

# FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELA SOJA CULTIVADA NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM FUNÇÃO DA CALAGEM NA SUPERFÍCIE<sup>(1)</sup>

EDUARDO FÁVERO CAIRES<sup>(2,4)</sup>; ADRIEL FERREIRA DA FONSECA<sup>(3)</sup>

### RESUMO

As conseqüências das alterações químicas do solo pela calagem na superfície, em sistema de plantio direto, na nutrição mineral das culturas anuais, não são muito conhecidas. Com o objetivo de avaliar a absorção de nutrientes pela soja e seus reflexos sobre a produção de grãos, em função de doses de calcário na superfície, no sistema de plantio direto, foi conduzido um experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura média, em Ponta Grossa (PR). Os tratamentos, dispostos em blocos completos ao acaso, com doze repetições, constaram de quatro doses de calcário dolomítico: 0, 2, 4 e 6 t.ha<sup>-1</sup>, calculadas para elevar a saturação por bases do solo, a 50%, 70% e 90%. O calcário foi aplicado a lanço na superfície do solo, sem incorporação. A absorção de nutrientes pela soja foi avaliada no ano agrícola de 1996/97. Houve aumento de P e de Mg e redução de Zn e de Mn absorvidos pela cultura da soja, com a calagem na superfície, sem reflexos sobre a produção de grãos. O aumento da absorção de P foi proporcional ao aumento do pH do solo até a profundidade de 20 cm, ao passo que a maior absorção de Mg foi ocasionada pelo aumento de seus teores no solo, devido ao uso de calcário dolomítico. A redução da absorção de Zn e de Mn relacionou-se ao aumento do pH do solo nas camadas superficiais (0-5 cm e 5-10 cm), demonstrando que a calagem na superfície, em sistema de plantio direto, requer critérios adequados para estimativa da dose a ser aplicada. A elevada produção de soja em condições de alta acidez do solo, no sistema de plantio direto, está relacionada à adequada absorção de água e de nutrientes pela cultura, provavelmente em decorrência de maior umidade disponível no solo.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill, acidez do solo, nutrição mineral.

### ABSTRACT

Soybean nutrient uptake as a function of liming surface application, under a no-tillage system

Liming surface application effects on plant chemical traits, under no-tillage systems, are not well defined yet. A field trial has been carried out on a dystrophic dark red latosol (Haplortox) at Ponta Grossa, State of Paraná, Brazil, aiming at evaluate liming surface application effects, under a no-tillage scheme, on soybean nutrient uptake and its reflexes on grain yielding performances. A randomized complete block design has been used, in which four dolomitic limestone rates have been studied (0, 2, 4 and 6 t.ha<sup>-1</sup>), with twelve replications. Those rates have been set up to increase soil base saturation, in the 0-20 cm soil layer, to 50%, 70% and 90%, respectively. Surface liming application has increased P and Mg plant levels and decreased Zn and Mn ones, as expected by the presence of higher soil pH's in surface layers, with no significant effects on grain yields. So, high soybean grain yields, reported in

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 18 de outubro de 1999 e aceito em 19 de abril de 2000.

<sup>(2)</sup> Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) 84010-790 Ponta Grossa (PR). E-mail: efcaires@uepg.br

<sup>(3)</sup> Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Ex-bolsista do PIBIC/CNPq/UEPG.

<sup>(4)</sup> Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

highly acidic soils under no-tillage systems, might be related to proper water and nutrient uptakes due to higher soil moisture availability.

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merrill, soil acidity, mineral nutrition.

## 1. INTRODUÇÃO

A calagem é uma prática indispensável para a obtenção de alta produtividade em solos ácidos tropicais (PEARSON, 1975). Sua importância para a cultura da soja deve-se aos seus efeitos sobre a neutralização da acidez do solo, ao aumento do pH (RAIJ et al., 1977), à redução do alumínio e manganês tóxicos (MASCARENHAS et al., 1982), ao aumento da absorção de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (QUAGGIO et al., 1993), ou ainda pelo fato de fornecer cálcio e magnésio como nutrientes (MASCARENHAS et al., 1976).

A resposta da soja à calagem é bastante conhecida na literatura, quando se trata de cultivo convencional; são vários os trabalhos que mostram aumentos consideráveis da produção devidos à aplicação de calcário (MASCARENHAS et al., 1969; RAIJ et al., 1977; QUAGGIO et al., 1982, 1993).

No sistema de plantio direto, a correção da acidez do solo é realizada mediante distribuição do calcário na superfície, sem incorporação. Recentes trabalhos têm apresentado respostas pouco expressivas da soja à aplicação de calcário na superfície e altas produtividades da cultura (CAIRES et al., 1998; PÖTTKER e BEN, 1998) em solos ácidos, sob plantio direto.

A menor resposta da soja à calagem em áreas com cultivos já estabelecidos, não preparadas convencionalmente, tem sido relacionada ao menor efeito tóxico do alumínio, decorrente da formação de complexos orgânicos solúveis presentes nos restos das plantas (MIYAZAWA et al., 1996), ou com o fato de os teores de cálcio, magnésio e potássio apresentarem disponibilidade suficiente no perfil do solo para manter uma relação adequada com o alumínio (CAIRES et al., 1998). Todavia, faltam informações a respeito das consequências das alterações químicas do solo na nutrição mineral da soja, pela calagem na superfície, em sistema de plantio direto.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar a absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto, em função da aplicação de doses de calcário na superfície e seus reflexos sobre a produção de grãos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa (PR), Fazenda Estância dos Pinheiros, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura média, há quinze anos, sob plantio direto. Análises químicas

(PAVAN et al., 1992) e granulométricas (Embrapa, 1997) do solo, da camada de 0-20 cm, realizadas antes da instalação do experimento, revelaram os seguintes resultados: pH ( $\text{CaCl}_2$  0,01 mol.L<sup>-1</sup>) 4,5; 58 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>; 6 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>; 16 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 10 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; 1,4 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 9 mg.dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich-1); 19 g.dm<sup>-3</sup> de C-orgânico; e 32% de saturação por bases e teores de argila, silte e areia, respectivamente, de 220, 195 e 585 g.kg<sup>-1</sup>.

Os tratamentos, aplicados em parcelas de 50,4 m<sup>2</sup> (6,3 x 8,0 m), foram dispostos em blocos completos ao acaso, com doze repetições, e constaram de quatro doses de calcário dolomítico, com 84% de poder relativo de neutralização total (PRNT): 0, 2, 4 e 6 t.ha<sup>-1</sup> calculadas, visando elevar a saturação por bases da camada de 0-20 cm de solo a aproximadamente 50%, 70% e 90%. O calcário foi aplicado a lanço na superfície do solo, em julho de 1993.

Na rotação de culturas foram utilizados: soja (1993/94), aveia-preta/ervilhaca (inverno/94), milho (1994/95), pousio (inverno/95), soja (1995/96), trigo (inverno/96) e soja (1996/97). No presente trabalho, a absorção de nutrientes pela soja foi avaliada nesse último ano agrícola.

A semeadura da soja, cultivar FT 5 (Formosa), foi feita em 10 de dezembro de 1996, na densidade de 20 sementes por metro linear e espaçamento de 0,45 m entrelinhas. A população avaliada foi de 400.000 plantas por hectare. Como adubação básica empregaram-se 48 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio, utilizando-se do efeito residual de adubação fosfatada efetuada no trigo (250 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-25-25). As sementes foram submetidas à inoculação com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*.

Foram coletadas amostras de solo no período compreendido entre a colheita do trigo e a semeadura da soja, 40 meses após a calagem, retirando-se, por meio de trado calador, 12 subamostras por parcela para compor uma amostra composta das camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Foram determinados o pH, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, P e cátions básicos pelos métodos descritos em PAVAN et al. (1992). Os teores de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> foram estabelecidos por meio de extração pelo acetato de amônio 0,5 mol.L<sup>-1</sup> em ácido acético 0,25 mol.L<sup>-1</sup> e posterior quantificação pelo método turbidimétrico, descrito por VITTI e SUZUKI (1978).

Amostras de dez plantas por parcela foram coletadas 96 dias após a semeadura, no estádio R<sub>6</sub> da escala de FEHR et al. (1971). As amostras foram lavadas

em água desionizada, separadas em folhas, hastes e vagens, secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C, até atingir massa constante, e moídas. Foram avaliadas a produção de matéria seca e as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco e manganês, nas diferentes partes da planta, conforme os métodos descritos por MALAVOLTA et al. (1997).

Para avaliar a produção de grãos de soja foram colhidas as seis linhas centrais por quatro metros de comprimento, em cada parcela, tendo sido desprezados dois metros de cada extremidade.

Mediante análises de regressão por polinômios ortogonais, foram ajustadas equações de regressão aos dados obtidos, a partir das doses de calcário, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de determinação, significativos a 5%. Foram também realizadas análises de correlação linear entre a absorção de nutrientes pela cultura da soja e as características da fertilidade do solo, em função da profundidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se no quadro 1 as alterações químicas do solo, a partir de doses de calcário aplicadas na superfície, após 40 meses. Nota-se que a calagem proporcionou aumentos no pH, Ca e Mg trocáveis, saturação por bases e redução nos teores de Al tro-

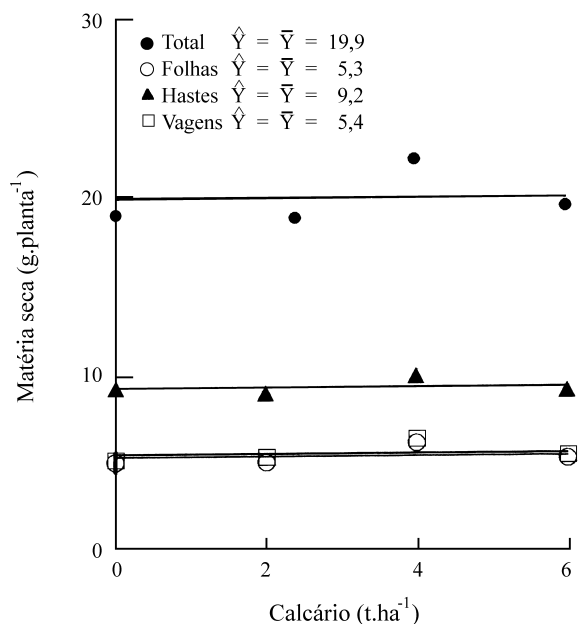
cável, nas três profundidades estudadas, com efeitos mais acentuados nas camadas superficiais do solo (0-5 cm e 5-10 cm). Os teores de K trocável e de P disponível não foram influenciados pela aplicação de calcário. Os teores de  $S-SO_4^{2-}$  foram reduzidos nas camadas superficiais com a calagem, devido à liberação do sulfato adsorvido em decorrência do aumento do pH, com movimentação deste para o subsolo, conforme CAIRES et al. (1999). As plantas de soja desenvolveram-se, portanto, em variadas condições de acidez do solo, conforme o previsto.

A aplicação de doses de calcário na superfície não exerceu influência significativa sobre a produção de matéria seca por diferentes partes da planta de soja (Figura 1). Nota-se que a produção total de matéria seca, aos 96 dias após a semeadura (estádio R<sub>6</sub> da escala de FEHR et al., 1971), foi de cerca de 20 g.planta<sup>-1</sup>, ou 8.000 kg.ha<sup>-1</sup>, valor semelhante ao obtido por outros autores (BATAGLIA e MASCARENHAS, 1977; CORDEIRO et al., 1979) para essa idade da planta. Embora possam existir variações em função do tipo de solo, clima e cultivar, é nesse estágio que ocorre o maior acúmulo de matéria seca pela planta de soja (CORDEIRO et al., 1979).

Na figura 2 são mostrados os efeitos de doses de calcário na superfície, em relação à absorção de macronutrientes pela cultura da soja. A extração de nutrientes pela parte aérea da planta ocorreu na seguinte

**Quadro 1.** Resultados de análises químicas de amostras de solo coletadas em diferentes profundidades antes da semeadura da soja

Calcário t.ha <sup>-1</sup>	pH em CaCl <sub>2</sub>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Cátions trocáveis				Saturação por bases %	P (Mehlich-1) mg.dm <sup>-3</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg.dm <sup>-3</sup>
			Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>			
0-5 cm									
0	4,5	74	3,0	29	15	3,0	39	14,3	9,8
2	5,4	47	0,0	52	17	3,4	61	13,9	6,2
4	5,7	38	0,0	54	25	3,4	68	13,9	5,2
6	5,8	38	0,0	55	26	2,9	69	13,7	5,3
5-10 cm									
0	4,3	78	5,1	21	12	1,8	31	10,0	9,5
2	4,8	66	1,7	35	13	1,8	43	8,3	8,3
4	4,9	55	1,2	36	15	1,9	49	9,4	7,6
6	5,1	53	0,0	42	17	1,5	53	7,8	7,9
10-20 cm									
0	4,2	75	6,8	16	7	1,1	24	3,2	12,9
2	4,4	73	5,3	19	8	1,0	28	2,8	13,9
4	4,5	68	4,0	20	9	1,0	31	3,4	11,9
6	4,6	68	3,5	21	10	0,9	32	2,8	14,6



**Figura 1.** Efeito de doses de calcário, na superfície, sobre a produção de matéria seca total e de partes da planta de soja.

ordem:  $N > K > Ca > P \geq Mg > S$ , o que está de acordo com os resultados de BATAGLIA e MASCARENHAS (1977).

Não foram observadas alterações significativas na absorção de N pela soja, com a calagem na superfície (Figura 2), ainda que ela possa exercer efeitos benéficos sobre o processo biológico de fixação de  $N_2$ , associados principalmente à maior disponibilidade de Mo e redução da acidez do solo. Estreita correlação entre N, nas folhas de soja, e doses de calcário incorporadas foi obtida por QUAGGIO et al. (1993). Entretanto, os teores foliares de N, na cultura da soja, também não foram influenciados pela calagem, tanto no sistema de cultivo convencional (RAIJ et al., 1977), como no plantio direto (CAIRES et al., 1998).

Apesar da análise de solo não ter revelado maior disponibilidade de P no solo (Quadro 1), observou-se aumento significativo na absorção desse nutriente pela cultura da soja, com a calagem na superfície (Figura 2). O extrator não apresentou, portanto, sensibilidade para detectar pequenas variações desse nutriente no solo, confirmando os dados obtidos por QUAGGIO et al. (1982). O mesmo não ocorre, normalmente, quando o P do solo é avaliado pelo método da resina trocadora de íons. Nesse caso, maiores teores foliares de P, com a calagem, têm sido acompanhados de aumentos na disponibilidade do nutriente no solo (RAIJ e QUAGGIO, 1990; QUAGGIO et al., 1993). O aumento do P extraído foi relacionado de forma significativa ao aumento do pH do solo, com coeficientes de correlação 0,62, 0,63 e 0,68, respectivamente, para as profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. Esse efeito

deve ter sido ocasionado por maior solubilização de P ligado a Fe e Al, com a elevação do pH. Vale destacar a importância da reação do solo na camada de 0-20 cm, apesar do calcário aplicado na superfície para o maior aproveitamento de P, pela soja.

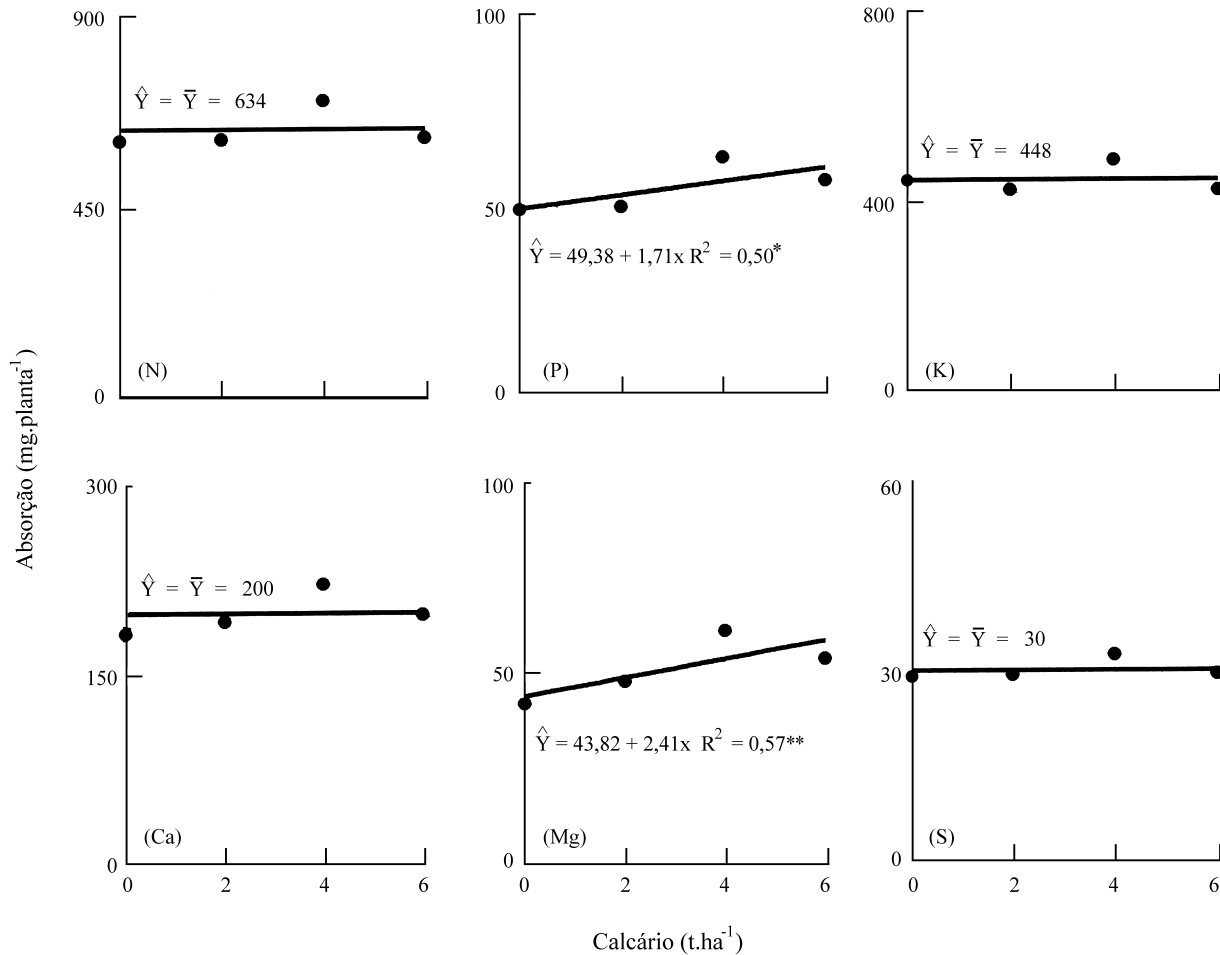
A absorção de K pela soja não foi influenciada pela aplicação de doses de calcário (Figura 2), certamente devido à ausência de efeito da calagem sobre os teores desse nutriente no solo (Quadro 1). Da mesma forma, as relações Mg/K e Ca+Mg/K no solo foram adequadas para o desenvolvimento da soja, segundo ROSOLEM et al. (1992). O aumento no suprimento de K com a calagem, para a cultura da soja, foi verificado por QUAGGIO et al. (1993), mas não o foi por RAIJ et al. (1977), ROSOLEM et al. (1992) e CAIRES et al. (1998).

A ausência de efeito da calagem sobre a absorção de Ca (Figura 2) pode estar vinculada aos elevados teores de Ca trocável que o solo continha, mesmo em condições de alta acidez. A calagem aumentou a absorção de Mg (Figura 2), devido ao aumento do Mg trocável no solo (Quadro 1), com o uso de calcário dolomítico, confirmando os resultados obtidos por MASCARENHAS et al. (1984). Efeitos positivos da calagem sobre a nutrição de Mg na cultura da soja também foram observados em outros trabalhos com calcário incorporado, no sistema convencional de preparo do solo (RAIJ et al., 1977; QUAGGIO et al., 1982), e na superfície, em sistema de plantio direto (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999).

O enxofre absorvido pela soja (Figura 2) não foi afetado pela calagem, em solo que apresentava teor médio de  $9,4 \text{ mg.dm}^{-3}$  de  $S\text{-SO}_4^{2-}$ , na camada de 0-20 cm (Quadro 1). Apesar das doses de calcário aplicadas, a extração pela cultura foi de  $30 \text{ mg.planta}^{-1}$ , ou o equivalente a  $12 \text{ kg.ha}^{-1}$  de S. Essa quantidade de S absorvida seria correspondente a um teor de  $S\text{-SO}_4^{2-}$  no solo de  $6 \text{ mg.dm}^{-3}$  (1 ha na profundidade de 0-20 cm). Os resultados revelam que a faixa de 6 a  $12 \text{ mg.dm}^{-3}$  (REISENHAEUER et al., 1973), tomada como exemplo em que respostas ao enxofre aplicado não são esperadas, parece ser adequada à cultura da soja, considerando que parte do S também pode ser absorvida do subsolo (QUAGGIO et al., 1993) ou, ainda, por mineralização da matéria orgânica.

Os efeitos de doses de calcário na superfície sobre a absorção de Cu, Zn e Mn pela cultura da soja são apresentados na figura 3. A ordem de extração desses micronutrientes pela parte aérea da planta foi a seguinte:  $Mn > Zn > Cu$ , ratificando os resultados obtidos por BATAGLIA e MASCARENHAS (1977).

Embora a disponibilidade de Cu seja diminuída com a elevação do pH do solo (HARMSSEN e VLEK, 1985), não foi observada redução significativa de sua absorção, com a calagem (Figura 3). A forte complexação



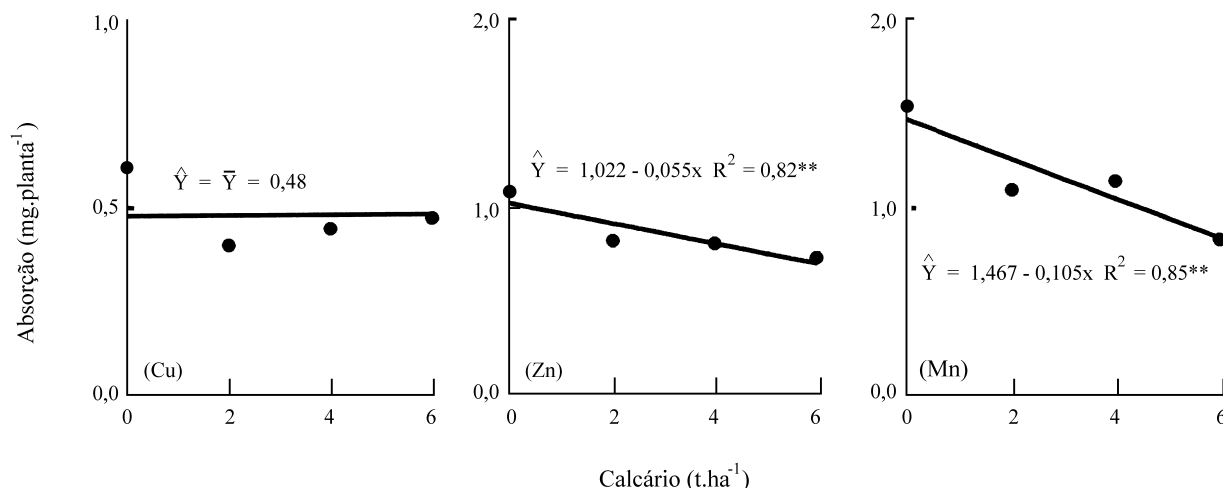
**Figura 2.** Efeito de doses de calcário, na superfície, sobre a absorção de macronutrientes pela parte aérea da soja. \*, \*\* significativos a 5% e 1%, respectivamente.

de Cu pela matéria orgânica pode explicar, em parte, a menor absorção desse nutriente com o aumento do pH do solo, apesar de apresentar diminuição de sua solubilidade com o aumento do pH (LINDSAY, 1972).

Houve redução da absorção de Zn pela soja com a calagem (Figura 3). Entretanto, não foram observados sintomas de deficiência do nutriente. Resultados semelhantes foram obtidos por MASCARENHAS et al. (1988), que observaram decréscimo de Zn nos teores foliares, em consequência da correção da acidez do solo, o que não foi suficiente para acarretar deficiência do elemento, mesmo na dose mais elevada de calcário (pH em  $\text{CaCl}_2$  6,1 e 78% de saturação por bases). A redução de Zn extraído pela parte aérea da soja relacionou-se de forma altamente significativa ao aumento do pH do solo, nas profundidades de 0-5 cm ( $r = -0,80$ ) e 5-10 cm ( $r = -0,62$ ). Destaca-se que a menor disponibilidade de Zn coincide com valores elevados de pH (LINDSAY, 1972). Outros fatores também podem estar envolvidos, como a interação entre Zn e P (PAUL-

SEN e ROTTIMI, 1968), em razão do aumento da absorção de P com a calagem (Figura 2).

A absorção de Mn pela soja foi a mais afetada pela aplicação de doses de calcário na superfície (Figura 3). Tanto a toxidez como a deficiência de Mn têm limitado o crescimento e a produção da soja (HEENAN e CAMPBELL, 1980). A calagem reduz o teor de Mn do solo a níveis não-tóxicos (QUAGGIO et al., 1982), mas em doses excessivas pode causar deficiência do elemento na planta (TANAKA et al., 1992). Apesar da redução da absorção de Mn com a calagem, as plantas não apresentaram sintomas de toxidez ou de deficiência do nutriente. A redução das quantidades de Mn extraídas pela soja relacionou-se significativamente ao aumento do pH do solo, nas profundidades de 0-5 cm ( $r = -0,77$ ) e 5-10 cm ( $r = -0,55$ ). O aumento dos teores de Ca e Mg trocáveis do solo também pode ter contribuído para a redução da absorção de Mn, conforme observado por RITCHEY et al. (1982). Outro fator a ser considerado é a correção da acidez do solo, a qual



**Figura 3.** Efeito de doses de calcário, na superfície, sobre a absorção de cobre, zinco e manganês pela parte aérea da soja. \*\* significativo a 1%.

provoca maior atividade microbiana que complexa o Mn, tornando-o menos disponível (TANAKA et al., 1993).

A redução da absorção de Zn e Mn pela soja, com a calagem (Figura 3), devido ao aumento do pH nas camadas superficiais do solo, demonstra que essa prática requer critérios adequados para estimativa da dose a ser aplicada na superfície, em sistema de plantio direto.

O maior acúmulo de P e de Mg (Figura 2) e o menor de Zn e de Mn (Figura 3), devido à aplicação de calcário na superfície, não proporcionaram alterações significativas na produção de soja. A produção de grãos foi de 2.702, 2.704, 2.860 e 2.685 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as doses 0, 2, 4 e 6 t.ha<sup>-1</sup> de calcário. Houve, portanto, "absorção de luxo" de P e de Mg, com a calagem, e de Zn e Mn na ausência de calcário. Ressalta-se que, apesar dos valores relativamente baixos de pH, os teores de Al trocável não eram tóxicos, e os teores de Ca e Mg trocáveis foram suficientes para o desenvolvimento da cultura de soja. Entretanto, altas produtividades também têm sido observadas em solos ácidos sob plantio direto, com teores elevados de Al trocável (PÖTTKER e BEN, 1998), devido ao

seu menor efeito tóxico decorrente da formação de complexos orgânicos solúveis (MIYAZAWA et al., 1996).

A absorção de nutrientes pela soja atendeu à exigência da cultura, conforme pode ser observado no quadro 2. As quantidades de nutrientes extraídas para a produção de 1.000 kg de grãos de soja foram semelhantes ou superiores às obtidas por BATAGLIA e MASCARENHAS (1977) e por CORDEIRO et al. (1979), independentemente da aplicação de calcário. Deve-se considerar a importância da umidade do solo nos processos de transporte e de absorção de nutrientes. O sistema de plantio direto apresenta maior umidade nas camadas superficiais, mantendo-se por mais tempo na faixa de água disponível para as plantas, graças à cobertura do solo, que reduz as perdas por evaporação (SALTON e MIELNICZUK, 1995). A maior retenção de água no sistema de plantio direto tem sido observada em vários trabalhos (CENTURION e DEMATTÊ, 1985; SALTON e MIELNICZUK, 1995; DE MARIA et al., 1999), e apontada como uma das vantagens desse sistema de cultivo. Portanto, a elevada produção de soja em condições de alta acidez do solo, no sistema de plantio direto, deve estar relacionada à adequada absorção de

**Quadro 2.** Quantidades de nutrientes extraídos pela soja para produção de 1.000 kg de grãos em função de doses de calcário

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Mn
t.ha <sup>-1</sup>	kg						g		
0	89,8	7,3	66,3	27,2	6,2	4,3	90	160	228
2	90,5	7,4	63,2	28,6	7,1	4,3	59	121	161
4	98,2	8,8	68,2	31,2	8,5	4,6	62	112	159
6	96,3	8,5	64,9	30,3	8,2	4,5	72	110	127
Média	93,0	8,0	65,6	29,3	7,5	4,4	71	126	169

água e de nutrientes pela cultura, em decorrência de maior umidade disponível no solo.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A calagem na superfície, em sistema de plantio direto, requer critérios adequados para estimativa da dose a ser aplicada, por ocasionar redução na absorção de zinco e de manganês, em decorrência do aumento do pH nas camadas superficiais do solo.

2. No sistema de plantio direto a elevada produção de soja em condições de solo ácido relacionou-se à adequada absorção de nutrientes pela cultura, provavelmente em decorrência de maior umidade disponível no solo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. *Absorção de nutrientes pela soja*. Campinas: Instituto Agronômico, 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41).
- 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, n.1, p.27-34, 1998.
- 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, 1999.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, p.263-266, 1985.
- CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SARRUGE, J.R.; PALHANO, J.B.; CAMPO, R.J. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/Centro Nacional de Pesquisa de Soja. *Ecologia, manejo e adubação da soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1979. p.19-49. (Circular Técnica, 2).
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.3, p.703-709, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development description for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Crop Science*, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development description for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Crop Science*, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.
- HARMSSEN, K.; VLEK, P.L.G. The chemistry of micronutrients in soil. *Fertilizer Research*, Dordrecht, v.7, p.1-42, 1985.
- HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Growth, yield components and seed composition of two soybean cultivars affected by manganese supply. *Australian Journal of Agricultural Research*, Canberra, v.31, p.471-476, 1980.
- LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., (Eds.). *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.41-57.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; NAGAI, V.; FALIVENE, S.M.P. Diferentes proporções de calcário calcítico e dolomítico no crescimento da soja em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., Campinas, 1984. *Anais...* Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. p.852-863.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; GALLO, P.B. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. *Bragantia*, Campinas, v.47, n.1, p.137-142, 1988.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; BATAGLIA, O.C.; BULISANI, E.A.; FEITOSA, C.T.; HIROCE, R. Efeito do corretivo sobre soja cultivada em solo de cerrado contendo Al e Mn. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. *Anais...* Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1982. p.567-573.
- MASCARENHAS, H.A.A.; GALLO, J.R.; RAIJ, B. van; IGUE, T.; BATAGLIA, O.C. Efeitos da calagem nas características químicas do solo e na nutrição de soja em Latossolo Roxo distrófico. *Bragantia*, Campinas, v.35, p.273-278, 1976.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E.S.; SORDI, G.De. Resposta da soja à calagem e à adubação mineral com fósforo e potássio em um Latossolo Roxo. *Bragantia*, Campinas, v.28, p.17-21, 1969.
- 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: So-

- cidade Brasileira de Ciência do Solo/ EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.38, p.47-57, 1996.
- PAULSEN, S.M.; ROTTIMI, O.A. Phosphorus-zinc interaction in two soybean varieties differing in sensibility to phosphorus nutrition. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.32, p73-76, 1968.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. *Manual de análise química do solo e controle de qualidade*. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76).
- PEARSON, R.W. *Soil acidity and liming in the humid tropics*. Cornell, International Agriculture, 1975. 66p. (Bulletin, 30).
- PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, n.4, p.675-684, 1998.
- 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*, Campinas, v.6, p.113-118, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.3, p.375-383, 1993.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Extractable phosphorus availability indexes as affected by liming. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.21, p.1267-1276, 1990.
- RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C.; LAUN, C.R.P. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.1, p.28-31, 1977.
- REISENHAEUER, H.M.; WALSH, L.M.; HOEFT, R.G. Testing soils for sulfur, boron, molybdenum, and chlorine. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D., eds. *Soil testing and plant analysis*. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.173-200.
- RITCHEY, K.D.; URBEN FILHO, G.; SPEHAR, C.R. Deficiência de manganês induzida por doses excessivas de calcário em um Latossolo Vermelho-Escuro, anteriormente sob vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. *Anais...* Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982. p 541-544.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; MAIA, I.G.; NAKAGAWA, J. Respostas da soja ao magnésio do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.47-54, 1992.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.247-250, 1992.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M., (Eds.) *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.105-135.
- VITTI, G.C.; SUZUKI, J.A. *A determinação do enxofre: sulfato pelo método turbidimétrico*. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 1978. 13 p. (Apostila)