

A CALAGEM NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO MINERAL DO SORGO EM SOLO GLEY POUCO HÚMICO¹

MIRALDA BUENO DE PAULA², FRANCISCO DIAS NOGUEIRA³ e HÉLIO LOPES DOS SANTOS⁴

RESUMO - O experimento foi instalado em casa-de-vegetação, com o objetivo de estudar os efeitos da calagem sobre a produção de matéria seca e concentração de nutrientes no sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) granífero AG 1003, cultivado em solo Gley Pouco Húmico (GPH), rico em matéria orgânica. Os tratamentos constituíram em 5 níveis de calcário, determinados por dois métodos de recomendação: 1. testemunha (sem calagem); 2. calagem pelo método do Al trocável $2 \times \text{Al} + 2 \cdot (\text{Ca} + \text{Mg})$ e $1/3$, $2/3$ e $4/3$ da calagem recomendada pelo método SMP pH 6.0 Shoemaker McLean & Pratt (SMP). Níveis adequados de P no tecido das plantas foram obtidos com doses de calcário mais altas do que as indicadas no método Al e Ca + Mg. Com a aplicação de calcário pelo método do alumínio, apenas 36% do Al trocável havia sido neutralizado. As maiores produções de matéria seca de raízes e parte aérea foram obtidas através da aplicação de calcário em quantidades superiores às recomendadas pelo método do Al e Ca + Mg. Os resultados indicam que para o solo GPH, com alto teor de matéria orgânica, o Al e (Ca + Mg) não constituíram critério adequado de recomendação de calagem para cultura do sorgo.

Temos para indexação: solo hidromórfico, solo de várzea.

LIMING ON DRY MATTER YIELD AND MINERAL COMPOSITION OF SORGHUM IN A LOW HUMIC GLEY SOIL

ABSTRACT - This experiment was carried out in greenhouse to study the effects of liming on dry matter yield and nutrient concentration in grain sorghum (*Sorghum graniferum* (L.) Moench AG 1003) in a Low Humic Gley (LHG) soil, rich in organic matter. The treatments consisted of five levels of liming, with two recommendation methods: control (without liming); liming by the changeable Al ($2 \times \text{Al}$) + $2 \cdot (\text{Ca} + \text{Mg})$ method, and $1/3$, $2/3$ and $4/3$ of liming recommended by the pH 6.0 Shoemaker, McLean & Pratt method. Adequate P levels in the tissue of the plants were obtained with higher levels of liming than those indicated by the Al and Ca + Mg method. With liming application by the Al method, only 36% of the exchange Al was neutralized. The maximum yields of root and leaf dry matter were obtained with liming levels higher than those indicated by the Al and Ca + Mg method. The results indicate that the Al and Ca + Mg method was not a good criterium for liming recommendation for sorghum cultivation in Low Humic Gley soils with high levels of organic matter.

Index terms: hydromorphic soil, lowland soil.

INTRODUÇÃO

O sorgo granífero é considerado planta sensível à acidez, portanto, para que se desenvolva bem, a acidez do solo tem de ser corrigida através da calagem (Salorzano 1981).

Uma das formas utilizadas para determinar a necessidade de calagem consiste na aplicação de calcário em quantidades necessárias para elevar o

pH do solo até os valores desejados (Fox 1967, Quevedo et al. 1967). Segundo Kamprath (1970), a necessidade de calagem pode ser determinada pela neutralização do Al extraído com solução de KCl 1N, sendo esta metodologia muito difundida em regiões tropicais.

No estado de Minas Gerais, a recomendação da calagem é feita segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978), considerando-se os teores de Al e de Ca + Mg do solo. Este método, contudo, não permite prever o pH a ser obtido.

Trant & Lierop (1981) e McLean et al. (1966) ressaltam que os teores de Al e Ca disponíveis no solo raramente são suficientes para determinar com maior precisão a necessidade de calagem, há

¹ Aceito para publicação em 4 de outubro de 1988.

² Enga. - Agr., M.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Caixa Postal 176, CEP 37200 Lavras, MG, Bolsista do CNPq.

³ Eng. - Agr., Dr., EPAMIG/EMBRAPA, Caixa Postal 176, CEP 37200 Lavras, MG.

⁴ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS, Caixa Postal 171, CEP 31210 Sete Lagoas, MG.

necessidade de que a capacidade de tamponamento do solo seja considerada. Segundo Buckman & Brady (1968), a quantidade de calcário necessária para elevar o valor de pH varia com tipo de solo e com teor de matéria orgânica. Considerando a capacidade-tampão como uma das principais características do solo, Shoemaker et al. (1961) desenvolveram um método de calagem utilizando solução tamponada, que ficou conhecido como "método SMP".

Em trabalho com sorgo sacarino cultivado em Latossolo Roxo, Rosolem et al. (1983) encontraram resposta à calagem. Segundo os mesmos autores, a calagem e a adubação para cultura do sorgo precisam ser ainda estudadas. Não existem indicações, na literatura, a respeito da exigência da planta em termos de calagem.

O presente experimento teve por objetivo determinar o efeito da calagem sobre o rendimento da matéria seca e sobre os teores de P, K, Ca, Mg, Al e Mn em sorgo cultivado em várzea ácida, em condições de casa-de-vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação em vasos com capacidade para 5 l de solo. O solo trabalhado foi um Gley Pouco Húmico (GPH), coletado na camada superficial (0-20 cm), no município de Careagu, MG. As características químicas deste solo, determinadas segundo métodos descritos por Vettori (1969), aparecem na Tabela 1.

A curva de neutralização do solo foi obtida através do método clássico de incubação com calcário. Amostras de solo com 400 g de TFSA foram incubadas com CaCO_3 nos seguintes níveis: 0,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 11,0 e 13,0 t/ha de CaCO_3 , com três repetições. As amostras de solos foram mantidas úmidas entre 40% e 60% da capacidade máxima de retenção de água, durante um período de 20 dias, tempo suficiente para se atingir o pH de equilíbrio. O pH foi determinado em água e através da solução-tampão SMP, modificada por Kussov e descrita por Mielniczuk et al. (1969). Os dois métodos de determinação de calagem foram:

1. Calagem necessária para reduzir o Al trocável a teores não tóxicos e elevar os valores de Ca + Mg a 2,0 e mg/100 g de solo, de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978), utilizando a fórmula: calagem t/ha = $2 \times \text{Al} + 2 - (\text{Ca} + \text{Mg})$, onde Al, Ca e Mg são obtidos pela extração com KCl 1N.

2. Calagem recomendada pelo método de Shoemaker et al. (1961) SMP pH 6,5, modificado segundo Mielniczuk

et al. (1969) para se obter um pH 6,0. Os tratamentos consistiram em cinco condições de acidez: pH original (sem correção); calagem indicada pelo método do Al trocável, calagem equivalente a 1/3, 2/3, 4/3 da quantidade de calcário determinada pelo método SMP para elevar o pH 6,0. Estes níveis correspondem às doses de calagem mostradas na Tabela 2. O calcário usado continha 39,81% CaO e 16,53% MgO com PRNT de 90%.

O solo foi inicialmente cultivado com trigo, tendo recebido, por vaso, 400 mg de N (Sulfato de amônio), 266 mg de P (DAP) e 200 mg de K (cloreto de potássio). Após a colheita do trigo, utilizando as mesmas fontes, nitrogênio, fósforo e potássio, foram novamente aplicados no vaso, nas seguintes quantidades: 200 mg de N, 152 mg de P e 170 mg de K. Foi semeado o sorgo granífero, Ag 1003, em outubro/83. Foram semeadas oito sementes/vaso, e após o desbaste foram deixadas quatro plantas/vaso. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. A irrigação do experimento foi feita de forma a manter um teor de umidade em torno de 60% do volume total de poros, através da pesagem diária dos vasos. As plantas foram cultivadas até o estágio de formação de panículas, cortadas rente ao solo e determinadas a produção de matéria seca de raízes, parte aérea e a concentração de nutrientes na parte aérea. Valores de pH, Al, Ca, Mg e K foram determinados em amostras de solo retiradas após a colheita do trigo e antes do cultivo do sorgo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização da calagem em doses acima das indicadas pelo método do Al e Ca + Mg apresentou aumento significativo de produção de matéria seca (Tabela 3).

As produções máximas de matéria seca de raízes, colmo, folhas e panículas seriam obtidas, respectivamente, com 9,6, 9,8, 16,2 e 8,0 t calcário/ha, e são explicadas pelas equações apresentadas na Figura 1.

O incremento da matéria seca pela calagem pode ser devido às alterações do solo, em decorrência de um melhor fornecimento de Ca + Mg às plantas e menor disponibilidade de Al. Segundo Villachia & Quevedo (1972), as plantas de sorgo não respondem à calagem quando o solo tem menos de 30% - 40% de saturação com Al. No presente ensaio, a alta saturação com Al (53%) e o alto poder-tampão do solo - decorrente do elevado teor de matéria orgânica - justificam a resposta às doses maiores de corretivo.

Segundo Tisdale & Nelson (1975), em solos ácidos com alto teor de matéria orgânica na cama-

TABELA 1. Características de um solo de várzea, Gleí Pouco Húmico. Município de Careáçu, MG, 1983.

Al	Ca e, mg/100 g	Mg	H + Al	P	K ppm	Mn	H ₂ O	pH	SMP	M.O.	"m"	"v"	%	Areia	Argila	Silte
1.1	0.64	0.26	15.08	2.0	30.0	16.2	4.9	5.2	5.4	53	6.08			32	57	11

TABELA 2. Níveis e doses de calcário aplicado em solo Gleí Pouco Húmico. Lavras, MG, 1983.

Níveis de calcário	Doses	
	t/ha	g/vaso*
0 (sem calagem)	0.0	0.0
1 (calagem pelo método de Al e Ca + Mg)	3.3	9.1
2 (1/3 SMP pH 6.0)	3.0	8.3
3 (2/3 SMP pH 6.0)	6.0	16.6
4 (4/3 SMP pH 6.0)	12.0	33.3

* PRNT ajustado a 100%.

TABELA 3. Matéria seca de raízes, colmo, folhas e panículas de sorgo AG 1003, em diferentes doses de calcário. Lavras, MG, 1983.

Calcário g/vaso	Matéria seca g/4 plantas			
	Raiz	Colmo	Folha	Panícula
0	0.153b	0.81c	0.327d	0.50c
9.1	1.927b	12.87b	4.09c	5.27ab
8.3	1.683b	13.44b	4.38b	5.90a
16.6	2.023b	14.83ab	6.92b	5.79a
33.3	2.253a	17.22a	10.15a	4.61b
CV (%)	11.32	8.21	12.3	7.59
DMS 5%	0.922	2.61	2.27	0.881

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste Tukey.

da arável a solução de KCl 1N remove apenas parte da acidez, não constituindo, assim, um bom método de correção da acidez do solo.

A calagem não aumentou a concentração foliar de Ca (Tabela 4). Os resultados são concordantes com os obtidos por Villachia & Quevedo (1972). Estes autores comentam que a concentração do nutriente só aumenta quando as doses do calcário aplicado são muito elevadas.

A calagem mostrou tendência em diminuir o teor foliar de K, mas não houve diferença significativa entre as doses de calcário aplicadas (Tabela 4). Esta redução no teor de K decorre da competição catiônica entre K e Ca na absorção pela raiz. Mesmo no nível mais alto de calagem, o teor obtido estava dentro dos valores considerados adequados a uma boa produção, 1,4% a 1,7% de K (Lockman 1972) e 1,7% (Rosolem & Malavolta 1982).

Na concentração de nutrientes na folha, observa-se que houve um aumento no teor de Mg (Tabela 4). Rosolem et al. (1983) ressaltam a importância do calcário como fornecedor de Mg ao sorgo, e encontraram aumento no teor foliar deste nutriente pela calagem. Este aumento no teor foliar de Mg pela calagem decorre do baixo nível de Mg no solo - 62,4 kg de Mg/ha -, sendo que Boswell et al. (1967) consideram inadequados ao bom desenvolvimento das plantas, solos com menos de 112 kg de Mg/ha.

A aplicação do calcário aumentou o teor de P na folha (Tabela 4), sendo que o teor normal considerado por Lockman (1972) - 0,20% a 0,35% - foi obtido com doses de calcário superiores às recomendadas pelo método do Al e Ca + Mg. Segundo Fox et al. (1962), o Al interfere na absorção e transporte do P. O efeito da toxidez pelo Al reflete inicialmente no sistema radicular, tornando as raízes curtas, grossas e pouco ramificadas, reduzindo a área de absorção radicular. A prática da calagem, além de eliminar o efeito tóxico do Al, fornece o Ca. Segundo Mengel (1968), o Ca é indispensável para manter o funcionamento normal das membranas celulares, particularmente do plasmalema, garantindo uma absorção adequada dos nutrientes, principalmente do P. As aplicações de calcário aumentam também a concentração de íons OH⁻, que passam a competir com os íons H₂PO₄⁻ para posterior ligação ao Fe ou Al, presentes como óxidos hidratados (Mikkelsen et al. 1963). Esta concorrência tende, pois,

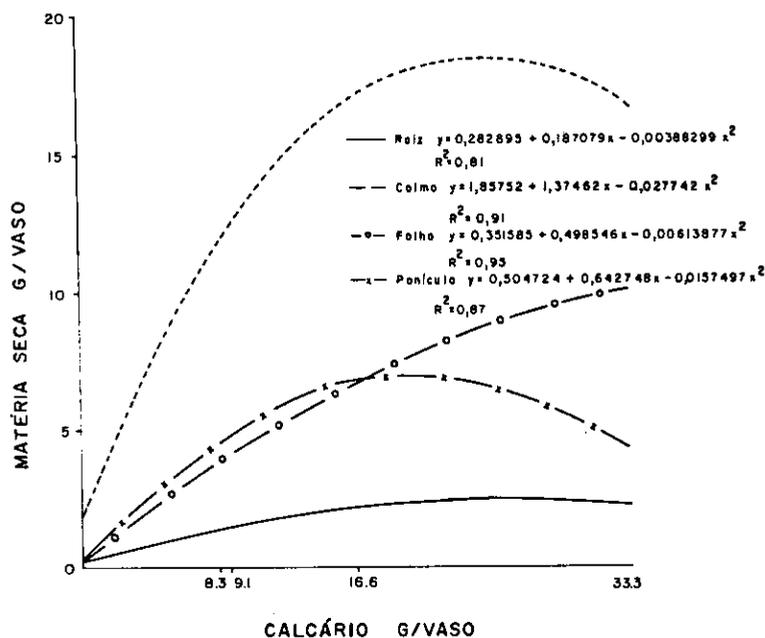


FIG. 1. Produção de matéria seca da raiz, colmo, folha e panícula de sorgo em função das doses de calcário.

TABELA 4. Teores de Ca, K, Mg, P, Al e Mn nas folhas de sorgo cv. AG 1003 em diferentes doses de calcário. Lavras, MG, 1983.

Calcário g/vaso	Ca	K	Mg	P	Al	Mn
	%				ppm	
0	0.34a	1.85a	0.24c	0.15b	349b	27.3b
9.1	0.45a	1.95a	0.44b	0.17b	238a	20.1a
8.3	0.44a	1.81a	0.46ab	0.18b	234a	20.0a
16.6	0.38a	1.82a	0.53a	0.30a	275a	19.0a
33.3	0.34a	1.68a	0.56a	0.31a	272a	14.6a
CV (%)	8.3	7.6	8.4	10.1	9.3	9.7
DMS 5%	0.074	-	0.091	0.106	66.17	6.62

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste Tukey.

a aumentar a concentração de equilíbrio do P na solução do solo.

A calagem reduziu o teor foliar de Al. Os teores de Al encontrados na planta (Tabela 4) foram inferiores aos encontrados por Walker et al. (1975) - 571 ppm em pH 5.2 -, e semelhantes aos obtidos pelo mesmo autor - 254 ppm - quando o pH foi elevado a 7.1.

O teor foliar de Mn decresceu com a calagem (Tabela 4). Segundo Malavolta (1980), com a calagem há diminuição na concentração de H^+ , favorecendo a conversão do Mn trocável e da solução do solo em Mn^{+3} e Mn^{+4} insolúveis, fato este que poderia ter ocasionado a diminuição no teor foliar de Mn. Pela Tabela 4, verifica-se que, mesmo no tratamento sem calcário, o teor médio

encontrado estava dentro da faixa considerada normal (8 ppm - 190 ppm) por Lockman (1972) para o sorgo granífero no estágio de emborrachamento. Apesar da amplitude deste teor considerado normal, o mesmo autor cita a possibilidade de decréscimo de produção quando o teor foliar de Mn for superior a 75 ppm.

Gallo et al. (1986), baseados na concentração de Al e Mn nas folhas, em trabalho de calagem para a cultura do sorgo, concluíram que o sorgo sofre mais a toxicidade provocada por Al do que por Mn. No presente trabalho, a concentração foliar de Al foi maior que a de Mn (Tabela 4).

A incubação do solo feita com diferentes doses de CaCO_3 para calibrar o método SMP indicou necessidade de 9 t/ha para elevar o pH a 6.0. O elevado teor de Al (1,1 e.mg/100 g), de matéria orgânica (5,4%) e de argila (57%) do solo em questão explicam esta resistência à mudança de pH.

Após a colheita do trigo, antes do plantio do sorgo, o pH do solo se elevou pela calagem, mas não alcançou o valor previamente fixado pela incubação (Tabela 5). A adubação com sulfato de amônio e o cultivo com trigo contribuíram para isto. De acordo com Tisdale & Nelson (1975), alguns fertilizantes deixam um resíduo ácido no solo, entre estes o sulfato de amônio. Andrews & Pierre, citados por Tisdale & Nelson (1975), mostram a equivalência entre CaCO_3 e N, constatando que são necessários 3,23 g de CaCO_3 para

neutralizar 0,453 g de N fornecido pelo sulfato de amônio (3,23 g de CaCO_3 /0,453 g de N). Também a absorção de cátions básicos pela cultura é responsável pelo abaixamento do pH do solo. Além da elevação do pH pela calagem, elevaram-se também os teores de Ca + Mg e reduziram os de Al (Tabela 5). Quando se fez a calagem pelo método do Al e Ca + Mg, apenas 36% do Al trocável foi neutralizado. Os dados não coincidem com a informação dada por Sánchez (1981). Segundo este autor, a calagem realizada pelo método do alumínio trocável, multiplicando o valor de Al encontrado no solo pelo fator 1,5, é suficiente para neutralizar 85% a 90% do Al em solos com 2% a 7% de matéria orgânica.

CONCLUSÕES

1. O Al e Ca + Mg obtidos pela extração com KCl 1N não constituem bons parâmetros na recomendação da calagem para a cultura do sorgo, em solo GPH. As produções máximas de matéria seca da parte aérea e raízes foram obtidas através da aplicação de calcário em quantidades superiores às recomendadas por este método.

2. A calagem elevou os teores foliares de Mg e P e reduziu os teores foliares de Al e Mn.

REFERÊNCIAS

- BOSWELL, F.C.; ANDERSON, O.E.; JONES, L.S. Com yield responses, soil reaction changes as influenced by lime magnesium and nitrogen, when high-analysis fertilizers are used. *Ga. Agric. Res.*, 9:3-6, 1967.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Freitas Barros, 1968. p.431-51.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
- FOX, R.H. Efecto de la adición de cal, fertilizantes y micronutrientes a dos suelos de Pucallpa, sobre el rendimiento de sorgo. *La Molina, Universidad Nacional Agraria*, 1967. 10p.
- FOX, R.L.; DATTA, S.K. de; SHERMAN, G.D. Phosphorus solubility and availability to plants and the aluminium states of Hawaiian soils as influenced by liming. In: *International Soil Science Society, Transactions Joint Meeting Committee IV & V, Wellington*, 1962. p.574-83.

TABELA 5. Valores de pH, Ca, Mg, Al e K, nos diferentes níveis de calagem, no solo Glei Pouco Húmico, cultivado com trigo.

Calcário g/vaso	pH	Ca e.mg/100 g	Mg e.mg/100 g	Al e.mg/100 g	K ppm
0	4.7d	0.19d	0.13d	1.93a	192a
8.3	5.21c	1.46c	0.81c	1.30b	138bc
9.1	5.22c	1.49c	0.90c	1.24b	149b
16.6	5.42b	2.58b	1.19b	0.76c	115c
33.3	5.66a	4.19a	1.65a	0.17d	130bc
CV (%)	2.8	3.33	2.97	4.2	6.19
DMS 5%	0.13	0.47	0.194	0.30	28.0

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste Tukey

- GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. *R. bras. Ci. Solo*, 10:253-8, 1986.
- KAMPRATH, E. Exchangeable aluminium as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:245-9, 1970.
- LOCKMAN, R.B. Mineral composition of grain sorghum plant samples. III. Suggested nutrient sufficiency limits at various stages of growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 3:295-303, 1972.
- MCLEAN, E.O.; DUNFORD, S.W.; CORONEL, F. A comparison of several methods of determining lime requirements of soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 30:26-30, 1966.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MENGEL, K. Exchangeable cations of plant roots and potassium absorption by the plant. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. The role of potassium in agriculture. Madison, s. ed., 1968. cap. 15, p.311-9.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; BIHNEW, H. Recomendações de adubo para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS-Faculdade de Agronomia, 1969, 29p. (Boletim técnico, 2)
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M. de; MACCLUNG, A.C. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1963. 48p.
- QUEVEDO, F.; VALVERDE, C.Y.; CHANG-NAVARRO, L. Suelos, sus propiedades y manejo. Lima, Ministerio de Agricultura, 1967. 86p. (Boletim técnico, 62)
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; DELLA COLETA, O.; MARCONDES, D.A.S. Efeito da calagem e adubação potássica na cultura do sorgo sacarino. *Pesq. agropec. bras.*, 18(4):351-6, 1983.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Estudo preliminar sobre a diagnose foliar do sorgo sacarino. *Pesq. agropec. bras.*, 17(1):33-8, 1982.
- SÁNCHEZ, P. Acidez del suelo y encalamiento. In: SUELOS del trópico: características y manejo. s.l., IICA, 1981. 660p.
- SHOEMAKER, H.E.; MCLEAN, E.O.; PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminium. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 25:274-7, 1961.
- SOLORZANO, P.P.R. Comportamento de híbridos nacionais de sorgo granífero en suelos ácidos. *Rev. Fac. Agron.*, 12(1/2):47-61, 1981.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 3. ed. New York, MacMillan, 1975.
- TRANT, T.S. & LIEROP, W. Van. Evaluation and improvement of buffer pH lime requirement methods. *Soil Sci.*, 131:178-87, 1981.
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, MA-Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)
- VILLACHIA, H. & QUEVEDO, F. Efecto del encalado en el rendimiento y la concentración de nutrimentos en el sorgo. *Turrialba*, 22:11-8, 1972.
- WALKER, M.E.; MARCHANT, W.H.; ETHEREDGE, W.J. Effects of soil pH on forage yield, and chemical composition of sorghum and millet. *Agron. J.*, 67:191-3, 1975.