

Novembro e Dezembro de 1984

VOL. XXXI

N.º 178

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**MOVIMENTAÇÃO DE CÁLCIO EM COLUNAS DE SOLO TRATADAS COM CARBONATO E SULFATO DE CÁLCIO^{1/}**Luiz Eduardo Dias ^{2/}Francisco A.S. Ferreira ^{3/}Antonio Carlos Ribeiro ^{3/}Liovando Marciano da Costa ^{3/}**1. INTRODUÇÃO**

A ocorrência de oxisolos com horizonte B deficiente em Ca e sem Al trocável é bastante comum (6). Nesse caso, apesar da falta de acidez no solo, o crescimento das raízes será muito limitado, pois o Ca, como nutriente imóvel dentro da planta, deve estar no volume de solo explorado pelas raízes, ainda mais quando se leva em conta o fato de que é de extrema importância na divisão e desenvolvimento celular.

O crescimento das raízes no subsolo, associado com a movimentação descendente de sais de cálcio, adicionados e incorporados como corretivos e/ou fertilizantes, indica que o uso racional de tais insumos pode reduzir, significativamente, os efeitos prejudiciais da deficiência de cálcio no subsolo após, apenas, uma ou duas estações chuvosas (6).

ESPINOSA e REIS (3) observaram a movimentação de Ca e Mg durante o período chuvoso e encontraram estreita relação entre a movimentação de água e as quantidades lixiviadas desses nutrientes.

REEVE e SUMNER (5) observaram que, embora o lixiviado de solo superficial submetido a calagem pesada aumentasse o cálcio subsuperficialmente, aumento muito maior ocorria com aplicações equivalentes de gesso. Esses autores

^{1/} Recebido para publicação em 28-3-1984.

^{2/} Pesquisador da EMBRAPA, pós-graduado da U.F.V.

^{3/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

observaram também que o aumento da dose de Ca, como sulfato de cálcio, de 800 para 2.000 kg/ha aumentou a profundidade de penetração de 45 para 75 cm. Gonzales, citado por RITCHIEY *et alii* (8), verificou um movimento acentuado de Ca a 45 cm de profundidade com aplicações de 218 kg de P/ha como superfosfato simples e sugeriu que os 1.500 kg/ha de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) contidos no superfosfato simples poderiam ser os responsáveis pelo movimento de cálcio.

PAVAN *et alii* (4) verificaram que a aplicação e incorporação de CaSO_4 , superficialmente, em colunas com Latossolo Roxo distrófico submetido a dois níveis de irrigação, aumentaram o teor de Ca trocável em todo o perfil da coluna de solo (110 cm).

O presente trabalho teve como objetivo comparar os efeitos de duas fontes de Ca(CaCO_3 e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), em colunas de solo submetidas a três níveis de simulação de chuva, sobre a movimentação do cálcio e sobre características químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizando anéis de PVC com 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura, montaram-se colunas de 30 cm. Os anéis foram unidos com fita adesiva de papel. Como fundo de cada coluna, utilizou-se um círculo de isopor com um orifício lateral. Para melhor vazação do fundo, utilizou-se um plástico, preso, externamente, sob pressão, por uma goma elástica.

O solo utilizado foi um LVd argiloso, cujas características químicas e físicas encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características químicas e físicas de uma amostra do solo utilizado^{1/}

| Característica | Valor |
|--|-------|
| pH em H_2O (1:2,5) | 5,0 |
| Al^{3+} (meq/100 g) ^{2/} | 0,9 |
| Ca^{2+} (meq/100 g) ^{2/} | 0,5 |
| Mg^{2+} (meq/100 g) ^{2/} | 0,2 |
| P (Mg/ml) ^{3/} | 2 |
| K^+ (Mg/ml) ^{3/} | 56 |
| Areia grossa (%) | 18 |
| Areia fina (%) | 11 |
| Silte (%) | 19 |
| Argila (%) | 52 |
| Capacidade de campo (%) | 26 |

1/ Análises realizadas nos Laboratórios do Departamento de Solos da U.F.V.

2/ Extrator: KCl 1 N.

3/ Extrator: Mehlich 1.

Após o solo ter sido seco, destorrado e peneirado, as colunas foram enchidas até o 2.º anel, ou seja, o anel referente aos primeiros 5 cm foi deixado vazio, para receber o solo com o tratamento.

O experimento constou de 12 tratamentos (Quadro 2). Cada tratamento foi repetido três vezes, perfazendo um total de 36 unidades experimentais.

Para a aplicação da fonte de cálcio, pesou-se uma quantidade de solo suficiente para encher o primeiro anel de cada tratamento. Com base nesse volume de solo, fez-se o cálculo da quantidade necessária de cada fonte, de modo que as quantidades de Ca aplicadas fossem equivalentes, em cada nível de calagem.

Feita a aplicação dos tratamentos, as colunas foram fixadas num suporte de madeira. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV.

Inicialmente, aplicou-se, em cada coluna, quantidade de água suficiente para elevar a umidade do solo à sua capacidade de campo. O material permaneceu em incubação por uma semana. Em seguida, tiveram início os tratamentos de simulação de chuva (300, 600 e 900 mm), divididos em três aplicações semanais.

Depois de quatro semanas de instalação do experimento, as colunas foram desmontadas, separando-se os anéis. De cada anel, retirou-se uma amostra de solo, referente ao volume central, usando um tubo de alumínio de 6 cm de diâmetro. O solo do sexto anel foi descartado e o dos demais foi analisado, quanto a pH e quanto aos teores de Ca, Mg e Al trocáveis. As análises químicas foram feitas no Laboratório de Rotina do Departamento de Solos da UFV, segundo DEFELIPO e RIBEIRO (2).

QUADRO 2 - Denominação dos tratamentos, com base na fonte e no nível de cálcio e de simulação de chuva

| Fonte de Ca ²⁺ | Ca ²⁺ aplic. (meq/100g) | Nível de simulação de chuva (mm) | | |
|------------------------------|--|----------------------------------|----------|----------|
| | | 300 | 600 | 900 |
| CaCO ₃ | 3,1 | I C 300 | I C 600 | I C 900 |
| | 6,2 | II C 300 | II C 600 | II C 900 |
| CaSO ₄ | 3,1 | I S 300 | I S 600 | I S 900 |
| | 6,2 | II S 300 | II S 600 | II S 900 |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de CaCO₃ resultou na neutralização do Al³⁺ nas camadas superficiais do solo (Quadro 3), enquanto a aplicação de CaSO₄ praticamente não influenciou a concentração do Al³⁺ no perfil da coluna de solo (Quadro 4). Com relação aos valores de pH, verificou-se que houve uma elevação com a utilização do CaCO₃, sendo esse efeito mais acentuado com a maior dose de corretivo (Quadro 3). A aplicação de sulfato de cálcio resultou na redução do pH (Quadro 4), provavelmente em razão da troca de cálcio por H⁺ da acidez trocável do solo. O sulfato não é capaz de neutralizar essa acidez, como o faz o carbonato. Com a passagem da água pelo sistema, o H₂SO₄ remanescente poderia ser lixiviado, e só assim o pH subiria, graças ao Ca²⁺ adicionado. Entretanto, isso não se verificou no

presente trabalho, em razão de ter sido insuficiente a quantidade de água aplicada.

Observando o comportamento do Mg^{2+} (Quadro 3), pode-se notar que a aplicação de $CaCO_3$ resultou num acréscimo desse elemento nas camadas superficiais. Esse efeito pode ter resultado de uma melhoria das condições para a atividade de microbiológica sobre a matéria orgânica (aumento do pH e redução do Al^{3+}). Isso pode ter ocasionado uma liberação de Mg^{2+} da matéria orgânica, aumentando, assim, o teor de Mg^{2+} trocável (3). Por outro lado, a aplicação de $CaSO_4$ resultou numa redução de magnésio nas camadas superficiais (Quadro 4), provavelmente em consequência da associação de Mg^{2+} com SO_4^{2-} e sua consequente lixiviação (1). E, logicamente, com o aumento da quantidade de água e de sulfato de cálcio, a lixiviação foi mais intensa.

Quando o Ca^{2+} foi fornecido através de sulfato de cálcio, o nível de simulação de chuva influenciou sua distribuição no perfil da coluna de solo, ou seja, com o aumento da quantidade de água aplicada, observou-se distribuição mais uniforme do Ca^{2+} (Quadro 4), o que não ocorreu com o $CaCO_3$ (Quadro 3). Esse fato pode ser explicado pelo efeito do ânion acompanhante. O CO_3^{2-} é neutralizado pela acidez na camada superficial do solo, liberando CO_2 e H_2O ; assim, não resta nenhum ânion para acompanhar o Ca^{2+} . Portanto, a maior parte desse cátion fica retida no complexo de troca do solo onde foi incorporado com $CaCO_3$. No caso do $CaSO_4$, o Ca^{2+} tem um ânion acompanhante estável, que mantém a neutralidade elétrica em solução, podendo o composto atingir maiores profundidades (5, 7, 8). Essa movimentação descendente de cálcio, muito embora não tenha influenciado o teor de Al^{3+} trocável (Quadro 4), é muito importante para a diminuição da toxicidade desse cátion no solo, uma vez que do aumento do cálcio resulta uma diminuição da saturação de alumínio no sistema.

Nos tratamentos que receberam a mesma quantidade de $CaCO_3$, a variação do volume de água aplicado não proporcionou alterações significativas no pH nem nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} (Quadro 3).

4. CONCLUSÕES

Os comportamentos do sulfato e do carbonato de cálcio no solo, sob regimes diferentes de chuva, diferiram entre si. A aplicação de $CaSO_4$ resultou num aumento da concentração de cálcio em todo o perfil da coluna de solo, ao contrário do $CaCO_3$, que elevou essa concentração apenas na camada superficial.

A aplicação de $CaCO_3$ promoveu a elevação do pH do solo nas camadas próximas à superfície, enquanto o emprego do $CaSO_4$ resultou num pequeno aumento da acidez até nas camadas mais profundas.

Verificou-se, ainda, que o carbonato de cálcio reduziu o Al trocável de maneira significativa nas camadas superficiais do solo, chegando à eliminação total no nível referente a duas vezes a necessidade de calagem. O $CaSO_4$ não provocou alterações significativas na concentração de Al^{3+} trocável do solo, mas, naturalmente, reduziu a saturação desse elemento (Al^{3+}), relacionada com o aumento de Ca^{2+} .

No tocante ao Mg^{2+} , observou-se um efeito contrário das fontes de cálcio: o $CaCO_3$ promoveu um aumento nas camadas superficiais, ao passo que o $CaSO_4$ provocou uma lixiviação intensa de Mg nas mesmas camadas nos tratamentos que receberam duas vezes a necessidade de calagem, principalmente no nível mais alto de simulação de chuva.

5. RESUMO

Dois níveis de Ca^{2+} , representados por uma e duas vezes a necessidade mé-

QUADRO 3 - Valores de pH e concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, em meq/100 g de solo, encontrados nos diferentes tratamentos, com carbonato e água, a cinco profundidades (média de três repetições)

| Tratamento | Profundidade (cm) | | | | |
|------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | |
| I C 300 | pH | 5,50a | 4,93b | 5,10b | 5,03b |
| | Ca^{2+} | 1,83a | 0,33b | 0,36b | 0,36b |
| | Mg^{2+} | 0,50a | 0,20b | 0,20b | 0,20b |
| | Al^{3+} | 0,10a | 1,03b | 1,00b | 1,00b |
| | pH | 5,90a | 5,06b | 5,13b | 5,23b |
| | Ca^{2+} | 3,10a | 0,40b | 0,30b | 0,30b |
| II C 300 | Mg^{2+} | 0,76a | 0,20b | 0,20b | 0,20b |
| | Al^{3+} | 0,00a | 0,93b | 0,93b | 0,90b |
| | pH | 5,63a | 5,06b | 5,06b | 5,10b |
| | Ca^{2+} | 1,93a | 0,30b | 0,26b | 0,30b |
| | Mg^{2+} | 0,60a | 0,20b | 0,20b | 0,20b |
| | Al^{3+} | 0,10a | 0,93b | 1,03b | 0,96b |
| I C 600 | pH | 6,10a | 5,13b | 5,16b | 5,10b |
| | Ca^{2+} | 3,36a | 0,46b | 0,26b | 0,26b |
| | Mg^{2+} | 0,76a | 0,20b | 0,16b | 0,16b |
| | Al^{3+} | 0,00a | 0,93b | 0,93b | 0,90b |
| | pH | 6,10a | 5,13b | 5,16b | 5,23b |
| | Al^{3+} | 0,00a | 0,93b | 1,03b | 0,96b |
| II C 600 | pH | 6,10a | 5,10b | 5,10b | 5,23b |
| | Ca^{2+} | 3,36a | 0,23b | 0,26b | 0,26b |
| | Mg^{2+} | 0,76a | 0,16b | 0,16b | 0,16b |
| | Al^{3+} | 0,00a | 1,06b | 1,00b | 1,03b |
| | pH | 5,46a | 5,10b | 5,10b | 5,13b |
| | Al^{3+} | 0,20a | 1,06b | 1,00b | 0,96b |
| I C 900 | pH | 6,03a | 5,16b | 5,20b | 5,23b |
| | Ca^{2+} | 3,16a | 0,50b | 0,26b | 0,30b |
| | Mg^{2+} | 0,66a | 0,13b | 0,10b | 0,10b |
| | Al^{3+} | 0,00a | 1,00b | 1,00b | 0,93b |
| | pH | 6,03a | 5,16b | 5,20b | 5,26b |
| | Al^{3+} | 0,00a | 1,00b | 1,03b | 0,93b |

Nas linhas, as médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 4 - Valores de pH e concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis em meq/100 g de solo, encontrados nos diferentes tratamentos, com sulfato e água, a cinco profundidades (média de três repetições)

| Tratamento | Profundidade | | | | |
|------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | 20-25 |
| I S 300 | pH | 4,50a | 4,56a | 4,63a | 4,86b |
| | Ca ²⁺ | 1,00a | 1,00a | 0,76ab | 0,60b |
| | Mg ²⁺ | 0,05a | 0,06a | 0,23b | 0,26b |
| | Al ³⁺ | 0,90a | 0,93a | 0,93a | 0,90a |
| | | | | | 0,20b |
| II S 300 | pH | 4,45a | 4,45a | 4,53a | 4,83b |
| | Ca ²⁺ | 1,80a | 1,50b | 0,90c | 0,63cd |
| | Mg ²⁺ | 0,00a | 0,10ab | 0,20bc | 0,23c |
| | Al ³⁺ | 0,86a | 0,93a | 0,90a | 0,90a |
| | | | | | 0,20c |
| I S 600 | pH | 4,66a | 4,63a | 4,63a | 4,66a |
| | Ca ²⁺ | 0,86ab | 0,90a | 0,85ab | 0,66ab |
| | Mg ²⁺ | 0,06ab | 0,03a | 0,16bc | 0,23c |
| | Al ³⁺ | 0,96a | 1,00a | 1,00a | 1,03a |
| | | | | | 1,00a |
| II S 600 | pH | 4,53a | 4,53a | 4,43a | 4,56a |
| | Ca ²⁺ | 1,13ab | 1,16ab | 1,33a | 1,03ab |
| | Mg ²⁺ | 0,00a | 0,03a | 0,05ab | 0,16bc |
| | Al ³⁺ | 0,90a | 1,00a | 1,00a | 1,00a |
| | | | | | 0,90a |
| I S 900 | pH | 4,73a | 4,70a | 4,65a | 4,76a |
| | Ca ²⁺ | 0,75a | 0,70a | 0,75a | 0,63a |
| | Mg ²⁺ | 0,03a | 0,03a | 0,10ab | 0,20b |
| | Al ³⁺ | 0,96a | 1,00a | 0,93a | 0,96a |
| | | | | | 0,96a |
| II S 900 | pH | 4,66a | 4,63a | 4,63a | 4,66a |
| | Ca ²⁺ | 0,86a | 0,90a | 0,80a | 1,00a |
| | Mg ²⁺ | 0,00a | 0,00a | 0,00a | 0,06ab |
| | Al ³⁺ | 0,96a | 1,00a | 1,00a | 0,90a |
| | | | | | 0,90a |

Nas linhas, as médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

dia de calagem do solo (LVd argiloso), foram aplicados por intermédio de duas fontes: carbonato de cálcio (CaCO_3) e sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Colunas de PVC, de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, foram enchidas com a amostra do solo utilizado, e os corretivos foram aplicados apenas na camada de 0 a 5 cm. Apli-caram-se diferentes níveis de simulação de chuva (300, 600 e 900 mm), durante três semanas. Finalmente, as colunas foram separadas em anéis de 5 cm. O solo de cada anel foi analisado, quanto aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis e valor de pH.

O sulfato de cálcio promoveu a elevação dos teores de Ca^{2+} em toda a exten-são da coluna de solo, enquanto a atuação do carbonato de cálcio restringiu-se apenas à camada superficial.

Foram feitas, ainda, observações dos efeitos de cada fonte sobre os valores de pH, bem como sobre os teores de Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis do solo.

6. SUMMARY

(MOVEMENT OF CALCIUM IN SOIL COLUMNS TREATED WITH CALCIUM CARBONATE AND SULFATE)

Soil columns, 30 cm high, of a clayey, red-yellow latosol were treated with two levels of calcium, as calcium carbonate or calcium sulfate, in the first 5 cm of depth, at rates equivalent to one and two times the liming requirement. The columns were percolated with distilled water equivalent to 300, 600 and 900 mm of rain, applied as 100, 200 and 300 mm per week in three applications, weekly. The columns were then divided into 6 rings, each 5 cm in height, and the soils were analyzed for Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; and, their pH was recorded.

Calcium sulfate promoted a calcium content increment with depth, while the calcium carbonate effect was restricted to the first 5 cm. In addition, the effects of calcium sources on pH and exchangeable Mg^{2+} and Al^{3+} were measured.

7. LITERATURA CITADA

1. ADAMS, F. Ionic concentrations and activities in soil solutions. *Soil Sci Soc. Amer. Proc.*, 35:420-426. 1971.
2. DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. *Análise química do solo (metodologia)*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 19 p (Bol. Téc. 29).
3. ESPINOZA, W. & REIS, A.E.G. dos. Lixiviação de Ca, K e Mg em um Latosso-lo Vermelho-Escuro (LE) de cerrados. I — Magnitude e variabilidade do fenômeno na época chuvosa. *Pesq. Agrop. Brasil.* 17:299-317. 1982.
4. PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Efeito da adição superficial de CaCO_3 e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em algumas propriedades químicas de um Latossolo Roxo Distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, Curitiba, 1983. Programa e Resumos... Curitiba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 28.
5. REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxi-soils by leaching as sulfate applied amendments. *Agrochemophysica* 4:1-6. 1972.
6. RITCHIEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of Savannah Oxisols. *Soil Sci.* 133:378-382. 1982.

7. RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & SOUZA, D.M.G. Lixiviação de cálcio e magnésio em solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1982. *Anais ...* Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. p. 109-126.
8. RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian Savanah Oxisol. *Agron. J.* 72: 40-44. 1980.