

Novembro e Dezembro de 1978

VOL. XXV

N.º 142

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

EQUILÍBRIOS Ca/Mg NA CORREÇÃO DA ACIDEZ E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO SORGO NUM LATOSSOLO BRUNO DISTRÓFICO*

Gedi Jorge Sfredo
Braz Vitor Defelipo
Victor Hugo Alvarez V.
José Mário Braga**

1. INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais e subtropicais, os solos são bastante intemperizados, apresentando baixos níveis de cálcio e magnésio, aliados à elevada acidez, devida aos teores de alumínio e hidrogênio trocáveis.

A fim de obter bons rendimentos das plantas cultivadas, devem-se dar todas as condições possíveis para seu bom desenvolvimento. Nesses solos, os principais problemas devem ser solucionados pela correção da acidez e pela adição de fertilizantes em proporções adequadas.

Na correção da acidez e neutralização do alumínio trocável, pode-se fazer a calagem usando somente o cálcio como elemento de correção. Entretanto, adicionando somente este elemento, causar-se-ia um desequilíbrio entre cálcio e magnésio, com prejuízo do crescimento das plantas. Conforme WIKLANDER (17), um solo ideal para as culturas teria 65% do complexo de troca de bases saturado com Ca^{++} , 10 a 15% com Mg^{++} e 5% com K^{+} .

Alguns autores, como LOUÉ (10), FORRESTIER (4), MORAIS e CABALA (12) e NEMETH *et alii* (13), têm demonstrado a grande importância das relações $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$, Ca/Mg e Ca/K , em relação à disponibilidade de nutrientes para as culturas.

LAROCHE (9), usando três diferentes relações Ca/Mg na produção da matéria seca de tomateiro, sugere 7:1 e 4:1 como sendo as melhores.

Em experimento em vasos com milheto, BESEDIN (1) verificou que as melhores relações Ca/Mg encontrava-se entre 4:1 e 1:2.

Os equilíbrios ou as concentrações considerados como relativamente ótimos entre os elementos têm sido estudados utilizando-se o «Método de Cortes» de RICHARD (15). Esse método tem sido utilizado em trabalhos de laboratório, de estufa e de campo, com amplas perspectivas no estudo de nutrição mineral das plantas e da fertilidade dos solos.

* Parte de tese de mestrado, apresentada pelo 1.º autor.

Recebido para publicação em 15-08-1977. Projeto n.º 4.1458 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

** O primeiro autor é pesquisador da EMBRAPA; os demais, professores da Universidade Federal de Viçosa.

Este trabalho, feito com um Latossolo Bruno Distrófico, de Santa Catarina, teve o objetivo de verificar:

1. Qual o equilíbrio ótimo na adição de Ca/Mg para se obter a produção máxima de matéria seca do sorgo.
2. Qual a dose de calcário em que o Al^{+++} é totalmente neutralizado.
3. Em que teor de Al^{+++} e em que valor do pH obtém-se a produção máxima de matéria seca do sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada uma amostra superficial de um Latossolo Bruno Distrófico, álico LBD (Unidade Vacaria), do Estado de Santa Catarina. Com a classificação textural, verificou-se ser argiloso e, graças à análise química, constatou-se que ele contém pH, 4, 6, matéria orgânica, 4,8%, fósforo disponível, 3 ppm, e potássio disponível, 240 ppm, e os elementos trocáveis Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} apresentaram 1,0, 0,9 e 3,0 eq.mg/100cc de solo, respectivamente, segundo os métodos usados por VETTORI (18). A necessidade de calagem, segundo o método de SMP, modificado por Kussow, citado por MIELNICZUK, (11), foi de 15 t/ha; utilizando-se $2 \times Al^{+++}$, conforme PIPAEMG (14), seria de 6 t/ha.

Após mistura dos carbonatos de cálcio e de magnésio com 1.800 g de solo, de acordo com os tratamentos, foram estes colocados em vasos, irrigados e incubados durante 60 dias.

De vinte em vinte dias foram efetuadas as análises de pH e Al^{+++} para verificar a estabilização desses valores, o que ocorreu aos 40 dias. Em seguida à incubação, foram semeadas 30 sementes de sorgo (*Sorghum bicolor*) (L.) Moench), variedade 'DK-E-57 a'. Cinco dias após a emergência, fez-se o desbaste, deixando-se 23 plantas por vaso até aos 40 dias. Semanalmente, adicionou-se solução sem cálcio e magnésio, utilizando, durante o ciclo vegetativo, para cada vaso, a quantidade de 210 mg N, 251 mg P, 134 mg K, 91 mg S, 0,51 mg B, 2,29 mg Mn, 2,50 mg Zn, 0,83 mg Cu e 0,09 mg de Mo.

A colheita foi efetuada, cortando-se o material rente ao solo, e, além da parte aérea, coletou-se o sistema radicular. O material vegetal foi colocado em sacos de papel, o qual permaneceu 72 horas em estufa, para secar.

Para o estudo dos equilíbrios Ca/Mg foi utilizado o Método de Cortes, de RICHARD (15), desenvolvido a partir das variantes sistemáticas de HOMES (6). Os cortes, em número de 3, indicam as quantidades de calcário utilizadas e calculadas a partir do teor de Al^{+++} .

Foram aplicados:

- Corte 1 = 1 vez o teor de Al^{+++}
 Corte 2 = 2 vezes o teor de Al^{+++}
 Corte 3 = 3 vezes o teor de Al^{+++}

Os equilíbrios (Ca/Mg), dentro de cada corte, foram 5, definidos em termos de percentagem do corte:

Equilíbrios	1	2	3	4	5
% Ca	100	75	50	25	0
% Mg	0	25	50	75	100

Os tratamentos constituíram um fatorial $5 \times 3 + 1$, significando cinco equilíbrios, três cortes e uma testemunha. Os tratamentos com quatro repetições foram distribuídos em blocos casualizados. O Quadro 1 mostra as dosagens de $CaCO_3$ para cada tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados das análises de Al^{+++} e pH dos solos, efetuadas aos 20, 40 e 60 dias de incubação, verificou-se que, à medida que aumenta a percentagem do magnésio nos equilíbrios, ocorre um aumento no pH e um decréscimo no teor de alumínio trocável (Al^{+++}). Esta variação foi linear e os coeficientes de determinação foram significativos (Quadro 2). Isto se deve, possivelmente, à maior solubili-

QUADRO 1 - Dosagem, em eq.mg, de Ca ou Mg, por 100 g de solo, aplicada no solo, por tratamento, e produção de matéria seca (g/vaso)

Nº Tratamentos		eq.mg/100g de solo Cálcio Magnésio		Produção (g/vaso)
1	Corte 1	3,00	0,0	25,75
2	"	2,25	0,75	25,40
3	"	1,50	1,50	24,65
4	"	0,75	2,25	25,20
5	"	0,00	3,00	-
6	Corte 2	6,00	0,00	25,98
7	"	4,50	1,50	27,70
8	"	3,00	3,00	25,82
9	"	1,50	4,50	16,71
10	"	0,00	6,00	-
11	Corte 3	9,00	0,00	27,77
12	"	6,75	2,25	26,05
13	"	4,50	4,50	25,46
14	"	2,25	6,75	7,38
15	"	0,00	9,00	-
16	Testemunha	0,00	0,0	14,83

dade do $MgCO_3$, que, além disto, confere ao meio valores de pH mais elevados do que o cálcio. Conforme GALLO e CATANI (5), o aumento da solubilidade dos calcários dolomíticos, quando se diminui a sua granulometria, é mais acentuado que o aumento da solubilidade dos calcários calcíticos. Os menores valores de Al^{+++} foram obtidos na faixa de pH entre 5,6 e 6,0. Resultados semelhantes foram obtidos por KAMINSK (8), trabalhando com solos do Rio Grande do Sul.

Observando o Quadro 2, onde estão as equações lineares ajustadas em função da quantidade de magnésio no equilíbrio, nota-se que as interseções das retas ($Ca/Mg = 100/0$) nos três cortes (calcário na dosagem de uma, duas e três vezes o teor de Al^{+++}) apresentaram resultados crescentes de pH (4,74, 4,97 e 5,14) e resultados decrescentes de Al^{+++} (1,44, 0,637 e 0,06) e que todos os equilíbrios tiveram praticamente o mesmo efeito, neutralizando todo o Al^{+++} do solo.

Para este tipo de solo, a quantidade de calcário necessária para neutralizar todo o Al^{+++} e elevar o pH do solo a valores acima de 5,14 seria a recomendada, baseada em três vezes o teor de Al^{+++} .

Os resultados de produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total apresentaram semelhança na resposta aos tratamentos estudados. Este fato evidencia a desnecessidade de se extrair o sistema radicular quando se faz este tipo de estudo.

Utilizaram-se, para a análise de regressão, as médias das produções de matéria seca da parte aérea (Y), e a porcentagem de magnésio nos equilíbrios foi considerada como variável independente (X).

No corte 1, onde se usou calcário suficiente para neutralizar uma vez o teor de Al^{+++} , a produção de matéria seca foi nula no equilíbrio n.º 5 ($Ca/Mg = 0/100$), ou seja, no tratamento com ausência de cálcio; nos outros equilíbrios, não houve diferença de produção de matéria seca. A falta de produção no equilíbrio 5 pode justificar-se porque, segundo EPSTEIN (3) e RIOS e PEARSON (16), a falta de cálcio

QUADRO 2 - Equações de regressão do pH, Al^{+++} , Ca^{++} e Mg^{++} , no solo, em função da porcentagem de magnésio no equilíbrio Ca/Mg, no LATOSSOLO BRUNO DISTRÓFICO, álico

Cortes	pH do solo, aos 60 dias	$R^2\%$
C_1	$\hat{y} = 4,7450 + 0,0050 \text{ Mg}\frac{1}{\text{Mg}}$	97,1
C_2	$\hat{y} = 4,9701 + 0,0054 \text{ Mg}$	89,8
C_3	$\hat{y} = 5,1470 + 0,0105 \text{ Mg}$	96,6
Al^{+++} no solo, aos 60 dias (eq.mg/100g)		
C_1	$\hat{y} = 1,4440 - 0,0120 \text{ Mg}$	98,0
C_2	$\hat{y} = 0,6370 - 0,0083 \text{ Mg}$	83,3
C_3	$\hat{y} = 0,0600$	
Teor de Ca^{++} no solo - Pré-plantio (eq.mg/100g)		
C_1	$\hat{y} = 3,3500 - 0,0220 \text{ Mg}$	97,7
C_2	$\hat{y} = 5,2600 - 0,0416 \text{ Mg}$	94,2
C_3	$\hat{y} = 7,9000 - 0,0680 \text{ Mg}$	99,0
Teor de Mg^{++} no solo - Pré-plantio (eq.mg/100g)		
C_1	$\hat{y} = 1,5200 + 0,0428 \text{ Mg } (\%)$	93,0
C_2	$\hat{y} = 1,4300 + 0,1052 \text{ Mg } (\%)$	95,9
C_3	$\hat{y} = 1,8700 \text{ Mg } (\%)$	99,7
$1/\text{Mg} = \%$ de magnésio, constante do equilíbrio adicionado (Ca/Mg).		

pode favorecer a toxidez de outros íons presentes no solo, por causa da quebra da integridade da membrana citoplasmática. Ao mesmo tempo, pode ocorrer a destruição do tecido meristemático da raiz, cessando seu crescimento, o que a leva à morte.

Observa-se, no Quadro 1 e na Figura 2, que foi diferente a produção de matéria seca nos quatro primeiros equilíbrios dentro do corte 1, ou seja, à medida que se aumentou o teor de magnésio nos tratamentos; entretanto, o teor de Al^{+++} decresceu linearmente.

Nota-se que, no corte 1, a produção verificada no ponto em que o nível de Mg é 0,0 e o Al^{+++} é 1,44 eq.mg/100 g de solo é praticamente igual às produções observadas nos demais pontos, embora o nível do Al^{+++} tenha decrescido.

No corte 2, onde se aplicou calcário suficiente para neutralizar duas vezes o Al^{+++} , a produção de matéria seca apresentou resposta quadrática para os equilíbrios, demonstrando que, quando se aumenta o teor de magnésio no calcário, a produção de matéria seca aumenta e atinge um valor máximo, diminuindo depois. Mas o teor de Al^{+++} , conforme o Quadro 2, tende a decrescer linearmente, à medida que se aumenta a porcentagem de magnésio nos equilíbrios. Por essas razões, pode-se inferir que a relação Ca/Mg no calcário é mais importante para a produção vegetal do que para a neutralização total do Al^{+++} do solo.

Ajustando-se os dados das produções de matéria seca do sorgo às equações de

regressão quadrática, em função da porcentagem de magnésio nos equilíbrios dentro de cada corte, estabeleceram-se os equilíbrios que provocaram as produções máximas. As produções máximas de matéria seca estimadas, dentro dos três cortes, estão próximas a 20 g/vaso.

Para o corte 1, não houve diferença entre as maiores produções de matéria seca quando se usaram as diversas relações de Ca/Mg. Entretanto, para o corte 2, a maior produção foi obtida quando se usou a relação Ca/Mg igual a 3:1. Para o corte 3, a relação Ca/Mg igual a 4:1 foi a que apresentou a maior produção, embora, segundo JASKOWSKI (6), a relação ideal de Ca/Mg devesse ser 3:1.

Verifica-se que as produções obtidas nos cortes 2 e 3 estão muito próximas (Figuras 1 e 2), indicando que o uso de qualquer desses cortes pode ser feito quando se quer obter aquelas produções.

A produção de matéria seca obtida neste trabalho não foi diferente quando se usaram 6 ou 9 t/CaCO₃/ha, ou seja, 2 ou 3 vezes o teor de Al⁺⁺⁺, mesmo que o teor de alumínio tenha sido praticamente reduzido a zero e o teor de Ca + Mg tenha sido elevado acima de 3 eq. mg/100 g solo (Quadro 2). Entretanto, baseado no método de SMP, a recomendação de calcário para este solo estaria em torno de 15 t/ha, donde se conclui que, para este tipo de ensaio, o método de SMP superestima a necessidade de calagem do solo.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Procurou-se estabelecer o equilíbrio ótimo entre cálcio e magnésio para se obter produção máxima de matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e verificar o efeito desse equilíbrio sobre os valores de pH, Al⁺⁺⁺, Ca⁺⁺, em Latossolo Bruno Distrófico, álico LBd (Unidade Vacaria), do Estado de Santa Catarina.

O ensaio foi conduzido em casa-de-vegetação, e a planta indicadora foi o sorgo, variedade DK-E 57.^o. Utilizou-se o «Método de Cortes», de RICHARD. Os cortes corresponderam a 3 doses de calcário (1, 2 e 3 vezes o de Al⁺⁺⁺). Os equilíbrios Ca/Mg, em porcentagem, foram 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100.

A quantidade do carbonato de cálcio e/ou magnésio para cada tratamento foi misturada com o solo, permanecendo incubada durante 2 meses. Após este período, tomaram-se amostras do solo para serem analisadas, e, nos vasos, cultivou-se o sorgo durante 40 dias. Foi tomado o peso seco do material vegetal total, da parte aérea mais raiz, e realizadas as análises químicas para Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺ e pH do solo, antes do plantio, para interpretações.

Nas condições do experimento, pode-se concluir:

1. Quando a recomendação do calcário for de uma vez o teor de Al⁺⁺⁺, a produção máxima pode ser obtida com os seguintes equilíbrios Ca/Mg: 100/0, 75/25, 50/50, 25/75.
2. Quando a recomendação do calcário for de duas vezes o teor de Al⁺⁺⁺, o equilíbrio ótimo Ca/Mg será 3:1.
3. Quando a recomendação do calcário for de três vezes o teor de Al⁺⁺⁺, o equilíbrio ótimo Ca/Mg será 4:1.
4. Para obtenção da produção máxima neste tipo de ensaio, a recomendação de calcário, baseada no SMP, superestima essas quantidades.
5. O Al trocável foi totalmente neutralizado na dose de 3 x teor de Al⁺⁺⁺.
6. Com teor de até 1,44 eq. mg de Al⁺⁺⁺ não houve diminuição na produção.

5. SUMMARY

This study was set up to determine the appropriate calcium to magnesium ratio for maximum production of dry matter in sorghum and to test the effect of Ca/Mg ratio on the pH and Al⁺⁺⁺ and Ca⁺⁺ contents of an Oxisol (Latossolo Bruno Distrófico, álico) from Santa Catarina State, Brazil.

The experiment was carried out in a greenhouse and *Sorghum bicolor* (L.) Moench, cv. 'DK-E 57' was used as the test plant. Richard's *méthode des coupes* was followed. Three levels of liming were studied: one, two and three times the aluminum content, respectively. The Ca/Mg ratios applied were 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 and 0/100.

The amount of calcium and/or magnesium carbonates required for each treatment was mixed with the soil and incubated for two months. Then a soil

Pontos
observados

----- 1 x Al⁺⁺⁺ $\hat{y} = 18,2700$

----- 2 x Al⁺⁺⁺ $\hat{y} = 18,5034 + 0,1239^{**} \text{ Mg} - 0,0026^{**} \text{ Mg}^2 \quad R^2 = 96,1\%$

----- 3 x Al⁺⁺⁺ $\hat{y} = 19,1449 + 0,1866^{**} \text{ Mg} - 0,0047^{**} \text{ Mg}^2 \quad R^2 = 94,8\%$

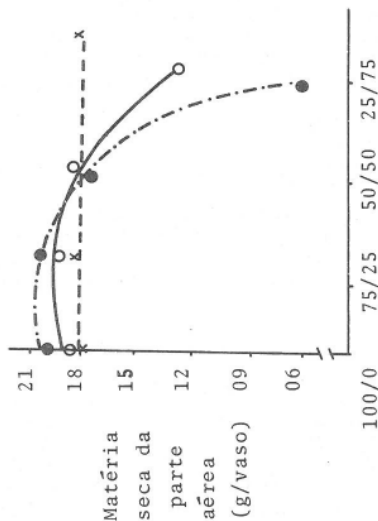


FIGURA 1 - Produção de matéria seca (g/vaso), da parte aérea do sorgo, num LATOS-SOLO BRUNO DISTRÓFICO, em função dos equilíbrios Ca/Mg estudados

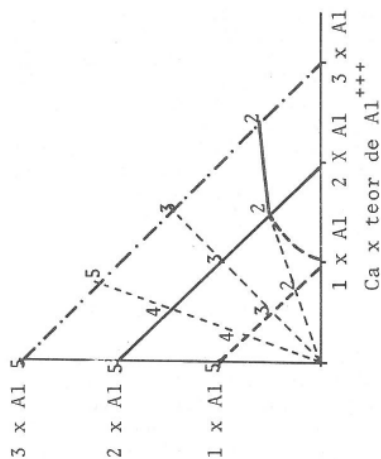


FIGURA 2 - Projeção dos pontos de máximo, segundo o "Método de Cortes" de RICHARD (15)

sample was taken from each pot for determination of pH, and Ca^{++} , Mg^{++} , and Al^{+++} contents. Sorghum was sown in the pots and grown for forty days. At the end of this period the dry matter of the whole plant was determined by weighing.

The following conclusions were drawn:

1. With the liming level equal to the aluminum content, the dry matter production was at its greatest and was independent of Ca/Mg ratio.
2. For the liming level of twice the aluminum content, the best Ca/Mg ratio was 3:1.
3. At the liming level of three times the aluminum content, 4:1 was the best Ca/Mg ratio.
4. For maximum production, liming recommendations based on SMP overestimate the optimal liming levels.
5. The exchangeable aluminum was completely neutralized when a liming factor equal 3 was used.
6. The level of exchangeable aluminum as high as 1,44 eq.mg/100g did not cause any decrease on dry matter yield.

6. LITERATURA CITADA

1. BESEDIN, P.N. Effect of various ratios of absorbed Ca and Mg on some properties of serozens and plant yields. *Trudy nanchnoissled. Inst. Pochv. gos. Kom. Khlopkovod. Sred. Azu Gosplane SSSR*. (4):68-83. 1964. In: *Soils and Fertilizers*, 29(1):27.1966.
2. CATANI, R.A. & ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. *Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz*, 26:141-156. 1969.
3. EPSTEIN, E. *Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 344 p.
4. FCRRESTIER, J. O potássio e o cafeeiro Robusta. *Fertilité* 30: 3-63. 1967-1968.
5. GALLO, J.R. & CATANI, R.A. Solubilidade de alguns tipos de calcário *Brangia*, 13 (5):63-74. 1954.
6. HOMES, M.V. A new approach to the problem of plant nutrition and fertilizer requirement. Part 1. *Soil and Fertilizers*, 18(1):1-4. 1955.
7. JASKOWSKI, Z. Effect of different magnesium contents in liming materials on some soil properties and on CaO and MgO uptake by oats. *Pam. Pulawskis*. 37:215-224. 1969. In: *Soils and Fertilizers*, 33(6):608. 1970.
8. KAMINSK, J. *Fatores de acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, U.F.R.G.S., Faculdade de Agronomia. 1967. 96 p. (Tese M.S.).
9. LAROCHE, F.A. *Efeitos da calagem sobre o complexo de troca de um latossolo tropical e os teores de cátions absorvidos pelo tomate*. Recife, SUDENE, Dv. Documentação, 1967. 80 p. (Brasil. SUDENE. Agricultura, 9).
10. LOUE, A. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do potássio. *Fertilité* 20(nov./dez.):35-55. 1963.
11. MIELNICZUK, J., LUDWICK, A. & BOHNEN, H. *Recomendação de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, U.F.R.G.S., Faculdade de Agronomia, 1971. 29 p. (Boletim Técnico 2).
12. MORAIS, F.I.O. & CABALA, F.P. Efeito dos equilíbrios entre cálcio, magnésio e potássio no crescimento do cacaueiro. *Theobroma* (3):21-32. 1971.
13. NEMETH, K., MENGELL & GRIMME, M. concentration of K, Ca, and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Sci.* 109 (3):179-185. 1970.

14. PIPAEMG — Programa Integrado Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais. *Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais*. 2.^a Tentativa. Belo Horizonte, 1972. 88 p.
15. RICHARD, L. Adaptação ao meio natural do «Método das Variantes systematiques» do Prof. Homes. *Fertilité* 7: 21-31. 1959.
16. RIOS, M.A. & PEARSON, R.W. The effects of some chemical environmental factors on cotton root behavior. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28:232-235. 1964.
17. WIKLANDER, L. Cation and anion exchange phenomena, In: BEAR, F.E. ed. *Chemistry of the Soil*. 2 nd. ed. New York, Reinhold, 1964. p. 163-205.
18. VETTORI, L. *Métodos de análises do solo*. Rio de Janeiro, EPE-M.A., 1969. 24 p. (Bol. Técn. n.º 7).