

# RESPOSTAS DA SOJA À APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO E LIXIVIAÇÃO DE ÍONS NO PERFIL DO SOLO<sup>1</sup>

JOSÉ ANTONIO QUAGGIO<sup>2</sup>, BERNARDO VAN RAIJ<sup>3</sup>,  
PAULO BOLLER GALLO<sup>4</sup> e HIPÓLITO ANTONIO ASSUNÇÃO MASCARENHAS<sup>5</sup>

**RESUMO** - Para determinar a resposta da soja ao calcário e ao gesso, e avaliar o movimento dos íons no perfil do solo, realizou-se um experimento na Estação Exerimental de Mococa-IAC, num delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em parcelas subdivididas, aplicando-se nas parcelas principais quatro doses de calcário (0, 3, 6 e 9 t/ha), e nas subparcelas, quatro doses de gesso (0, 2, 4 e 6 t/ha) incorporadas por arado de disco. Dois cultivos sucessivos de soja, da variedade IAC-11, foram realizados, retirando-se periodicamente amostras de terra para o acompanhamento da dinâmica de íons no solo. Obteve-se resposta da soja muito acentuada apenas à calagem. Essa prática proporcionou também melhor aproveitamento de N, P e K para a cultura. A calagem promoveu aumentos nos teores de Ca e de Mg em camadas profundas do solo, com reflexos no pH; o gesso acelerou a lixiviação desses elementos no perfil do solo, porém seu efeito foi pouco duradouro. Dezoito meses após a aplicação do gesso, quase todo o Ca e o S-SO<sub>4</sub> aplicados foram lixiviados para profundidades maiores do que 40-60 cm, restando, nas camadas superiores, substituição parcial de Mg por Ca.

**Termos para indexação:** *Glycine max*, subsolo, acidez, crescimento.

## SOYBEAN RESPONSES TO LIME AND GYPSUM AND ION LEACHING INTO THE SOIL PROFILE

**ABSTRACT** - An experiment was carried out in order to determine soybean responses to limestone and gypsum and to evaluate ion leaching along the soil profile. A randomized complete block design was used, with four replications, in a split-plot experiment. The treatments consisted in incorporation into the plow layer of 0, 3, 6 and 9 t/ha of limestone (main plots) and of gypsum (subplots). The results showed high soybean response to lime and no response to gypsum. Liming also increased the leaf contents of N, P, and K. Liming increased the contents of Ca and Mg down to the 40-60 cm soil layer. Gypsum increased Ca and Mg leaching along the soil profile, but its effects were short-lived. Ca and S-SO<sub>4</sub> applied after gypsum had leached beyond the 40-60 cm soil layer 18 months after application. Gypsum also increased Mg losses by leaching.

**Index terms:** *Glycine max*, subsoil, acidity, growth, root.

## INTRODUÇÃO

A acidez do subsolo tem sido apontada como uma das principais causas de limitação à produtividade agrícola em regiões tropicais, dada a ação nociva dela sobre o crescimento de raízes, e, conseqüentemente, na absorção de nutrientes e água pelas culturas.

Trabalhos pioneiros conduzidos no sudoeste americano identificaram a deficiência de Ca (Rios

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 23 de setembro de 1992.

Com recursos parciais do Convênio EMBRAPA-PETROFERTIL. Apresentado no XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Campinas, de 19 a 24 de julho de 1987.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., M.Sc., Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, CEP 13001 Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., Ph.D. Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng.-Agr., Estação Experimental de Mococa-IAC.

<sup>5</sup> Eng.-Agr., Dr., Seção de Leguminosas do IAC. Bolsista do CNPq.

& Pearson 1964) e a toxicidade do Al (Adams & Lund 1966) como sendo as principais barreiras químicas ao crescimento de raízes em solos ácidos.

Após a divulgação dos resultados do trabalho de Ritchey et al. (1980) sobre os efeitos do gesso agrícola na melhoria das condições de acidez do subsolo, permitindo enraizamento profundo do milho num latossolo do Brasil central, as pesquisas sobre o gesso agrícola intensificaram-se internacionalmente, conforme pode ser visto na revisão recente sobre o assunto feita por Raij (1988).

Entretanto, existem dúvidas ainda sobre condições de solo, nas quais as culturas respondem positivamente ao gesso agrícola, e quanto aos métodos recomendados para o produto.

Por outro lado, tem sido negligenciado que a calagem, em doses superiores às necessárias à correção da camada arável, também proporciona correção de camadas do subsolo, conforme tem sido demonstrado nos trabalhos de Gonzalez-Erico et al. (1979) e Quaggio et al. (1982a, 1982b e 1985).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de obter as curvas de resposta da soja à aplicação de calcário e gesso, e suas interações, e, ainda, acompanhar a movimentação de íons no perfil do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado num latossolo vermelho escuro endoeutrófico podzólico, com horizonte A moderado, ácido, da Estação Experimental de Mococa, do Instituto Agronômico de Campinas.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas

subdivididas. Nas parcelas principais, com dimensões de 3,0 x 3,6 m, foram aplicadas quatro doses (0, 3, 6 e 9 t/ha) de calcário finamente moído (PRNT = 104%), e, nas subparcelas com dimensões de 6 x 3,6 m, quatro doses de gesso agrícola (0, 2, 4 e 6 t/ha) previamente secado ao ar. Após a distribuição manual dos produtos nas parcelas, foi feita uma pré-incorporação deles no solo com grade leve, e, posteriormente, a incorporação com arado de disco, numa profundidade de zero a 26 cm.

Foram realizados dois cultivos sucessivos de soja, da variedade IAC-11, com a adubação básica de plantio de 400 kg/ha da fórmula NPK 0-20-10. Realizou-se, também, a infecção das sementes com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium* para fornecer N para a cultura.

Foram coletadas amostras de terra, dois, seis, quinze e dezoito meses após a aplicação dos tratamentos, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, as quais foram analisadas pelos métodos descritos por Raij & Quaggio (1983). No início do florescimento da cultura foi feita a amostragem de folhas, coletando-se a terceira folha, a partir do ápice das plantas, em número de trinta por parcela. Essas amostras após o preparo convencional foram analisadas pelos métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Respostas da cultura aos tratamentos e composição mineral das folhas

Na Tabela 1 estão representadas algumas características químicas iniciais do solo do experimento, até a profundidade de 40-60 cm. Trata-se de um solo com acidez moderada, teores razoáveis de bases, e baixos teores de alumínio trocável em todas as profundidades amostradas; é interessante observar que este solo já possuía teores muito ele-

TABELA 1. Características químicas do perfil do solo antes da instalação do experimento.

Camada	Presina	pH em CaCl <sub>2</sub>	Cátions trocáveis				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	V	M.O.
			Ca	Mg	K	Al			
cm	μg/cm <sup>3</sup>		-----meq/100 cm <sup>3</sup> -----					-----%	
0-20	14	4,4	1,3	0,5	0,24	0,3	0,01	33	2,9
20-40	4	4,4	1,1	0,3	0,08	0,5	0,42	28	1,4
40-60	3	4,7	1,2	0,3	0,08	0,2	0,54	36	1,2

vados de  $S-SO_4$ , principalmente nas camadas mais profundas do perfil.

Nos dois cultivos de soja, observou-se resposta muito acentuada à calagem e ausência de resposta ao gesso, bem como à interação calcário x gesso (Tabela 2). Esses resultados demonstram que o critério de recomendação de gesso pela substituição de um terço da dose de calcário, conforme proposto por Lopes (1986), não se aplica neste caso, pois pode prejudicar a resposta da cultura à calagem.

A calagem é uma prática agrícola que afeta positivamente várias características químicas, físicas e biológicas do solo, as quais apresentam efeitos aditivos à produtividade das culturas. Assim, nota-se, na Tabela 3, que as doses de calcário proporcionaram níveis mais elevados de N nas folhas da soja nos dois cultivos. Observou-se correlação estreita entre N nas folhas com doses de calcário, com coeficientes de correlação de 0,85 e 0,96, respectivamente para o primeiro e segundo cultivos. Esses resultados demonstraram, mais uma vez, os efeitos benéficos da calagem no processo biológico de fixação de N, os quais estão

associados principalmente a maior disponibilidade de Mo e redução na acidez do solo, o que é fundamental para a melhor sobrevivência da bactéria fixadora de N. Esses resultados estão coerentes também com os anteriormente obtidos com a cultura de soja (Quaggio et al. 1982b).

A calagem proporcionou também melhor suprimento de P e K para a cultura da soja, conforme pode ser visto respectivamente nas Figs. 1 e 2. No caso do P, percebe-se que os incrementos nos teores foliares acompanharam os ganhos na disponibilidade do nutriente ao solo, avaliado através do método da resina trocadora de íons, o que concorda com a publicação recente de Raij & Quaggio (1990) sobre esse assunto.

Para o K, nota-se que enquanto os teores nas folhas aumentaram com a calagem, os teores desse nutriente no solo foram diminuídos (Fig. 2). Esses resultados podem levar a uma interpretação errônea de que a calagem provoca perdas de K no solo. Contudo, cabe ressaltar que tanto a amostragem de solo como a de folhas foram realizadas no período de florescimento da biomassa da cultura. Geralmente, quando a amostragem de solo é

TABELA 2. Resposta da soja a doses de calcário e gesso, em dois cultivos sucessivos.

Calcário	Gesso, t/ha				Média
	0	2	4	6	
t/ha	k g/ha				
	1985/86				
0	1042	887	1012	1229	1043c
3	2100	1942	2179	2229	2112b
6	1983	2137	2358	2416	2223ab
9	2625	2487	2658	2391	2540a
Média	1937ab	1863b	2052a	2066a	1980
	1986/87				
0	1423	1427	1596	1731	1544c
3	2287	2287	2283	2376	2308b
6	2585	2673	2941	2556	2689ab
9	2876	2869	2822	2848	2854a
Média	2293a	2314a	2411a	2377a	2349

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

TABELA 3. Influência de doses de calcário e gesso sobre os teores de N nas folhas de soja, em dois cultivos sucessivos.

Calcário	Gesso, t/ha				Média
	0	2	4	6	
t/ha	%				
	1985/86				
0	2,46	2,43	2,70	2,83	2,60b
3	3,45	3,43	3,20	3,47	3,39a
6	4,07	4,15	3,39	3,53	3,78a
9	3,83	3,57	3,42	3,55	3,59a
Média	3,45a	3,39a	3,18a	3,34a	3,37
	1986/87				
0	3,36	3,85	3,68	3,73	3,65c
3	3,88	4,07	3,85	4,07	3,96b
6	4,47	3,96	4,23	4,37	4,22ab
9	4,13	4,05	4,33	4,35	4,26a
Média	4,13a	4,02a	3,98a	3,96a	4,03

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

realizada após a colheita, ou seja, quando o K da biomassa já retornou para o solo, o que tem sido verificado é que a calagem reduz as perdas de K por lixiviação, conforme foi discutido anteriormente por Quaggio et al. (1982a), num ensaio de calcário x gesso para o amendoim e Quaggio et al. (1991) num ensaio de calagem para o milho.

Os teores de Ca e S nas folhas de soja foram muito influenciados pelos tratamentos (Tabela 4). Note-se que o gesso é fonte excelente desses dois nutrientes. É interessante observar que a calagem proporcionou também aumentos nos teores de S

nas folhas de soja. Isto deve ser decorrente do enraizamento mais profundo, provocado pela calagem, o que permitiu maior absorção de  $S-SO_4$ , cujos teores eram muito elevados porém apenas nas camadas mais profundas do solo (Tabela 1).

Com exceção do B, os demais micronutrientes foram pouco afetados pela calagem. No caso do B, os teores foliares reduziram-se linearmente com o aumento do pH do solo ( $r = -0,97$ ), porém, mesmo na dose máxima de calcário, eles mantiveram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura (Tabela 5).

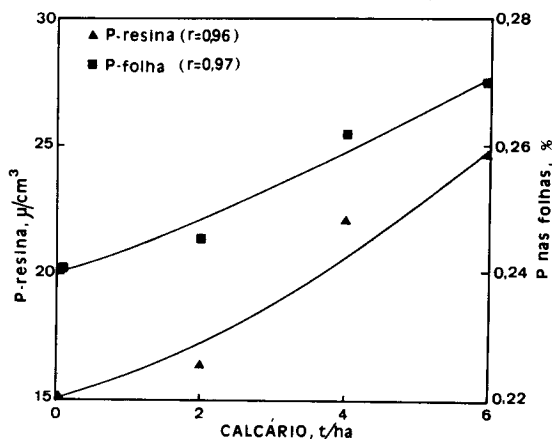


FIG. 1. Efeitos de doses de calcário sobre os teores de P no solo e nas folhas de soja, no primeiro cultivo.

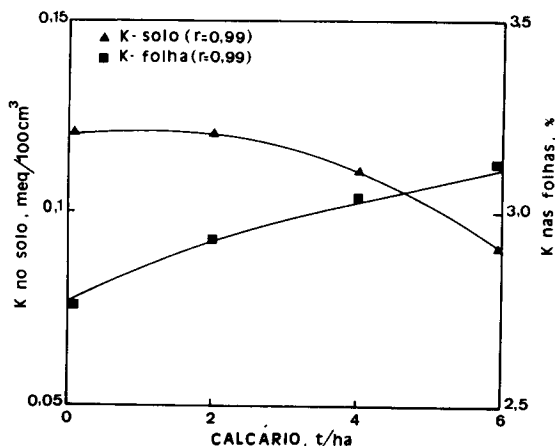


FIG. 2. Efeitos de doses de calcário sobre os teores de K no solo e nas folhas de soja, no primeiro cultivo.

TABELA 4. Influência de doses de calcário e gesso sobre as concentrações de Ca e S nas folhas de soja, no primeiro cultivo.

Calcário	Gesso, t/ha				Média
	0	2	4	6	
t/ha	----- % -----				
	Enxofre				
0	0,165	0,187	0,170	0,192	0,178b
3	0,197	0,205	0,207	0,208	0,204a
6	0,210	0,223	0,202	0,227	0,215a
9	0,215	0,209	0,203	0,219	0,211a
Média	0,197c	0,205b	0,195c	0,211a	-
	Cálcio				
0	0,921	0,861	0,910	0,900	0,898a
3	0,830	0,783	0,862	1,031	0,876a
6	0,800	0,852	0,891	0,921	0,866a
9	0,801	0,830	0,900	0,950	0,870a
Média	0,838c	0,831c	0,891	0,950	-

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

TABELA 5. Efeitos da calagem sobre a concentração de micronutrientes nas folhas de soja na safra 1985/86.

Calcário	Mn	Cu	Zn	B	Fe
0	55,4	5,8	27,6	34,7	84,4
3	45,9	7,0	26,7	31,1	86,6
6	43,0	7,0	26,1	26,7	81,8
9	47,7	6,9	26,8	26,0	82,0
F <sup>1</sup>	2,8NS	3,2NS	0,18NS	9,8**	0,3NS
CV %	26,1	19,1	21,5	17,6	20,2

<sup>1</sup> NS = não-significativo, \*\* = significativo ( $P < 0,01$ ).

### Acompanhamento da dinâmica de íons no solo

A dinâmica de íons no solo foi acompanhada através de amostragens realizadas dois, seis, quinze e dezoito meses após a aplicação dos tratamentos. Entretanto, para a discussão dos resultados do presente trabalho, foram utilizadas apenas as amostras coletadas aos seis e dezoito meses após a aplicação dos tratamentos. Isto porque na amostragem inicial (dois meses), verificou-se que havia muito sulfato de cálcio livre ou ainda não dissolvido no solo, o que provocava resultados errôneos para a soma de bases trocáveis. A amostragem aos quinze meses apresentou resultados muito próximos dos obtidos aos dezoito meses.

Na Fig. 3, estão apresentados os teores de Ca, Mg e S-SO<sub>4</sub>, após seis meses da aplicação do calcário e gesso, para alguns tratamentos selecionados. Para esse período, verificou-se que o movimento de Ca e S-SO<sub>4</sub>, em função de doses de gesso, já foi muito intenso. Contudo, mesmo na dose máxima (6 t/ha), na qual foram aplicados cerca de 3,0 meq/100 cm<sup>3</sup> de terra, tanto de S-SO<sub>4</sub> como de Ca, foi possível recuperar todo o gesso aplicado ao longo do perfil do solo. É interessante notar que o movimento de S-SO<sub>4</sub> foi mais rápido do que o Ca, pois todo o sulfato aplicado foi encontrado apenas nas camadas de 20-40 e 40-60 cm. Esses resultados estão coerentes com os observados por Camargo & Raij (1989), que verificaram ser o movimento de S-SO<sub>4</sub> mais acelerado que o do Ca em solos com carga líquida negativa, conforme ocorre com o solo do presente trabalho. Além disso, observou-se que a aplicação do calcário tornou o movimento de S-SO<sub>4</sub> ainda mais rápido em relação à aplicação apenas do gesso.

Na ausência de calcário, o gesso provocou perdas consideráveis de Mg da camada arável para outras mais profundas do perfil do solo (tratamentos C<sub>0</sub>G<sub>2</sub> e C<sub>0</sub>G<sub>6</sub>). Essa perda de Mg foi proporcionalmente menor quando o gesso foi aplicado juntamente com o calcário (tratamentos C<sub>9</sub>G<sub>2</sub> e C<sub>9</sub>G<sub>6</sub>). Tais resultados concordam com os obtidos anteriormente por Quaggio et al. (1982a) e Nogueira & Mozeto (1990); comentaram, esses

autores, que as perdas de Mg são inversamente proporcionais às doses de calcário, aplicadas juntamente com o gesso. Esses autores comentaram ainda que a calagem reduziu também as perdas de K<sup>+</sup> provocadas pelo gesso. No presente trabalho, não foram observadas perdas de K no solo pela aplicação do gesso, porém, conforme foi visto na Fig. 2, houve redução nos teores desse nutriente na camada arável pela aplicação do calcário, por causa da transferência dele para a biomassa da cultura.

A Fig. 4 permite comparar os efeitos de tratamentos extremos na dinâmica de íons no perfil do solo, decorridos os períodos de seis e dezoito meses após a aplicação do calcário e do gesso. Já aos seis meses após a aplicação apenas do calcário (tratamento C<sub>9</sub>G<sub>0</sub>), observa-se que houve aumentos consideráveis nos teores de Ca e Mg nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm. Esses aumentos foram acompanhados também por elevações do pH do solo, em todas as camadas (Tabela 6). Tais resultados mostram que, desde que o calcário seja bem incorporado ao solo, ele é capaz de rapidamente melhorar também camadas do subsolo, com efeito muito duradouro, o que concorda, portanto, com trabalhos anteriores nos quais o mesmo efeito foi verificado em outros tipos de solo (Gonzalez-Erico et al. 1979, Quaggio et al. 1982b, 1985).

Por outro lado, o gesso apresentou resultados muito interessantes no aumento do Ca em profundidade, também acompanhado por elevação do pH do solo (Tabela 6). Entretanto, nota-se, na Fig. 4, que esse efeito é pouco duradouro, pois após 18 meses da aplicação do gesso praticamente todo o Ca e S-SO<sub>4</sub> foram lixiviados para profundidades maiores do que 40-60 cm, não se observando mais, também, alterações nos valores de pH em todas as camadas amostradas (Tabela 6). Nota-se, ainda, que houve substituição indesejável de Mg por Ca nas camadas mais superficiais do solo, o que pode levar a condições de deficiência de Mg na cultura.

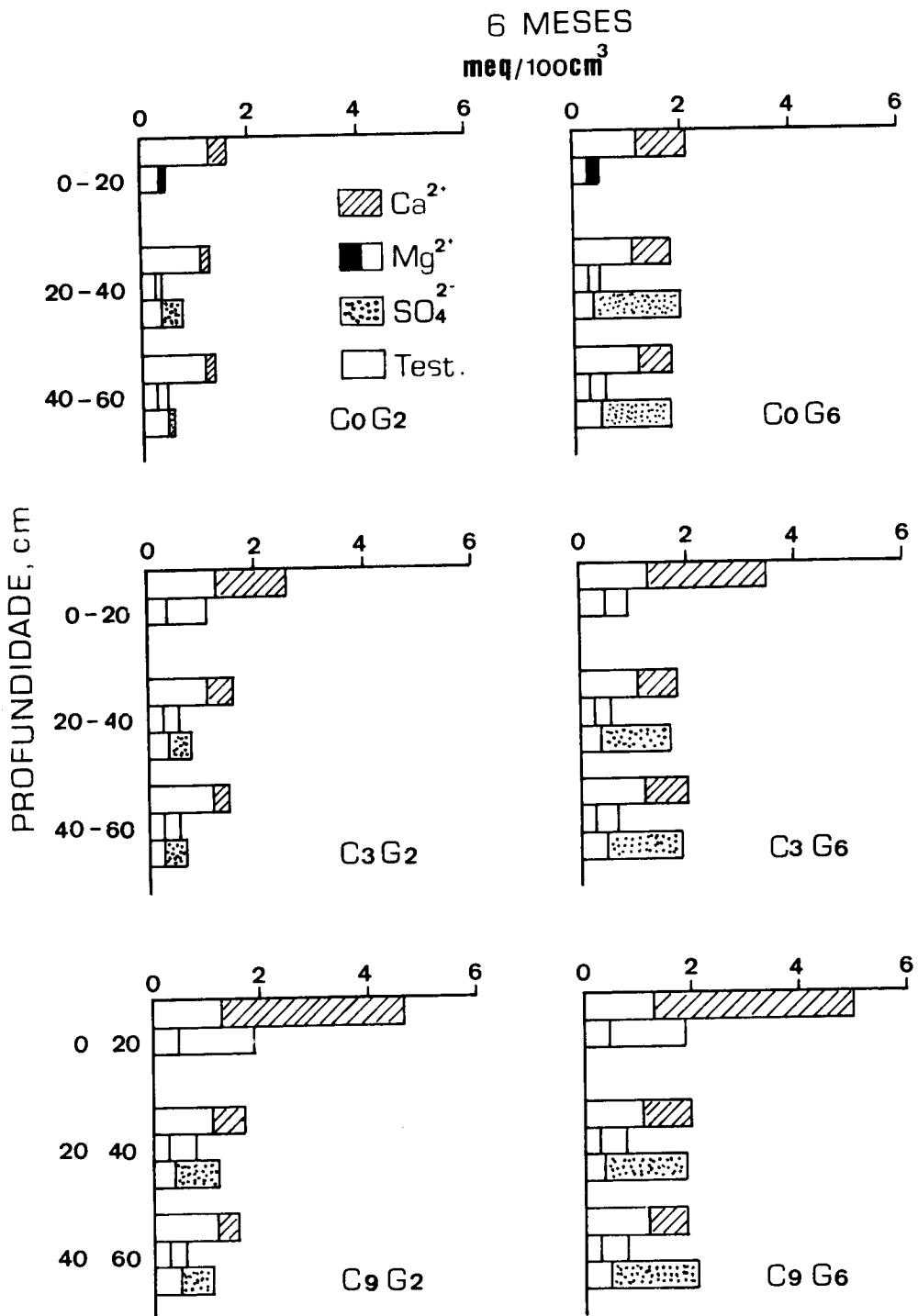


FIG. 3. Teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e S-SO<sub>4</sub> em três camadas do solo, 6 meses após a aplicação de doses calcário e gesso. Para o Mg  significa acréscimos nos teores, enquanto  significa decréscimos.

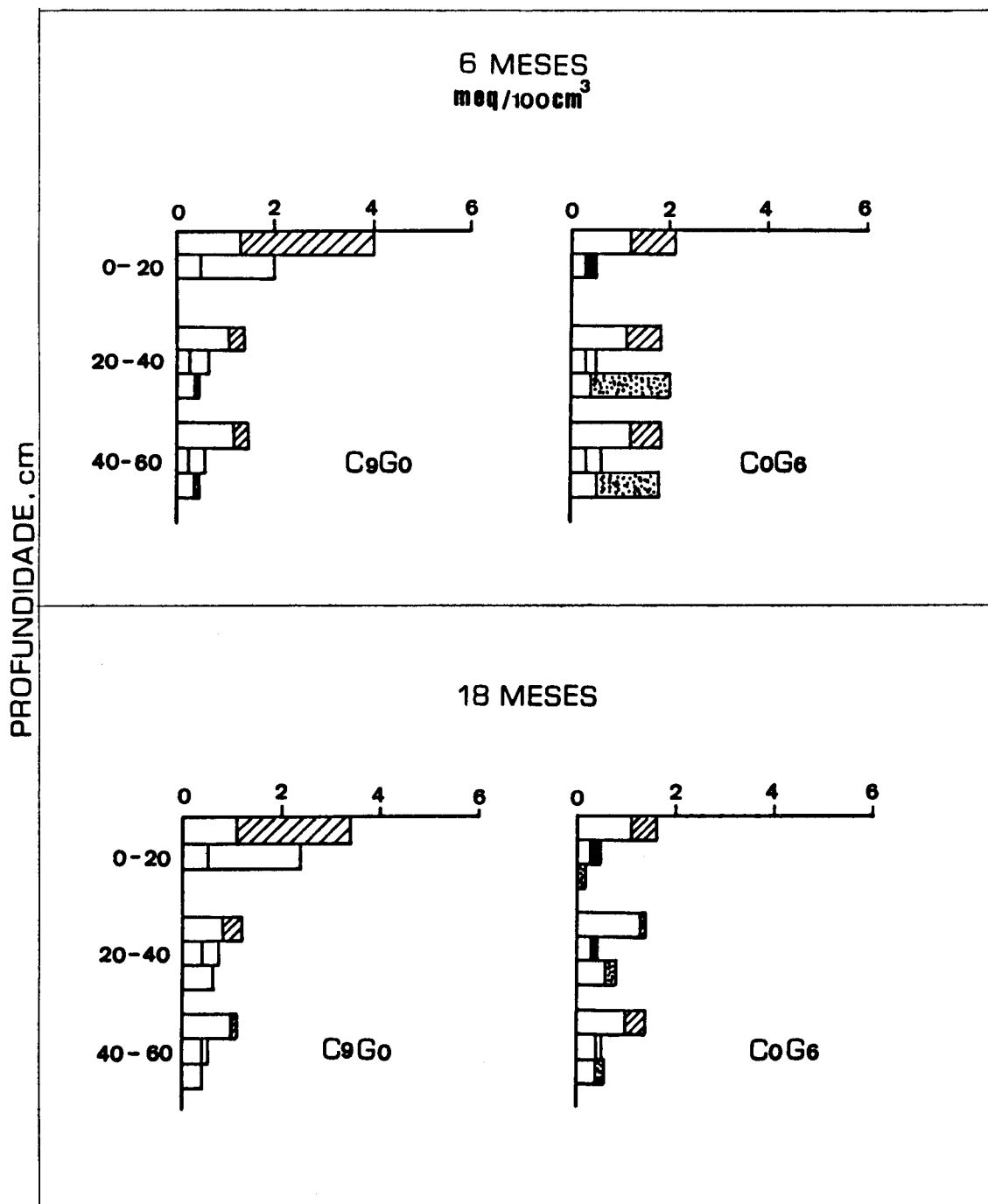


FIG. 4. Teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{S-SO}_4$  em três camadas do solo, 6 e 18 meses após a aplicação de doses de calcário e gesso. Para o Mg  $\square$  significa acréscimo do nutriente, enquanto  $\blacksquare$  significa decréscimo.

**TABELA 6.** Efeitos de doses de calcário e gesso sobre os valores de pH, em três diferentes camadas do perfil do solo e em duas épocas de amostragem.

Doses	6 meses			18 meses		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
t/ha	Calcário					
0	4,5	4,6	4,9	4,4	4,7	5,3
3	5,7	4,8	5,1	5,4	4,9	5,4
6	6,3	4,8	5,1	6,2	4,9	5,3
9	6,4	4,9	5,1	6,4	4,9	5,5
	Gesso					
0	5,7	4,6	4,9	5,4	4,9	5,4
3	5,7	4,8	5,1	5,4	4,9	5,4
6	5,7	4,8	5,1	5,4	4,8	5,3
9	5,8	4,9	5,0	5,4	4,8	5,4

## CONCLUSÕES

1. A soja respondeu apenas à calagem, linearmente, até a dose máxima.
2. A calagem proporcionou melhor aproveitamento de N, P e K pela cultura de soja.
3. Seis meses após a calagem observou-se movimento de Ca e Mg, ao longo do perfil do solo, proporcional à dose de calcário, com reflexos no pH.
4. O gesso acelerou o movimento de Ca e Mg no perfil do solo, porém seu efeito foi pouco duradouro.
5. Dezoito meses após a aplicação do gesso, quase todo o Ca e S-SO<sub>4</sub> aplicados foram lixiviados para camadas inferiores a 40-60 cm, restando, nas camadas superiores, substituição parcial de Mg por Ca.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, F.; LUND, Z.F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. *Soil Science*, v.101, p.193-198, 1966.
- 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 Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CAMARGO, O.A.; RAIJ, B. van. Movimento do gesso em amostras de latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.13, p.275-280, 1989.
- GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, v.43, p.1155-1158, 1979.
- LOPES, A.S. Calagem e gesso agrícola. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE GESSO AGRÍCOLA. Belo Horizonte: [s.n.], 1986. 58p.
- NOGUEIRA, A.R.A.; MOZETO, A.A. Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.1-6, 1990.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.6, p.189-199, 1982a.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.6, p.113-118, 1982b.
- QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van; SAKAI, M. Calagem para a sucção batata-triticale-milho usando calcários com diferentes teores de magnésio. *Bragantia*, v.44, p.391-406, 1985.
- 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: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1988. 88p.
- 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; QUAGGIO, J.A. Extractable phosphorus availability indexes as affected by liming. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, p.1267-1276, 1990.

RIOS, M.A.; PEARSON, R.W. The effect of some chemical environmental factors on cotton root

behavior. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.28, p.232-235, 1964.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, v.72, p.40-44, 1980.