

CALAGEM EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA E EFEITOS SOBRE A ACIDEZ DO SOLO, DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA⁽¹⁾

S. G. MOREIRA⁽²⁾, J. C. KIEHL⁽³⁾, L. I. PROCHNOW⁽³⁾ & V. PAULETTI⁽⁴⁾

RESUMO

Estudou-se o efeito da calagem na correção da acidez do solo, disponibilidade de alguns nutrientes e produtividade de milho e soja em um Latossolo Vermelho com diferentes tempos de cultivo sob sistema de semeadura direta (três, seis e nove anos). Quatro doses de calcário (0, 33,3, 66,7 e 100% da quantidade calculada para elevar a saturação por bases a 70%) foram aplicadas na superfície, além de um tratamento adicional, constituído pela maior dose, incorporada na camada de 0-20 cm. Houve distribuição mais uniforme em profundidade de Ca, Mg e V% no solo com o maior tempo de cultivo. Nesse solo, os teores de Al foram baixos e não variaram com a profundidade, enquanto os valores de pH variaram pouco no perfil. No solo com três anos de cultivo, a maior dose de calcário aplicada na superfície resultou em maiores teores de Ca e Mg na camada de 0-5 cm, enquanto o pH e a V% não variaram. A incorporação da dose integral elevou o pH e o teor de Ca na camada de 10-20 cm e o teor de Mg e a V% das camadas de 10-20 e 20-30 cm, diminuindo o teor de Al da camada de 20-30 cm. No solo com seis anos de cultivo, pH, Ca e Mg da camada superficial geralmente aumentaram com a aplicação das maiores doses na superfície. A incorporação, em geral, diminuiu o teor de Al e aumentou os de Ca e Mg e a V% nas camadas inferiores do solo. No solo com maior tempo de cultivo, a aplicação superficial quase sempre acarretou maiores teores de Ca e Mg e maiores valores de pH e V% na camada de 0-5 cm do que a incorporação. Os teores de N, P, K e S nas folhas de soja não variaram com a calagem. As produções de grãos de milho e soja não foram influenciadas pela calagem, mas o local com seis anos apresentou a maior produtividade de grãos de soja.

Termos de indexação: cálcio, magnésio, fósforo, potássio, enxofre.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em dezembro de 1999 e aprovado em outubro de 2000.

⁽²⁾ Doutorando do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: sgmorair@carpa.ciagri.usp.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP.

⁽⁴⁾ Pesquisador da Fundação ABC, BR 151, Km 155,5, Caixa Postal 1003, CEP 84166-900 Castro (PR).

SUMMARY: *LIMING UNDER NO-TILLAGE AND EFFECTS ON SOIL ACIDITY, SOIL NUTRIENT AVAILABILITY AND CORN AND SOYBEAN YIELD*

A field experiment was conducted in the state of Paraná, Brazil, to evaluate the effect of liming on soil acidity, soil nutrient availability and yields of maize and soybeans on a Red Latosol (Oxysol), which had been cultivated for three, six and nine years under no-tillage (NT). Lime was broadcasted to the soil surface in four rates- 0, 33.3, 66.7 and 100% of the amount calculated to increase the soil base saturation (V%) to 70%; an additional treatment consisted of broadcasting the highest rate of lime and mixing it to the 0-20 cm layer of the soil. Calcium, magnesium and V% showed the most uniform distribution in the profile when the soil was cultivated under NT for nine years; in addition, exchangeable Al was low and pH was constant in all the studied soil layers. In the soil cultivated for three years, the highest figures for Ca and Mg in the 0-5 cm layer were observed when lime was broadcasted on soil surface at full rate, while pH and V% did not change with liming. The highest rate of lime mixed in the soil increased pH and Ca content of the 10-20 cm layer, as well as the Mg and V% of both layers of 10-20 and 20-30 cm. This treatment also reduced the Al content of the 20-30 cm layer. In the soil with six-year cultivation period pH, Ca and Mg of the upper layer generally increased with the highest rates of lime broadcasted to the soil surface. When mixed to the soil, lime reduced the exchangeable Al and increased the V% and the content of Ca and Mg of the deepest soil layers. In the soil cultivated for nine years, lime influenced only the surface layer; when applied on the surface, the increase in pH, V%, Ca and Mg by lime was generally higher than when mixed to the soil. Liming did not influence the contents of N, P, K and S in the soybean leaves. Maize and soybean grain yields were not influenced by liming, but the soil with six years of cultivation under NT produced the highest soybean yield.

Index terms: calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, potassium, sulphur.

INTRODUÇÃO

Com a adoção do sistema de semeadura direta (SSD) no Brasil, com o qual muitos agricultores conseguiram melhorar os atributos do solo e aumentar a produtividade das culturas, tornou-se necessário o estudo de métodos alternativos para a correção da acidez que não exigissem a incorporação do corretivo (Pottker & Ben, 1998). Uma das principais dúvidas relacionava-se com a possibilidade de manter a produtividade das culturas em SSD, em áreas onde a correção da acidez havia sido adequadamente realizada antes da adoção do sistema e em áreas onde este procedimento não havia sido inicialmente adotado, tendo sido aplicado o calcário apenas na superfície do solo (Sá, 1995).

Com a finalidade de responder a tais questionamentos, trabalhos vêm sendo realizados, com resultados satisfatórios (Sá, 1995; Santos et al., 1995; Oliveira & Pavan, 1996). Sá (1995) não encontrou diferenças nas produtividades de soja, trigo e milho quanto às diferentes formas de aplicação do corretivo em solos ácidos do Paraná, cultivados por longo tempo sob o SSD. Nesses trabalhos, embora os cultivares suscetíveis à acidez mostrassem inicialmente respostas à incorporação,

foi notória a correção do solo pela ação do calcário aplicado em superfície. O melhor retorno econômico foi obtido quando o corretivo foi aplicado na superfície.

Atualmente, não têm sido obtidos aumentos na produtividade de grãos com a aplicação de calagem superficial em solos ácidos brasileiros cultivados há longo tempo sob SSD (Caires et al., 1998; Caires et al., 1999). Assim, existem especulações de que, à medida que aumenta o tempo de cultivo dos solos com a semeadura direta, as doses de calcário possam ser diminuídas, cujas razões para isso precisam ser mais bem estudadas. Além disso, existem dúvidas quanto à dose a ser empregada, de acordo com o tempo de adoção do SSD.

No Brasil, poucos estudos têm reportado o efeito da calagem nos teores de nutrientes nas folhas e seus reflexos na produção das culturas, sendo, em alguns casos, contraditórios. Em estudo realizado durante quatro anos por Oliveira & Pavan (1996), os teores de Ca e Mg nas folhas de soja não foram alterados com a aplicação do calcário na superfície do solo, com exceção do último ano, quando os teores de Ca diminuíram. Durante dois anos de avaliações, Caires et al. (1998) não observaram variações nas concentrações de N, P, K, S, Ca e Mg nas folhas de soja com a aplicação de doses de calcário

superficialmente. Por outro lado, em outro estudo, conduzido em solo mantido durante 15 anos sob SSD, foi obtido aumento da concentração de Ca nas folhas de soja e de Mg nas folhas de soja e trigo (Caires et al., 1999). Nesse estudo, observou-se que os teores de Ca e Mg nas folhas de milho e os de S nas folhas de milho, soja e trigo não foram modificados com a calagem superficial.

Diante do exposto, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do calcário, aplicado em diferentes doses na superfície e incorporado ao solo na camada de 0-20 cm de profundidade, sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes às plantas e produtividades de soja e milho cultivados em um Latossolo Vermelho submetido a diferentes tempos de cultivo sob o sistema de semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em condições de campo, em um Latossolo Vermelho argiloso submetido a diferentes tempos de cultivo sob o sistema de semeadura direta (três, seis e nove anos), no município de Tibagi, PR. Os locais com três e seis anos de cultivo pertenciam à Fazenda Lagoa e à Fazenda Fortaleza, respectivamente, sendo áreas de lavouras de grãos; o local com nove anos de cultivo situava-se em área experimental da Fundação ABC.

Antes da adoção do SSD nesses locais, o solo foi preparado com arado de aiveca (0-20 cm) e a acidez foi corrigida com calcário dolomítico (PRNT = 84, PN = 98, RE = 89, CaO = 27 e MgO = 20%), incorporando-se o corretivo na camada de 0-20 cm com duas passadas de grade niveladora, empregando-se a dose necessária para elevar a saturação por bases a 70%. Calagens posteriores foram efetuadas sempre que necessário, aplicando-se o calcário superficialmente. Assim, o solo com nove anos de cultivo recebeu duas aplicações de calcário de 2 t ha⁻¹ cada uma, o solo com seis anos em SSD, uma aplicação de 2 t ha⁻¹, enquanto o solo com três anos de cultivo não recebeu aplicação do corretivo após a calagem inicial. Na instalação do experimento (maio de 1998), os solos não recebiam aplicação de calcário há três anos.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com tratamentos em arranjo fatorial 3 x 5 (3 tempos de cultivo x 5 doses de calcário), com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas principais constituíram-se do fatorial tempos de cultivo x doses de calcário, totalizando 60 parcelas; as subparcelas foram formadas pelas duas épocas de amostragem, efetuadas após aplicação do calcário, e as subsubparcelas, pelas camadas de solo amostradas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm). As parcelas eram de 6,4 x 7 m, nos tratamentos com três e seis anos de cultivo, e de 8,30 x 12,50 m, no tratamento com nove anos de SSD.

O fator dose correspondeu a quatro doses de calcário dolomítico, aplicadas na superfície do solo: 0, 33,3, 66,7 e 100% da quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 70%, e de um tratamento adicional, empregando 100% da dose de calcário necessária para elevar a saturação por bases a 70%, incorporando-se, porém, o corretivo na camada de 0-20 cm. As doses necessárias para elevar a saturação por bases a 70% foram de 3.030, 3.380 e 2.485 kg ha⁻¹, respectivamente, nos locais com três, seis e nove anos sob SSD. O calcário foi distribuído manualmente na superfície do solo e, nas parcelas onde foi incorporado, com arado de discos. Para determinar as doses de calcário, foi efetuada a coleta de 20 amostras simples de terra na profundidade de 0-20 cm, em cada tratamento (três, seis e nove anos de cultivo), que, depois, foram reunidas em uma amostra composta por tratamento. Os resultados das análises químicas dessas amostras encontram-se no quadro 1.

Após a calagem, em maio de 1998, efetuou-se a semeadura de aveia branca, nos tratamentos com seis e nove anos de cultivo, e de aveia preta, no de três anos de cultivo, com o objetivo de produzir cobertura morta para o solo. A semeadura, sem adubo, foi realizada mecanicamente, com semeadora de parcelas regulada para distribuir 60 e 70 kg ha⁻¹ de semente de aveia preta e branca, respectivamente, no espaçamento de 15 cm entre as linhas.

A soja (*Glycine max* cv. EMBRAPA 59) foi semeada em outubro/1998, com espaçamento de 45 cm entrelinhas e 16 plantas por metro linear, e

Quadro 1. Propriedades químicas do Latossolo Vermelho na camada de 0-20 cm antes da calagem inicial, para diferentes tempos de cultivo sob sistema de semeadura direta (TCSSD)

TCSSD	pH _{CaCl₂}	P _{resina}	MO	H + Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	m
ano	— mg dm ⁻³ —			mmol _c dm ⁻³						— % —		
Três	5,0	33	55	58	1	3,7	28	26	57,7	115,7	50	1,7
Seis	4,8	41	47	72	2	6,7	47	18	71,7	143,7	50	2,7
Nove	5,1	44	47	52	0	2,6	34	21	57,6	109,6	53	0,0

adubada com 200 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20. As sementes de soja foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, em meio líquido com 64 g de molibdato de sódio para 50 kg de sementes, e depois tratadas com 150 g i.a. de *thiram* para cada 50 kg de sementes.

Após a colheita da soja (maio de 1999), quando os solos com três, seis e nove anos sob SSD estavam com quatro, sete e dez anos sob SSD, efetuou-se a semeadura de aveia preta em todos os locais, utilizando os mesmos procedimentos do ano anterior. Em outubro/1999, o milho (*Zea mays* cv. XL8392) foi semeado com espaçamento de 80 cm entrelinhas e cinco plantas por metro linear e adubado com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20 + 1% de Zn.

O efeito das doses de calcário na disponibilidade de nutrientes foi avaliado pelo teor de nutrientes no solo e nas folhas, durante o cultivo da soja, em duas épocas de amostragem. As coletas de terra foram realizadas no estádio V4 (três trifólios abertos) e no estádio R1 a R2, início do florescimento, respectivamente, nos dias 17/12/1998 e 26/01/1999, quando já havia chovido 1.174 e 1.305 mm após efetuada a calagem. Vale ressaltar que, após a semeadura da soja, houve uma estiagem de 37 dias (26/10 a 02/12/1998). Entre a semeadura e a colheita da soja choveu 767 mm.

As amostras de terra foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, por meio de trado calador, em número de 10 amostras simples por parcela. As amostras foram secas em estufa a 40°C, destorroadas, moídas e passadas em peneira de 2 mm. As amostras de folhas foram coletadas em número de 20 trifólios por parcela, retirando-se a terceira folha a partir do ápice da planta. As folhas foram lavadas em água desionizada, secas em estufa a 60°C até atingir massa constante e moídas. Nas amostras de terra, determinaram-se pH, Al, Ca e Mg, segundo método de Raij et al. (1987), sendo calculados os valores de saturação por bases. Nas amostras de folha, foram determinados os teores de N, P, K, S, Ca e Mg, conforme métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

A colheita da soja foi feita manualmente no final de março/1999, e a do milho, em março/2000. Para a colheita da soja, a área útil de cada parcela correspondia às cinco linhas centrais, com quatro metros lineares por linha, e, para o milho, quatro linhas centrais, com dois metros lineares. Na colheita, utilizou-se trilha mecânica com debulhadora de grãos estacionária, tendo sido os grãos peneirados, pesados e submetidos à determinação de umidade em medidor universal. Para o cálculo das produtividades de milho e soja, considerou-se um teor de umidade nos grãos de 13%.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%, para todos os atributos estudados. O teste de médias foi utilizado no lugar de regressões

polinomiais, pelo fato de a forma de aplicação do calcário não ter sido a mesma em todos os tratamentos.

Foram feitos estudos de correlação linear simples entre os teores de macronutrientes (P, K, S, Ca e Mg) no solo e na folha, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, separando-se o tratamento com incorporação do corretivo dos tratamentos sem revolvimento do solo, dentro de cada época de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação tripla de doses de calcário, tempos de cultivo sob o sistema de semeadura direta e profundidades de amostragem para todos os atributos do solo estudados (valores de pH e de saturação por bases, teores de Al, Ca e Mg). Como não houve interação de quarto grau, incluindo as épocas de amostragem, os resultados apresentados são referentes às médias das duas épocas de amostragem.

No solo com três anos sob SSD, não houve efeito das doses de calcário aplicadas superficialmente sobre os valores de pH, nem quando o calcário foi incorporado, exceto na camada de 10-20 cm, cujo pH se elevou com a aplicação das maiores quantidades do corretivo e quando este foi incorporado ao solo (Quadro 2). Santos et al. (1995) também não encontraram diferenças quanto ao pH do solo, entre a aplicação superficial e incorporada de 2 t ha⁻¹ de calcário (PRNT = 100%) em um Latossolo Vermelho-Escuro, após três anos de cultivos sob SSD. Em condições de clima temperado, Hargrove et al. (1982) não verificaram diferenças no pH da camada superficial do solo devidas aos sistemas de cultivo, enquanto Kitur et al. (1994) observaram maior valor no SSD do que no sistema de semeadura convencional (SSC).

Na camada superficial do solo com seis anos sob SSD, a aplicação de 100% da dose de calcário na superfície propiciou um valor de pH (5,51) superior ao obtido com a aplicação da mesma dose de forma incorporada (4,76). Na camada de 20-30 cm, por sua vez, ocorreu o inverso. No solo com nove anos sob SSD, a aplicação superficial de 2/3 da dose resultou em maior pH (5,46) do que a aplicação da dose total incorporada (5,03). Esses resultados eram esperados, uma vez que o revolvimento do solo provoca a mistura do calcário com uma camada mais espessa do perfil do solo.

Quando o calcário é colocado na superfície, menor volume de solo é atingido, concentrando seu efeito inicialmente nas camadas superficiais. No entanto, segundo alguns autores, com o aumento do tempo de cultivo em SSD, os valores de pH da camada subsuperficial tendem a aumentar. Oliveira & Pavan (1996) obtiveram aumento de pH até 40 cm de

Quadro 2. Valores de pH, Ca, Mg, Al trocável e saturação por bases do Latossolo Vermelho, considerando as doses de calcário, para diferentes tempos de cultivo sob sistema de semeadura direta (TCSSD) e profundidades

Profundidade	Dose de calcário ⁽¹⁾				
	100 I	100 S	66,7 S	33,3 S	0
cm	pH				
	Três anos				
0-5	5,45 aA ⁽²⁾	5,61 aA	5,50 aA	5,48 aA	5,46 aA
5-10	5,25 abA	5,36 aA	5,46 aA	5,33 abA	5,31 aA
10-20	5,50 aA	5,31 aAB	5,18 aABC	4,94 bcBC	4,83 bC
20-30	4,90 bA	4,69 bA	4,74 bA	4,56 cA	4,55 bA
	Seis anos				
0-5	4,76 aB	5,51 aA	5,13 aAB	5,16 aAB	5,08 aB
5-10	4,85 aA	4,66 bA	4,60 bA	4,70 bA	4,66 bA
10-20	4,85 aA	4,51 bcA	4,50 bA	4,66 bcA	4,49 bcA
20-30	4,63 aA	4,21 cB	4,20 bB	4,25 cAB	4,24 cAB
	Nove anos				
0-5	5,03 aB	5,40 aAB	5,46 aA	5,33 aAB	5,04 aB
5-10	4,98 aA	5,06 aA	4,89 bA	4,93 abA	4,71 aA
10-20	5,15 aA	5,14 aA	5,09 abA	4,93 abA	4,85 aA
20-30	4,90 aA	5,04 aA	4,96 bA	4,86 bA	4,84 aA
C.V. (%)	4,8				
	Ca				
	mmol _c dm ⁻³				
	Três anos				
0-5	64 aB	88 aA	73 aAB	67 aB	64 aB
5-10	62 aA	60 bA	57 aA	52 aA	51 aA
10-20	50 aA	43 bcAB	33 bcAB	32 bB	31 bcB
20-30	28 bA	23 cA	20 cA	16 bA	16 cA
	Seis anos				
0-5	53 aC	91 aA	88 aA	76 aAB	69 aBC
5-10	50 aA	47 bA	46 bA	48 bA	46 bA
10-20	56 aA	33 bcB	33 bcB	43 bAB	35 bcB
20-30	40 aA	21 cB	19 cB	23 cAB	20 cB
	Nove anos				
0-5	50 aB	81 aA	84 aA	73 aA	55 aB
5-10	49 aA	52 bA	48 bA	45 bA	40 aA
10-20	51 aA	49 bA	45 bA	46 bA	44 aA
20-30	37 aA	46 bA	42 bA	36 bA	39 aA
C.V. (%)	20,9				
	Mg				
	Três anos				
0-5	39 aC	66 aA	56 aAB	49 aBC	49 aBC
5-10	40 aA	48 bA	41 bA	40 abA	40 aA
10-20	42 aA	33 cAB	27 cB	27 bB	26 bB
20-30	24 bA	17 dA	13 dA	12 cA	11 cA
	Seis anos				
0-5	32 aD	64 aA	54 aAB	50 aBC	39 aCD
5-10	33 aA	28 bA	27 bA	28 bA	27 aA
10-20	37 aA	18 bcB	18 bcB	25 bcAB	19 abB
20-30	27 aA	11 cB	11 cB	14 cAB	11 bB
	Nove anos				
0-5	31 aB	47 aA	51 aA	48 aA	33 aB
5-10	31 aA	33 bA	30 bA	30 bA	22 aA
10-20	34 aA	27 bA	27 bA	25 bA	26 aA
20-30	22 aA	26 bA	27 bA	25 bA	25 aA
C.V. (%)	25,9				

Continua...

Quadro 2. Continuação

Profundidade	Dose de calcário ⁽¹⁾				
	100 I	100 S	66,7 S	33,3 S	0
Al trocável					
cm	mmol _c dm ⁻³				
Três anos					
0-5	0,3 aA ⁽²⁾	0,0 bA	0,0 bA	0,1 bA	0,3 bA
5-10	0,4 aA	0,1 bA	0,1 bA	0,1 bA	0,3 bA
10-20	0,0 aA	0,5 bA	0,4 bA	1,6 abA	1,5 bA
20-30	0,9 aB	2,9 aAB	3,5 aA	3,4 aA	4,3 aA
Seis anos					
0-5	0,8 bA	0,4 cA	0,6 cA	1,1 cA	0,3 cA
5-10	0,8 bA	1,6 cA	1,9 cA	1,8 bcA	1,8 cA
10-20	1,0 bB	5,9 bA	6,8 bA	3,5 bAB	5,4 bA
20-30	4,0 aB	11,0 aA	12,0 aA	9,0 aA	10,0 aA
Nove anos					
0-5	0,5 aA	0,3 aA	0,5 aA	0,3 aA	0,4 aA
5-10	0,8 aA	0,8 aA	0,8 aA	0,5 aA	0,9 aA
10-20	0,4 aA	0,4 aA	0,9 aA	0,6 aA	0,5 aA
20-30	0,6 aA	0,5 aA	0,5 aA	0,4 aA	0,8 aA
C.V. (%)	25,5				
Saturação por bases					
%					
Três anos					
0-5	75 aA	84 aA	81 aA	79 aA	78 aA
5-10	70 aA	75 aA	73 aA	70 bA	70 bA
10-20	69 aA	62 bAB	53 bBC	48 cC	50 cBC
20-30	45 bA	40 cAB	37 cAB	28 dB	27 dB
Seis anos					
0-5	57 abB	79 aA	78 aA	74 aA	73 aA
5-10	61 aA	42 bB	49 bAB	53 bAB	50 bAB
10-20	59 abA	35 bcB	36 cB	46 bB	38 bcB
20-30	47 bA	24 cB	23 dB	29 cB	24 cB
Nove anos					
0-5	63 aB	77 aA	78 aA	75 aAB	64 aB
5-10	61 aA	61 bA	58 bA	58 bA	49 bB
10-20	65 aA	59 bA	55 bA	54 bA	53 abA
20-30	53 aA	59 bA	55 bA	52 bA	53 abA
C.V. (%)	13,0				

⁽¹⁾ Percentagem da dose necessária para elevar a saturação por bases a 70%; I = incorporado a 20 cm; S = aplicado superficialmente.

⁽²⁾ Análise de variância e teste de médias realizados com os dados transformados em $(Al + 1)^{1/2}$. Letras minúsculas comparam profundidades dentro de cada dose de calcário em cada TCSSD e as maiúsculas comparam as doses dentro de cada TCSSD em cada profundidade, pelo teste de Tukey a 5%.

profundidade após 32 meses da calagem superficial, em solos ácidos do Paraná. Resultados similares foram obtidos por Caires et al. (1998) e Caires et al. (1999) em solos de textura média.

No presente trabalho, o tempo entre a aplicação do calcário (maio/1998) e a coleta das amostras (dez/1998 a jan/1999) não foi suficiente para que se efetuasse a correção das camadas mais profundas. Em solos sob clima temperado, por outro lado, foram encontrados menores valores de pH na camada superficial de solos sob SSD do que naqueles sob SSC

(Blevins et al., 1986; Follett & Peterson, 1988; Grove & Blevins, 1988; Edwards et al., 1992; Franzluebbbers & Hons, 1996). Esse abaixamento de pH deveu-se, em muitos casos, ao efeito acidificante das altas doses de N, empregadas principalmente nos monocultivos de gramíneas.

No solo com três anos sob SSD, houve efeito da dose máxima de calcário, quando incorporado, no teor de Al trocável apenas na camada de 20-30 cm (Quadro 2). É provável que a incorporação do corretivo na camada de 0-20 cm tenha facilitado sua

movimentação no perfil do solo e que o tempo entre a aplicação do corretivo e a retirada das amostras não tenha sido suficiente para que ocorresse o efeito do calcário aplicado superficialmente. De forma semelhante, a calagem superficial não alterou o teor de Al trocável de um Latossolo Vermelho-Escuro há três anos sob SSD (Santos et al., 1995). O teor de Al de um solo canadense também não variou com a calagem (Arshad et al., 1997).

Nas camadas inferiores do solo com seis anos sob SSD, os teores de Al trocável apresentaram-se maiores que os das camadas superficiais e diminuíram com a incorporação do calcário e, no solo com maior tempo de cultivo, os teores não variaram com as doses de corretivo nem com as profundidades. Tem sido observada maior diminuição do Al nas camadas superficiais de solos onde o corretivo foi aplicado na superfície do que de solos onde esse material foi incorporado (Moschler et al., 1973; Sá, 1995), tendendo essa correção da acidez a se estender às camadas subsuperficiais ao longo do tempo de cultivo (Oliveira & Pavan, 1996; Caires et al., 1998; Caires et al., 1999).

O efeito do calcário sobre a camada superficial do solo é maior quando o calcário é aplicado à superfície porque a incorporação o dilui em uma camada mais espessa de solo. Decorrido certo tempo, embora seja um produto de baixa solubilidade, o calcário pode-se movimentar por meio de poros e canais formados por raízes mortas e organismos do solo (Sá, 1995; Oliveira & Pavan, 1996), bem como por meio da formação de pares iônicos entre os produtos liberados pela decomposição dos restos culturais na superfície, com os íons H^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} presentes no solo, formando compostos com grande facilidade de movimentação no perfil. Com a lixiviação desses compostos, ocorre a reação dos pares iônicos com H^+ e Al^{3+} das camadas inferiores do solo, liberando Ca e Mg e, desta forma, aumentando o pH e os teores de Ca e Mg e diminuindo o Al tóxico (Miyazawa et al., 1996).

No solo com menor tempo de cultivo, a maior dose de corretivo aplicada na superfície resultou em teores de Ca e Mg na camada de 0-5 cm maiores do que quando aplicada de forma incorporada (Quadro 2). Na camada superficial dos solos com os maiores tempos de cultivo, quaisquer das doses aplicadas na superfície elevaram os teores de Ca e Mg mais do que a dose integral de forma incorporada. Esse fato ocorreu porque, com a incorporação, o calcário misturou-se com um maior volume de terra, havendo diluição do seu efeito na camada superficial. Aumentos dos teores de Ca e Mg nas camadas superficiais de solos sob SSD devidos à calagem superficial têm sido freqüentemente observados (Sá, 1995; Oliveira & Pavan, 1996; Caires et al., 1998). Hargrove et al. (1982) e Edwards et al. (1992) relataram maiores teores de Ca e Mg nas camadas superficiais de solos sob SSD do que naquelas sob SSC.

No solo com nove anos sob SSD, os teores de Ca e Mg das camadas abaixo de 0-5 cm não variaram em profundidade, fato que não ocorreu para os demais tempos de cultivo. Contudo, como os teores de Ca e Mg das camadas inferiores do solo não foram influenciados pelas doses de calcário aplicadas na superfície, este efeito não pode ser atribuído à ação destes tratamentos, mas, sim, a um possível efeito do tempo de cultivo na distribuição desses elementos em profundidade.

O aumento do tempo de cultivo sob SSD pode ter melhorado a fertilidade das camadas inferiores pela possível movimentação física (Sá, 1995; Oliveira & Pavan, 1996) e química (Sá, 1995; Miyazawa et al., 1996; Caires et al., 1999) dos nutrientes no perfil do solo. Crozier et al. (1999), avaliando 59 locais sob SSD nos Estados Unidos da América do Norte, observaram que as áreas com mais de seis anos de cultivo apresentavam maior homogeneidade dos nutrientes no perfil, não mostrando diferenças entre as camadas de 0-10 e 10-20 cm quanto aos valores de pH e aos teores de Ca. Oliveira & Pavan (1996) observaram aumento no teor de Ca e Mg até 40 cm de profundidade, após 32 meses da aplicação de calcário na superfície de um Latossolo argiloso. Em outro Latossolo Vermelho-Escuro textura média, submetido há 15 anos sob SSD, Caires et al. (1999) observaram aumento nos teores de Ca e Mg até às camadas de 40-60 e 60-80 cm de profundidade, após 18 meses da aplicação do calcário na superfície.

No solo com três anos sob SSD, os valores de saturação por bases das camadas superficiais não variaram com as doses de calcário (Quadro 2). Nas camadas inferiores, no entanto, a incorporação resultou em maior valor, o qual, geralmente, não diferiu dos obtidos com as maiores doses aplicadas na superfície.

No solo com seis anos de cultivo, os valores de saturação por bases na camada de 0-5 cm diminuíram quando o calcário foi incorporado, enquanto a aplicação na superfície não alterou esta característica.

No solo com nove anos sob SSD, por sua vez, as maiores doses de calcário na superfície resultaram em maiores valores de saturação por bases nesta camada. Sá (1995) também observou maiores valores de saturação por bases nas camadas superficiais de solos que receberam aplicação superficial de calcário do que em locais onde o corretivo foi incorporado. No presente trabalho, os maiores valores de saturação por bases na camada superior deveriam-se aos aumentos dos teores de Ca e Mg nessa camada.

Os teores de nutrientes nas folhas de soja foram pouco alterados com as doses de corretivo, não tendo a concentração de N, P, K e S variado com a calagem em nenhuma das amostragens (Quadro 3). Estudos de Caires et al. (1998) mostraram que a aplicação de calcário na superfície não afetou os teores de N, K e S em folhas de soja. Centurion (1988) também

Quadro 3. Concentração de N, P, K, S, Ca e Mg nas folhas de soja, considerando as doses de calcário, para diferentes tempos de cultivo sob sistema de semeadura direta (TCSSD) e épocas de amostragens

TCSSD	Dose de calcário ⁽¹⁾					Média
	100 I	100 S	66,7 S	33,3 S	0	
N						
ano	g kg ⁻¹					
	Amostragem 1 ⁽²⁾					
Três	40,9	40,8	38,9	39,2	40,6	40,1 b ⁽³⁾
Seis	39,5	40,0	38,4	40,4	39,4	39,5 b
Nove	43,6	41,8	42,4	43,9	45,0	43,4 a
	Amostragem 2					
Três	38,0	36,4	37,6	35,7	35,5	36,6 b
Seis	36,6	37,3	41,3	40,3	39,4	39,0 a
Nove	39,2	37,1	37,2	39,2	40,4	38,6 ab
C.V. (%)	6,8					
P						
	Amostragem 1					
Três	2,1	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2 a ⁽³⁾
Seis	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,2 a
Nove	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3 a
	Amostragem 2					
Três	3,8	3,8	4,1	3,7	4,0	3,9 a
Seis	3,4	3,7	3,9	3,8	3,6	3,6 b
Nove	3,3	3,3	3,1	3,7	3,4	3,3 c
C.V. (%)	10,9					
K						
	Amostragem 1					
Três	18,4	17,6	17,7	18,7	17,6	18,0 a ⁽³⁾
Seis	13,2	17,3	18,0	16,2	18,1	16,7 a
Nove	15,3	16,0	15,5	18,8	18,6	16,8 a
	Amostragem 2					
Três	24,1	27,9	24,8	25,7	24,9	25,5 ab
Seis	26,4	25,5	27,5	27,7	26,7	26,7 a
Nove	22,5	22,1	21,9	25,1	22,7	23,1 b
C.V. (%)	11,5					
S						
	Amostragem 1					
Três	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4 b ⁽³⁾
Seis	1,5	1,6	1,7	1,6	1,8	1,6 a
Nove	1,9	1,6	1,5	1,6	1,7	1,7 a
	Amostragem 2					
Três	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5 a
Seis	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3 b
Nove	1,3	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4 ab
C.V. (%)	11,8					
Ca						
	Amostragem 1					
Três	14,7 abA ⁽³⁾	13,1 aA	14,3 aA	12,9 aA	15,0 aA	14,0
Seis	16,4 aA	12,3 aB	13,0 abB	13,2 aB	12,9 abB	13,6
Nove	12,7 bA	11,3 aA	10,6 bA	11,9 aA	11,3 bA	11,6
	Amostragem 2					
Três	7,8 aA	6,4 aA	6,5 aA	6,4 aA	6,2 aA	6,7
Seis	6,9 aA	7,2 aA	7,5 aA	6,9 aA	7,6 aA	7,1
Nove	6,6 aA	6,0 aA	6,0 aA	6,1 aA	6,4 aA	6,2
C.V. (%)	10,2					
Mg						
	Amostragem 1					
Três	8,2 aA ⁽⁴⁾	7,5 aA	8,1 aA	7,6 aA	8,1 aA	7,9
Seis	8,2 aA	6,1 bB	6,2 bB	6,6 bB	6,5 bB	6,7
Nove	8,3 aA	7,4 aAB	6,6 bB	7,5 abAB	7,2 abAB	7,3
	Amostragem 2					
Três	4,4 aA	3,7 aA	3,6 aA	3,4 aA	3,3 aA	3,7
Seis	3,3 aA	3,2 aA	3,3 aA	3,4 aA	3,4 aA	3,3
Nove	3,8 aA	3,9 aA	3,5 aA	3,8 aA	3,9 aA	3,8
C.V. (%)	9,7					

⁽¹⁾ Percentagem da dose necessária para elevar a saturação por bases a 70%; I = incorporado a 20 cm; S = aplicado superficialmente.

⁽²⁾ Amostragem 1, realizada no estágio vegetativo da soja (V4) e a 2, no início do florescimento. ⁽³⁾ Letras minúsculas comparam TCSSD dentro de doses em cada amostragem e as maiúsculas comparam as doses dentro de cada TCSSD em cada época de amostragem, pelo teste de Tukey a 5%. ⁽⁴⁾ Letras minúsculas comparam TCSSD dentro de cada amostragem, pelo teste de Tukey a 5%.

observou teores de N semelhantes em plantas de milho, sob diferentes sistemas de cultivo, mas encontrou maiores teores de P em folhas de milho cultivadas sob SSD do que nas cultivadas sob SSC. Resultados semelhantes foram encontrados por Muzilli (1983). Caires et al. (1999) não observaram efeito de doses de calcário aplicadas superficialmente nos teores de S em folhas de milho, soja e trigo, cultivados em solo com 15 anos sob SSD.

Houve efeito da dose de calcário nos teores de Ca nas folhas apenas na primeira amostragem no solo com seis anos de cultivo sob SSD (Quadro 3), provavelmente porque esse solo era mais ácido e mais rico em alumínio que os demais (Quadro 2). Por sua vez, esse efeito apenas na primeira amostragem pode ser atribuído ao fato de o sistema radicular, nessa ocasião, ainda não ser suficientemente eficiente para explorar o Ca presente no solo. A incorporação do calcário acarretou maior concentração de Ca nas folhas de soja do que a aplicação na superfície, e esta forma de aplicação, em quaisquer das doses, não reduziu os níveis originais de Ca nas folhas.

Caires et al. (1998) não observaram aumento dos teores de Ca em folhas de soja, em função da calagem superficial. Por outro lado, em estudos de Caires et al. (1999), os teores de Ca em folhas de soja aumentaram de forma quadrática com doses de calcário aplicadas na superfície. Estes (1972) relatou maior concentração de Ca em plantas de milho cultivadas sob o SSC do que nas cultivadas sob SSD, enquanto Quaggio et al. (1998) constataram que a calagem fez com que o teor de Ca aumentasse em folhas de soja cultivadas sob SSC.

Houve efeito da dose de calcário e do tempo de cultivo nos teores de Mg nas folhas apenas na primeira amostragem, sobretudo no local com menor tempo de cultivo (Quadro 3). O efeito da calagem apenas na primeira amostragem pode ter a mesma explicação dada para o Ca. No solo com seis anos sob SSD, a incorporação do calcário resultou no maior teor de Mg nas folhas. No solo com nove anos de cultivo, a dose integral, de forma incorporada, possibilitou maior teor do que 2/3 da mesma na superfície. Por outro lado, em todos os tempos de cultivo, a aplicação superficial não modificou os teores em relação à testemunha, mas Caires et al. (1999) observaram aumentos dos teores de Mg nas folhas de soja e trigo, após a aplicação de calcário superficialmente. Estes (1972) encontrou maior teor de Ca e Mg nas plantas de milho cultivadas sob SSC do que nas sob SSD, atribuindo este fato à alta absorção de K pelas plantas sob SSD. No SSC, aumento da concentração de Mg devido à calagem é comum (Bell, 1996, Oliveira et al., 1997; Quaggio et al., 1998).

As correlações lineares entre os teores de nutrientes nas folhas e no solo foram sempre baixas e geralmente não-significativas (Quadro 4). As correlações mais importantes foram obtidas entre

os teores de P no solo e nas folhas, no tratamento submetido à aração ($r = 0,59$ a $0,69$), e entre os teores de K no solo e nas folhas ($r = 0,39$ a $0,52$), nos tratamentos sem incorporação. Caires et al. (1999) encontraram correlações positivas e significativas entre os teores de Ca e Mg nas folhas de soja em um solo brasileiro há 15 anos sob SSD.

As produções de grãos de soja e milho não foram influenciadas pelas doses de calcário (Quadro 5), concordando com os resultados obtidos por Caires et al. (1998) e Caires et al. (1999) em solos ácidos do Paraná, e discordando da recomendação de Raij et al. (1996) de elevar a saturação por bases a 60% para a soja. Contudo, a recomendação de Raij et al. (1996) de manter a saturação por bases a 50% para o milho em solos com matéria orgânica acima de 50 g dm^{-3} parece adequada, evidenciando que a dose e o intervalo de aplicação de calcário em solos sob SSD devem ser repensados. A razão pela qual as culturas não responderam à calagem pode estar no fato de a saturação por bases inicial (por volta de 50% na camada de 0-20 cm) já ter sido suficiente. Para Sá

Quadro 4. Coeficientes de correlação linear entre teores de macronutrientes no solo e nas folhas, no tratamento sem incorporação e com incorporação do corretivo, em diferentes épocas e profundidades de coletas

Profundidade	P	K	Ca	Mg	S
cm	Sem incorporação				
	Amostragem 1 ⁽¹⁾				
0-5	-0,05 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,31*	0,00 ^{ns}
5-10	-0,19 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,49**	0,15 ^{ns}
10-20	0,03 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,41**	0,01 ^{ns}
20-30	-0,19 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,34*	0,05 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
	Amostragem 2				
0-5	0,27 ^{ns}	0,47**	-0,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
5-10	0,26 ^{ns}	0,52**	-0,13 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,29*
10-20	0,16 ^{ns}	0,44**	-0,11 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
20-30	-0,05 ^{ns}	0,39**	-0,17 ^{ns}	0,50**	0,30*
	Com incorporação				
	Amostragem 1 ⁽¹⁾				
0-5	0,14 ^{ns}	-0,69*	0,43 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}
5-10	0,25 ^{ns}	-0,61*	0,35 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,07 ^{ns}
10-20	-0,45 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
20-30	-0,25 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
	Amostragem 2				
0-5	0,63*	0,42 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,60*	0,60*
5-10	0,60*	0,21 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,61*	0,61*
10-20	0,69*	0,56 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,59*	0,59*
20-30	0,59*	0,59*	-0,23 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,19 ^{ns}

⁽¹⁾ Amostragem 1, realizada no estágio vegetativo da soja (V4) e a 2, no início do florescimento.

*, ** e ^{ns}: Significativos a 5 e 1% e não-significativo, respectivamente.

Quadro 5. Produção de soja e milho, considerando a calagem, para diferentes tempos de cultivo sob sistema de semeadura direta (TCSSD)

TCSSD	Dose de calcário ⁽¹⁾					Média
	100 I	100 S	66,7 S	33,3 S	0	
ano	kg ha ⁻¹					
	Soja (safra 98/99)					
Três	3.418	3.206	3.198	3.111	3.194	3.225c ⁽²⁾
Seis	4.153	4.159	4.124	4.384	4.325	4.229 a
Nove	3.863	3.453	3.306	3.515	3.724	3.572 b
C.V. (%)	7,0					
	Milho (safra 99/00)					
Quatro	7.958	9.244	9.230	8.846	8.535	8.762
Sete	8.336	8.459	8.695	8.800	8.383	8.535
Dez	9.300	9.286	9.223	8.597	8.697	9.020
C.V. (%)	10,6					

⁽¹⁾ Percentagem da dose necessária para elevar a saturação por bases a 70%; I = incorporado a 20 cm; S = aplicado superficialmente. ⁽²⁾ Letras comparam TCSSD, pelo teste de Tukey a 5%.

(1995), a calagem em solos sob SSD não é necessária quando a saturação por bases estiver próxima de 45 a 50%, pelo fato de tal prática provocar deficiências de micronutrientes e, conseqüentemente, diminuir a produção.

A ausência de respostas das cultura à calagem, observada em SSD, pode ser explicada pelo fato de os teores de Ca, Mg e K estarem em níveis adequados no solo, apresentando uma relação adequada com o Al trocável (Caires et al., 1998). Por sua vez, Caires et al. (1999) acreditam também que as menores respostas das culturas às doses de calcário, em SSD, podem estar relacionadas com o menor efeito tóxico do Al, que é complexado pelos compostos orgânicos solúveis presentes nos restos culturais das plantas (Kretzchmar et al., 1991; Miyazawa et al., 1996).

O fato de o solo com seis anos de cultivo sob SSD ter apresentado a maior produção de grãos de soja não era esperado. Contudo, as análises de micronutrientes no solo e folha (dados não apresentados) mostraram que, neste tempo de cultivo, ocorreram os maiores teores de B e Mn no solo e nas folhas de soja, na primeira amostragem. Também foram observadas correlações positivas entre a produção de grãos e os teores de B (0,63) e de Mn (0,53) nas folhas de soja. Assim, os maiores teores destes micronutrientes nas plantas cultivadas no solo com seis anos sob SSD podem ter influenciado positivamente a produção de grãos, uma vez que reduções de produtividades de soja devidas à deficiência, principalmente de Mn, têm sido freqüentes quando os valores de pH são elevados (Novais et al., 1989; Sanzonowicz, 1995).

CONCLUSÕES

1. Com o aumento do tempo de cultivo sob o sistema de semeadura direta, a distribuição de Ca, Mg e Al e os valores de pH e de saturação por bases no perfil do solo tornaram-se mais homogêneos.

2. A aplicação da dose total recomendada, ou de 2/3 dela, na superfície do solo, aumentou os teores de Ca e Mg e os valores de saturação por bases na camada de 0-5 cm em todos os tempos de cultivo.

3. Nos solos com os menores tempos de cultivo sob SSD, a incorporação da dose integral de calcário resultou em maiores valores de pH, Ca, Mg e saturação por bases nas camadas inferiores; nessas camadas, estes atributos não foram alterados pela calagem superficial.

4. Os teores de N, P, K e S nas folhas de soja não variaram com a calagem.

5. O solo com seis anos de cultivo foi o que apresentou a maior produção de soja, enquanto a calagem não influenciou a produtividade de grãos de soja e milho em nenhum tempo de cultivo sob o SSD.

LITERATURA CITADA

- ARSHAD, M.A.; GILL, K.S.; TURKINGTON, T.K. & WOODS, D.L. Canola root rot and yield response to liming and tillage. *Agron. J.*, 89:17-22, 1997.
- BEEL, P.F. Predicting liming needs of soybean using soil pH, aluminum, and manganese soil tests. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 27:2749-2764, 1996.
- BLEVINS, R.L.; GROVE, J.H. & KITUR, B.K. Nutrient uptake of corn grown using moldboard plow or no-tillage soil management. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 17:401-417, 1986.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. & MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:315-327, 1999.
- CAIRES, E.F.; MADRUGA, E.F.; CHUEIRI, W.A. & FIGUEIREDO, A. Alterações das características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:27-34, 1998.
- CENTURION, J.F. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura do milho implantada. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1988. 125p. (Tese de Doutorado)
- CROZIER, C.R.; NADERMAN, G.C.; TUCKER, M.R. & SUGG, R.E. Nutrient and pH stratification with convencional and no-till management. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 30:65-74, 1999.
- EDWARDS, J.H.; WOOD, C.W.; THURLOW, D.L. & RUF, M.E. Tillage and crop rotation on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1577-1582, 1992.

- ESTES, O.G. Elemental composition of maize grown under no-till and conventional tillage. *Agron. J.*, 64:733-735, 1972.
- FOLLETT, R.F. & PETERSON, G.A. Surface soil nutrient distribution as affected by wheatfallow tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:141-147, 1988.
- FRANZLUEBBERS, A.J. & HONS, F.M. Soil-profile distribution of primary and secondary plant-available nutrients under conventional and no-tillage. *Soil Till. Res.*, 39:229-239, 1996.
- GROVE, J.H. & BLEVINS, R.L. Correcting soil acidification in continuous corn (*Zea mays* L.). *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1331-1342, 1988.
- HARGROVE, W.L.; REID, J.T.; TOUCHTON, J.T. & GALLAHER, R.N. Influence of tillage practices on the fertility status of an acid soil double-cropped to wheat and soybeans. *Agron. J.*, 74:674-687, 1982.
- KITUR, B.K.; PHILLIPS, S.R.; OLSON, K.R. & EBELHAR, S.A. Tillage effects on selected chemical properties of Grantsburg silt loam. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 25:225-246, 1994.
- KRETZSCHMAR, R.M.; HAFNER, H.; BATIONO, A. & MARSCHNER, H. Long and short-term effects of crop residues on aluminum toxicity, phosphorus availability and growth of pearl millet in an acid sandy soil. *Plant Soil*, 136:215-223, 1991.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- 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, 1996. p.8.
- MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C.; RICH, C.I. & SHEAR, G.M. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventional tilled corn. *Agron. J.*, 65:781-783, 1973.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:95-102, 1983.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. & SEDIYAMA, T. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:199-204, 1989.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:65-70, 1997.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of acidity in no-tillage system soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47-57, 1996.
- POTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:675-684, 1998.
- QUAGGIO, J.A.; GALLO, P.B.; FURLANI, A.M.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Isoquantas de produtividade de soja e sorgo para níveis de calagem e molibdênio. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:337-344, 1998.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- SÁ, J.C.M. Calagem em solos sob plantio direto da Região dos Campos Gerais, Centro Sul do Paraná. In: SÁ, J.C.M., coord. Curso sobre o manejo do solo no sistema de plantio direto. Castro, Fundação ABC, 1995. p.73-107.
- SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. & LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:449-454, 1995.
- SANZONOWICZ, C. Deficiência de manganês em solos do cerrado. Piracicaba, POTAFOS, 1995. 7p. (POTAFOS: Informações Agronômicas, 71)

