

# ALTERAÇÕES DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E RESPOSTA DA SOJA AO CALCÁRIO E GESSO APLICADOS NA SUPERFÍCIE EM SISTEMA DE CULTIVO SEM PREPARO DO SOLO<sup>(1)</sup>

E. F. CAIRES<sup>(2)</sup>, W. A. CHUEIRI<sup>(3)</sup>, E. F. MADRUGA<sup>(4)</sup> & A. FIGUEIREDO<sup>(4)</sup>

## RESUMO

O experimento foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, em Ponta Grossa (PR), com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de calcário e gesso na superfície sobre as características químicas do solo e resposta da soja cultivada em sistema de cultivo sem preparo do solo. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em parcela subdividida, com três repetições. Foram utilizadas quatro doses de calcário dolomítico, com 84% de PRNT: 0, 2, 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>, e quatro doses de gesso agrícola: 0, 4, 8 e 12 t ha<sup>-1</sup>. A calagem foi realizada em julho, e a aplicação de gesso em novembro de 1993. A cultura da soja foi avaliada nos anos agrícolas de 1993/94 e 1995/96. A soja não respondeu à aplicação de calcário e gesso na superfície, em solo com pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>) 4,5 e 32% de saturação por bases na camada de 0-20 cm. A calagem proporcionou correção da acidez do solo, revelada pela elevação do pH e redução do alumínio trocável, até a profundidade de 10 cm e em camadas subsuperficiais, mostrando que a ação do calcário aplicado na superfície, em áreas com cultivos já estabelecidos, não preparadas convencionalmente, pode atingir camadas mais profundas de solo. Esse efeito foi observado doze meses após a aplicação do corretivo, tendo sido mais pronunciado após vinte e oito meses. A aplicação de gesso causou redução do alumínio trocável, elevou os teores de cálcio em todo o perfil do solo e provocou lixiviação de bases, principalmente de magnésio, tendo sido esta mais acentuada na presença de maiores teores de magnésio trocável no solo. Após vinte e quatro meses, foram recuperados cerca de 40% do S-SO<sub>4</sub> e 60% do cálcio aplicados pelo gesso na dose de 12 t ha<sup>-1</sup>, até a profundidade de 80 cm. Desse total recuperado, apenas 10% do S-SO<sub>4</sub> e 25% do cálcio foram encontrados na camada de 0-20 cm de solo.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, calagem, subsolo, acidez, lixiviação de íons, cultivo sem preparo do solo.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em agosto de 1996 e aprovado em novembro de 1997.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Caixa Postal 992/3, CEP 84010-330 Ponta Grossa (PR). Bolsista do CNPq.

<sup>(3)</sup> Engenheiro-Agrônomo, aluno do curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná.

<sup>(4)</sup> Bolsista do PIBIC - CNPq.

**SUMMARY: CHANGES IN SOIL CHEMICAL CHARACTERISTICS BY SURFACE APPLICATION OF LIME AND GYPSUM AND SOYBEAN RESPONSE IN NO-TILLAGE SYSTEM**

*The experiment was carried out on a dystrophic Dark Red Latosol from Ponta Grossa, Paraná State, Brazil, to evaluate the effects of the surface application of lime and gypsum on soil chemical characteristics and soybean response in no-tillage. A randomized complete block design was used, with three replications, in a split-plot experiment. Dolomitic limestone was applied at rates of 0, 2, 4 and 6 t ha<sup>-1</sup> (main plots) in July of 1993; gypsum was applied at rates of 0, 4, 8 and 12 t ha<sup>-1</sup> (subplots) in November of 1993. Soybean was evaluated in the agricultural years of 1993/94 and 1995/96. The results showed no soybean response to lime and gypsum on the surface, in soil with pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>) 4.5 and 32% of base saturation in the 0-20 cm layer. Liming provided soil acidity correction until 10 cm depth and also in the subsoil, showing that the action of lime in surface application, in no-tillage, can reach deeper soil layers. This effect was observed twelve months after liming and was even greater after twenty-eight months. Gypsum decreased aluminium concentration, increased calcium concentration along the soil profile and caused leaching of basic cations, especially magnesium. This leaching was more pronounced in presence of greater magnesium concentration in soil. After twenty-four months, approximately 40% of S-SO<sub>4</sub> and 60% of calcium of the 12 t ha<sup>-1</sup> gypsum application were recovered as deep as 80 cm. Of the total recovered, only 10% of S-SO<sub>4</sub> and 25% of calcium were found in the 0-20 cm soil layer.*

*Index terms: Glycine max, liming, subsoil, acidity, ion leaching, no-tillage system.*

## INTRODUÇÃO

As alterações nas características químicas do solo não preparado convencionalmente são complexas. A discussão sobre a correção da acidez do solo nesse sistema de cultivo é ampla e carece de maiores informações.

A calagem em áreas com cultivos já estabelecidos, não preparadas convencionalmente, é realizada na superfície do solo. Como os materiais corretivos da acidez utilizados na agricultura são pouco solúveis, e os produtos da reação do calcário com o solo têm mobilidade limitada, a ação da calagem, nesse caso, deve ser muito restrita às camadas superficiais do solo.

A acidez do subsolo tem sido considerada uma das principais causas de limitação à produtividade agrícola (Gonzales-Érico et al., 1979; Sumner et al., 1986; Farina & Channon, 1988), por proporcionar restrição ao crescimento radicular e à absorção de água e nutrientes pelas culturas. A deficiência de cálcio e a toxicidade de alumínio têm sido apontadas como as principais barreiras químicas ao crescimento de raízes em subsolos ácidos (Ritchey et al., 1982; Pavan et al., 1982). O problema, entretanto, é de difícil solução, principalmente em áreas com cultivos sem preparo do solo, onde o calcário não é incorporado.

A correção do subsolo ácido pode ser feita por meio da calagem profunda. Contudo, essa prática necessita de revolvimento do solo, razão por que não é de interesse em áreas já estabelecidas com sistema de cultivo que não envolve preparo convencional. Além disso, a calagem profunda exige máquinas potentes e equipamentos caros, o que torna a prática onerosa.

Outra alternativa seria por meio da aplicação superficial de gesso agrícola, mais viável, por não exigir revolvimento do solo. Isso se deve ao fato de ser o gesso relativamente solúvel (Bolan et al., citado por Sumner, 1995), e, quando aplicado na superfície do solo, movimentar-se no perfil com a influência do excesso de umidade. Quando alcança o subsolo, o gesso proporciona aumento no suprimento de Ca<sup>2+</sup> e redução da toxicidade de Al<sup>3+</sup> (Sumner, 1995). Como resultado dessa melhoria do subsolo, as raízes são capazes de desenvolver em maior profundidade, permitindo maior eficiência na absorção de água e nutrientes.

As pesquisas com o gesso agrícola intensificaram-se após a divulgação dos resultados do trabalho de Ritchey et al. (1980) sobre os efeitos do gesso na melhoria das condições de acidez do subsolo, permitindo enraizamento profundo do milho num latossolo do Brasil central. Os resultados mostraram diminuição da saturação por alumínio e aumento dos teores de cálcio em profundidade pela ação do gesso, o que deve ter sido a causa principal do maior aprofundamento das raízes.

Efeitos positivos do gesso agrícola foram, posteriormente, constatados nas mais variadas condições de solo e clima (Pavan et al., 1984; Nogueira, 1985; Sumner et al., 1986; Farina & Channon, 1988), indicando ser o uso de gesso mais amplo do que inicialmente se pensava.

Apesar do avanço das pesquisas sobre o uso de gesso agrícola, já observado na revisão sobre o assunto feita por Rajj (1988), o comportamento do gesso em áreas com sistema de cultivo sem preparo do solo necessita ser mais bem esclarecido.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as alterações das características químicas do solo e a resposta da soja à aplicação superficial de calcário e gesso em sistema de cultivo sem preparo do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Ponta Grossa (PR), Fazenda Estância dos Pinheiros, num Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura média. Os resultados da análise química do solo, realizada antes da instalação, estão apresentados no quadro 1.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de calcário dolomítico, com 84% de poder relativo de neutralização total (PRNT): 0, 2, 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>, calculadas visando elevar a saturação por bases da camada de 0-20 cm de solo a 50, 70 e 90%, e quatro doses de gesso agrícola: 0, 4, 8 e 12 t ha<sup>-1</sup>, equivalentes em cálcio às doses de calcário. O calcário foi aplicado nas parcelas principais, em julho, e o gesso, nas subparcelas, em novembro de 1993, sendo ambas as aplicações feitas a lanço na superfície do solo.

As parcelas, com 6,3 m de largura e 32,0 m de comprimento, foram divididas em quatro subparcelas de 8,0 m de comprimento. As parcelas receberam os tratamentos de calagem, e as subparcelas, as doses de gesso.

Realizaram-se dois cultivos de soja, na densidade de vinte sementes por metro e espaçamento de 0,45 m entre as linhas. No primeiro cultivo, realizado em 26/11/93, foi utilizado o cultivar BR 16 e, no segundo, em 20/11/95, o cultivar FT Abyara. A adubação básica utilizada na semeadura, nos dois cultivos, foi de 200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-25-25. Realizou-se, também, a inoculação das sementes com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*. No inverno de 1994, a área experimental foi cultivada com consórcio de ervilhaca/aveia-preta; no ano agrícola 1994/95, foi realizado o cultivo de milho e, no inverno de 1995, a área foi mantida em pousio.

Foram coletadas amostras de solo doze e vinte e oito meses após a calagem, correspondendo a oito e vinte e quatro meses da aplicação de gesso, uma vez que o gesso foi aplicado quatro meses após o calcário. Para as amostragens, foram retiradas doze subamostras por subparcela para compor uma amostra composta das camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, e cinco subamostras para as camadas de 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade. As amostras até 20 cm foram retiradas com trado calador e de 20-80 cm com trado de rosca. Nessas amostras, foram determinados o pH, H + Al, Al<sup>3+</sup> e cátions básicos pelos métodos descritos por Pavan et al. (1991). Nas amostras de solo coletadas aos vinte e oito meses da calagem e vinte e quatro meses da aplicação de gesso, também foram determinados os teores de S-SO<sub>4</sub>, por meio de extração pelo acetato de amônio 0,5 mol L<sup>-1</sup> em ácido acético 0,25 mol L<sup>-1</sup> e posterior quantificação pelo método turbidimétrico, descrito por Vitti & Suzuki (1978).

No início do florescimento da cultura, foi feita amostragem de folhas, coletando-se a terceira folha a partir do ápice das plantas, em número de trinta por subparcela. Essas amostras foram lavadas em água desionizada, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingir peso constante, e moídas. Foram analisados os teores de N, S, Ca, Mg e K pelos métodos descritos por Malavolta et al. (1989).

A produtividade foi avaliada por meio de colheita manual, e a trilhagem, em máquina debulhadora estacionária. Foram colhidas as quatro linhas centrais de cada subparcela, desprezando-se um metro de cada extremidade, compreendendo uma área útil de 10,8 m<sup>2</sup>.

A análise de variância seguiu o modelo em parcelas subdivididas, tendo-se comparado as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Como a análise de variância não revelou influência significativa da interação calcário x gesso sobre as variáveis estudadas, os efeitos principais da calagem e do gesso foram discutidos separadamente, utilizando-se a média dos tratamentos.

**Quadro 1. Resultados de análise química do solo antes da instalação do experimento em diferentes profundidades**

Profundidade cm	pH(CaCl <sub>2</sub> )	H + Al	Cátions trocáveis				P			
			Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	(Mehlich-1)	C	V	m
			mmolc dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%	
0-20	4,5	58	6	16	10	1,4	9	19	32	18
20-40	4,4	58	6	16	10	1,5	4	18	32	18
40-60	4,4	50	6	16	9	1,5	2	16	34	18

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Influência de doses de calcário e gesso nas características químicas do solo

Os efeitos da calagem sobre os valores de pH e teores de alumínio trocável do solo, após doze e vinte e oito meses, estão apresentados na figura 1. Pode-se observar que, já após doze meses, a aplicação de calcário na superfície havia proporcionado aumento do pH e redução do alumínio trocável até 10 cm de profundidade. Ressalta-se que a precipitação pluvial durante esse período foi de 2.300 mm. Apesar de o efeito da calagem ter praticamente desaparecido na camada de 10-20 cm, o calcário aplicado causou elevação do pH e redução do alumínio trocável nas camadas mais profundas do solo. Os valores de pH nas camadas superficiais aumentaram com o tempo, como era esperado, de acordo com as doses de calcário aplicadas, mostrando que o corretivo continuou apresentando reação no solo. Pode-se observar também que se acentuaram os efeitos da calagem sobre o pH e teores de alumínio trocável em profundidade, com o tempo de aplicação do corretivo. Oliveira & Pavan (1994) relataram, também, redução da acidez, revelada pela elevação do pH e redução do alumínio trocável, até 40 cm de profundidade, após trinta e dois meses da aplicação de calcário na superfície, em sistema de cultivo sem preparo do solo. De acordo com esses autores, houve movimentação física do calcário em profundidade, provavelmente através de canais formados por raízes mortas mantidos intactos em razão da ausência de preparo do solo. Por outro lado, para Miyazawa et al. (1996), o provável mecanismo da lixiviação de cálcio em áreas de cultivo sem preparo do solo está relacionado com a formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas (aveia, centeio, trigo). Na camada superficial do solo, os ligantes orgânicos complexam o cálcio trocável do solo, formando complexos  $\text{Ca L}^0$  ou  $\text{Ca L}^-$ . A alteração da carga do  $\text{Ca}^{2+}$  facilita sua mobilidade no solo. Na camada subsuperficial, o cálcio dos complexos Ca-orgânicos é deslocado pelo alumínio trocável do solo, porque os íons  $\text{Al}^{3+}$  formam complexos mais estáveis que  $\text{Ca}^{2+}$ , diminuindo a acidez trocável e aumentando o cálcio trocável. Reações semelhantes também ocorrem para magnésio. Esses resultados mostram a possibilidade de a ação do calcário aplicado na superfície, no sistema de cultivo envolvendo rotação de culturas sem preparo do solo, atingir também camadas mais profundas de solo.

As doses de gesso não exerceram influência sobre o pH (Figura 2), concordando com os resultados obtidos por Oliveira & Pavan (1994). Entretanto, houve redução dos teores de alumínio trocável com o uso de gesso, efeito que foi constatado já na primeira amostragem, oito meses após sua aplicação. A redução dos teores de alumínio trocável no solo, por meio da aplicação de gesso, também foi verificada nos trabalhos de Pavan et al. (1984), Pavan & Bingham (1986), Sumner et al. (1986) e Farina & Channon (1988).

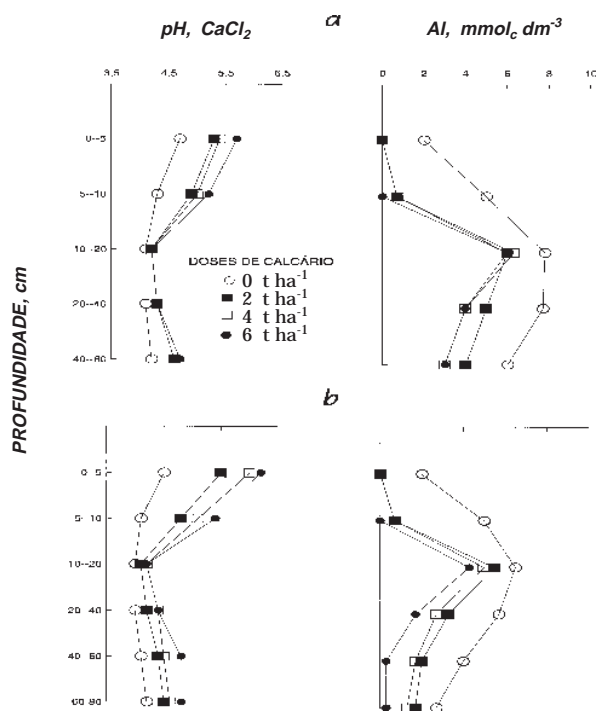


Figura 1. Efeito de doses de calcário nos valores de pH e teores de Al trocável do solo, em diferentes profundidades, após 12(a) e 28(b) meses da aplicação na superfície do solo. Média de 3 repetições.

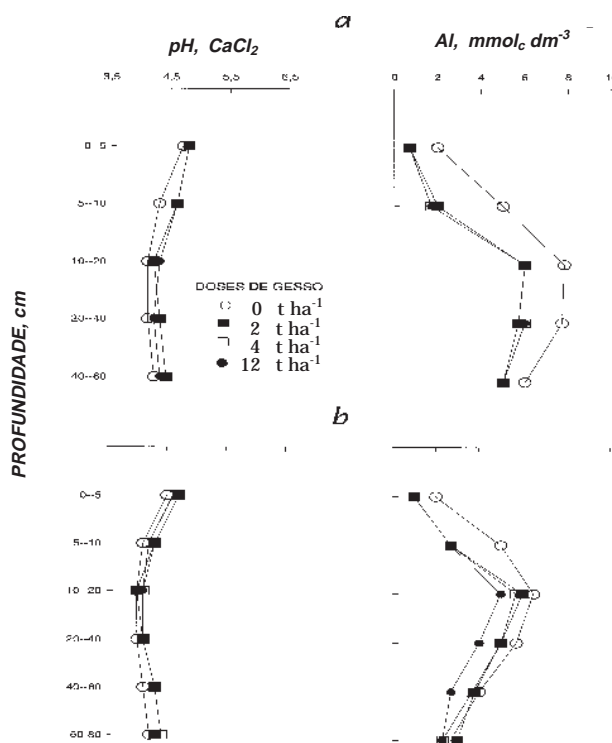


Figura 2. Efeito de doses de gesso nos valores de pH e teores de Al trocável do solo, em diferentes profundidades, após 8(a) e 24(b) meses da aplicação na superfície do solo. Média de 3 repetições.



Na figura 3, comparam-se os efeitos dos tratamentos extremos na movimentação de bases trocáveis do solo, em diferentes épocas de amostragem. A calagem, após doze meses, proporcionou aumento nos teores de cálcio, magnésio e potássio até a camada de 5-10 cm de profundidade. Cabe ressaltar que essa amostragem foi realizada após a colheita da soja (primeiro cultivo), quando o potássio da parte aérea da cultura já havia retornado para o solo, concordando com as observações de Quaggio et al. (1982a, 1991, 1993) de que a calagem reduz as perdas de potássio por lixiviação. Tal efeito pode estar associado ao aumento das cargas negativas dependentes de pH ocasionado pela calagem (Quaggio et al., 1982a) e à alteração das cargas de cátions divalentes pela formação de complexos  $[ML^0$  ou  $ML^-$  ( $M = Ca$  ou  $Mg$ )] com ligantes orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas (Miyazawa et al., 1996). Neste caso, a carga livre seria ocupada por  $K^+$ , aumentando, assim, o teor de K trocável na camada superficial do solo. A aplicação de gesso, após oito meses, aumentou os teores de cálcio em todo o perfil do solo e provocou lixiviação de magnésio e potássio das camadas superficiais para as mais profundas. É importante destacar que, na presença de calcário, a lixiviação de magnésio provocada pelo gesso foi intensa, mostrando-se mais acentuada na presença de maiores teores de magnésio trocável no solo. A lixiviação de magnésio tem sido uma resposta freqüente nos estudos com aplicação de gesso em solos (Carvalho et al., 1986; Syed-Omar & Sumner, 1991). No caso do potássio, a lixiviação provocada pelo uso de gesso também tem sido observada (Souza & Ritchey, 1986), dependendo

do tipo de solo (Sumner, 1995). A calagem pode contribuir para a redução da lixiviação de potássio, mas não elimina o movimento proporcionado pelo gesso (Souza & Ritchey, 1986).

Após vinte e oito meses da aplicação de calcário (Figura 3), os teores de cálcio mantiveram-se mais elevados nas camadas superficiais e houve melhor redistribuição do magnésio em, praticamente, todo o perfil do solo. Houve lixiviação de cálcio adicionado pelo gesso, após vinte e quatro meses, pois seus teores foram menores em relação à amostragem anterior, mesmo apresentando valores mais elevados que a testemunha. Na ausência de calcário, as perdas de magnésio provocadas pelo gesso, nesse período, foram mais intensas. Ressalta-se que Oliveira & Pavan (1994) também verificaram intensa lixiviação de magnésio com a aplicação de gesso, prejudicando a absorção desse nutriente pela cultura da soja. Os teores de potássio não apresentaram grandes variações pelo uso de calcário e gesso nessa época de amostragem.

Na figura 4, estão apresentados os teores de  $S-SO_4$ , após vinte e oito meses da calagem e vinte e quatro meses da aplicação do gesso. A calagem praticamente não alterou os teores de  $S-SO_4$  do perfil do solo. Houve grande aumento dos teores de  $S-SO_4$  do solo em função da aplicação de doses de gesso, principalmente nas camadas mais profundas. É importante ressaltar que, na dose máxima de gesso ( $12 t ha^{-1}$ ), quando foram aplicados cerca de  $60 mmol_c dm^{-3}$  de cálcio e  $960 mg dm^{-3}$  de  $S-SO_4$ , foi possível recuperar, após vinte e quatro meses, aproximadamente,  $350 mg dm^{-3}$  de  $S-SO_4$

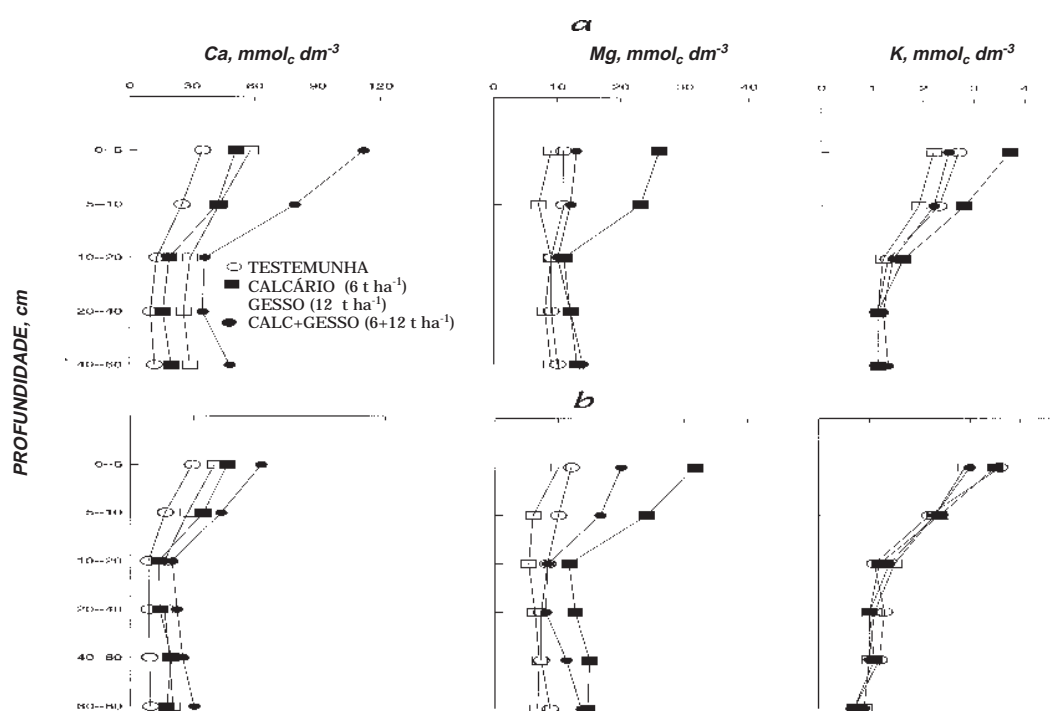
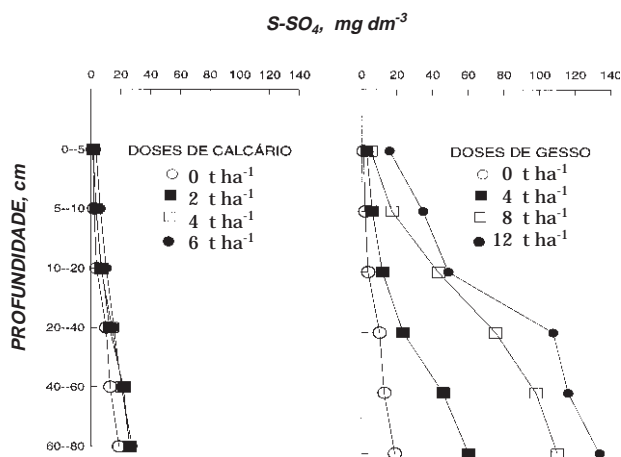


Figura 3. Efeito da calagem, após 12 e 28 meses(a), e da aplicação de gesso, após 8 e 24 meses(b), sobre os teores de Ca, Mg e K trocáveis, em diferentes profundidades. Média de 3 repetições.



**Figura 4.** Efeito de doses de calcário, após 28 meses, e de gesso, após 24 meses, sobre os teores de  $S-SO_4$ , em diferentes profundidades. Média de 3 repetições.

(Figura 4) e  $36 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de cálcio (Figura 3), até à profundidade de 80 cm. Isto significa que cerca de 60% do  $S-SO_4$  e 40% do cálcio da dose máxima de gesso aplicada ( $12 \text{ t ha}^{-1}$ ) foram lixiviados para profundidades superiores a 80 cm. Destaca-se que, do total de  $S-SO_4$  remanescente no solo, apenas 10% foi encontrado na camada de 0-20 cm, sendo 90% encontrado no subsolo (20-80 cm). Para o cálcio remanescente, observou-se 25% na camada de 0-20 cm e 75% no subsolo (20-80 cm). Esses resultados mostram que o movimento de  $S-SO_4$  foi mais rápido do que o do cálcio, concordando com Camargo & Raij (1989). Em outro trabalho, Quaggio et al. (1993) verificaram que, dezoito meses após a aplicação de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, com incorporação, em um Latossolo Vermelho-Escuro Podzólico, praticamente todo o cálcio e  $S-SO_4$  foram lixiviados para profundidades superiores a 40-60 cm, mostrando efeito residual menor ao observado no presente trabalho com a aplicação de gesso na superfície.

#### Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso

Nos dois cultivos de soja, observou-se ausência de resposta ao calcário e ao gesso aplicados na superfície (Quadro 2). No segundo cultivo, o uso de gesso, na dose de  $12 \text{ t ha}^{-1}$ , causou redução significativa na produção de soja em comparação ao tratamento-testemunha. A resposta da soja à calagem é bastante conhecida na literatura, quando se trata de cultivo convencional, sendo o corretivo devidamente incorporado ao solo (Quaggio et al., 1982b, 1993; Raij et al., 1977). Entretanto, existem dúvidas com relação à resposta da cultura mediante aplicação de calcário na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. Merece atenção, no presente trabalho, a elevada produção obtida, nos dois anos de cultivo, no tratamento-testemunha (Quadro 2), em solo com pH ( $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ) 4,5 e 32% de saturação por bases

na camada de 0-20 cm (Quadro 1). Também é importante destacar a uniformidade dos teores de cálcio, magnésio e potássio no perfil do solo, antes da instalação do experimento. Esses resultados revelam ser possível obter elevada produção de soja, mesmo em solo com pH relativamente baixo, desde que os teores de cálcio, magnésio e potássio estejam em disponibilidade suficiente no perfil do solo para manter uma relação com o alumínio. No trabalho realizado por Oliveira & Pavan (1994), foi observada resposta positiva da soja à aplicação de  $5,5 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário na superfície, em solo sob sistema de cultivo sem preparo, mas considerando dados médios de quatro anos de produção. A ausência de resposta da soja à aplicação de gesso também foi observada por Quaggio et al. (1993) e por Oliveira & Pavan (1994).

Apesar de a calagem exercer efeitos benéficos sobre o processo biológico de fixação de N, associados principalmente com a maior disponibilidade de Mo e redução da acidez do solo, não foram observadas alterações significativas dos teores de N nas folhas da soja, com a aplicação de doses de calcário na superfície (Quadro 3). Em sistema de cultivo convencional, Quaggio et al. (1993) observaram estreita correlação entre N nas folhas de soja com doses de calcário incorporadas ao solo. Os teores de N nas folhas de soja também não foram alterados com o uso de gesso (Quadro 3), concordando com os resultados obtidos por Quaggio et al. (1993).

Os teores de S nas folhas de soja foram aumentados com a aplicação de gesso somente no primeiro cultivo (Quadro 3). Deve-se ressaltar que o gesso é excelente fonte desse nutriente. Esses aumentos também foram observados por Quaggio et al. (1993). Esses autores

**Quadro 2.** Resposta da soja a doses de calcário e gesso na superfície, em dois cultivos, num Latossolo Vermelho-Escuro distrófico sob sistema sem preparo do solo

Dose	1993/94	1995/96
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	
<b>Calcário</b>		
0	2.757 <sup>a(1)</sup>	3.355a
2	2.680a	3.273a
4	2.954a	3.342a
6	2.789a	3.286a
<b>Gesso</b>		
0	2.874a	3.412a
4	2.721a	3.286ab
8	2.821a	3.324ab
12	2.764a	3.234b
C.V. (%) Parcela	8,1	4,0
Subparcela	6,9	4,2

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

**Quadro 3. Influência da aplicação de calcário e gesso na superfície sobre os teores de nitrogênio, enxofre, cálcio, magnésio e potássio nas folhas de soja, em dois cultivos sob sistema sem preparo do solo**

Dose	Nitrogênio		Enxofre		Cálcio		Magnésio		Potássio	
	1993/94	1995/96	1993/94	1995/96	1993/94	1995/96	1993/94	1995/96	1993/94	1995/96
t ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>									
	<b>Calcário</b>									
0	44,6a <sup>(1)</sup>	55,6a	3,4a	2,8a	-	8,3a	4,1a	3,6a	26,5a	24,1a
2	45,6a	55,2a	3,4a	2,6a	-	8,2a	4,0a	3,6a	26,1a	23,3a
4	47,4a	55,7a	3,2a	2,6a	-	9,5a	4,1a	4,0a	25,2a	22,8a
6	47,3a	55,1a	3,4a	2,8a	-	8,8a	4,1a	4,0a	26,2a	22,1a
	<b>Gesso</b>									
0	44,7a	55,2a	3,0b	2,7a	-	8,4a	4,3a	4,0a	25,6a	23,5a
4	47,2a	56,3a	3,3ab	2,6a	-	8,7a	4,1a	3,9a	26,6a	23,1a
8	46,3a	55,2a	3,5a	2,7a	-	8,8a	4,0a	3,7ab	25,9a	23,1a
12	46,7a	54,9a	3,6a	2,8a	-	8,8a	3,9a	3,5b	25,9a	22,6a
C.V. (%) Parcela	15,0	7,3	15,0	10,7	-	14,5	11,2	7,5	12,6	8,0
Subparcela	9,8	4,9	13,6	9,2	-	13,3	11,4	8,5	10,5	7,2

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

também verificaram que os teores foliares de S foram aumentados pela calagem, o que não ocorreu no presente trabalho com a aplicação de calcário na superfície.

Quanto aos teores de Ca, Mg e K nas folhas de soja (Quadro 3), nota-se que somente o Mg, no segundo cultivo, foi influenciado pelos tratamentos. Houve aumento dos teores foliares de Mg pela calagem e redução dos teores com o uso de gesso na maior dose aplicada (12 t ha<sup>-1</sup>). A redução na produção de soja, ocorrida no segundo cultivo, pelo uso de gesso na maior dose (Quadro 2), foi influenciada pela diminuição dos teores de Mg nas folhas, tendo em vista a correlação obtida entre essas variáveis ( $y = 2.290,47 + 271,24x$   $R^2 = 0,64^*$ ). Portanto, a lixiviação de magnésio proporcionada pela aplicação de gesso na dose de 12 t ha<sup>-1</sup> (Figura 3) prejudicou a absorção desse nutriente pela cultura da soja, acarretando reflexos negativos sobre a produção.

## CONCLUSÕES

1. A soja não respondeu à aplicação de calcário e gesso na superfície em solo com pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>) 4,5 e 32% de saturação por bases na camada de 0-20 cm. Isso indica que, em sistema de cultivo sem preparo do solo, mesmo em condições de alta acidez, é possível obter elevada produção de soja, desde que os teores de cálcio, magnésio e potássio sejam suficientes e os teores de alumínio não sejam muito elevados.

2. A calagem proporcionou correção da acidez, revelada pela elevação do pH e redução do alumínio

trocável, até 10 cm de profundidade e em camadas subsuperficiais, mostrando que a ação do calcário aplicado na superfície, em áreas com cultivos já estabelecidos, não preparadas convencionalmente, pode atingir camadas mais profundas de solo.

3. A aplicação de gesso causou redução dos teores de alumínio trocável, aumentou os teores de cálcio em todo o perfil do solo e provocou lixiviação de bases, principalmente de magnésio, sendo esta mais acentuada na presença de maiores teores de magnésio trocável no solo.

4. Após vinte e quatro meses, foram recuperados cerca de 40% do S-SO<sub>4</sub> e 60% do cálcio aplicado pelo gesso na dose de 12 t ha<sup>-1</sup>, até a profundidade de 80 cm. Desse total recuperado, apenas 10% do S-SO<sub>4</sub> e 25% do cálcio foram encontrados na camada de 0-20 cm de solo.

## LITERATURA CITADA

- CAMARGO, O.A. & RAIJ, B. van. Movimento do gesso em amostras de latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. R. Bras. Ci. Solo, 13: 275-280, 1989.
- CARVALHO, L.J.C.B.; GOMIDE, R.L.; RODRIGUES, G.C.; SOUZA, D.M.G. & FREITAS, E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solo de cerrados. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.61-83.
- 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.

- GONZALES-ERICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C. & SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:1155-1158, 1979.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Potafos, 1989. 201p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4, Belo Horizonte, 1996. Abstracts. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.
- NOGUEIRA, A.R.A. Caracterização físico-química dos efeitos de tratamentos com calcário e gesso em alguns solos de cerrado do Estado de São Paulo. São Carlos, Universidade de São Paulo, 1985. 106p. (Tese de Mestrado)
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. Anais. Petrolina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPATSA, 1994. p.178.
- PAVAN, M.A. & BIGHAM, F.T. Effects of phosphogypsum and lime on yield, root density, and fruit and foliar composition of apple in Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF PHOSPHOGYPSUM, 2., 1986. Condensed papers. s.l., s.ed., 1986. p.51-58.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:33-38, 1984.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Toxicity of aluminium to coffee in Ultisol and Oxisols amended with CaCO<sub>3</sub> and CaSO<sub>4</sub>. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1201-1207, 1982.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. Manual de análise química do solo. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1991. 33p.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ, B. van. Efeito da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:189-194, 1982a.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:113-118, 1982b.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. & MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. *Pesq. Agrop. Bras.*, 28:375-383, 1993.
- QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; FURLANI, P.R. & CARELLI, M.L.C. Liming and molybdenum effects on nitrogen uptake and grain yield of corn. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. & MURRMAN, R.P. eds. *Plant-soil interactions at low pH*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1991. p.327-332.
- RAIJ, B. van. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, ANDA, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C. & LAUN, C.R.P. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 1:28-31, 1977.
- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Sci.*, 133:378-382, 1982.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREIA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. *Agron. J.*, 72:40-44, 1980.
- SOUZA, D.M.G. & RITCHEY, K.D. Uso do 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. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N.S. & STEWART, B.A., eds. *Subsoil management techniques*. Athens, GA, Lewis Publishers, 1995. p.147-185.
- SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J. & HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:1254-1278, 1986.
- SYED-OMAR, S.R. & SUMNER, M.E. Effect of gypsum on soil potassium and magnesium status and growth of alfafa. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 22:2017-2028, 1991.
- VITTI, G.C. & SUZUKI, J.A. A determinação do enxofre - sulfato pelo método turbidimétrico. Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, 1978. 13p. (Apostila)