

USO DE SAIS DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E SÓDIO COMO CORRETIVOS DE SOLO. II. EFEITO SOBRE O RENDIMENTO DE MATÉRIA SECA E ACUMULAÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PELA CEVADA (*Hordeum vulgare* (L.) cv. FM 404)

Calcium, Magnesium and Sodium Salts Use for Liming Soils. II. Effects on Calcium and Magnesium Uptake and Dry Matter Accumulation by Barley Plants (*Hordeum vulgare* (L.) cv. FM 404)

João Kaminski*, Hardi Renê Bartz* e Evandir Godoy de Castilhos**

RESUMO

Em casa de vegetação, utilizaram-se cinco solos: Santa Maria (Umbraqualf), Irani (Haplumbrept), Durox (Haplohumox), Estação (Paleudult) e Passo Fundo (Haplorthox), para observar a influência de misturas de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio na relação molar 3:1, e carbonato de sódio, em dois níveis (Alx 1,5 e SMP para pH 6,0), sobre o rendimento de matéria seca e acumulação de cálcio e magnésio pela cevada (*Hordeum vulgare* (L.), cv. FM 404).

O rendimento de matéria seca está associado ao tipo de solo e tipo de corretivo, é maior nos solos com altos teores originais de cálcio e magnésio, independente do corretivo utilizado, ou quando se utilizou carbonato de cálcio e magnésio. O nível de carbonato de sódio equivalente ao SMP pH 6,0 diminuiu consideravelmente a acumulação de cálcio e magnésio pelas plantas mas teve pouco efeito no rendimento de matéria seca, em quase todos os solos.

Os sulfatos pouco promoveram o rendimento de matéria seca e favoreceram substancialmente a acumulação de magnésio em detrimento da de cálcio.

SUMMARY

This work was carried out in greenhouse using five soils: Santa Maria (Umbraqualf), Irani (Haplumbrept), Durox (Haplohumox), Estação (Paleudult) and Passo Fundo (Haplorthox), for studying the effects of calcium carbonate+magnesium carbonate and gypsum and magnesium sulfate, 3:1 molar mixture, and sodium carbonate, in two levels (Alx 1,5 and SMP for pH 6,0), on calcium and magnesium uptake and dry matter accumulation by barley plants (*Hordeum vulgare* (L.), cv. FM 404).

The dry matter accumulation was dependent on soil and salt kind. It was greatest in soils with high original calcium and magnesium, independent of salt used, and when was used calcium and magnesium carbonates independent of soil. Cal-

* Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. 97100 - Santa Maria, RS.

** Engenheiro Agrônomo, M. S., EMPASC, Chapecó, Santa Catarina.

cium and magnesium uptake was greatest with its salts. The level SMP pH 6,0 of sodium carbonate had the lowest calcium and magnesium uptake.

Calcium and magnesium sulfates had low effects on dry accumulation, but had positive effect on magnesium uptake.

INTRODUÇÃO

A acidez dos solos é um dos fatores que limitam severamente a produtividade. Isto decorre das carências nutricionais manifestadas pelas plantas cultivadas e/ou pela toxidez de alumínio e manganês. Por isso, muitos autores recomendam a correção da acidez dos solos até valores pré-determinados do pH, na expectativa de aumentar a disponibilidade dos nutrientes minerais ocorrentes ou adicionais.

Outros preconizam ser suficiente para tal, a neutralização do alumínio e manganês trocáveis do solo, independente de valor de pH atingido.

Embora o efeito tóxico do alumínio às plantas seja aceito convencionalmente, torna-se difícil dimensionar os teores ou limites tóxicos, pois esses valores variam com os tipos de solos e culturas e com a concentração dos outros ions (1, 3, 7, 8, 9, 10), especialmente cálcio e magnésio. Em função disso, muitos conceitos foram desenvolvidos visando a eliminação do efeito prejudicial da acidez dos solos. Assim, recomenda-se diminuir a saturação da CTC com alumínio, eliminar-se o alumínio trocável ou elevar o pH do solo até um limite pré-fixado. Tais padrões são, contudo, genéricos para avaliar a aptidão dos solos para cultivo, pois esses limites podem variar para cada espécie ou mesmo cultivar, como demonstram alguns resultados apresentados por MUZZILI & LANTMANN (15), VIDOR (17), VOLKWEISS (18), BEN et alii (3), ARNON & JOHNSON (2), REEVE & SUNNER (16) e MARTINI et alii (14). Porém, os benefícios da correção da acidez não se resumem à eliminação dos efeitos nocivos da acidez, mas também no aumento da disponibilidade do Ca e Mg, cátions presentes nos corretivos, e de outros nutrientes essenciais, devido às inúmeras reações químicas e microbiológicas que ocorrem pela modificação do pH, neutralização do alumínio ou alteração da saturação da CTC com bases.

A adição ao solo de sais de reação básica, como carbonatos, óxidos ou hidróxidos, ou mesmo sal neutro como sulfato de cálcio e magnésio, proporcionam modificações nas concentrações do alumínio, cálcio e magnésio, alterando essas concentrações aos níveis desejados para o estabelecimento de cultivos, como mostram os resultados obtidos por CASTILHOS et alii (5).

HASSAN et alii (11) estudaram a influência da salinidade do solo na absorção de nutrientes e produção de matéria seca pela cevada, observando que o excesso de sais tem fundamental influência na nutrição mineral das plantas. Com um regime de salinização dominante composto por sulfatos, houve aumento na absorção de Na, Mg, Mn e Zn e diminuição na absorção de K, Ca e Cu, além do fósforo. EL-GABARY (6) observou que a absorção de Ca e Mg pela cevada era diminuída a medida

que aumentava a saturação com sódio, porém o rendimento em matéria seca foi estimulado até 30% desta saturação. BROWN et alii (4) não verificaram aumento do rendimento de tomateiro pela adição de sulfato de cálcio quando não houve alteração do pH do solo, porém quando utilizaram carbonatos de cálcio ou sódio a produção de matéria seca sofreu considerável aumento e o incremento proporcionado pela elevação do pH foi semelhante para ambos carbonatos até pH 5,7.

HOWARD & ADAMS (12) e KHASANNEH (13) destacaram que a absorção de determinado nutriente não depende somente de sua concentração na solução do solo, mas também da atividade e das relações com os outros nutrientes da mesma espécie em solução e com os ions trocáveis.

Este trabalho objetiva verificar efeito de carbonatos de cálcio, magnésio e sódio e do sulfato de cálcio e magnésio sobre o rendimento de matéria seca e a absorção de cálcio e magnésio pela cevada em cinco solos de diferentes características.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, em 1980/81, utilizando-se amostras de cinco solos, pertencentes as unidades de mapeamento Santa Maria (Umbraqualf), Irani (Haplumbrept), Durox (Haplohumox), Estação (Paleudult) e Passo Fundo (Haplorthox), cujas características e detalhes dos tratamentos estão descritos em CASTILHOS et alii (5). Estes se constituíram de dois níveis de carbonatos de cálcio + carbonato de magnésio, 3:1, carbonato de sódio e um nível de sulfato de cálcio + sulfato de magnésio, 3:1, incubados por 50 dias.

Dez dias após a adubação complementar, de N, P, K, Zn, Cu e Mo efetuou-se a semeadura de cevada (*Hordeum vulgare* L. cv. FM 404). Oito dias após a emergência, efetuou-se o desbaste deixando quatro plantas por vaso; estendendo-se o experimento por um período de 45 dias desde a germinação até a colheita da parte aérea.

O corte das plantas foi feito rente ao solo, sendo o material secado em estufa a 60°C, pesado e moído, em micromoinho à 20 mpp. Durante a condução do experimento foi mantida a umidade de até 80% da capacidade de embebição dos solos pela reposição diária de água.

O tecido das plantas foi analisado para cálcio e magnésio usando o procedimento como segue.

A extração de cálcio e magnésio do tecido foi efetuada por via seca: tomou-se 0,25 g de tecido moído e calcinou-se em mufla a 500°C por duas horas. As cinzas foram dissolvidas com 5,0 ml de ácido clorídrico a 20%, aquecendo-se a solução sempre que necessário para dissolução completa do material sólido. A determinação foi por espectrofotometria de absorção atômica, usando-se Lantânio a 0,1% na diluição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de cálcio e magnésio acumuladas pela cevada são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A acumulação de cálcio e magnésio acompanharam, aproximadamente, a variação das quantidades de calcário adicionados e as quantidades de cálcio e magnésio presentes no solo (Tabela 2, Figura 1 e dados de CASTILHOS et alii, 5).

No tratamento 4, onde se usou carbonato de sódio como corretivo, na dosagem de uma vez do teor necessário para elevar o pH do solo até 6,0, não houve incremento na acumulação de cálcio e magnésio pela cevada em relação a testemunha, na maioria dos solos estudados. Entretanto, no tratamento 5, onde se usou carbonato de sódio na quantidade de Al x 1,5, houve considerável incremento na acumulação desses dois cátions pela cevada, na maioria dos solos, podendo admitir-se que as quantidades de sódio seriam insuficientes para inibir competitivamente a absorção desses dois cátions e o incremento do pH e a neutralização parcial do alumínio, proporcionaram melhores condições de desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a capacidade de absorção pelas plantas, semelhante as observações de ELGABARY (6); mas no tratamento 4 as quantidades de sódio prejudicaram a absorção do cálcio e do magnésio ao mesmo nível que o fizeram o pH baixo e o alumínio nas testemunhas. Estes dados são ilustrados na Figura 1. Já o rendimento de matéria seca, Tabela 3, aumentou em todos os solos que receberam qualquer tipo de tratamento com sais de cálcio, magnésio ou sódio, menos no solo Passo Fundo, único solo estudado cuja saturação com Ca + Mg é inferior a 40%, ou 2,0 me.100 g de solo⁻¹, enquanto os demais solos apresentaram valores iguais ou superiores a 5,0 me.100 g de solo⁻¹ e mais de 55% da CTC saturada com cálcio e magnésio (5). Tais resultados permitiram inferir que as quantidades acima citadas de cálcio e magnésio ocorrentes nos solos, foram suficientes para suprir as plantas cultivadas, e as práticas que visaram apenas limitar a ação tóxica ao alumínio seriam suficientes para proporcionar bons rendimentos imediatos das plantas cultivadas. Porém estes resultados só poderiam ser considerados qualitativamente, dada a insuficiência de informações sobre o rendimento de grãos, que é o objetivo final do cultivo de cereais.

No tratamento 6, onde foram usados sulfato de cálcio e magnésio, a absorção de cálcio foi inferior as dos tratamentos com carbonato de cálcio, mas a quantidade de magnésio absorvida foi proporcionalmente maior (Figura 1).

Isto pode ser atribuído a maior solubilidade do sulfato de magnésio que o de cálcio, cujo reflexo foi observado na concentração deste nutriente no solo (CASTILHOS et alii, 1982), embora isto não tivesse se refletido claramente no rendimento de matéria seca (Tabela 3).

TABELA 1. Influência das diferentes dosagens dos sais de cálcio, magnésio e sódio nos teores de cálcio absorvidos pelas plantas de cevada, em casa de vegetação (mg/vaso, média de três repetições).

Unidades de mapeamento	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
Santa Maria	6,1 d*	17,1 a	13,1 b	5,9 d	6,7 d	8,6 c
Irani	4,7 de	26,1 a	20,4 b	3,2 de	5,7 d	7,8 c
Durox	3,9 c	16,6 a	15,3 a	3,3 c	6,5 b	7,9 b
Estação	7,0 e	25,7 a	17,1 b	9,5 cd	10,5 c	7,9 d
Passo Fundo	0,6 bc	16,7 a	15,3 a	0,5 bc	0,2 c	2,1 b

* Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).
Tratamentos: 1- Testemunha; 2- CaCO₃ + MgCO₃ (3:1) - SMP; 3- CaCO₃ + MgCO₃ (3:1) - Al x 1,5; 4- Na₂CO₃ - SMP; 5- Na₂CO₃ - Al x 1,5; 6- CaSO₄·2H₂O + MgSO₄·7H₂O (3:1) - Al x 1,5.

TABELA 2. Influência das diferentes dosagens dos sais de cálcio, magnésio e sódio nos teores de magnésio absorvidos pelas plantas de cevada em casa de vegetação (mg/vaso, média de três repetições).

Unidades de mapeamento	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
Santa Maria	1,6 d*	5,6 b	3,8 c	2,1 d	2,4 d	7,4 a
Irani	1,7 d	10,4 a	7,3 b	1,9 d	3,0 c	10,4 a
Durox	2,4 d	6,7 b	6,2 b	2,3 d	3,5 c	7,8 a
Estação	3,2 d	11,1 a	7,1 bc	6,6 bc	6,3 c	7,4 b
Passo Fundo	0,5 d	7,9 a	6,8 b	0,3 d	0,2 d	4,3 c

* Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).

TABELA 3. Efeito dos sais de cálcio, magnésio e sódio no rendimento de massa seca da cevada (g/vaso) em casa de vegetação (média de três repetições).

Unidades de mapeamento	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
Santa Maria	1,6 c*	2,8 a	2,3 b	2,5 ab	2,7 ab	2,3 b
Irani	2,6 bc	3,8 a	4,0 a	2,4 c	3,0 b	3,7 a
Durox	1,7 d	2,9 abc	3,1 ab	2,5 c	3,2 a	2,8 abc
Estação	1,7 d	3,2 b	2,9 b	4,1 a	3,5 b	2,2 c
Passo Fundo	0,3 c	2,7 a	2,5 a	0,3 c	0,4 c	1,2 b

* Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem entre si (Tukey, 5%).

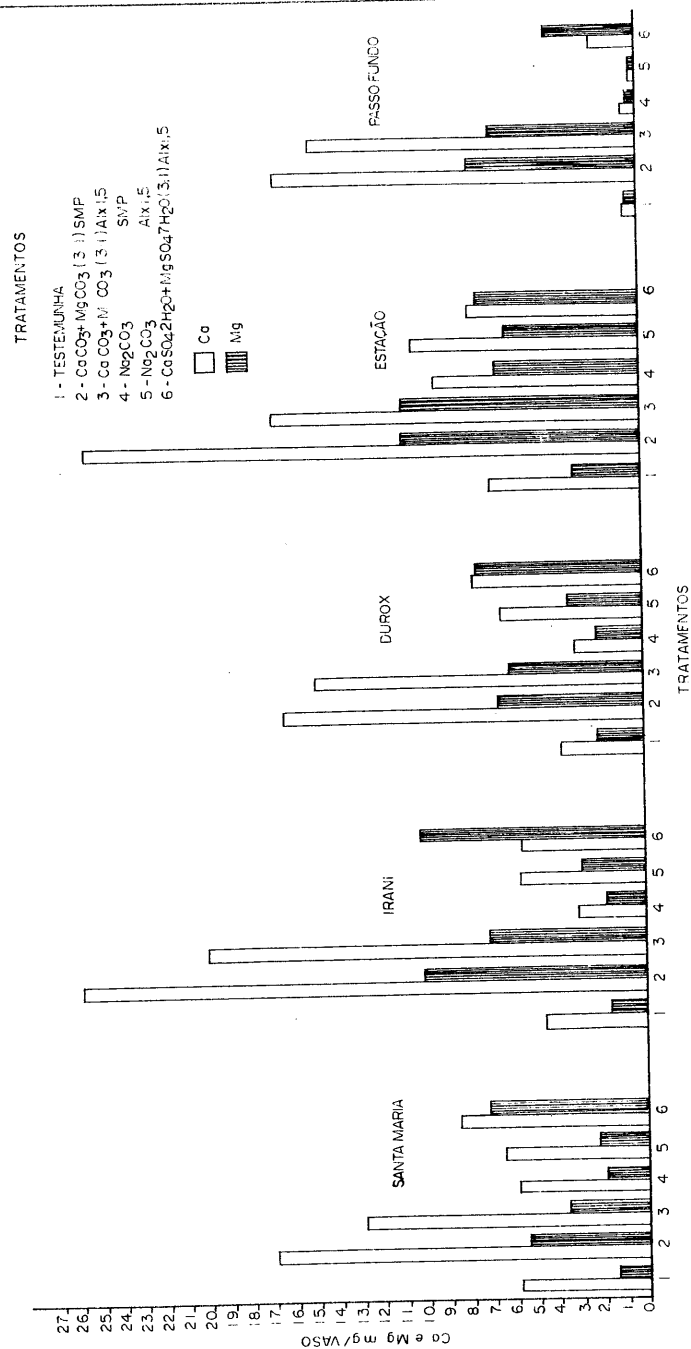


FIGURA 1. Influência dos sais de cálcio, magnésio e sódio na absorção de cálcio e magnésio pelas plantas de cevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. & LUND, Z. F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. *Soil Science*, Baltimore, Maryland, 101(3):193-198, 1966.
- ARNON, D. I. & JOHNSON, C. M. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. *Plant Physiology*, Washington, 17(3):525-539, 1942.
- BEN, J. R.; MORELLI, M. & ESTEFANEL, V. Influência da calagem na toxidez de alumínio para plantas de cevada. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, 6(2):177-189, 1976.
- BROWN, B. A.; HAWKINS, A.; RUBINS, E. J.; KING, A. V. & MUNSELL, R. I. Causes of very poor growth of crops on a formerly productive soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 15(1):240-243, 1950.
- CASTILHOS, E. G.; BARTZ, H. R.; KAMINSKI, J. & PIRES, L. F. S. Uso de sais de cálcio, magnésio e sódio como corretivos de solos. I. Efeitos sobre algumas propriedades químicas dos solos. *Rev. Centro Ciências Rurais*, 12(4):225-232, 1982.
- ELGABARY, M. M. Specific effects of adsorbed ions on plant growth. I. Effect of different combinations of calcium, magnesium and sodium on barley seedlings. *Soil Science*, Baltimore, Maryland, 80(3): 235-248, 1955.
- FOY, C. D. & BROWN, J. C. Toxic factors in acid soils. I. Characterizations of aluminum toxicity in cotton. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 27(4):403-407, 1963.
- FOY, C. D. & BROWN, J. C. Toxic factors in acid soils: II. Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 28(1):27-32, 1964.
- FOY, C. D.; BURNS, G. R.; BROWN, J. C. & FLEMING, A. L. Differential aluminum tolerance of two wheat varieties associated with plant induced pH changes around their roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 29(1):64-67, 1965.
- FOY, C. D. *Effects of aluminum on plant growth*. In: CARSON, E. W. *The plant root and its environment*. 1st. ed. Charlottesville, Polytechnic Institute and State University. 1974. p. 601-642.
- HASSAN, N. A. K.; DREW, J. V.; KNUDESEN, D. & OLSON, R. A. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley. *Agronomy Journal*, Madison, Wisc., 62(1):43-45, 1970.
- HOWARD, D. D. & ADAMS, F. Calcium requirement for penetration of subsoils by primary cotton roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 29(5):558-562, 1965.
- KHASAWNEH, F. E. Solution ion activity and plant growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 35(3):426-436, 1971.
- MARTINI, J. A.; KOCHHANN, R. A.; GOMES, E. P. & LANGER, F. Response of wheat cultivars to liming in some high Al oxisols of Rio Grande do Sul. *Agronomy Journal*, Madison, Wisc., 69(4):612-616, 1977.
- MUZILLI, O. & LANTMANN, A. F. *Calagem e adubação para a cultura do trigo no Estado do Paraná com base na análise de solo*. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1977. 25 p. (Circular nº 2).
- REEVE, N. G. & SUMNER, M. E. Effects of aluminum toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 34(2):263-267, 1970.
- VIDOR, C. *Toxidez de alumínio e manganês e suas relações com a nodulação, rendimento e absorção de manganês por Glycine max (L.) Merrill*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1972. 71 p. Tese (Mestr. Agr.).

-
18. VOLKWEISS, S. J. *Influência do calcário no pH, alumínio, manganês e zinco de solos do Rio Grande do Sul e suas relações com o rendimento e absorção de manganês de zinco pelo milho*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1970. 92 p. Tese (Mestr. Agr.).