neutralização total" (PRNT) igual a 100%, o calcário foi peneirado em malha de 60 mesh/pol (Volkweiss & Ludwick, 1969).

A percentagem de espaço poroso do solo foi determinada pela fórmula:

$$\% EP = \left(1 - \frac{\text{densidade aparente}}{\text{densidade real}} \right) \times 100,$$

onde a densidade aparente, determinada pela relação peso/volume do solo, foi igual a 1,10 g/cm³ e considerou-se, como densidade real, o valor médio de 2,65 g/cm³ (Buckmann & Brady, 1966).

Decorridos 70 dias após a incubação, procedeu-se à análise química das amostras de solo.

As determinações de pH e C foram feitas segundo métodos citados por Catani et al. (1954). Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ trocáveis, foram extraídos com solução KClN. A determinação do Ca + Mg foi efetuada pelo método da titulação em EDTA (Glória et al. 1964) e a do Al⁺³ trocável por titulação com solução de NaOH 0,025 N, usando o azul de bromotimol como indicador. Fósforo e potássio foram extraídos com H₂SO₄ 0,05 N. A determinação do PO₄⁻³ foi feita colorimetricamente, pelo método da redução a frio com ácido ascórbico (Ramos, 1961) e a do K⁺ por fotometria de chama.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste "F" e nos casos em que houve significância estatística, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para comparação das médias encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1, feita com base nos valores médios de análise química das amostras de solo, após o período de incubação, evidencia as relações entre os valores de pH, a ocorrência de Al⁺³ trocável, e a disponibilidade de Ca + Mg trocáveis, em função dos níveis de calagem aplicados.

A análise de variância dos resultados obtidos, por meio do teste "F", mostrou significância estatística ao nível de 1% de probabilidade para os valores de pH, Al⁺³ trocável de Ca⁺² + Mg⁺² trocável. A comparação entre médias pelo teste de

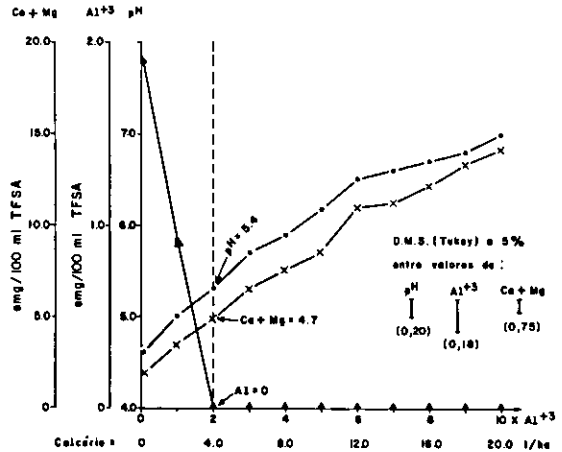


FIG. 1. Relações entre os valores de pH, a ocorrência de Al³⁺ trocável, e a disponibilidade de Ca + Mg trocáveis, em função dos níveis de calagem aplicados.

Tukey a 5% permite caracterizar a alta significância nas variações de pH, Al³⁺ trocável e Ca⁺² + Mg⁺² trocável promovidos por cada um dos níveis de calagem.

Para a completa neutralização da acidez trocável, foi necessária e suficiente a aplicação de 2 t de calcário/hectare, para cada unidade de Al³⁺ trocável, em concordância com os critérios sugeridos por Kamprath (1967).

Nessa condição, o pH do solo atingiu o valor 5,4, em consonância com dados obtidos por Pratt (1966) e Gargantini et al. (1970).

Para elevação do pH do solo a 6,5, houve uma alta necessidade de corretivo, equivalente a 12,0 t/ha de calcário. De acordo com Buckmann & Brady (1966), solos com alto teor de matéria orgânica acusam uma alta capacidade de troca de cátions (CTC), induzindo uma condição de resistência à elevação do pH (poder de tamponamento); desse modo, quanto mais elevado for o teor de matéria orgânica, maior será a CTC do solo, e, portanto, maior deverá ser a quantidade de corretivo a se utilizar, para se conseguir determinada variação do pH; no presente caso, em se tratando de um solo recém-desbravado e nunca cultivado, esses aspectos justificam a alta necessidade de corretivo para elevação do pH a 6,5.

Para a relação entre o índice de pH e o teor de Ca + Mg trocáveis, os dados obtidos evidenciam

que, para valores de pH abaixo de 5,5 o teor daqueles nutrientes foi inferior a 5,0 emg/100 ml de solo; para valores de pH acima de 6,0 o teor de Ca + Mg foi superior a 7,5 emg/100 ml, crescendo esse valor à medida que se elevou o pH do solo. Muzilli & Kalckmann (1971), correlacionando os valores de pH com os teores de Ca + Mg trocáveis, determinados em 7.854 amostras de solos analisadas no Estado do Paraná, encontram uma correlação direta e significativa ($r = 0,642^{***}$) entre aqueles valores; regra geral, para pH dos solos acima de 5,5 o teor de Ca + Mg era superior a 7,5 emg/100 ml de terra, nível estabelecido como "alto" pelos autores.

Com respeito ao fósforo, é bastante conhecido o fenômeno de fixação em forma de fosfato de alumínio e ferro nos solos ácidos (Hemwall 1957), como também é conhecido o efeito da calagem na liberação do P orgânico (Thompson 1957, Mello et al. 1973). No presente caso, os resultados mostrados na Fig. 2 evidenciam não ter ocorrido nenhuma modificação significativa no teor de P extraído pelo H_2SO_4 0,05 N, quando a acidez do solo foi corrigida, à semelhança do que observou Fassbender (1969), em um andossolo de Costa Rica. A análise estatística pelo teste "F" não mostrou significância devida a tratamentos entre os teores de P encontrados.

O valor de potássio extraído tendeu a decrescer à medida que a acidez do solo foi sendo neutrali-

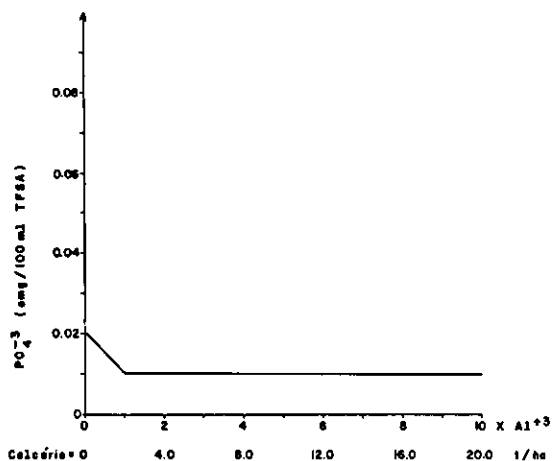


FIG. 2. Efeitos dos níveis crescentes de calagem sobre a disponibilidade de fósforo extraído pelo H_2SO_4 0,05N.

zada com doses mais elevadas de calcário (Fig. 3). A análise de variância pelo teste "F" revelou significância estatística ao nível de 1% de probabilidade para os efeitos constatados; e a comparação entre médias pelo teste Tukey a 5% evidencia decréscimos significativos no teor de K^+ trocável do solo, a partir da aplicação de níveis de calagem equivalentes a quatro vezes o teor inicial de Al^{3+} trocável do solo; no caso, correspondeu à dose de 8 t de calcário por hectare.

Trabalhos conduzidos por York & Rogers (1947) e Hoover et al. (1948) mostraram uma relação antagonica entre a calagem e o teor de K^+ no solo; mais recentemente, trabalhos conduzidos por Pratt et al. (1958), tentando mostrar a relação entre o comportamento desse nutriente e a acidez dos solos, permitiram concluir que o Ca^{+2} deprime mais a liberação do K^+ do que outros elementos, como o H^+ , o NH_4^+ e o Al^{+3} .

CONCLUSÕES

1. Para o solo estudado, foi necessária e suficiente a aplicação de corretivo na base de 2,0 t/ha para cada unidade de Al^{+3} trocável, expressa em emg/100 ml de terra, para neutralização da acidez trocável, e elevação do pH ao valor de 5,4;
2. Para elevação do pH do solo a 6,5 foi necessária a aplicação de 12,0 t de calcário/hectare;
3. Com índice de pH superior a 5,4 evidenciou-

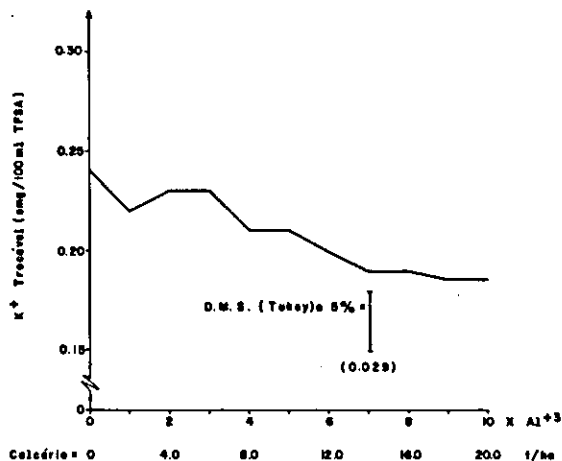


FIG. 3. Efeito dos níveis crescentes de calagem sobre a disponibilidade de K^+ trocável extraído pelo H_2SO_4 0,05N.

se teor de Ca + Mg superior a 4,7 emg/100 ml de solo, enquanto que para valores de pH acima de 6,0 o teor de Ca + Mg do solo foi superior a 7,5 mE/100 ml;

4. A calagem não propiciou alteração no teor de P extraído por H_2SO_4 0,025 N;

5. O valor de K^+ trocável no solo tendeu a decrescer, à medida que se elevou a dose de corretivo aplicada, notadamente a partir de dose equivalente a quatro vezes o teor inicial de Al^{3+} trocável do solo.

REFERÊNCIAS

- ARNON, D.I. & JOHNSON, C.M. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. *Plant Physiol.*, 17:525-39, 1942.
- BRAUNER, J.L., CATANI, R.A., & BITENCOURT, W.C. Extração e determinação do Al trocável do solo. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 23:54-73, 1966.
- BUCKMANN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. São Paulo, Freitas Bastos, 1966.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. *Bol. Inst. Agr., Campinas*, (69):28, 1954.
- CHERNOV, V.A. The nature of soil. *Sci. Soc. of Amer.*, 178, 1964.
- COLEMAN, N.T. & THOMAS, C.W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. *Soil acidity and liming*. Madison, Amer. Soc. of Agron., 1967. p. 1-42. (Agronomy Series, 12)
- FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizantes fosfatados en un Andosol de Costa Rica. *Fitotec. Latinoamericana*, 6(1):15-26, 1969.
- GARGANTINI, H., COELHO, F.A.S., VERLENGLIA, F. & SOARES, E. Levantamento da fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto de Agronomia, 1970. 32 p. Mimeografado.
- GLÓRIA, N.A., CATANI, R.A. & MATUO, T. Método de EDTA na determinação do cálcio e do magnésio "trocáveis" do solo. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 21:220-8, 1964.
- HEMWALL, J.B. The fixation of phosphorus by soil. *Adv. Agr.*, 99:95-112, 1957.
- HOOVER, C.D., JONES, V.S. & CHOLSTON, L.C. Release of non exchangeable potassium as influenced by wathering, soil reaction and potassium fertilization. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.*, 13:347-51, 1948.
- KAMPRATH, E.O. A acidez dos solos e a calagem. *Bol. Tec. Intern. Scil Test. Proj.*, (4):24, 1967.
- LOW, P.F. The role of aluminum in the titration of bentonite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 19:135-9, 1955.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola, adubos e adubação*. 2. ed. São Paulo, Melhoramentos, 1967.
- MELLO, F.A.F., BRASIL SOBRINHO, M.O.C., ARZOLA, S., COBRA NETO, A. & SILVEIRA, R.I. Fertilidade do solo. Piracicaba, Dep. Solos e Geologia ESALQ, 1973. v.1. Mimeografado.
- MUZILLI, O. & KALCKMANN, R.E. Análise de assistência, interpretação de resultados e determinação de níveis críticos. II - Determinação de níveis críticos da acidez. *B. Univ. Fed. Paraná. Agron., Curitiba*, (1):18, 1971.
- PAVER, H. & MARSHALL, C.E. The role of aluminum in the reactions of clays. *J. Soc. Chem.*, 53:750-60, 1934.
- PRATT, P.F. *Química do solo*. Rio de Janeiro, MA/USAID, 1966. 88 p. Mimeografado.
- _____. SIMON, R.H. & VOLK, G.V. Release of potassium from non exchangeable forms in relation to soil reaction. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 20(2):190-2, 1958.
- RAMOS, Ben-Hur M. Determinação colorimétrica do fósforo total em solos pelo método de redução com o ácido ascórbico a frio. *Inst. Quím. Agr., Rio de Janeiro*, (1):31, 1961.
- THOMPSON, L. *Soil and fertility*. 2.ed. New York, McGraw-Hill 1957.
- THORNE, D.W. & SEATZ, I.F. Suelos acidos, alcalinos, sodicos y salinos. In: BEAR, F.E. *Química del suelo*. Madrid, Interciencia, 1963. p. 261-301.
- TRUOG, E. Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.*, 65:1-7, 1948.
- VEITCH, F.P. The estimation of soil acidity and the lime requirements of soils. *J. Amer. Chem. Soc.*, 24:1:120-8, 1920.
- VOLKWEISS, S.J. & LUDWICK, A.E. Escolha do corretivo da acidez do solo. Porto Alegre, Fac. Agr. Vet., 1969. 4 p. (Folheto, 2) Mimeografado.
- WUTKE, A.C.P. Acidez. In: MONIZ, A.C. *Elementos de pedologia*. São Paulo, Polígono/USP, 1972.
- YORK, E.T. & ROGERS, H.T. Influence of lime on potassium in soils and its availability to plants. *Soil Sci.* 63:467-77, 1947.
- YUAN, T.L. Determination of exchangeable hydrogen in soil by a titration method. *Soil Sci.*, 88:164-7, 1959.