

NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DA SOJA SOB INFLUÊNCIA DO EQUILÍBRIO ENTRE Ca, Mg e K¹

Carlos Hissao Kurihara²
Valdemar Faquin³
Clovis Manuel Borkert⁴
Gedi Jorge Sfredo⁵

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito do balanço entre Ca, Mg e K no solo sobre a produção de matéria seca e a absorção desses nutrientes por plantas de soja, cv. Bragg, foi instalado um experimento em casa de vegetação, na EMBRAPA-CNPq, Londrina, PR, usando amostras de latossolo vermelho-escuro distrófico de Ponta Grossa, PR. O ensaio foi conduzido em vasos no delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 6x3, com quatro repetições, sendo seis relações equivalentes de Ca:Mg no corretivo (1:2, 1:1, 5:1, 10:1, 20:1 e 40:1), obtidos pela aplicação de CaCO₃ e MgCO₃ e três doses de K (100, 150 e 200 ppm), pela adição de KH₂PO₄. Nas condições do experimento, pode-se concluir que há redução na produção de matéria seca de soja com aumentos na relação Ca:Mg no corretivo. A maior produção de matéria seca foi obtida com a aplicação de 150 ppm de K. Os teores de Ca, Mg e K nos tecidos são influenciados pela disponibilidade e pelo equilíbrio estabelecido entre os mesmos no solo. Assim, na correção do solo e na adubação potássica da soja, o equilíbrio entre Ca, Mg e K deve ser sempre observado.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Soja, calagem, antagonismo, relação Ca: Mg.

INTRODUÇÃO

A correção da acidez é uma prática fundamental para o sucesso do cultivo de soja em solos ácidos, pelos seus efeitos na neutralização de elementos tóxicos, disponibilidade de nutrientes e melhoria da microbiota (PALHANO et alii, 1984).

Contudo, o uso contínuo de um único tipo de calcário, calcítico ou dolomítico, associado à aplicação de fórmulas inadequadas de fertilizantes, podem resultar na ocorrência de desbalanços nutricionais nas plantas, comprometendo o crescimento e a produção das mesmas.

Uma das primeiras tentativas para estabelecer as melhores condições de absorção de cátions pelas plantas foi feita por BEAR & TOTH (1948). Neste trabalho, determinou-se que, numa condição ideal, um solo deveria ter uma saturação de seu complexo de troca com 65% de Ca, 10% de Mg, 5% de K e 20% de H. Deste

modo, infere-se que os cátions devem guardar entre si proporções percentuais de 15:1 para (Ca + Mg): K, de 13:1 para Ca:K, de 2:1 para Mg:K e de 6,5:1 para Ca: Mg, a fim de se manter o equilíbrio do complexo de troca.

Para a cultura da soja, dados preliminares de SFREDO et alii (1988) mostraram que a saturação do complexo de troca em latossolo roxo distrófico poderia ser de 38% de Ca, 18% de Mg, 4% de K, 60% em bases e 40% em acidez potencial. Entretanto, ARAUJO (1977) mostrou diferentes valores ideais da relação Ca:Mg trocáveis, em função do tipo de solo e do corretivo utilizado. Quando se aplicou corretivo com relação CaO:MgO de 1:0, as maiores produções de matéria seca de soja, 'Santa Rosa', foram obtidas com valores de relação Ca:Mg trocáveis entre 12:1 e 26:1 nos três solos estudados. Quando o corretivo apresentava relação CaO:MgO 2:1, uma relação CaO:Mg entre 1,15:1 e 1,5:1 mostrou-se mais adequada.

- 1 Parte da Dissertação apresentada à ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS (ESAL), pelo primeiro autor, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia na área de Solos e Nutrição de Plantas.
- 2 Eng. Agr., pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, EMBRAPA - CPAO - DOURADOS, MS, Bolsista do CNPq.
- 3 Eng. Agr., Professor do Departamento de Ciência do Solo da ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS - LAVRAS, MG, Bolsista do CNPq.
- 4 Eng. Agr., pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, EMBRAPA-CNPq - LONDRINA, PR, Bolsista do CNPq.
- 5 Eng. Agr. pesquisador da EMBRAPA - CNPq - LONDRINA, PR.

Estudando o efeito de quatro relações Ca:Mg no corretivo (100:0, 75:25, 50:50 e 0:100) sobre o crescimento do milho cultivado em dois solos de cerrado, SILVA (1980) obteve maiores produções de matéria seca de raízes e parte aérea com a relação 75:25. Quando foi aplicado corretivo com relação 0:100, este autor observou um acentuamento na deficiência de cálcio nas raízes, levando-o a concluir que concentrações mais elevadas de Ca, apesar de causarem desequilíbrios no solo, são menos prejudiciais que altas concentrações de Mg.

Por outro lado, MUCHOVEJ et alii (1986) e SILVA (1981) verificaram ausência de alterações significativas na produção de matéria seca de soja diante de relações Ca:Mg trocáveis de 0,26:1 a 24:1 e 2:1 a 87,5:1, respectivamente, demonstrando haver certa tolerância da cultura a amplas faixas de equilíbrio de cátions no solo.

Dentro deste contexto, esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do balanço entre Ca e Mg no corretivo e Ca, Mg e K no solo sobre a produção de matéria seca e a absorção desses nutrientes por plantas de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (EMBRAPA-CNPSo), Londrina, PR.

Foi utilizada uma amostra superficial (0-20cm) de latossolo vermelho escuro distrófico, textura argilo-arenosa, sob vegetação de campo nativo, da região de Ponta Grossa, PR. No Quadro 1 estão representadas as características física e químicas da amostra de terra utilizada, determinadas segundo os métodos usados por DAY (1965) e VETTORI (1969) com modificações da EMBRAPA (1979), respectivamente. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuído em esquema fatorial 6x3, com quatro repetições, sendo seis relações equivalentes de Ca:Mg no corretivo aplicado (1:2, 1:1, 5:1, 10:1, 20:1 e 40:1), obtidos pela aplicação de CaCO_3 e MgCO_3 p.a. e três doses de K (100, 150 e 200 ppm), pela adição de KH_2PO_4 p.a., perfazendo um total de 72 vasos.

A dose de corretivo aplicado foi calculada através do método de saturação de bases, visando elevá-la a 70%, considerando-se um PRNT de 100% para o material corretivo.

Foi feita a incorporação do material corretivo referente aos tratamentos em 2,4 kg de solo e a incubação por 50 dias, com umidade inicial de 80% da capacidade de campo. Durante o período de incubação, foram feitas amostragens periódicas de três repetições por tratamento (relação Ca:Mg) para determinação de pH em CaCl_2 0,01M e Al trocável.

QUADRO 1. Caracterização física e química da amostra de solo utilizada no experimento.

| | |
|---------------------------------|----------------|
| Análise física ¹ | |
| Areia (%) | 47,44 |
| Limo (%) | 6,97 |
| Argila (%) | 45,59 |
| Classificação textural | argilo-arenosa |
| Análise química ² | |
| pH CaCl_2 0,01 M | 3,70 |
| P (ppm) | 0,30 |
| K (meq/100 cm^3) | 0,13 |
| Ca (meq/100 cm^3) | 0,36 |
| Mg (meq/100 cm^3) | 0,32 |
| Al (meq/100 cm^3) | 1,60 |
| H + Al (meq/100 cm^3) | 12,03 |
| S (meq/100 cm^3) | 0,81 |
| t (meq/100 cm^3) | 2,41 |
| T (meq/100 cm^3) | 12,84 |
| m (%) | 66,52 |
| V (%) | 6,31 |
| Carbono (%) | 2,85 |

1. Análise realizada pelo método da pipeta no Laboratório de Física de Solo da EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR.

2. Análises realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo, Nutrição de Plantas e Microbiologia da EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR.

Após a incubação, foi padronizado o peso seco de solo em cada vaso em 2,1 kg, aplicando-se em seguida os tratamentos referentes às doses de K e a adubação básica de 300 ppm de P (obtida pela adição de H_3PO_4 p.a. em quantidade necessária para complementar o suprimento de P na forma de KH_2PO_4 p.a.)

Amostras de solo foram tomadas e analisadas para determinação das características químicas após a incubação com o corretivo e após a aplicação dos fertilizantes.

Em seguida, foram semeadas dez sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill cv. Bragg], previamente inoculadas com rizóbio específico. Aos sete dias após o plantio foi feito o desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida aproximadamente a 60% da capacidade de campo, aferida através de pesagens dos vasos.

A colheita foi realizada aos 85 dias após o plantio, no estágio de pleno florescimento, cortando-se o material rente ao solo. O material foi secado em estufa a 70°C até peso constante.

Foi avaliado o peso de matéria seca e efetuada a análise química nos tecidos para Ca, Mg e K, através de digestão nitroperclórica, conforme SARRUGE & HAAG (1974). A análise do extrato foi feita por fotometria de chama (K) e espectrofotometria de absorção atômica (Ca e Mg).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de corretivo com variadas relações Ca:Mg teve rápido efeito na redução da acidez do solo, sendo observado logo na primeira amostragem (nove dias de incubação) a total neutralização do alumínio trocável. Foi observada expressiva elevação do pH, com tendência à estabilização no decorrer do período de incubação para valores semelhantes aos amostrados no Quadro 2.

Ao final do período de incubação, foi verificada tendência de aumento do pH com o acréscimo de carbonato de cálcio na mistura do corretivo aplicado (Quadro 2). Esse resultado discorda de SFREDO (1976) e SILVA (1980), que observaram ligeira diminuição do pH com o aumento na relação Ca:Mg, apesar das diferenças também não serem significativas. Neste sentido, ALCARDE (1986), citando diversos autores, ressalta que apesar da maior solubilidade do calcário calcítico em extratores químicos, no solo parece não haver diferenças com o calcário dolomítico na elevação do pH.

Os tratamentos empregados provocaram ampla variação nos teores de Ca, Mg e K trocáveis no solo (Quadro 2), com valores em níveis considerados médios a muito altos, à exceção do tratamento Ca:Mg 40:1, que manteve o nível de Mg baixo (ORGANIZAÇÃO

DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ, 1990).

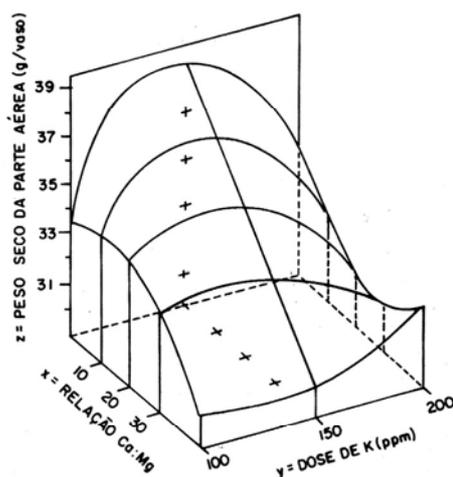
Na Figura 1 é apresentada a produção de matéria seca da parte aérea em função das relações de Ca:Mg no corretivo e das doses de K aplicadas. Apenas na dose de 150 ppm de K as relações Ca:Mg apresentaram um efeito definido na produção de matéria seca, causando decréscimos lineares à medida em que se aumenta a proporção de Ca no corretivo. Nas doses de 100 e 200 ppm de K, o comportamento da resposta em matéria seca foi quadrático, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. Em condições de reduzida proporção de Mg no corretivo (alta relação Ca:Mg), foram obtidas as menores produções de matéria seca, independente dos níveis de K. Isso ocorreu, possivelmente, devido a uma deficiência de Mg induzida (Figura 3), embora sintomas visuais de deficiência nas plantas não tenham sido observados.

Por outro lado, nas relações Ca:Mg inferiores a 30:1, foi observado maior crescimento da soja na dose de 150 ppm de K. A dose de 200 ppm de K foi aquela que proporcionou o menor crescimento das plantas em praticamente todas as relações Ca:Mg estudadas, provavelmente devido a um desbalanço com outros cátions.

Decréscimos na produção de matéria seca de plantas, com aumentos na relação Ca:Mg no corretivo, também foram registrados por SOARES et alii (1983) e CARMELLO (1989). Contudo, as respostas ao equilíbrio entre Ca e Mg no corretivo e no solo podem ainda ser influenciadas por outras variáveis, tais como o tipo de solo (SFREDO, 1976 e ARAUJO, 1977), a fonte de nutrientes utilizada (SOLERA, 1988), o nível de corretivo aplicado (SFREDO, 1976), a

QUADRO 2. Características químicas do latossolo vermelho-escuro após a incubação por 50 dias com o material corretivo e a aplicação de três doses de K.

| Ca:Mg corretivo | pH CaCl ₂ 0,01 M | Ca | | Mg | | Ca:Mg solo |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------|------|--------|--|------------|
| | | meq/100 cm ³ | | | | |
| 1:2 | 5,36 | 2,64 | 4,07 | 0,6:1 | | |
| 1:1 | 5,42 | 3,87 | 3,22 | 1,2:1 | | |
| 5:1 | 5,52 | 6,30 | 1,24 | 5,1:1 | | |
| 10:1 | 5,61 | 7,16 | 0,78 | 9,2:1 | | |
| 20:1 | 5,67 | 7,29 | 0,52 | 14,2:1 | | |
| 40:1 | 5,55 | 7,26 | 0,38 | 19,4:1 | | |
| Dose K (ppm) | | K meq/100 cm ³ | | | | |
| 100 | | 0,28 | | | | |
| 150 | | 0,44 | | | | |
| 200 | | 0,59 | | | | |



$$\bar{Z} = -9,92 + 1,20x + 6,29 \cdot 10^{-1}y - 1,81 \cdot 10^{-3}x^2 - 2,07 \cdot 10^{-3}y^2 - 1,42 \cdot 10^{-2}xy + 3,35 \cdot 10^{-5}xy^2 - 1,01 \cdot 10^{-4}x^2y + 7,09 \cdot 10^{-7}x^2y^2$$

$$R^2 = 0,64^*$$

FIGURA 1. Peso seco da parte aérea de soja em função das relações Ca:Mg no corretivo e das doses de K aplicadas.

espécie vegetal (BULL, 1986) ou mesmo a cultivar utilizada.

Os teores de Ca, Mg e K na parte aérea foram diretamente relacionados ao fornecimento desses nutrientes pelos tratamentos (Figuras 2,

3 e 4). Contudo, com o aumento das doses de K aplicadas, houve tendência em se promover redução nos teores de Ca nos tecidos. O mesmo efeito antagonístico do K também foi verificado sobre a absorção de Mg, porém somente em

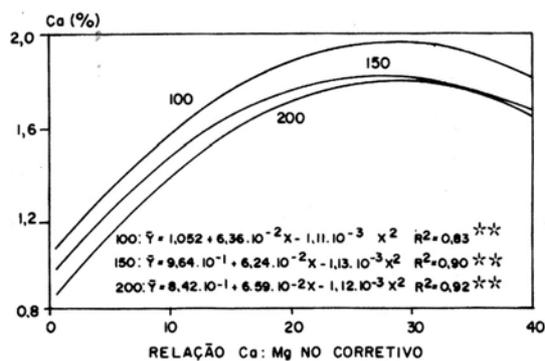


FIGURA 2. Teor de Ca na parte aérea de soja em função das relações Ca:Mg no corretivo e das doses de K aplicadas.

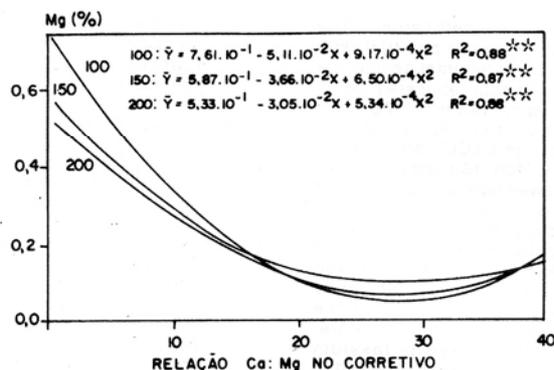


FIGURA 3. Teor de Mg na parte aérea de soja em função das relações Ca:Mg no corretivo e das doses de K aplicadas.

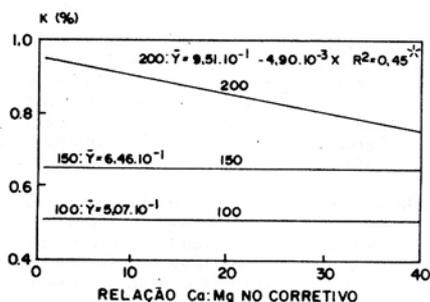


FIGURA 4. Teor de K na parte aérea de soja em função das relações Ca:Mg no corretivo e das doses de K aplicadas.

condições de maior disponibilidade de Mg no solo (menor relação Ca:Mg). Apesar do teor de Ca ser influenciado pelos níveis de K em praticamente todas as relações Ca:Mg, esse efeito é menos acentuado que a inibição da absorção de Mg pelo K (Figuras 2 e 3). Resultados semelhantes foram obtidos em plantas de milho por MORTVEDT & KHASAWNEH (1986). Assim, pode-se inferir que níveis elevados de K no solo induzem a manifestação de sintomas de deficiência de Mg, como foi constatado em plantas de soja por MIRANDA et alii (1984).

Os teores de K nos tecidos, por sua vez, só foram influenciados pelas relações Ca:Mg no corretivo quando foram aplicados 200 ppm de K. Nesta dose, foi verificada a redução nos teores de K com acréscimos na proporção de Ca no corretivo (Figura 4).

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o experimento, conclui-se que o equilíbrio entre Ca, Mg e K no solo afeta o crescimento da soja, sendo as maiores produções de matéria seca obtidas com a aplicação de 150 ppm de K. Neste nível de adubação potássica, a produção de matéria seca é afetada de forma linear e negativa pelo aumento na relação Ca:Mg no corretivo. Os teores de Ca, Mg e K nos tecidos também são influenciados pela disponibilidade e pelo equilíbrio estabelecido entre os mesmos no solo. Assim, na correção do solo e na adubação potássica da soja, o equilíbrio entre Ca, Mg e K deve ser sempre observado.

SUMMARY

SOYBEAN GROWING AND MINERAL NUTRITION AFFECTED BY INFLUENCE OF THE BALANCE OF SOIL Ca, Mg AND K

In order to evaluate the effect of the balance of soil Ca, Mg and K on the Soybean dry matter production and uptake of these nutrients, an experiment was carried out in the glasshouse, at EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR. Soybeans, cv.

Bragg, were grown in a Dark Red Latosol. The experiment was conducted in a pot trial with completely randomized experimental design in a 6 x 3 factorial scheme, with four replicates, being the treatments six equivalent ratios Ca:Mg in the lime (1:2, 1:1, 5:1, 10:1, 20:1 and 40:1), achieved with the application of the CaCO₃ and MgCO₃ and three levels of the K (100, 150 and 200 ppm), with KH₂PO₄ addition. It was concluded that there is a decrease in the dry matter production of soybean tops with an increase in the lime Ca:Mg ratios. The highest productions are obtained with application of 150 ppm K. The concentration of Ca, Mg and K in the tissue was influenced by the soil availability of these nutrients to the plants and by their balance in the soil. Therefore, in the soil liming and soybean potassium fertilization, the balance of soil Ca, Mg and K should be always observed.

INDEX TERMS: Soybeans, liming, antagonism, Ca:Mg ratios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCARDE J.C. A avaliação da qualidade dos corretivos da acidez dos solos. Campinas, Fundação Cargill, 1986. 40p.
2. ARAÚJO, F.P. de. Efeito da calagem na produção de matéria seca de soja (*Glycine max* L. Merrill), em três Latossolos sob cerrado: quantidade e relação CaO:MgO do corretivo. Lavras, ESAL, 1977. 67p. (Tese MS).
3. BEAR, F.C. & TOTH, S.J. Influence of calcium on availability of the soil cations. *Soil Science*, Baltimore, 63(1):69-74, Jan. 1948.
4. BULL, L.T. Influência da relação K/[Ca+Mg] do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageira. Piracicaba, ESALQ, 1986. 107p. (Tese de Doutorado).
5. CARMELLO, Q.A. de C. Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg do solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão. Piracicaba, ESALQ, 1989. 105p. (Tese de Doutorado).
6. DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties*, including statistic of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.545-67. (ASA, Agronomy, 9).
7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conversão de Solos. *Manual de Métodos de Análise de Solo*, Rio de Janeiro, 1979. n.p.
8. MIRANDA, M.A.C.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & FALIVENE, S.M.P. Clorose internerval em folhas de soja produzida por deficiência de magnésio. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, Campinas, 1984. *Anais...* Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1984. p.703-8.
9. MORTVEDT, J.J. & KHASAWNEH, F.E. Effects of growth responses on cationic relationships in plants. *Soil Science*, Baltimore, 141(3):200-7, Mar. 1986.
10. MUCHOVEJ, R.M.C.; BORGES, A.C.; NOVAIS, R.F. & THIEBAUT, J.T.L. Effect of liming levels and Ca:Mg ratios on yield, nitrogen content and nodulation of soybeans grown in acid Cerrado soil. *Journal of Soil Science*, Oxford, 37(2):235-240, June 1986.
11. ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1990/91*. Cascavel. (OCEPAR/EMBRAPA-CNPSo, Documentos, 42).
12. PALHANO, J.B.; SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; LANTMANN, A.F. & BORKERT, C.M. *Calagem para soja; recomendações para o Estado do Paraná*, Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1984. 13p. (EMBRAPA-CNPSo, Comunicado Técnico, 28).
13. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
14. SFREDO, G.J. Efeito das relações entre Ca e Mg sobre o pH, Al⁺⁺⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ no solo e sobre a produção de matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa, UFV, 1976. 61p. (Tese MS).

-
15. SFREDO, G.J.; LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; BORKERT, C.M. & OLIVEIRA, M.C.N. de. Comportamento da queima foliar da soja ao se usar matéria orgânica e calcário. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja, 1987/88**. Londrina, 1988. p.107-14. (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 36).
16. SILVA, J.E. da. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 15(3):329-33, jul. 1980.
17. SILVA, R. da. **Efeito de níveis de corretivo em diferentes relações Ca:Mg sobre o comportamento das variedades UFV-1 e IAC-2 da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em solo de cerrado**. Viçosa, UFV, 1981. 35p. (Tese MS).
18. SOARES, E.; LIMA, L.A. de; MISCHAN, M.M.; MELLO, F. de A.F. & BOARETTO, A.E. Efeito da adubação potássica na absorção do K, Ca e Mg por plantas de soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 58(3):141-57, out. 1983.
19. SOLERA, M.A.C. **Efeito de relações Ca:Mg, utilizando carbonatos e sulfatos, sobre o crescimento e a nutrição mineral da cana-de-açúcar**. Viçosa, UFV, 1988. 186p. (Tese MS).
20. VETTORI, L. **Métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1989. 24p. (Boletim Técnico, 7).