

GESO NA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO COM TOLERÂNCIA DIFERENCIAL A ALUMÍNIO EM TRÊS NÍVEIS DE CALAGEM⁽¹⁾

B. van RAIJ⁽²⁾, P. R. FURLANI⁽²⁾, J. A. QUAGGIO⁽²⁾ & A. PETTINELLI JÚNIOR⁽³⁾

RESUMO

O gesso, nos últimos anos, vem sendo considerado como um insumo capaz de melhorar o ambiente radicular de subsolos ácidos. Contudo, ainda pairam dúvidas sobre a vantagem de usá-lo em solos que, embora ácidos, tenham sido submetidos a calagens e adubações anteriores. Também há pouca informação sobre o uso de gesso em presença de aplicações elevadas de calcário ou em plantas cultivadas tolerantes à acidez. No presente trabalho, é relatado experimento com calcário e gesso, realizado, de 1987 a 1992, na Estação Experimental de Tatuí (SP), em Latossolo Vermelho-Escuro álico textura argilosa, com o objetivo de avaliar o efeito de calcário e de gesso nas produções de cultivares de milho tolerante ou susceptível a alumínio, bem como o efeito dos corretivos na acidez do solo. O experimento foi instalado em parcelas subdivididas, com quatro repetições, em blocos ao acaso. Nas parcelas principais, foram aplicadas 0, 6 ou 12 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e, nas subparcelas, 0, 4 e 8 t ha⁻¹ de fosfogesso; nas subsubparcelas, foram plantados dois cultivares, um sensível e outro tolerante a alumínio. Para as quatro colheitas obtidas (os dados de 1990 foram considerados perdidos), percebeu-se efeito significativo para a calagem nos dois tipos de cultivares. O gesso apresentou efeito significativo nas produções apenas para o cultivar sensível ao alumínio e, nesse caso, o efeito foi aditivo ao de calcário, proporcionando, em média, cerca da metade do aumento de produção devida à calagem. A calagem influenciou, consideravelmente, a reação da camada arável do solo, aumentando o pH, os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ e reduzindo a acidez potencial, mas pouco influenciou nas camadas mais profundas, o que, provavelmente, se deveu ao fato de o solo ter recebido aplicações anteriores de calcário e de adubos com sulfato. O gesso influenciou nos teores de Ca²⁺ e SO₄²⁻ em profundidade, embora de forma pouco pronunciada em relação às quantidades aplicadas, e não alterou as características de acidez. Pode-se concluir que, mesmo tendo alterado pouco as características químicas do subsolo, o gesso favoreceu a produção de cultivar de milho sensível à acidez.

Termos de indexação: Acidez subsuperficial, alumínio, cultivar de milho, gesso agrícola, tolerância à acidez.

⁽¹⁾ Trabalho realizado com recursos do Convênio EMBRAPA/PETROFÉRTIL. Parcialmente apresentado no XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21 a 27 de julho de 1991, Porto Alegre (RS). Recebido para publicação em setembro de 1995 e aprovado em fevereiro de 1998.

⁽²⁾ Pesquisador Científico da Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas (SP). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Pesquisador Científico da Estação Experimental de Tatuí. CEP 18270-000 Tatuí (SP).

SUMMARY: EFFECT OF PHOSPHOGYPSUM ON THE YIELD OF CORN VARIETIES WITH DIFFERENTIAL TOLERANCE TO ALUMINUM AT THREE LIMING LEVELS

Gypsum is an amendment used to alleviate subsoil acidity. However, there are doubts about its use for acid soils that previously received applications of lime and fertilizers. There are also doubts on the use of gypsum in the cases of the use of high liming rates or for aluminum tolerant crop varieties. This paper describes a limestone and gypsum experiment conducted from 1987 to 1992 at the Tatuí Experimental Station, State of São Paulo, Brazil. The experiment was on a allic, dark red, clayey latosol and had the objective to evaluate the effect of limestone and gypsum on the production of aluminum tolerant and susceptible corn cultivars, as well as the effects of the corrective agents on soil acidity. The experiment was in a split-split-plot design, with four replications in randomized blocks. In the main plots 0, 6 and 12 t ha⁻¹ of dolomitic limestone was applied and in the subplots 0, 4 and 8 t ha⁻¹ of phosphogypsum. In the subsubplots, aluminum tolerant and aluminum sensitive corn cultivars were grown. For the four yields obtained (the yield of 1990 was not considered) there was a statistically significant effect of limestone for both types of cultivars. Gypsum had a significant effect only for the aluminum sensitive cultivar and, in this case, the effect was additive to that of limestone, the yield increase being about one half of that produced by limestone. Liming considerably affected the soil reaction in the plow layer; increasing the pH and the contents of Ca²⁺ and Mg²⁺ and reducing the buffer extractable acidity, but it did not affect the subsoil, probably because of former applications of lime and sulfur containing fertilizers. Gypsum affected only the Ca²⁺ and SO₄²⁻ contents of the subsoil, although in a low degree, considering the amounts applied of the amendment, and did not affect soil parameters associated with acidity. It might be concluded that, even with limited effect on acidity related soil characteristics, gypsum favorably affected the production of Al susceptible corn cultivars.

Index terms: acid tolerant, aluminum, cultivar, subsoil acidity, phosphogypsum.

INTRODUÇÃO

O efeito do gesso na redução da acidez do subsolo, promovendo o aprofundamento do sistema radicular, foi demonstrado, pela primeira vez no Brasil, em experimento com milho desenvolvido em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso do Brasil Central, relatado por Ritchey et al. (1980).

O gesso, ou sulfato de cálcio, atua sobre dois fatores que impedem ou dificultam o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas: o excesso de alumínio e a deficiência de cálcio. Mesmo em soluções nutritivas que contêm alumínio, o sulfato de cálcio tem efeito favorável sobre o crescimento radicular, pela redução do efeito tóxico do alumínio (Adams & Lund, 1966) ou pela influência favorável do cálcio (Alva et al., 1986; Cameron et al., 1986).

Alguns trabalhos têm revelado o efeito favorável do gesso em culturas anuais. Carvalho et al. (1986) descrevem experimento em que o gesso aumentou a produção de milho, mas não de soja. Na África do Sul, o gesso aumentou a produção de vários cultivos sucessivos de milho (Farina & Channon, 1988). No estado da Geórgia, EUA, foi relatado efeito positivo do gesso sobre culturas de soja, milho, silagem e alfafa (Sumner et al., 1986). Outros casos de efeitos de gesso aplicado em solos ácidos nas produções de culturas são discutidos nas revisões de Raij (1988) e de Shainberg et al. (1989). Trabalho de Raij et al. (1994)

mostrou efeito significativo da aplicação do gesso em soja cultivada em Latossolo Roxo distrófico com altos teores de sulfato adsorvido atribuídos a adubações.

O melhoramento vegetal, ao selecionar cultivares tolerantes a alumínio, busca criar genótipos com melhor desenvolvimento radicular em solos ácidos, havendo interesse em avaliar o comportamento desses materiais genéticos em solos tratados com gesso para melhorar o ambiente radicular do subsolo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de gesso, em diferentes níveis de calagem, na produtividade de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Tatuí (SP), em um Latossolo Vermelho-Escuro álico textura argilosa. A análise do solo apresentou os seguintes resultados: P 27 mg dm⁻³; matéria orgânica 32 g dm⁻³; pH 4,4 em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; em mmol_c dm⁻³: K 6,2, Ca 23, Mg 10, H + Al 16 e CTC - 112 e V 36%.

O delineamento experimental foi em parcelas subsubdivididas, com quatro repetições, em blocos ao acaso. Nas parcelas principais, foram aplicadas 0, 6 ou 12 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e, nas subparcelas,

0, 4 e 8 t ha⁻¹ de gesso agrícola. Procurou-se aplicar doses máximas, superiores às normalmente preconizadas, para acentuar o efeito da lixiviação.

Nas subsubparcelas, foram sempre plantados dois cultivares de milho, um tolerante e outro sensível a alumínio. As áreas de cada parcela, subparcela e subsubparcela foram de 300, 84 e 42 m², respectivamente. O espaçamento utilizado foi de 1 m entre as linhas, procurando-se estabelecer uma população de 50.000 plantas por hectare.

As aplicações de calcário dolomítico e de gesso agrícola foram realizadas em 24 de setembro de 1986. Os corretivos foram pré-incorporados com grade e, posteriormente, incorporados com gradeação dupla a, aproximadamente, 0-25 cm de profundidade.

Cerca de dois meses após a correção do solo, efetuou-se o plantio de sorgo, o qual foi descartado em razão da desuniformidade no "stand". Foram feitos, em seguida, cinco plantios anuais de milho, a partir do ano agrícola 1987/88, até o ano agrícola 1991/92. No ano 1989/90, houve problemas no desenvolvimento da cultura, e os dados não foram aproveitados. Nos anos em que se colheu o milho, os cultivares plantados, tolerante e sensível, foram, respectivamente, os seguintes: 1987/88 - BR 201 e AG 401; 1988-89 - IAC 7974 e IAC 8214; 1990/91 - C 525 e DINA 170; 1991/92 - C 525 e DINA 170.

O plantio de cada ensaio foi sempre realizado em meados de novembro de cada ano agrícola. A adubação básica de plantio constou de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 com 20 g kg⁻¹ de Zn. A adubação nitrogenada de cobertura foi feita com 50 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, cerca de 35 dias após a emergência do milho.

Foram retiradas amostras compostas de solo dos tratamentos das parcelas experimentais, com doses extremas constituídas de 15 amostras simples, 2, 16 e 41 meses após a aplicação do calcário. As profundidades de amostragem foram variáveis, em camadas de 20 cm, atingindo 60 cm, aos 2 meses, e 80 cm, nas duas amostragens posteriores. As amostras de solo foram preparadas e analisadas segundo Raij & Quaggio (1983).

Nos cultivos de 1987/88 e de 1991/92, por ocasião do estágio de pendoamento, efetuou-se a amostragem de folhas, retirando, de cada uma de 25 plantas por parcela, o terço central da folha da base da espiga. O processamento das amostras e a análise química de macronutrientes e de zinco foram feitos conforme Bataglia et al. (1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH, indicativo da reação do solo, é uma das características que melhor reflete o efeito de um corretivo sobre a acidez do solo, mormente quando a medida é feita em solução salina. Assim, os valores de pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, para três épocas de amostragem e quatro profundidades (Quadro 1), dão uma boa idéia dos efeitos dos dois insumos, calcário e

gesso agrícola. Na camada arável, houve efeito pronunciado do calcário, que atingiu efeito máximo aos 16 meses, diminuindo em seguida. O gesso não alterou a reação da camada arável, podendo-se atribuir a pequena diminuição do pH com o tempo à acidificação proporcionada pela aplicação de adubo nitrogenado. Já em profundidade, nem o calcário nem o gesso influenciaram os valores de pH.

No quadro 2, encontram-se outros resultados de análise de solo, que permitem complementar a discussão, sobre o efeito de calcário e de gesso sobre o solo. A quantidade máxima de calcário aplicada, de 12 t ha⁻¹, é bem maior do que o valor calculado para 70% de saturação por bases, que seria de 3,6 t ha⁻¹, considerando um PRNT de 67%. Mesmo assim, na camada superficial, após 41 meses da aplicação dos corretivos, o valor da saturação por bases estava abaixo de 70%. O calcário promoveu aumento significativo nos teores de cálcio e de magnésio, reduziu os teores de alumínio e até de sulfato, ânion este menos adsorvido ao solo a valores mais elevados de pH. O potássio não foi afetado, o que pode ser explicado em parte pelos teores elevados do elemento no solo. Não foi constatado efeito do gesso na camada de solo de 0-20 cm após 41 meses.

Em profundidade, o que se percebe é, praticamente, a descida de sais solúveis ao longo do perfil, com aumento de cálcio, de magnésio e de sulfato, com efeito maior do gesso do que do calcário. Percebe-se, também, presença considerável de sulfato adsorvido ao solo, mesmo no tratamento sem gesso, o que, certamente,

Quadro 1. Efeito de doses de calcário e de gesso no pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ do solo, para diferentes profundidades e épocas de amostragem

Profundidade de amostragem	Calcário	Gesso	Épocas de amostragem		
			2	16	41
	---- t ha ⁻¹ ----		----- meses -----		
0-20	0	0	4,3b ⁽¹⁾	4,2b	4,1b
	0	8	4,3b	4,1b	4,1b
	12	0	5,0a	5,6a	5,2a
	12	8	5,1a	5,6a	5,0a
20-40	0	0	4,1a	4,0a	4,0a
	0	8	4,1a	4,0a	4,1a
	12	0	4,1a	4,0a	4,1a
	12	8	4,1a	4,0a	4,1a
40-60	0	0	4,1a	4,1a	4,1a
	0	8	4,1a	4,1a	4,2a
	12	0	4,1a	4,1a	4,2a
	12	8	4,1a	4,1a	4,2a
60-80	0	0	n.d	4,1a	4,1a
	0	8	n.d	4,1a	4,1a
	12	0	n.d	4,1a	4,2a
	12	8	n.d	4,2a	4,2a

⁽¹⁾ Valores com as mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Quadro 2. Efeito de doses de calcário e de gesso em algumas características químicas⁽¹⁾, para diferentes profundidades do solo de Tatuí, 41 meses após a aplicação dos corretivos

Tratamento		Cátions trocáveis				SO ₄ ²⁻	V	m
Calcário	Gesso	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺			
t ha ⁻¹		mmol _c dm ⁻³				%		
Profundidade de 0-20 cm								
0	0	19b	6b	4,5a	19a	3,6a	23b	39a
0	8	21b	5b	4,0a	16a	4,3a	16b	35a
12	0	41a	20a	3,8a	2b	1,2b	64a	3b
12	8	41a	19a	4,0a	2b	1,6b	63a	3b
Profundidade de 20-40 cm								
0	0	7a	5b	3,6a	24a	11,4b	10a	62a
0	8	10a	3c	2,8a	25a	15,5a	11a	60a
12	0	8a	7a	2,6a	22a	12,9ab	13a	56a
12	8	8a	6a	2,4a	23a	15,1a	10a	59a
Profundidade de 40-60 cm								
0	0	10b	4c	2,2a	22a	11,0b	12a	58a
0	8	13ab	5bc	1,6a	19ab	17,2a	14a	49ab
12	0	11ab	7ab	2,0a	19ab	12,9b	15a	50ab
12	8	14a	8a	2,1a	17b	16,0a	18a	41b
Profundidade de 60-80 cm								
0	0	6b	3b	1,7a	21ab	6,2b	8a	61a
0	8	10a	5ab	1,3a	18b	14,1a	13a	52a
12	0	7b	5ab	1,4a	22ab	6,5b	11a	62a
12	8	11a	7a	1,6a	23a	15,9a	14a	54a

⁽¹⁾ Valores com as mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

decorre de adubações anteriores com fertilizantes que contêm enxofre, como sulfato de amônio e superfosfato simples. Como consequência, os efeitos do gesso sobre os teores de sulfato são mais acentuados nas camadas mais profundas, de 40-60 e 60-80 cm de profundidade e quiçá nas maiores profundidades, que não foram amostradas. A quantidade máxima aplicada, de 8 t ha⁻¹, promoveu alterações modestas no perfil do solo, comparadas com os resultados mostrados por Souza & Ritchey (1986) para a região dos Cerrados, utilizando quantidades próximas de gesso.

Os resultados deste experimento diferem, substancialmente, dos obtidos por Ritchey et al. (1980), em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, que verificaram efeito considerável do gesso em reduzir efetivamente a acidez do subsolo. A diferença de resultados pode ser explicada por duas causas principais. A primeira diz respeito à atividade da argila dos dois solos, tendo o solo do trabalho de Ritchey et al. (1980) argila de baixa atividade, o que é refletido na CTC e nos teores de alumínio trocável baixos, enquanto no solo deste trabalho a atividade da argila é considerável e, o que é mais marcante, a CTC aumenta em profundidade, atingindo 160 mmol_c dm⁻³ na camada de 60 a 80 cm de profundidade, além de o solo apresentar teores

bastante altos de alumínio. A segunda causa é o acúmulo considerável de sulfato no perfil do solo deste trabalho, enquanto o solo de Ritchey et al. (1980) era virgem e praticamente desprovido de bases trocáveis. Isso serve também para explicar porque o calcário pouco influenciou no subsolo neste trabalho, ao contrário do observado por Quaggio et al. (1982) em um Latossolo Roxo de Cerrado; por Quaggio et al. (1985), em um Cambissolo, e por Souza & Ritchey (1986), em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso de cerrado, casos em que houve efeito considerável da calagem na correção da acidez do subsolo. Neste caso, como o solo já continha quantidades consideráveis de sulfato, cálcio e magnésio adsorvidos, os íons devem ter sido lixiviados, em sua maior parte, para camadas mais profundas do que as amostradas.

Também não foram identificadas perdas consideráveis de Mg e de K, ao menos de um tratamento em relação a outro, assunto que merece alguns comentários. Muitas vezes, a redução de teores desses cátions na camada arável é considerada como perda, o que nem sempre é o caso. Somente com a lixiviação de sulfato para fora do alcance das raízes, poderão ocorrer perdas efetivas de bases, que lixiviarão com o ânion. Com aplicações de calcário dolomítico, as

perdas de magnésio, proporcionadas pela aplicação de gesso, não devem preocupar. O solo deste trabalho é bastante rico em potássio (Quadro 2), e a reciclagem via biomassa devolve o elemento à superfície, mantendo os teores elevados na superfície.

Os teores de sulfato contidos nas diferentes camadas do solo, apresentados no quadro 2, são representativos do comportamento desse ânion, que é fortemente adsorvido em solos que contêm teores elevados de óxidos hidratados de ferro e alumínio, como os do presente caso (Chao et al., 1965; Raij & Peech, 1972). O sulfato é mais fortemente retido em solos mais ácidos e com menor carga elétrica negativa (Raij & Peech, 1972; Camargo & Raij, 1989). Isso e a repulsão de sulfato por fosfato, ânion com adsorção preferencial na camada arável, explicam os teores mais baixos de SO_4^{2-} na superfície do solo. Nas camadas mais profundas, nota-se o acúmulo de sulfato, em parte já existente no solo, nos tratamentos sem gesso, acrescidos por adições feitas no presente ensaio, nos tratamentos com gesso. O aumento de SO_4^{2-} é mais evidente na camada de 60 a 80 cm de profundidade, indicando que o efeito deve ter-se estendido também em profundidades ainda maiores do solo. De qualquer forma, fica evidente que o íon SO_4^{2-} é fortemente adsorvido no subsolo, aí permanecendo por muitos anos, informação das mais importantes para a diagnose da disponibilidade de enxofre em solos.

No quadro 3, são apresentados os efeitos médios, de calcário e de gesso, nas produções de milho para os dois cultivares. O cultivar tolerante a alumínio

respondeu significativamente à aplicação de calcário em todos os anos, com um efeito médio, nos quatro anos, de 26% de aumento de produção, enquanto o gesso não teve efeito significativo, proporcionando aumento médio de produção de apenas 4%. Já o cultivar sensível apresentou também resposta significativa à aplicação de calcário em todas as alternativas apresentadas no quadro 3, com aumento médio de produção de 29%. O efeito do gesso foi significativo em apenas dois dos quatro anos e no efeito médio, que representou um aumento de produção de 12%. Por questões de disponibilidade de sementes, foi necessário mudar os cultivares todos os anos e fica difícil saber se, nos casos em que não houve significância do efeito do gesso, isso se deveu a diferenças genéticas do milho ou simplesmente a um maior erro experimental.

Os resultados de análises químicas realizadas em amostras de folhas coletadas em 1988 (Quadro 4) e 1992 (Quadro 5) revelaram grandes efeitos do calcário nos teores de cálcio e magnésio, embora os teores desses nutrientes na camada arável sejam considerados suficientes (Quadro 2). O tratamento com gesso afetou os teores de K, Ca e Mg, porém de maneira não-consistente, ou seja, no ano de 1988, observou-se o efeito apenas no Ca, enquanto, no ano de 1992, os efeitos foram para K e Mg. Efeitos mais generalizados nos teores dos nutrientes foram observados para cultivares, notando-se repetitivas as diferenças varietais para K, Ca e S. Os cultivares sensíveis (AG 401 e D 170) apresentaram menores

Quadro 3. Produções médias de dois cultivares de milho, tolerante e sensível a alumínio, para doses aplicadas de calcário (C) e de gesso (G)

Tratamento	Produção de milho para os anos agrícolas ⁽¹⁾				
	1987/88	1988/89	1990/91	1991/92	Média
kg ha ⁻¹					
Cultivar tolerante a alumínio					
C ₀	5.786b	4.135b	3.773b	3.670b	4.341c
C ₆	6.253b	4.801a	3.924b	4.580a	4.890b
C ₁₂	7.577a	5.117a	4.424a	4.780a	5.474a
G ₀	6.476a	4.477a	3.844a	4.217a	4.785a
G ₄	6.533a	4.730a	4.123a	4.283a	4.940a
G ₈	6.607a	4.849a	4.153a	4.530a	4.979a
Cultivar tolerante a alumínio					
C ₀	6.042b	3.865b	4.088b	4.104b	4.525c
C ₆	6.512b	4.944a	5.307a	5.121a	5.489b
C ₁₂	7.410a	5.016a	5.376a	5.607a	5.835a
G ₀	6.134b	4.340a	4.733a	4.532b	4.935b
G ₄	6.803ab	4.656a	4.995a	5.101a	5.400a
G ₈	7.027a	4.828a	5.024a	5.199a	5.512a

⁽¹⁾ Produções com a mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Quadro 4. Teores de macronutrientes e de zinco em amostras de folhas da base da espiga de cultivares de milho em função de tratamentos extremos de calagem (C) e de gesso (G), para o ano agrícola 1987/88, e conclusões da análise de variância

Tratamento	Cultivar	N	O	K	Ca	Mg	S	Zn
C ₀ G ₀	BR 201	29,2	2,5	24,0	3,7	1,2	1,9	19,1
	AG 401	29,2	2,5	22,9	3,9	1,2	2,5	19,1
C ₀ G ₈	BR 201	29,7	2,4	25,4	4,1	1,2	2,0	21,5
	AG 401	29,6	2,5	21,2	4,4	1,3	2,4	21,1
C ₁₂ G ₀	BR 201	26,9	2,5	22,9	4,5	2,2	1,7	19,3
	AG 401	31,4	2,7	22,3	4,5	2,4	2,2	19,0
C ₁₂ G ₈	BR 201	27,0	2,6	24,4	4,4	2,1	1,7	19,9
	AG 401	31,7	2,7	19,7	4,9	2,1	2,4	19,9
Teste F⁽¹⁾								
Calcário		ns	ns	ns	**	**	ns	ns
Gesso		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Calcário x gesso		ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Cultivar		*	ns	*	*	*	**	ns
Calcário x cultivar		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gesso x cultivar		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivar x calcário x gesso		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ São indicadas diferenças não-significativas (ns) e significativas a 5% (*) e 1% (**).

Quadro 5. Teores de macronutrientes e de zinco em amostras de folhas da base da espiga de cultivares de milho em função de tratamentos extremos de calagem (C) e de gesso (G), para o ano agrícola 1991/92, e conclusões da análise de variância

Tratamento	Cultivar	N	O	K	Ca	Mg	S	Zn
C ₀ G ₀	C 525	22,5	1,9	23,2	4,2	1,7	2,3	16,0
	D 170	21,6	1,8	20,7	4,1	1,6	1,8	21,3
C ₀ G ₈	C 525	20,7	1,7	22,0	4,3	1,6	2,0	16,8
	D 170	22,5	2,0	18,8	5,0	1,5	1,8	25,0
C ₁₂ G ₀	C 525	19,7	1,9	20,8	4,8	2,8	1,9	14,5
	D 170	17,8	1,6	17,0	5,5	3,0	1,6	17,8
C ₁₂ G ₈	C 525	22,2	1,8	19,7	4,6	2,7	2,2	16,0
	D 170	19,6	1,8	16,9	5,2	2,7	1,7	19,3
Teste F⁽¹⁾								
Calcário		ns	ns	*	**	**	ns	ns
Gesso		ns	ns	*	ns	*	ns	ns
Calcário x gesso		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivar		ns	ns	**	**	ns	**	**
Calcário x cultivar		ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Gesso x cultivar		ns	*	ns	*	ns	ns	ns
Calcário x gesso x cultivar		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ São indicadas diferenças não-significativas (ns) e significativas a 5% (*) e 1% (**).

teores de K e maiores de Ca, sem, contudo, mostrarem o mesmo tipo de tendência com relação ao enxofre. Os efeitos de interações entre os tratamentos nos teores de nutrientes não apresentaram resultados conclusivos. Dessa forma, observaram-se efeitos da interação calcário x gesso nos teores de Zn apenas no ano de 1988; da interação calcário x cultivar nos teores de Zn apenas em 1992; da interação gesso x cultivar nos teores de K e Ca em 1992; e da interação calcário x gesso apenas no teor de K em folhas coletadas em 1988. Com a baixa dose de nitrogênio aplicada, esperava-se que os corretivos pudessem, estimular a absorção de nitrogênio do subsolo, mas tal efeito não foi observado.

No quadro 6, são apresentados os efeitos médios das doses aplicadas de gesso, dentro de cada dose de calcário e para cada tipo de cultivar. Houve significância para o efeito do gesso apenas para as duas doses mais baixas de calcário do cultivar sensível a alumínio. Parece bastante claro, pela mesma ordem de magnitude das respostas a gesso, dentro de qualquer uma das doses de calcário, que os dois insumos têm efeitos independentes sobre a produção.

A ausência de efeito do gesso nos parâmetros de acidez, que foram medidos e apresentados nos quadros 1 e 2, não elimina a possibilidade de o insumo ter atuado na redução dos efeitos nocivos do alumínio sobre o desenvolvimento radicular. Isso porque, mesmo em solução, o sulfato de cálcio tem esse efeito (Adams & Lund, 1966). Assim, é possível que o aumento de sulfato nas camadas mais profundas do solo, ricas em alumínio (Quadro 2), tenha proporcionado condições mais favoráveis ao desenvolvimento radicular. Isso

estaria coerente, inclusive, com os efeitos independentes dos dois insumos, o calcário atuando mais na melhoria da camada superficial do solo, no presente ensaio, ao passo que o gesso teria uma ação mais em profundidade. Também por isso o efeito do calcário é mais importante do que do gesso, pois, por mais importância que se queira atribuir ao desenvolvimento radicular no subsolo, as raízes na camada arável terão sempre a maior contribuição para a produtividade.

CONCLUSÕES

1. O calcário corrigiu a acidez apenas da camada arável do solo, enquanto o gesso, embora sem alterar parâmetros de acidez do solo, influenciou nas camadas mais profundas do solo.
2. O calcário influenciou significativamente nas produções de milho dos cultivares tolerante e sensível a alumínio, e o gesso apenas na do último.
3. O aumento de produção de milho do cultivar sensível à acidez proporcionado pelo gesso foi independente do efeito do calcário, de cerca da metade em magnitude.

LITERATURA CITADA

ADAMS, F. & LUND, Z.F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. *Soil Sci.*, 101:193-198, 1966.

ALVA, A.K.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. & BLAMEY, F.P.C. Effects of phosphorus/aluminum molar ratio and calcium concentration on plant response to aluminum toxicity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:133-137, 1986.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

CAMARGO, O.A. & RAIJ, B. van. Movimento de gesso em amostras de latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:275-280, 1989.

CAMERON, R.S.; RITCHIE, G.S.P. & ROBSON. Relative toxicities of inorganic aluminum complexes to barley. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:1231-1236, 1986.

CARVALHO, L.J.C.B.; GOMIDE, R.L.; RODRIGUES, G.C.; SOUZA, D.M.G. & FREITAS Jr., E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.61-83.

CHAO, T.T.; HARWARD, M.E. & FANG, S.C. Exchange reactions between hydroxyl and sulfate ions by soils. *Soil Sci.*, 99:104-108, 1965.

FARINA, M.P.W. & CHANNON, P. Acid-subsoil amelioration. II. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:175-180, 1988.

Quadro 6. Produções médias de quatro anos de dois cultivares de milho, tolerante e sensível a alumínio, para doses de gesso (G) em presença de três doses de calcário (C)

Tratamento	Produção de milho para ⁽¹⁾		
	Cultivar tolerante	Cultivar sensível	
		kg ha ⁻¹	
C ₀	G ₀	4.300a	4.229b
	G ₄	4.360a	4.552ab
	G ₈	4.362a	4.793a
C ₆	G ₀	4.663a	5.041b
	G ₄	4.943a	5.619a
	G ₈	5.063a	5.817a
C ₁₂	G ₀	5.331a	5.536a
	G ₄	5.398a	5.927a
	G ₈	5.695a	6.041a

⁽¹⁾ Produções de cada cultivar seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Respostas da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II Efeito residual. R. Bras. Ci. Solo, 6:113-118, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van & SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcário com diferentes teores de magnésio. Bragantia, 44:391-406, 1985.
- RAIJ, B. van. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; IGUE, T. & SORDI, G. Efeito de calcário e de gesso para soja cultivada em latossolo roxo ácido saturado com sulfato. R. Bras. Ci. Solo, 18:305-312, 1994.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RAIJ, B. van & PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36:587-593, 1972.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. Agron. J., 72:40-44, 1980.
- SHAINBERG, I.; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W. & FEY, M.V. Use of gypsum on soils: a review. Adv. Soil Sci., 9:1-111, 1989.
- SOUZA, D.M.G. & RITCHEY, K.D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.119-144.
- SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J. & HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J., 50:1254-1278, 1986.