

# Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes

*Calcium/magnesium ratio in soil and foliars levels macronutrients*

Jetro Turan Salvador<sup>[a]</sup>, Tereza Cristina Carvalho<sup>[b]</sup>, Luiz Antonio Corrêa Lucchesi<sup>[c]</sup>

<sup>[a]</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor, técnico da Rede de Inovação e Prospecção Tecnológica para o Agronegócio – RIPA, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: jetro50@yahoo.com.br

<sup>[b]</sup> Engenheira agrônoma, M.Sc., Pós-graduanda da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: tccarva@gmail.com

<sup>[c]</sup> Engenheiro agrônomo, professor Doutor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: lclucche@ufpr.br

## Resumo

A disponibilidade de nutrientes no solo é dependente de uma série de fatores. Por causa das diferentes interações que ocorrem, o uso e monitoramento das relações entre nutrientes no solo pode ser uma das formas adequadas para proporcionar um equilíbrio nutricional para as plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar se a aplicação de diferentes relações cálcio e magnésio no solo alteram os teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio em plantas de soja. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, utilizando terra oriunda de um latossolo submetido a sete diferentes relações de cálcio e magnésio (1:0, 10:1, 3:1, 1:1, 1:3, 1:10 e 0:1) e o tratamento testemunha, sendo utilizadas três repetições por tratamento. Realizou-se o cultivo de duas plantas de soja por vaso, sendo estas, aos 75 dias após a semeadura, submetidas a análises foliares quanto aos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio. Ocorreram alterações significativas nos teores trocáveis de cálcio e magnésio do solo e nos teores foliares de cálcio, magnésio e potássio, quando se usaram diferentes relações de cálcio e magnésio no solo.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill. Nutrientes. Folha.

## Abstract

*The availability of nutrients is dependent of a variety of factors. Due the different interactions between nutrients, the monitoring of relationships between soil nutrients can be one of the appropriate form to provide a nutritional balance for plants. The objective of this work was evaluated if the application of different calcium/magnesium ratio in soil modify the levels of calcium, magnesium, phosphorus and potassium in soybean plants. The experiment was set up in a completaly randomized design, in greenhouse, using a latosol, subjected to seven different calcium and magnesium relationship (1:0, 10:1, 3:1, 1:1, 1:3, 1:10 and 0:1), and the control*



*treatment, with three replications. Cultivation was made with two soybean plants per pot, being these 75 days after sowing, evaluated in foliar levels of calcium, magnesium and potassium. It was observed significant inter-relationship in levels of calcium and magnesium soil, and in foliar levels of calcium, magnesium, phosphorus and potassium, when used different relationship of calcium and magnesium in soil.*

**Keywords:** Glycine max (L.) Merrill. Nutrients. Leave.

## Introdução

Os sistemas agrícolas são expostos a ações naturais e antropogênicas que podem ser benéficas ou prejudiciais. Os efeitos prejudiciais são normalmente conhecidos como estresses. Dentre estes, o desequilíbrio entre nutrientes no solo destaca-se como um dos mais problemáticos, pois pode restringir o desenvolvimento da planta (CORRÊA et al., 2006).

O desequilíbrio entre nutrientes ocorre por diversos fatores, como a disponibilidade de nutrientes no solo e a absorção destes pelas plantas. Os principais fatores que afetam a disponibilidade e absorção de nutrientes são, principalmente, o tipo de solo, o pH, a concentração e o equilíbrio entre a fração trocável e em solução do solo, além de interações iônicas (MALAVOLTA, 1980; TISDALE et al., 1985).

Dentre os nutrientes, o cálcio geralmente encontra-se em baixa concentração nos solos ácidos, que são típicos do território brasileiro. Tal nutriente participa nas funções estruturais, osmóticas e de mensageiro citoplasmático (MARSCHENER, 1995; WHITE, 1998).

Estudos têm tentado relacionar os teores de cálcio, tanto no solo como na planta, com outros elementos. Para Moreira et al. (1999) e Arantes e Nogueira (1986), altos teores de cálcio e magnésio no solo geraram inibição competitiva com o potássio. Clarck et al. (1997) observaram, no milho, que ocorreu redução na concentração de cálcio da parte aérea, com o aumento da aplicação de magnésio, assim como a elevação de magnésio e redução de fósforo, enquanto o potássio manteve-se constante.

Em muitos casos há variabilidade dos resultados, provenientes das interações dos nutrientes no solo. Vários autores propõem que, em vez da busca de teores de cálcio, magnésio ou outros elementos adequados no solo, sejam monitoradas as relações entre nutrientes no solo, pois a disponibilidade do cálcio depende dessas relações (BÜLL; NAKAGAWA, 1995; HERNANDEZ; SILVEIRA, 1998).

A relação cálcio e alumínio (Ca:Al) pode ser usada como indicadora de processos que contribuem para a acidificação do solo (CRONAN; GRIGAL, 1995). No entanto, possivelmente a relação mais discutida e conhecida do ponto de vista agrônômico é a relação cálcio e magnésio (Ca:Mg). Ela é importante por haver uma competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo (MOREIRA et al., 1999), o que pode afetar o desenvolvimento das plantas. Yadare e Girdhar (1981) citam que o cálcio apresenta maior preferência em relação ao magnésio no complexo de troca do solo.

Por outro lado, a relação do cálcio e magnésio desencadeia outros processos. Na nutrição vegetal, esse fato está relacionado às suas propriedades químicas muito similares, como o grau de valência e a mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes. Como consequência, a presença excessiva de um pode prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro (ORLANDO FILHO et al., 1996). A interação desses macronutrientes no sistema solo-planta é medida pela absorção da planta. Nesse caso, o método mais utilizado é a verificação dos teores foliares na planta (SCHERER, 1998).

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência de diferentes relações cálcio e magnésio presentes no solo, nos teores foliares de Ca, Mg, K e P de plantas de soja.

## Materiais e métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná em 2005. Para a pesquisa, utilizou-se a camada de solo, de 0 a 20 cm, de um latossolo vermelho escuro álico (PRADO, 1999) coletado na cidade de Arapoti, PR. Posteriormente, o solo foi seco, peneirado (diâmetro 2 mm) e caracterizado quimicamente

e granulometricamente segundo Pavan et al. (1992) e Silva (1999), apresentando pH  $\text{CaCl}_2$ : 4,0; Ca: 1,48  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ; Mg: 0,62  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ; Al: 0,8  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ; K: 0,16  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ; P: 2,4  $\text{mg kg}^{-1}$ ; C: 20,8  $\text{g kg}^{-1}$ ; areia: 630  $\text{g kg}^{-1}$ ; silte: 190  $\text{g kg}^{-1}$  e argila: 180  $\text{g kg}^{-1}$ .

Aplicou-se no solo  $\text{CaCO}_3$  (PRNT 100%) e  $\text{MgCO}_3$  (PRNT 118%) para alcançar saturação de bases de 90. A recomendação de corretivo, com base na Comissão de Fertilidade do Solo (1995), para o latossolo foi de 5,28  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por testemunha (solo sem aplicação de carbonato de cálcio ou magnésio) e as relações Ca:Mg nas seguintes proporções: 1:0, 10:1, 3:1, 1:1, 1:3, 1:10 e 0:1. Para o cálculo das quantidades a serem aplicadas de carbonatos nos solos, foram considerados os PRNTs dos diferentes carbonatos, sendo  $\text{CaCO}_3$  com PRNT de 100% e  $\text{MgCO}_3$  com PRNT de 118%.

O solo foi incubado em sacos plásticos, por 40 dias, mantidos com 80% da capacidade de campo. Para determinar a capacidade de campo, reservou-se uma amostra seca de 500 g da terra oriunda do latossolo utilizado no referido trabalho. A amostra foi saturada com 500 mL de água deionizada e deixada em local sombreado, para drenar livremente o excesso de água, durante um período de 24 horas. A umidade retida pela terra nessas condições correspondeu à capacidade de campo de 100%; feito isso se determinou o correspondente a 80% da capacidade de campo utilizada no trabalho (BRASIL, 1992). Logo após, os solos foram transferidos para vasos ( $3,5 \text{ dm}^3$ ), onde foi aplicado em cada um deles o equivalente a 156  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, 156  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 130  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de ureia, fosfato monoamônio e cloreto de potássio, respectivamente. Após o preparo dos solos, foi realizada a semeadura da soja, mantendo duas plantas por vaso, da cultivar BRS 184. Aos 75 dias após a semeadura, foram coletadas amostras foliares para determinação dos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K), segundo metodologia proposta por Jones e Case (1990). Após coletas foliares, o solo foi caracterizado quimicamente quanto aos teores de cálcio e magnésio extraídos por  $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , conforme metodologia descrita por Silva (1999).

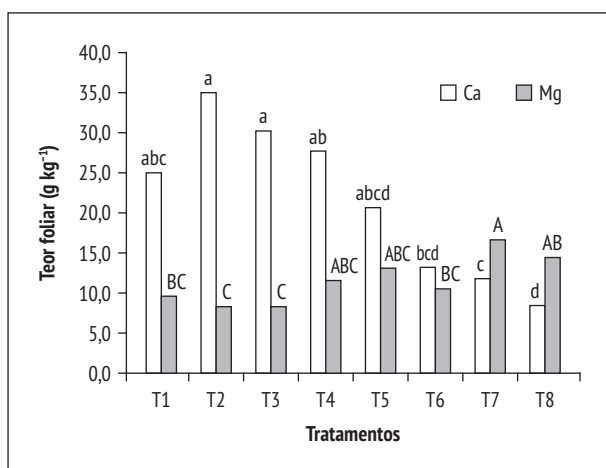
Os resultados para os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo

as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) por meio do programa estatístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS, 1999).

## Resultados e discussão

Ao analisar os teores foliares de Ca, Mg, K e P (Figuras 1 e 2), verificam-se diferenças significativas entre os tratamentos, para os teores de Ca, Mg e K, enquanto não ocorreram diferenças entre os tratamentos para o fósforo (P). O maior teor de potássio (K) foi para o tratamento T 4 (Relação Ca:Mg de 3:1), enquanto os menores teores de potássio foram nos tratamentos T 6 e T 8.

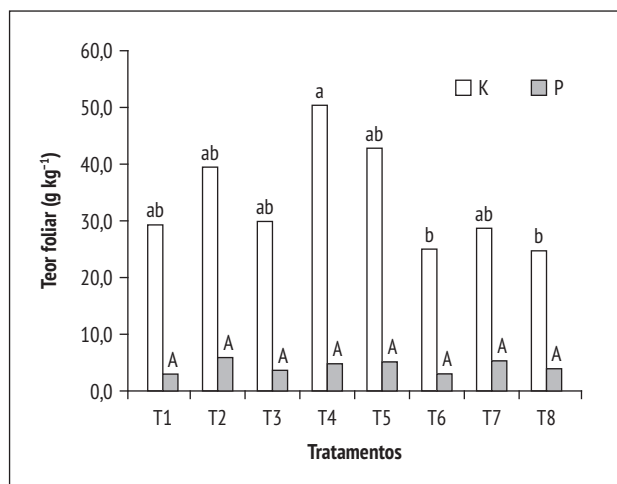
Scherer (1998), ao estudar o efeito dos níveis de potássio presentes em um latossolo no desenvolvimento de plantas de soja, concluiu que o teor de potássio no solo tem relação positiva com o teor foliar desse macronutriente, sendo a produtividade beneficiada em função dessa relação. Na referida pesquisa estabeleceu-se uma faixa ideal de potássio presente no solo para manutenção de altas produções, variando de 60 a 80  $\text{mg dm}^{-3}$  sendo as respostas mínimas com valores acima disso.



**Figura 1** - Teores foliares de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de soja, expressos em grama por quilograma de folha; sendo T1 – testemunha, T2 – 1:0, T3 – 10:1, T4 – 3:1, T5 – 1:1, T6 – 1:3, T7 – 1:10 e T8 – 0:1

Legenda: Letras maiúsculas e minúsculas iguais na coluna, em cada tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5%; letras minúsculas referem-se ao teor foliar de Ca, maiúsculas referem-se ao teor foliar de Mg.

Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 2** - Teores foliares de potássio (K) e fósforo (P) nas folhas de soja, expressos em grama por quilograma de folha; sendo T1 – testemunha, T2 – 1:0, T3 – 10:1, T4 – 3:1, T5 – 1:1, T6 – 1:3, T7 – 1:10 e T8 – 0:1

Legenda: Letras maiúsculas e minúsculas iguais na coluna, em cada tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5%; letras minúsculas referem-se ao teor foliar de K, maiúsculas referem-se ao teor foliar de P.

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela análise da Figura 2, a relação Ca:Mg de 3:1 foi a mais adequada para o balanço nutricional do potássio, em que os teores foliares responderam de forma crescente à aplicação desse macronutriente no solo. Segundo Scherer (1998), o teor foliar de potássio em plantas de soja acima de  $14 \text{ g kg}^{-1}$  contribui para a obtenção de 90% do máximo do rendimento de produção. Observa-se na Figura 2 que os teores foliares de potássio em todos os tratamentos permaneceram acima do valor apresentado por Scherer (1998). No entanto, a tendência do melhoramento genético da cultura da soja é o lançamento de cultivares de maior contribuição para aumentos de produtividade (SAGATA et al., 2009), que, consequentemente, terão maiores exigências nutricionais. Scherer (1998) também ressaltou que existem dificuldades na interpretação dos resultados dos teores dos macronutrientes foliares, principalmente no que se refere ao estabelecimento de níveis críticos.

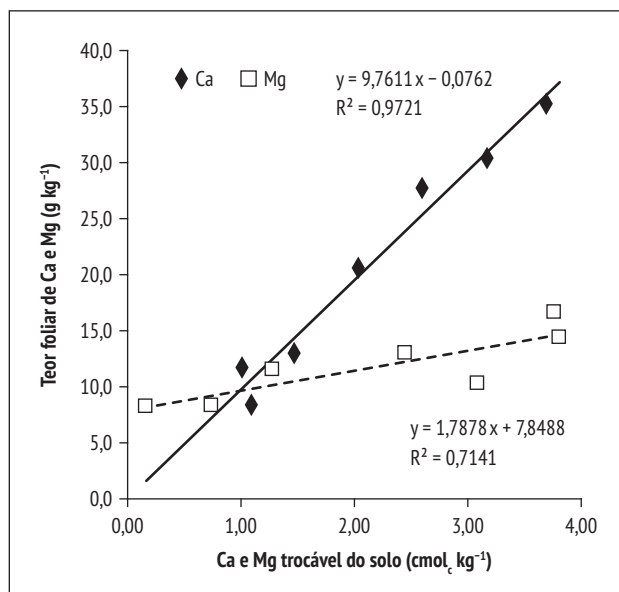
O teor foliar do fósforo em plantas de soja não foi influenciado em função das diferentes relações de Ca:Mg testadas na referida pesquisa. No entanto, Hernandez e Silveira (1998), ao estudarem os efeitos das relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo

na nutrição mineral do milho, observaram que o seu crescimento e a sua produção foram beneficiados positivamente pelo teor foliar do fósforo, nas relações Ca:Mg de 3:1; também foi verificado que relações maiores de Ca:Mg causaram efeito antagônico do Ca na absorção de Mg por plantas de milho.

Pelos resultados obtidos na referida pesquisa, a maior relação Ca:Mg proporcionou efeito diminutivo no teor foliar de magnésio, enquanto o potássio respondeu de maneira positiva (Figuras 1 e 2) ao efeito antagônico do magnésio (Mg) e sinérgico do cálcio (Ca) na sua absorção pela planta. Resultados obtidos por Büll e Nakagawa (1995), avaliando o aumento da relação Ca:Mg no solo, mostraram que foi gerado aumento do teor de K e Ca e diminuição de Mg da parte aérea. Epstein (1975) relata que na absorção do Mg e do Ca pela planta há competição e o excesso de um desses elementos resulta na diminuição na absorção do outro. Tal efeito no desequilíbrio nutricional resulta na diminuição no desenvolvimento vegetal (ROSOLEM et al., 1984).

Os maiores teores de Ca (Figura 1) ocorreram nos tratamentos T 2 e T 3 (relações Ca:Mg 1:0 e 10:1, respectivamente), enquanto o menor teor de Ca se observou no tratamento T 8 (relação Ca:Mg 0:1), no qual não houve aplicação desse macronutriente. Quanto ao Mg (Figura 1), os maiores teores ocorreram nos tratamentos T 7 e T 8 (relações Ca:Mg 1:10 e 0:1, respectivamente). Observou-se que quanto maior a relação Ca:Mg aplicada maiores foram os teores foliares de cálcio, enquanto as menores relações de Ca:Mg aplicadas proporcionaram maiores teores foliares de magnésio, tendo sido observado o mesmo comportamento por Clarck et al. (1997). Hernandez e Silveira (1998) verificaram que baixos teores de Mg na solução do solo, em associação ao desequilíbrio Ca:Mg no solo, provocado pelos corretivos com alta proporção de cálcio, resultam em diminuição na produção das plantas, em função da deficiência de magnésio. Verifica-se, pelos resultados obtidos, que a relação Ca:Mg de 3:1 e 1:1 (T4 e T5, Figura 1) apresentaram equilíbrio no balanço nutricional quanto aos teores foliares de cálcio e magnésio, favorecendo a manutenção desses nutrientes na planta.

A relação entre teores trocáveis de Ca e Mg no solo e teores foliares totais de Ca e Mg responde de maneira positiva quando o teor foliar de Ca e Mg é de  $10 \text{ g kg}^{-1}$ , e o de cálcio e magnésio trocáveis no solo é de  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Figura 3). Hernandez e Silveira



**Figura 3** - Relação entre teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis no solo e teores foliares de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em plantas de soja

Fonte: Dados da pesquisa.

(1998) também observaram que o aumento da relação Ca:Mg aumentou a concentração de cálcio da parte aérea e reduziu a concentração de magnésio dessa parte. Assim como Büll e Nakagawa (1995), que trabalhando com relações Ca:Mg e adubação NPK observaram aumento na concentração de Ca no tecido foliar com o aumento da relação Ca:Mg no solo. Para Bull (1986), os níveis de absorção de um nutriente pela planta dependem dos cátions dissolvidos na solução de solo em equilíbrio com os cátions da solução. Nesse sentido, a aplicação de corretivos que fornecem relações adequadas de cálcio e magnésio resulta em equilíbrio nutricional, contribuindo no crescimento das plantas (ROSOLEM et al., 1984).

## Conclusões

O teor foliar de fósforo em plantas de soja não foi alterado em função das relações Ca:Mg usadas neste estudo. A relação Ca:Mg de 3:1 na solução do solo manteve o equilíbrio no teor foliar dos nutrientes cálcio, magnésio e potássio em plantas de soja e as maiores relações proporcionaram efeito diminutivo no teor foliar de magnésio, enquanto as menores relações de Ca:Mg proporcionaram aumento no teor

foliar de magnésio e, conseqüentemente, diminuição nos teores de cálcio.

## Referências

ARANTES, E. M.; NOGUEIRA, F. D. Efeito da relação Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, nas concentrações de K, Ca e Mg, e nas relações catiônicas da parte aérea. *Ciência Prática*, v. 10, p. 136-145, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA; DNDV; CLAV, 1992.

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 forrageiras**. 1986. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

BÜLL, L. T.; NAKAGAWA, J. Desenvolvimento, produção de bulbos e absorção de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio: magnésio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, p. 409-415, 1995.

CLARK, R. B. et al. Maize growth and mineral acquisition on acid soil amended with flue gas desulfurization by-products and magnesium. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, v. 28, p. 1441-1459, 1997.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBSC – Núcleo Regional Sul, 1995.

CORREA, J. C. et al. Doses de boro e crescimento radicular e da parte aérea de cultivares de arroz de terras altas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 6, p. 1077-1082, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n6/a17v30n6.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2010.

CRONAN, C. S.; GRIGAL, D. F. Use of calcium/aluminium ratios as indicators of stress in forest ecosystems. *Journal of Environmental Quality*, v. 24, p. 209-226, 1995. Disponível em: <[http://grande.nal.usda.gov/ibids/index.php?mode2=detail&origin=ibids\\_references&therow=440967](http://grande.nal.usda.gov/ibids/index.php?mode2=detail&origin=ibids_references&therow=440967)>. Acesso em: 27 set. 2010.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1975.

- HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-01611998000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-01611998000100014&script=sci_arttext)>. Acesso em: 27 set. 2010.
- JONES Jr., J. B.; CASE, V. W. Sampling handling and analyzing plant tissue samples. In: WESTERMAN, R. L. et al. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. 3. ed. Madison, WI: SSSA Book Series, 1990. p. 389-427.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8735.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2010.
- ORLANDO FILHO, J. O. et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.
- PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. cir. n. 76.
- PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento**. 2. ed. Piracicaba: FUNFAG, 1999.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 12, p. 1443-1448, 1984.
- SAGATA, E. et al. Desempenho agrônômico das linhagens de soja desenvolvidos pelo programa de melhoramento da UFU. **Journal of Biosciences**, v. 25, n. 6, p. 112-120, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7060/4679>>. Acesso em: 4 out. 2010.
- SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 22, p. 57-62, 1998. Disponível em: <<http://www.sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n1a08.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2010.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999.
- STATISTICAL PACKAGE FOR SOCIAL SCIENCES – SPSS. **SPSS 10.0.5 Standard Version for Windows**. 1999. CD-ROM.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. New York: MacMilan Publ., 1985.
- YADARE, J. S. P.; GIRDHAR, I. K. The effects of different magnesium:calcium ratios and sodium adsorption ratio values on the leaching of water on the properties of calcareous versus noncalcareous soils. **Soil Science**, v. 131, p. 194-198, 1981.
- WHITE, P. J. Calcium channels in the plasma membrane of roots cells. **Annals of Botany**, v. 81, p. 173-183, 1998.

Recebido: 04/10/2010

Received: 10/04/2010

Aprovado: 04/11/2010

Approved: 11/04/2010