

# ALTERAÇÃO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FASES SÓLIDA E LÍQUIDA DE UM SOLO ÁCIDO PELA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA

## ALTERATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE SOLID AND LIQUID PHASES OF AN ACID SOIL BY LIME AND GYPSUM APPLICATION

Hatila Julião de Oliveira<sup>1</sup>; Paulo Roberto Ernani<sup>2</sup>; Cassandro Vidal Talamini do Amarante<sup>3</sup>

### RESUMO

A disponibilidade de Ca no solo depende da atividade na solução e da capacidade da fase sólida restabelecer a concentração na solução à medida que as plantas o absorvem, e essas características são afetadas pelo solo e pelas fontes de Ca. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de calcário ou de gesso agrícola no aumento das formas de Ca no solo e nas propriedades químicas relacionadas com a acidez e com a disponibilidade de Ca aos vegetais. Doses de calcário dolomítico (0, 3, 6, 9, 12 e 18 Mg ha<sup>-1</sup>) ou de gesso agrícola (0, 3, 6, 9 e 12 Mg ha<sup>-1</sup>) foram aplicadas em amostras de um Cambissolo Húmico, que a seguir foram incubadas durante três meses na temperatura ambiente. Ao final desse período, efetuaram-se várias determinações químicas nas fases sólida e líquida do solo e calcularam-se os coeficientes de seletividade entre os cátions. A calagem aumentou o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis e solúveis, diminuiu o Al nas duas fases, e o K na fase líquida. A adição de gesso não afetou o pH e aumentou o Ca trocável e a concentração de todos os cátions (Ca, Mg, K e Al) na fase líquida.

O gesso, mesmo tendo menos Ca que o calcário, foi o produto que mais aumentou o Ca solúvel e, por isso, pode ser uma boa alternativa para suprir esse nutriente em situações onde haja necessidade de alta concentração na solução e/ou alta mobilização no perfil. A preferência dos cátions pelas cargas negativas, no solo calcariado, seguiu a ordem: Al > Ca > Mg > K; nos tratamentos com gesso, a preferência variou com a dose e, para alguns nutrientes, o comportamento foi o oposto daquele verificado com a calagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** calagem, sulfato de cálcio, seletividade, cátions solúveis, cátions trocáveis.

### SUMMARY

Soil Ca availability depends on both the concentration of Ca in the soil solution and the capability

of the solid phase to keep Ca activity unaffected as plant uptake takes place, and these parameters are affected by the Ca source. This study was carried out to quantify the effect of lime or gypsum application on soil parameters related to acidity with emphasis on Ca. Rates of dolomitic lime (0, 3, 6, 9, 12 and 18 Mg ha<sup>-1</sup>) or agricultural gypsum (0, 3, 6, 9 and 12 Mg ha<sup>-1</sup>) were applied to samples of a very acid soil (Haplumbrept) then incubated for three months at room temperature. After incubation, some chemical determinations were performed in the solid and liquid phases, and the selectivity coefficients between cations were calculated. Lime increased pH and the exchangeable and soluble values of Ca and Mg, decreased Al in both phases and the soluble K. Addition of gypsum had no effect on soil pH, but increased the exchangeable Ca and the concentration of Ca, Mg, Al and K in the liquid phase. Gypsum was the product that most increased solution Ca despite having lower content of Ca than lime. Thus, gypsum can be a good choice for Ca supplying where high values of Ca in solution are needed or when is required a rapid downward movement of Ca in the profile. Cation preference for the negative charges in the limed soil followed the order: Al > Ca > Mg > K; in the samples that received gypsum, the preference varied with the rate applied and for some cations the behavior was opposite of that verified on limed samples.

**KEY-WORDS:** liming, calcium sulfate, selectivity, exchangeable cations, soluble cations.

### INTRODUÇÃO

Em algumas espécies vegetais como macieira, ameixeira, tomateiro, pereira, etc, a deficiência de cálcio (Ca) pode causar vários distúrbios fisiológicos nos frutos, que depreciam a qualidade e inviabilizam a comercialização (SHEAR, 1975). Em macieiras, o suprimento inadequado de Ca favorece o aparecimento principalmente de "bitter pit" e depressão lenticelar (HEWETT & WATKINS, 1991; ARGENTA & SUZUKI, 1994). Frutos com "bitter pit" apresentam manchas

<sup>1</sup> Eng. Agr., M. Sc. em Solos.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Ph.D., professor do Departamento de Solos da UDESC. Caixa Postal 281, CEP 88520-000, Lages (SC). Bolsista do CNPq. E-mail:prernani@cav.udesc.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., professor do Departamento de Fitotecnia da UDESC. E-mail:a2cvta@cav.udesc.br

pequenas e escuras na epiderme, e as células que estão abaixo apresentam perda do conteúdo citoplasmático, tornando o tecido corticoso.

Mesmo em solos bem supridos em Ca, apesar da maior quantidade desse nutriente ser suprida aos frutos a partir do solo, normalmente há necessidade de suplementações através de pulverizações foliares em pré-colheita (ERNANI et al., 2001a). A necessidade de pulverizações varia na razão inversa da disponibilidade de Ca no solo, a qual depende principalmente do material de origem e grau de intemperização do solo, pH, e das relações quantitativas entre o Ca e outros cátions, principalmente, K, Mg e  $\text{NH}_4$ .

A calagem é a forma mais fácil e barata de aumentar a concentração de Ca no solo, pois os calcários comerciais possuem, em média, 25 a 40 % de Ca. Além de fornecer Ca, a calagem supre Mg, diminui ou elimina o Al tóxico, eleva o pH, e com isso aumenta as cargas elétricas negativas (PAVAN, 1983; ALBUQUERQUE et al., 2000), principalmente em solos com predomínio de cargas variáveis. Devido ao aumento das cargas elétricas e a permanência de poucos ânions na solução, a quase totalidade do Ca aplicado pelo calcário liga-se a elas (ERNANI et al., 2001b) e somente uma pequena quantidade permanece na solução do solo.

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) também pode ser usado para suprir Ca ao solo, o qual possui aproximadamente 17 a 20% de Ca. Diferentemente do calcário, o gesso não altera o pH e as cargas elétricas do solo (ERNANI et al., 2001a) e, por isso, grande parte do Ca aplicado permanece na solução do solo, enquanto outra parte vai para as cargas negativas, de onde desloca outros cátions para a solução (ERNANI & BARBER, 1993; ERNANI et al., 2001b). Como o gesso também mantém o ânion sulfato na solução, a mobilidade do Ca no perfil do solo é muito maior quando aplicado via gesso do que via calcário (ERNANI, 1986).

A camada arável costuma ser a única parte do solo que é corrigida em termos de acidez e fertilidade para o cultivo de espécies, pois a operação de lavração profunda é dispendiosa (SUMNER et al., 1986). Assim, a utilização de gesso pode favorecer o desenvolvimento de raízes em profundidades abaixo da camada corrigida pela calagem (PAVAN et al., 1987; NOBLE et al., 1988). Esse maior desenvolvimento de raízes provavelmente ocorre devido à diminuição da toxicidade do Al pela formação do par iônico  $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$ . No caso específico de fruteiras, mais especificamente de macieiras, a maior concentração de Ca proporcionada pelo gesso na solução do solo, tanto na camada arável quanto no subsolo, pode favorecer a absorção de Ca (PAVAN et al., 1987).

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de calcário ou de gesso agrícola sobre as propriedades químicas relacionadas com a acidez em um Cambissolo Húmico Ácido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em laboratório, no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC, em 1999.

Os tratamentos consistiram da aplicação de quantidades de calcário dolomítico (em doses equivalentes a 0, 3, 6, 9, 12 e 18  $\text{Mg ha}^{-1}$ , ajustadas para PRNT 100%) ou de gesso agrícola (em quantidades equivalentes a 0, 3, 6, 9 e 12  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) a unidades experimentais com 2,0 kg de solo (base seca). Utilizaram-se amostras de solo coletadas na camada de 0 – 20 cm de um Cambissolo Húmico, no município de Urubici, no Planalto Sul de Santa Catarina, que tinha 6,5% de matéria orgânica, pH 3,93,  $\text{Al}=5,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , e uma necessidade de 9,0  $\text{t ha}^{-1}$  de calcário para elevar o pH para 6,0. O calcário possuía 19% de Ca e 12% de Mg, e o gesso tinha 16% de Ca, e ambos foram aplicados secos. O experimento foi conduzido no delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições.

Após a aplicação dos tratamentos, as unidades experimentais foram umedecidas com água destilada até 80% da umidade retida na capacidade de campo, e incubadas dentro de sacos de polietileno, na temperatura ambiente. Após três meses, coletaram-se amostras de solo, as quais foram secadas a 60°C, durante três dias, e nelas determinou-se pH- $\text{H}_2\text{O}$ , condutividade elétrica, e a concentração de Ca, Mg, K e Al trocáveis e solúveis em água destilada, e calcularam-se os coeficientes de seletividade entre os cátions.

O pH- $\text{H}_2\text{O}$  foi determinado na relação solo/solvente de 1:1 e o pH-SMP na relação solo/água/solução SMP de 1:1:0,5; Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1  $\text{mol L}^{-1}$  e K com solução de ácidos diluídos (HCl 0,05  $\text{mol L}^{-1}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025  $\text{mol L}^{-1}$ ). As quantidades solúveis de Ca, Mg, K e Al foram determinadas em extratos líquidos obtidos pela mistura de quantidades iguais de solo e água destilada (50  $\text{cm}^3$ ), seguida por agitação mecânica durante 15 minutos e decantação por uma noite. No dia seguinte, os extratos foram separados da fase sólida por sucção, em funis de Buchmann. Nas duas fases, Ca, Mg e Al foram determinados por espectrofotometria de emissão induzida por plasma e K por espectrofotometria de chama. A condutividade elétrica foi determinada nos extratos líquidos através de condutivimetria.

Os coeficientes de seletividade para os cátions foram calculados a partir de suas concentrações nas cargas negativas e na solução de equilíbrio, usando o programa Soil Solution (WOLT, 1987).

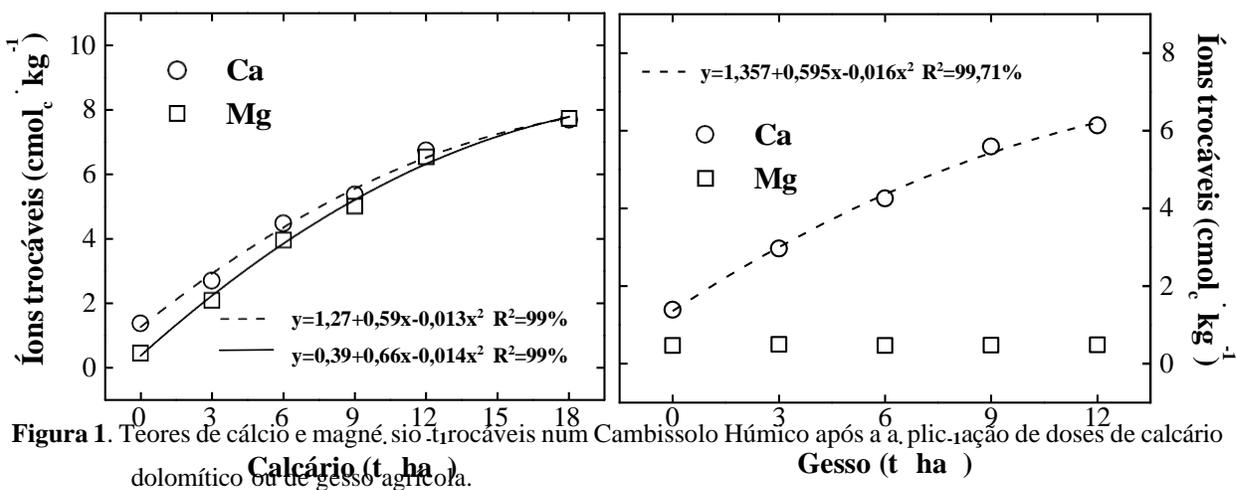
Os dados foram avaliados estatisticamente por meio de análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Para os valores de Ca e Mg nas frações trocável e solúvel, decorrentes da aplicação de doses crescentes de calcário e

gesso, usou-se regressão polinomial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Efeitos no Ca e Mg***

A aplicação de calcário aumentou na mesma magnitude as concentrações de Ca e Mg trocáveis (Figura 1). O Ca aumentou de 1,39  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , no solo sem calcário, para 5,4  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  onde se aplicou a dose recomendada pelo método SMP para elevar o pH a 6,0 (9  $\text{Mg ha}^{-1}$ ), enquanto o Mg aumentou de 0,5 para 5,0  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  nesses mesmos tratamentos. Empiricamente, recomenda-se que o solo tenha uma relação Ca:Mg de 3:1 a 4:1; na prática, entretanto, relações Ca:Mg desde 1:1 até 10:1 não têm influenciado o rendimento das culturas.



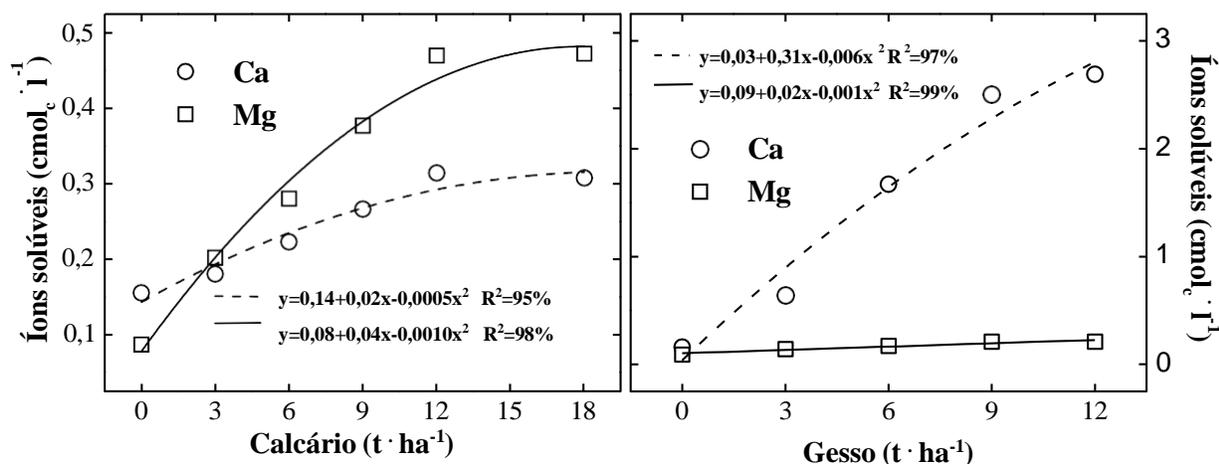
Como precaução, não se deve permitir que o Mg seja maior que o Ca, em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

Os valores trocáveis desses dois cátions aumentaram em conformidade com a teoria. Considerando um incremento linear para os dois nutrientes na faixa de 0 a  $9,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , houve um aumento de  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Ca+Mg para cada tonelada de calcário aplicada, o que está de acordo com os cálculos estequiométricos quando se considera calcário com valor de neutralização de 100% e uma camada de solo corrigida com 17 a 20 cm de profundidade, que possui aproximadamente de  $2.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

A calagem proporcionou um aumento pequeno nas concentrações de Ca e Mg solúveis, com maior magnitude para o Mg. O Ca extraível com água destilada, aqui denominado de solúvel, aumentou de  $0,16 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$  ( $32 \text{ mg L}^{-1}$ ) no solo sem calcário, para  $0,27 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$  ( $54 \text{ mg L}^{-1}$ ) onde se aplicou  $9,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; nesses mesmos tratamentos, o Mg aumentou de  $0,09 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$  ( $11 \text{ mg L}^{-1}$ ) para  $0,38 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$  ( $46 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Figura 2). Esses valores mostram que menos de 1% do Ca e de 2% do Mg aplicados pelo calcário foram para a solução. O maior incremento no Mg solúvel se deve à sua menor energia de ligação com as cargas negativas da fase sólida do solo relativamente ao Ca,

como pode ser visto pelos coeficientes de seletividade entre esses dois cátions (Tabela 2), uma vez que o Mg possui um raio hidratado maior que o do Ca. Esse incremento diferencial na solução do solo pode ter conseqüências na disponibilidade aos vegetais, como será discutido posteriormente.

A aplicação de gesso agrícola ao solo aumentou a concentração de Ca na fase trocável, a qual passou de  $1,39 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  ( $280 \text{ mg kg}^{-1}$ ) no tratamento sem gesso, para de  $5,59 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  ( $1120 \text{ mg kg}^{-1}$ ) naquele que recebeu  $9,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , mas não alterou a concentração de Mg (Figura 1). Isso ocorreu porque o gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) não possui Mg em sua composição. Sendo assim, ele pode ser utilizado como fonte de Ca para aumentar a relação Ca:Mg em solos onde ela esteja muito baixa e não se pretenda elevar o pH. Cada tonelada de gesso aplicado aumentou o Ca trocável em aproximadamente  $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  ( $80 \text{ mg kg}^{-1}$ ), o que corresponde a  $160 \text{ kg de Ca ha}^{-1}$ , e reflete a composição do gesso que possui 16% de Ca. Em condições de lavoura, esse aumento será aproximadamente 25 a 30% menor, uma vez que esse é o percentual de umidade média no gesso, e o produto aplicado no presente trabalho estava completamente seco.



**Figura 2.** Teores de cálcio e magnésio solúveis num Cambissolo Húmico após a aplicação de doses de calcário dolomítico ou gesso agrícola.

**Tabela 1.** Valores de pH, condutividade elétrica, e K e Al trocáveis e solúveis de um Cambissolo Húmico, em função da aplicação de quantidades de calcário dolomítico ou de gesso agrícola. Média de três repetições.

Mg ha <sup>-1</sup>	pH	CE	Trocável		Solúvel	
			K	Al	K	Al
Calcário		S m <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Mg L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
0	3,93 f	0,041 b	75	<b>5,40 a</b>	5,7 a	<b>0,126 a</b>
3	4,36 e	0,044 b	71	3,14 b	4,6 ab	0,048 b
6	4,99 d	0,058 ab	70	1,18 c	4,3 ab	0,027 bc
9	5,53 c	0,062 ab	71	0,00 d	3,3 b	0,019 c
12	5,99 b	0,069 a	70	0,00 d	3,5 b	0,00 c
<b>18</b>	<b>6,44 a</b>	0,061 ab	71	<b>0,00 d</b>	3,7 b	0,00 c
F	***	**	ns	***	**	***
Gesso						
0	3,93	0,042 d	75	5,40	5,7 b	0,126 d
3	3,94	0,100 c	70	5,64	7,3 ab	0,238 c
6	3,97	0,175 b	71	5,49	7,8 a	0,363 b
9	3,96	0,234 a	71	5,73	8,7 a	0,512 a
12	3,96	0,243 a	71	5,69	9,2 a	0,522 a
F	ns	***	ns	ns	**	***

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). F indica o valor do teste F na análise de variância, sendo \*, \*\* e \*\*\* para 5, 1 e 0,1 % de significância, respectivamente, e ns para não significativo.

**Tabela 2.** Coeficientes de seletividade entre cátions no solo em função da aplicação de quantidades de calcário ou de gesso agrícola.

Mg ha <sup>-1</sup>	R-Ca/K	R-Mg/K	R-Ca/Al	R-Mg/Al	R-K/Al	R-Ca/Mg
Calcário						
0	0,88	0,23	0,14	0,036	0,0028	1,89
3	1,52	1,28	0,33	0,281	0,0024	1,31
6	2,49	2,53	0,82	0,837	0,0030	1,42
9	2,51	2,85	nc	nc	0,0022	1,60
12	3,33	4,07	nc	nc	nc	1,79
18	4,22	5,40	nc	nc	nc	1,71
Gesso						
3	0,49	0,04	0,49	0,043	0,0003	6,82
6	0,57	0,02	1,35	0,046	0,0001	22,09
9	0,96	0,02	2,30	0,051	0,0001	39,06
12	1,26	0,02	3,13	0,053	0,0001	50,52

nc : não foi calculado devido a inexistência de Al.

O gesso agrícola aumentou o Ca solúvel em muito maior magnitude que o calcário (Figura 2). Essa forma de Ca aumentou de 0,16 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> (32 mg L<sup>-1</sup>) no tratamento testemunha, para 2,50 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> (500 mg L<sup>-1</sup>) onde se aplicou 9 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso, e esse incremento equivale a 23% do Ca aplicado. Para a dose de 9 Mg ha<sup>-1</sup> de cada produto, o gesso aumentou a concentração do cálcio solúvel seis vezes mais do que o calcário dolomítico, mesmo possuindo um pouco menos de Ca em sua composição (16%) do que o calcário (19%). A maior habilidade do gesso em aumentar o Ca na solução do solo, relativamente ao calcário, se deve ao efeito desses produtos nas cargas elétricas do solo e na permanência de seus ânions na solução do solo (ERNANI et al., 2001b). A quase totalidade do Ca adicionado pelo calcário migra para as cargas elétricas negativas criadas tanto pela elevação do pH quanto pela desobstrução pela precipitação do Al. Além disso, os ânions do calcário não ficam na solução porque reagem com os ácidos do solo, impedindo que átomos de Ca permaneçam ali, uma vez que necessitam estar eletricamente neutros. O gesso agrícola, por ser um sal neutro, não altera o pH (ERNANI, 1986; ERNANI et al., 2001b) e as cargas elétricas e mantém o ânion sulfato quase que totalmente na solução do solo (ERNANI, 1986; DIAS et al., 1994), uma vez que é pouco adsorvido pela fase sólida.

O maior aumento provocado pelo gesso no Ca solúvel não significa que ele seja uma fonte mais eficiente de Ca que o calcário. A disponibilidade de Ca aos vegetais depende da atividade na solução do solo e de seu restabelecimento pela fase sólida à medida que as plantas o absorvem, assim como da relação quantitativa entre o Ca e os demais cátions na solução. Por isso, além das quantidades existentes em cada forma, a absorção de Ca é influenciada pelos demais cátions, principalmente K e Mg, e dos ânions que interferem na especiação iônica (PAVAN et al., 1982). O Ca oriundo do gesso, entretanto, tem maior mobilidade no solo do que o Ca adicionado via calcário (ERNANI, 1986; ERNANI et al., 2001b).

O gesso aumentou o Mg solúvel apesar de não possuir Mg (Figura 2). A adição de 9 Mg ha<sup>-1</sup> aumentou a concentração de Mg de 0,09 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> (11 mg L<sup>-1</sup>) para 0,21 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> (25 mg L<sup>-1</sup>), porque o Ca adicionado pelo gesso deslocou parte do Mg das cargas negativas para a solução do solo (ERNANI & BARBER, 1993). Esse aumento, entretanto, não afeta a disponibilidade geral de Mg para as plantas, porque não altera o poder tampão de Mg no solo, mas pode resultar em perdas desse nutriente no perfil por lixiviação (ERNANI, 1986).

### ***Efeito nos demais cátions e atributos químicos do solo***

Tanto o calcário quanto o gesso aumentaram a condutividade elétrica do solo (Tabela 1). Enquanto que nos tratamentos com calcário os valores não chegaram a duplicar, naqueles com gesso a condutividade elétrica aumentou em até seis vezes, devido a maior solubilidade desse produto em relação ao calcário.

O pH do solo aumentou com o aumento da dose de calcário, numa magnitude aproximada de uma unidade decimal por tonelada aplicada, porém não foi afetado pelo gesso (Tabela 1). A adição de gesso normalmente não altera o pH do solo, e isto tem sido extensivamente observado em vários tipos de solos (SUMNER et al., 1986; ERNANI, 1986; PAVAN et al., 1987; ERNANI et al., 2001b) uma vez que o gesso é um sal neutro. Em alguns solos com pH muito baixos, em consequência de reações secundárias provocadas pelo gesso no solo, pode haver uma pequena elevação (DAL BÓ et al., 1986; CAIRES et al., 1998) ou um pequeno decréscimo no pH (ERNANI et al., 2001b), e isso depende da relação entre a hidrólise do alumínio, que libera íons hidrogênio, e a adsorção específica do sulfato, que libera íons hidroxila.

O calcário e o gesso tiveram efeitos opostos no Al do solo (Tabela 1). A calagem diminuiu as duas formas (trocável e solúvel), em função da precipitação de Al na forma de  $Al(OH)_3$ . O Al trocável deixou de existir em valores de pH próximos a 5,5, enquanto que o Al solúvel desapareceu em valores um pouco maiores. A adição de gesso, por outro lado, não afetou o Al trocável, mas aumentou o Al solúvel, fenômeno também observado por PAVAN et al. (1982), em decorrência de seu deslocamento das cargas elétricas negativas pelo Ca adicionado pelo gesso (ERNANI & BARBER, 1993). Mesmo tendo aumentado o Al solúvel, o gesso tem diminuído a toxidez do Al aos vegetais (NOBLE et al., 1998) e, com isso, aumentado o crescimento de raízes em solos com alta concentração de Al (PAVAN et al., 1982; RITCHEY et al., 1980), em função da formação do par iônico  $AlSO_4^+$  e da diminuição da atividade do Al.

O calcário e o gesso não alteraram o K trocável mas proporcionaram efeitos distintos no K solúvel (Tabela 1). O K solúvel diminuiu com a calagem devido ao aumento das cargas elétricas negativas provocadas pelo aumento do pH (ALBUQUERQUE et al., 2000), e aumentou com a gessagem devido ao seu deslocamento da fase sólida pelo Ca, uma vez que a atividade do Ca aumentou e as cargas elétricas não foram alteradas. Essas modificações normalmente não afetam a disponibilidade do K às plantas, porém a adição de grandes quantidades de gesso pode resultar em lixiviação de K, principalmente nos solos mais arenosos, com baixa capacidade de troca de cátions (ERNANI et al., 1993).

A preferência entre os cátions pelas cargas negativas variou com o produto aplicado. Nos tratamentos com calcário, os coeficientes de seletividade dos íons, que

demonstram a ordem de preferência pelas cargas negativas, foram  $Al > Ca > Mg > K$  (Tabela 2), e mostram que a valência dos cátions teve maior influência na adsorção que o raio hidratado. Nos tratamentos com gesso, a preferência variou com a dose aplicada, e algumas relações entre cátions aconteceram de maneira oposta à verificada no solo calcariado: o Ca continuou tendo muito maior preferência que o Mg, mas teve maior preferência que o Al, nas maiores doses, e menor que o K, nas menores doses. Esse comportamento diferencial na preferência dos cátions pelos sítios de adsorção em função da adição de gesso ou calcário possivelmente está relacionado com a alteração do número de cargas negativas criadas pela elevação do pH.

## CONCLUSÃO

1- O gesso foi mais eficiente que o calcário no aumento da concentração de Ca solúvel e, por isso, pode ser uma alternativa para aumentar a disponibilidade de Ca para culturas muito exigentes nesse nutriente, especialmente em solos nos quais a relação Ca:Mg esteja muito pequena ou necessitem de movimentação de Ca para o subsolo;

2- A preferência de alguns cátions pelas cargas negativas do solo variou com o produto aplicado (calcário ou gesso), mas o Ca sempre teve maior preferência que o Mg.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R. & FONTANA, E.C. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 24:295-300, 2000.

ARGENTA, L. C. & SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA E.F.; FIGUEIREDO, A. 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.27-34. 1998.

DIAS, L.E.; ALVAREZ, V.H.; COSTA, L.M.; NOVAIS, R.F. Dinâmica de algumas formas de enxofre em colunas de solos tratados com diferentes doses de fósforo e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.373-380, 1994.

ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Viçosa, v. 10, n.

3, p. 241-245, 1986.

ERNANI, P.R. & BARBER S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.41-46, 1993.

ERNANI, P.R.; CASSOL, P.C.; MOGUTTI, H.; GARCIA, M.M.; VACARO, M. Aplicação de gesso agrícola e lixiviação de potássio em solos catarinenses. **Universidade & Desenvolvimento**, Florianópolis, v.1, p.7-16, 1993.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; AMARANTE, C.V.T. Application of calcium sprays had no effect on quality and storage life of 'Gala'apple fruits in Southern Brazil. In: International Symposium on foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. p.114, Merano, Italy, 2001a.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.825-831, 2001b.

DAL BÓ, M. A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M.; THIÉBAUT, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. I. Movimento de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 195-198, 1986.

HEWETT, E. W. & WATKINS, C.B. Bitter pit control by sprays and vacuum infiltration of calcium in "Cox's Orange Pippin" apples. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 3, p. 284-286, 1991.

NOBLE, A.D.; SUMNER, M.E.; ALVA, A.K. The pH dependency of aluminum phytotoxicity alleviation by calcium sulfate. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 52, n. 5, p. 1398-1402, 1988.

PAVAN, M.A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre o alumínio não trocável, trocável e solúvel, com o pH, CTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.39-46, 1983.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.T. Toxicity of aluminum to coffee in ultisols and oxisols amended with  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 46, p. 1201-1207, 1982.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PEREIRA, F.J. Influence of calcium and magnesium salts on acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 51, p. 1526-1530, 1987.

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

SHEAR, C.B. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, p. 361-365, 1975.

SUMNER, M. E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 50, p. 1254-1258, 1986.

WOLT, J. Soil solution: documentation, source and code program key. Version 1.4. Research report 89-19. The University of Tennessee, USA 27p.