

RESPOSTA DO FEIJOEIRO A RELAÇÕES VARIÁVEIS ENTRE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS DE LATOSSOLOS⁽¹⁾

E. L. OLIVEIRA⁽²⁾ & M. S. PARRA⁽²⁾

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência da relação entre Ca e Mg na CTC do solo sobre o rendimento do feijoeiro, foi realizado um experimento em casa de vegetação, em vasos com 3,5 dm³ de amostras de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico-LVdp e um Latossolo Vermelho aluminoférrico típico-LVat. Os tratamentos, dispostos em blocos casualizados, com seis repetições, constaram das seguintes relações molares entre Ca e Mg: 1/2, 1, 2, 4, 6 e 8. Três repetições foram colhidas no florescimento e as demais mantidas até à colheita dos grãos. Os rendimentos da matéria seca do feijoeiro obtida no estágio de florescimento foram semelhantes nos dois solos, mas os rendimentos de grãos obtidos no LVat foram 40 % superiores aos obtidos no LVdp. Entretanto, estas variáveis não foram significativamente influenciadas pelas diferentes relações Ca:Mg no solo. As concentrações de Ca e Mg e suas relações no tecido da matéria seca do feijoeiro, obtida no florescimento, apresentaram estreita relação com os teores e relações destes elementos no solo. Os resultados obtidos mostraram que em solos com teores adequados de Ca e Mg trocáveis, a relação entre eles é de importância secundária para o desenvolvimento e rendimento do feijoeiro.

Termos de indexação: *Phaseolus vulgaris*, relação Ca/Mg, saturação por bases, calagem.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Londrina, 2001. Recebido para publicação em dezembro de 2001 e aprovado em junho de 2003.

⁽²⁾ Pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR. Rod. Celso Gacia Cid, km 375, Caixa Postal 481, CEP 86047-902 Londrina (PR). E-mails: eloveira@iapar.br; maurosp@iapar.br

SUMMARY: *COMMON BEAN RESPONSE TO VARIABLE PROPORTIONS OF CALCIUM AND MAGNESIUM IN THE CATION EXCHANGE CAPACITY OF OXISOLS*

A greenhouse experiment was carried out to evaluate the effect of the Ca/Mg ratio in the cation exchange capacity on common bean growth. Samples of a typic ferric aluminum Red Latosol (LVat) and a psamitic dystrophic Red Latosol (LVdp), both Haplortox (U.S. Soil Taxonomy) in pots containing 3.5 dm³ of soil were treated with Ca:Mg ratios of 1/2, 1, 2, 4, 6 and 8. The experiment was arranged in a completely randomized block design with six replications. Three replications were harvested at the flowering stage and the rest kept until the grain harvest. Dry matter weight, obtained at the flowering stage, was similar in both soils; the grain yield in the LVat, however, was 40 % higher than the one obtained in the LVdp. Nevertheless, these variables were not significantly affected by the Ca/Mg ratios. Ca and Mg contents in the tissue and their ratios during flowering were closely related to exchangeable soil Ca and Mg contents and Ca/Mg ratios. Results showed that in soils with suitable levels of exchangeable Ca and Mg, the Ca/Mg ratio is of secondary importance for the development and grain yield of common bean.

Index terms: Phaseolus vulgaris, Ca/Mg ratio, base saturation, liming.

INTRODUÇÃO

A acidez natural ou induzida pelo uso inadequado do solo ainda constitui uma das principais limitações para obtenção de altas produtividades das culturas no estado do Paraná. Oliveira et al. (1997), analisando os resultados do levantamento de reconhecimento dos solos do Paraná (EMBRAPA, 1984; IAPAR, 1984) mostraram que 61 % da área do Estado era ocupada por solos que apresentavam caráter álico ou distrófico, indicando a necessidade de aplicação de calcário para obtenção de rendimentos satisfatórios das culturas.

Os métodos de recomendação de calcário empregados no Paraná são baseados, analogamente, no conceito de suficiência de nutriente desenvolvido por Bray (1944; 1945). No entanto, os agentes da assistência técnica têm levantado que o uso deste conceito, aliado ao emprego contínuo de calcário dolomítico, está promovendo um estreitamento das relações entre os teores de cálcio e magnésio trocáveis que pode limitar a produtividade das culturas. Nestes casos, o emprego do conceito de relação entre a saturação por cátions básicos do solo, proposto por Bear & Toth (1948), tem sido indicado como alternativa para amenizar os possíveis prejuízos à produtividade das culturas. Neste conceito, a capacidade de troca de cátions do solo deve ser preenchida com 65 % de Ca, 10 % de Mg e 5 % de K, resultando em relações Ca:Mg, Ca:K e Mg:K, respectivamente, de 6,5:1 13:1 e 2:1. Contudo, grande número de trabalhos que relatam a aplicação deste conceito apresentam resultados contraditórios.

Freqüentemente, segundo os resultados apresentados, grande variação na saturação por cátions na CTC do solo não influenciou ou teve pequena

influência no rendimento de diversas espécies cultivadas (McLean & Carbonell, 1972; Lierop et al., 1979; Liebhardt, 1981; Fox & Piekielek, 1984). De maneira semelhante, a relação entre Ca e Mg não apresentou influência no rendimento das culturas (Foy & Barber, 1958; Simson et al., 1979; Muchovej et al., 1986; Oliveira, 1993). Grant & Racz (1987) salientaram ainda que as concentrações de Ca e Mg na solução do solo foram mais importantes para o crescimento de cevada do que as relações entre estes cátions na CTC do solo. Por outro lado, Oliveira et al. (1994) observaram efeitos significativos do aumento da saturação de Ca na CTC do solo no rendimento de matéria seca de mudas de cafeeiro. Silva (1980) obteve os melhores rendimentos de matéria seca de milho com a relação 3:1 entre Ca e Mg em solos com 60 e 70 % da CTC saturada com Ca, enquanto Mostafa & Ulrich (1976) concluíram que a relação Ca:Mg pode ser um fator limitante na nutrição de Ca para beterraba-açucareira.

Em decorrência de resultados relativamente contraditórios e da preocupação constante da assistência técnica com efeitos negativos da baixa relação Ca/Mg na produtividade das culturas, desenvolveu-se um experimento para avaliar os efeitos da relação Ca:Mg no rendimento e concentração destes cátions no feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação com amostras de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico (LVdp) e de um Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (LVat). As

características químicas e granulométricas dos solos determinadas, respectivamente, segundo métodos descritos por Pavan et al. (1992) e EMBRAPA (1979), encontram-se no quadro 1. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm, tamizadas em peneira de 6 mm, homogeneizadas e secas ao ar.

Os tratamentos constaram da aplicação de uma mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , calculada para manter uma relação molar entre Ca e Mg de 1/2, 1, 2, 4, 6 e 8 e elevar a saturação por bases no solo para 80 %. As misturas, juntamente com quantidades de KCl suficientes para elevar a concentração de K trocável para 5 % da CTC de cada solo e 50 e 100 mg kg^{-1} de fósforo na forma de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ em pó, respectivamente, para LVdp e LVat, foram aplicadas em subamostras de 30 kg de solo seco. As subamostras foram homogeneizadas manualmente e umedecidas com água destilada, suficiente para atingir 80 % de água no solo submetida a uma tensão de 0,01 MPa. As subamostras, assim preparadas, foram incubadas em sacos plásticos e mantidas em temperatura ambiente por um período de dois meses e meio. Durante a incubação, os sacos foram abertos semanalmente e o solo revolvido para promover aeração das amostras incubadas.

Imediatamente antes do preparo dos vasos para instalação do experimento, foram retiradas amostras do material incubado para análise química de rotina, conforme Pavan et al. (1992), e de Ca e Mg na solução do solo. Para este procedimento, amostras de 60 cm^3 de solo seco e moído (peneira de 2 mm) foram acondicionadas em seringas hipodérmicas, saturadas com água destilada e incubadas por um período de 24 h. Após este período, foi obtido um extrato mediante filtração com sucção, o qual foi considerado como solução do solo. Le Roux &

Sumner (1967) mostraram que este período de incubação é suficiente para o equilíbrio entre a fase líquida e sólida do solo. O Ca e o Mg foram determinados por espectroscopia de emissão atômica – ICP. As análises foram efetuadas em triplicata.

Na semeadura do feijoeiro no experimento, as subamostras incubadas foram separadas em porções equivalentes a 3,5 dm^3 de solo seco. Como adubação básica, foram aplicados em cada vaso 300 mg de N (NH_4NO_3), 400 mg de P [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$] com 1,0 < grânulos < 2,0 mm, 400 mg de K (K_2SO_4) e 300 mg de S ($\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Foram, também, aplicados 100 mL de uma solução que continha 2,0 mg de B (H_3BO_3); 3,0 mg de Mn ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$); 3,0 mg de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); 0,2 mg de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); 0,1 mg de Mo [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] e 10 mL de uma solução com 5,0 mg Fe ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). As porções foram umedecidas com água destilada suficiente para atingir a tensão de 0,01 MPa, homogeneizadas manualmente e acondicionadas em vasos de polipropileno com capacidade de 4 L. Foram utilizadas 10 sementes da variedade IAPAR 81 em cada vaso, efetuando-se, posteriormente, o desbaste, deixando-se três plantas por vaso.

Cada tipo de solo constituiu-se em um experimento isolado, sendo os tratamentos dispostos em um delineamento experimental de blocos casualizados com seis repetições. As plantas de três repetições foram colhidas por ocasião do florescimento do feijoeiro, aproximadamente 42 dias após a emergência, e as demais mantidas até à colheita de grãos.

Durante o desenvolvimento das plantas, a umidade dos solos foi ajustada, diariamente, mediante pesagem dos vasos e adição de água destilada até atingir a tensão de água equivalente a 0,01 MPa. Durante a execução desse procedimento, foi efetuada uma rotação entre os blocos e dos vasos dentro dos blocos. Como adubação complementar, foram aplicados, parceladamente, até o florescimento, 590 e 323 mg vaso^{-1} , respectivamente, de N e K nas formas de NH_4NO_3 e KNO_3 . Nos vasos que continham LVat, parte do N foi suprido por $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ para fornecer também 200 mg vaso^{-1} de P. Nos vasos mantidos até à colheita de grãos, foram ainda adicionadas, parceladamente, 690 mg vaso^{-1} de N, em ambos os solos, e 200 mg vaso^{-1} de P, no LVat, nas formas de NH_4NO_3 e $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

A parte aérea das plantas colhidas em pleno florescimento foi seca em estufa com circulação forçada de ar, durante 72 h a 65 °C, pesada e moída em moinho equipado com navalhas e peneira de 2 mm. Em amostras destes materiais, foram determinadas as concentrações de macro e micronutrientes, conforme método descrito por Miyazawa et al. (1992). Nos grãos colhidos, foram determinadas a massa e a umidade, calculando-se a massa final dos grãos com umidade padronizada a 13 %.

Quadro 1. Características químicas e granulométricas dos solos utilizados nos experimentos

Característica	LVat	LVdp
pH (CaCl_2 0,01 mol L^{-1})	4,10	4,00
Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	16,7	11,7
H + Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	129,2	58,4
Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	19,3	7,1
Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	9,2	2,3
K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,4	1,6
CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	159,1	69,4
V (%)	19	15
P (mg dm^{-3})	2,9	9,2
C orgânico (g kg^{-1})	31,5	16,4
Areia (g kg^{-1})	15	76
Silte (g kg^{-1})	14	2
Argila (g kg^{-1})	71	22

Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos proc reg (SAS, 1989). Admitiu-se $p \leq 0,05$ como limite para significância estatística dos coeficientes de determinação e estimadores dos parâmetros dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As misturas de CaCO_3 e MgCO_3 não elevaram os teores de Ca e Mg trocáveis e a saturação por bases dos solos para os valores previamente estabelecidos, indicando uma reação parcial dos compostos. Entretanto, as relações Ca:Mg determinadas foram próximas às previstas (Quadro 2). Em geral, tem sido freqüente a observação de valores menores de saturação por bases e de concentrações de Ca e Mg trocáveis determinados analiticamente do que os estabelecidos previamente, tanto para resultados obtidos com incubação de solo em laboratório com carbonatos ou calcário (Oliveira, 1993; Costa et al., 1996), quanto para experimentos com aplicação de calcário no campo (Morelli et al., 1992; Caires & Rosolem, 1993; Oliveira et al., 1997). As razões para esse comportamento são, geralmente, atribuídas não só ao tempo insuficiente para o equilíbrio das reações químicas dos carbonatos e ao poder de tamponamento dos solos, mas também às eventuais perdas de Ca e Mg por lixiviação e exportação dos elementos pelas colheitas.

Ao contrário da semelhança entre os rendimentos médios de matéria seca obtidos no florescimento nos dois solos, o rendimento médio de grãos no LVat foi 40 % superior ao obtido no LVdp (Figura 1). Esta

diferença, entretanto, não pode ser atribuída às condições nutricionais do feijoeiro, visto que as concentrações de nutrientes na matéria seca obtida no florescimento (Quadro 3) foram semelhantes entre os solos e, com exceção do N nos dois solos e do Cu no LVdp que estavam levemente abaixo, os demais nutrientes encontravam-se dentro dos limites de suficiência para a cultura, tomando-se, como referência, os teores de nutrientes determinados na terceira folha madura do feijoeiro no início da floração, conforme descrito por Malavolta et al. (1989). Observou-se, ainda, uma estreita correlação entre a produção de grãos de feijão e o rendimento de matéria seca do feijoeiro no florescimento, obtida no LVat ($r = 0,87^*$), bem como ausência de correlação entre estas variáveis no LVdp ($r = 0,19^{ns}$).

A relação Ca:Mg no solo não influenciou significativamente os rendimentos de matéria seca das plantas do feijoeiro no estágio de florescimento e de grãos, ainda que estas variáveis apresentassem valores mais elevados com a relação Ca:Mg em torno de 2,0 principalmente no LVat.

Os resultados mostraram comportamento semelhante aos relatados por Simson et al. (1979), Fox & Piekielek (1984), Muchovej et al. (1986) e Oliveira (1993) que verificaram a ausência de efeito de uma ampla variação na relação Ca:Mg do solo no rendimento das culturas. Para Key et al. (1962), na existência de quantidades suficientes de Ca e Mg, a relação entre estes cátions, desde que superior a 1:1, não tinha influência no rendimento de soja e milho.

Por outro lado, Oliveira et al. (1994) verificaram efeitos significativos da relação Ca:Mg em diferentes

Quadro 2. Análises químicas dos solos efetuadas por ocasião da instalação do experimento

Ca/Mg ⁽¹⁾	pH	Ca	Mg	K	CTC	Ca/Mg ⁽²⁾	V	P
mmol _c dm ⁻³							%	mg dm ⁻³
Latossolo Vermelho distrófico psamítico								
0,5	5,5	19,3	32,0	3,5	91,6	0,6	59,8	31,4
1,0	5,5	26,5	24,4	3,4	91,2	1,1	59,6	29,4
2,0	5,6	35,2	16,4	3,2	89,9	2,1	60,9	26,9
4,0	5,6	38,8	9,1	3,2	85,3	4,3	59,9	25,3
6,0	5,6	42,5	6,7	3,5	86,9	6,4	60,6	31,4
8,0	5,6	43,2	5,2	3,3	84,6	8,3	58,4	28,7
Latossolo Vermelho aluminoférrico típico								
0,5	5,3	32,1	56,1	6,9	152,7	0,6	62,3	12,6
1,0	5,3	45,0	40,9	6,8	153,3	1,1	60,4	12,1
2,0	5,4	64,6	31,4	7,0	162,1	2,1	63,5	12,5
4,0	5,4	79,1	20,9	6,8	164,4	3,8	65,0	13,9
6,0	5,4	79,5	14,9	6,6	158,6	5,3	63,5	13,5
8,0	5,4	80,6	12,3	6,2	156,7	6,6	63,2	10,8

⁽¹⁾ Calculada. ⁽²⁾ Determinada.

níveis de CTC do solo, no desenvolvimento de mudas de cafeeiro; Silva (1980) relatou que os melhores rendimentos de milho, cultivado em vasos que continham solos típicos de cerrado, foram obtidos

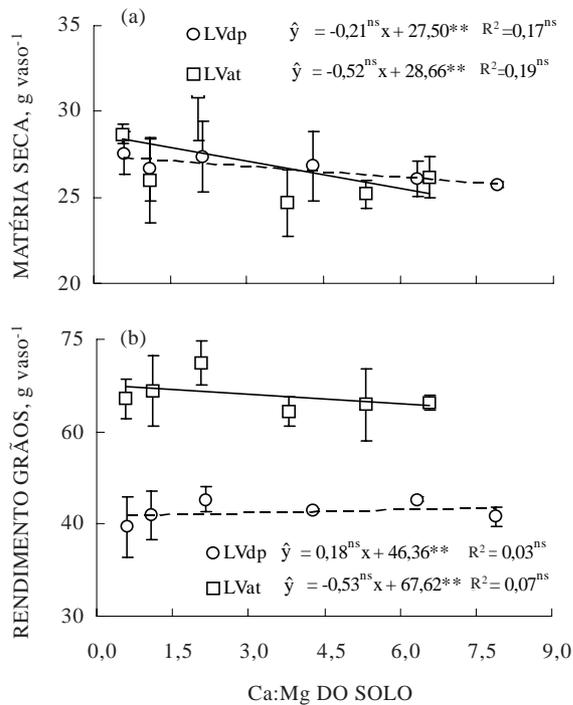


Figura 1. Rendimentos de matéria seca obtida no florescimento do feijoeiro (a) e de grãos (b) considerando a relação Ca:Mg do solo. ^{ns}, ^{}, respectivamente, não-significativo e significativo pelo teste “t” Student $p \leq 0,01$.**

com relação a Ca:Mg de 3:1; Munoz Hernandez & Silveira (1998) observaram efeito significativo da relação Ca:Mg em solo com 50 por cento de saturação por bases no rendimento de matéria seca de milho, enquanto Mostafa & Ulrich (1976) concluíram que a relação Ca:Mg pode ser limitante na nutrição de Ca para beterraba açucareira. Estas contradições indicam que a importância da relação Ca:Mg pode estar relacionada com a espécie cultivada e com o potencial de fornecimento destes nutrientes pelo solo.

As concentrações de Ca e de Mg na matéria seca da parte aérea obtida no florescimento do feijoeiro foram significativamente influenciadas pela relação Ca:Mg do solo (Figura 2). Os acréscimos nas concentrações de Ca e os decréscimos nas de Mg são decorrentes da variação simultânea entre as concentrações de Ca e Mg trocáveis no solo, necessária para o preenchimento da quantidade fixa de cargas da CTC do solo. Resultados semelhantes foram observados em experimentos similares, desenvolvidos com diferentes espécies e condições experimentais (Key et al., 1962; Silva, 1980; Oliveira, 1993; Munoz Hernandez & Silveira, 1998).

De maneira análoga ao comportamento das concentrações de Ca e Mg, as relações entre estes cátions no tecido da matéria seca da parte aérea do feijoeiro foram igualmente influenciadas pelas relações Ca:Mg dos solos (Figura 3). O modelo de resposta foi semelhante aos obtidos por Lierop et al. (1979), para cebola, e por Oliveira (1993), para milho, e indica a maior facilidade de absorção de Mg do que de Ca. Entretanto, observou-se uma diferença de magnitude entre a relação Ca:Mg no tecido das espécies citadas e a correspondente no solo, a qual

Quadro 3. Concentração de nutrientes em tecido de feijoeiro obtido no florescimento

Relação Ca/Mg	N	P	K	S	g kg ⁻¹		B	Mn
					Cu	Zn		
Latossolo Vermelho distrófico psamítico								
0,61	24,8	2,52	27,6	2,24	6	35	32	66
1,08	24,1	2,57	28,8	2,14	8	35	29	56
2,14	24,4	2,63	26,3	2,31	6	35	29	63
4,28	24,1	2,73	27,1	2,23	7	37	31	64
6,35	24,8	2,64	28,0	2,30	7	36	32	73
8,30	24,6	2,58	27,6	2,15	7	34	27	70
Latossolo Vermelho aluminoférrico típico								
0,57	25,0	2,87	27,6	2,22	10	23	29	72
1,10	28,2	2,72	30,5	2,00	11	24	25	78
2,05	23,1	2,68	26,4	1,94	11	22	26	63
3,79	28,7	2,62	28,0	2,01	11	23	26	82
5,32	29,8	2,79	30,1	2,05	12	24	26	79
6,57	29,1	2,64	28,4	1,95	12	24	24	77

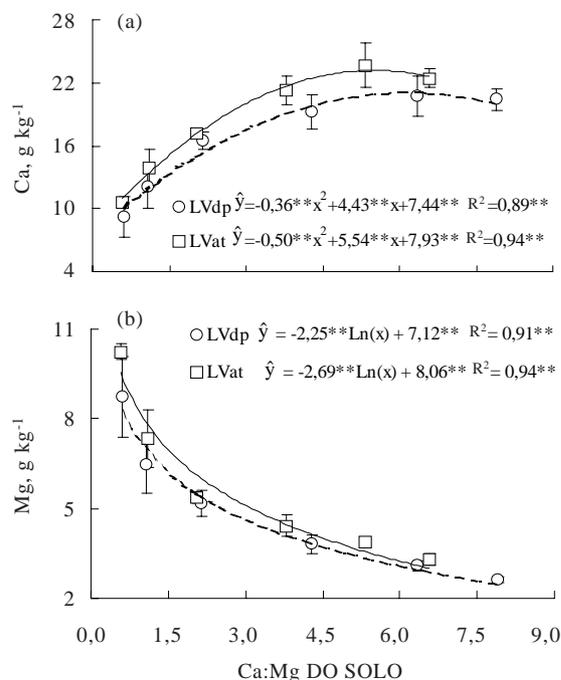


Figura 2. Concentrações de Ca (a) e Mg (b) na matéria seca do feijoeiro obtida no florescimento considerando a relação Ca:Mg do solo. ^{ns}, ^{}, respectivamente, não-significativo e significativo pelo teste “t” Student $p \leq 0,01$.**

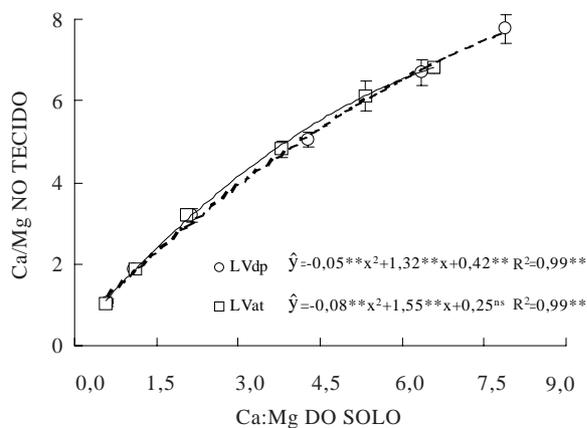


Figura 3. Efeito da relação Ca:Mg do solo na relação entre as concentrações destes cátions na matéria seca do feijoeiro obtida no florescimento. ^{ns}, ^{}, respectivamente, não-significativo e significativo pelo teste “t” Student $p \leq 0,01$.**

pode ser atribuída às diferenças entre as espécies em termos de acúmulo destes nutrientes no tecido foliar, para satisfazer suas necessidades metabólicas.

A ausência de efeito da relação Ca:Mg do solo e, por conseguinte, dos elementos isolados nos rendimentos de matéria seca do feijoeiro e de grãos de feijão, bem como da relação entre estes e a concentração de Ca e Mg no tecido vegetal, aliada a

teores dos demais nutrientes considerados suficientes, indica que a diferença de rendimentos de grãos de feijão entre os solos pode ser devida a fatores extranutricionais, visto que os solos apresentavam características distintas.

Ao contrário da redução observada nas concentrações de Mg de acordo com o aumento da relação Ca:Mg no solo, as concentrações de Ca e Mg no tecido foram positivamente relacionadas com os teores absolutos de Ca e Mg trocáveis e apresentaram diferenças entre solos (Figuras 4 e 5). Embora as concentrações médias de Ca e Mg na matéria seca do feijoeiro obtido no LVat fossem levemente superiores às observadas no LVdp, os resultados mostraram que, para obter concentrações de Ca ou Mg semelhantes na matéria seca do feijoeiro nos dois solos, mantendo-se a mesma relação Ca:Mg, as concentrações de Ca ou Mg trocáveis no LVat eram consideravelmente superiores às verificadas no LVdp.

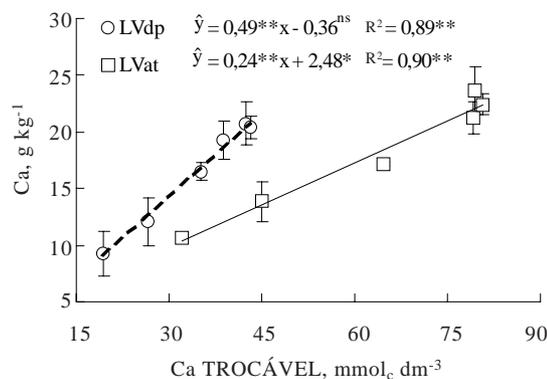


Figura 4. Relação entre a concentração de Ca na matéria seca de feijoeiro e a concentração de Ca trocável do solo. ^{ns} não-significativo; * e **, respectivamente, significativo pelo teste “t” Student $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$.

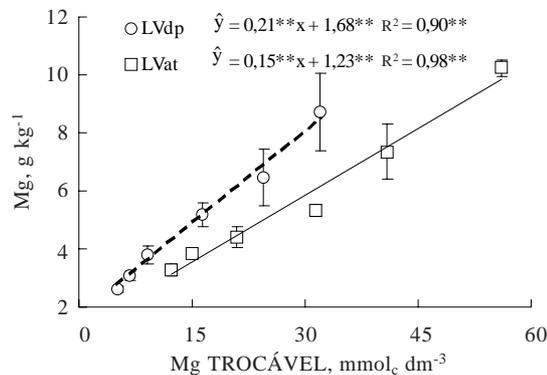


Figura 5. Relação entre a concentração de Mg na matéria seca de feijoeiro e a concentração de Mg trocável do solo. ^{ns}, ^{}, respectivamente, não-significativo e significativo pelo teste “t” Student $p \leq 0,01$.**

Quadro 4. Relação entre cátions na solução e trocáveis nos solos

Equação linear	r
Latossolo Vermelho distrófico psamítico	
$Ca_{\text{solução}} = 11,91 Ca_{\text{trocável}} - 6,71$	0,99**
$Mg_{\text{solução}} = 7,86 Mg_{\text{trocável}} + 1,19$	0,99**
$Ca_{\text{solução}} / Mg_{\text{solução}} = 1,11 Ca_{\text{trocável}} / Mg_{\text{trocável}} - 0,04$	0,99**
Latossolo Vermelho aluminoférrico típico	
$Ca_{\text{solução}} = 3,18 Ca_{\text{trocável}} - 3,29$	0,98**
$Mg_{\text{solução}} = 1,55 Mg_{\text{trocável}} + 3,10$	0,88**
$Ca_{\text{solução}} / Mg_{\text{solução}} = 1,04 Ca_{\text{trocável}} / Mg_{\text{trocável}} - 0,10$	0,99**

Embora Németh et al. (1970) tenham demonstrado uma estreita correlação entre as concentrações de Ca e Mg trocável e suas respectivas concentrações na solução, independentemente da textura dos solos estudados, os resultados obtidos no presente trabalho mostraram acentuadas diferenças entre o LVdp e o LVat para estas correlações (Quadro 4). Os resultados evidenciam que o LVdp apresentava 2,0 vezes mais Ca e 1,8 vez mais Mg na solução do que o LVat e justificam a necessidade de concentrações de Ca e Mg trocáveis no LVat mais elevadas para manter concentrações semelhantes destes nutrientes na matéria seca da parte aérea do feijoeiro obtida nos dois solos.

CONCLUSÃO

A ausência de resposta do feijoeiro às variações na relação Ca:Mg do solo, tanto no rendimento de matéria seca no estágio de florescimento quanto na produção de grãos, não permitiu o estabelecimento de uma relação Ca:Mg no solo mais apropriada para o cultivo desta espécie.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Técnicos Agrícolas Juarez Cassiano e Pedro L. Stringuetta, a ajuda operacional na execução do experimento.

LITERATURA CITADA

- BEAR, F.E. & TOTH, S.J. Influence of Ca on availability of other soil cations. *Soil Sci.*, 65:69-75, 1948.
- BRAY, R.H. Soil-plant relationships: I. The quantitative relation of exchangeable K to crop yields and to crop response to potash additions. *Soil Sci.*, 58:305-324, 1944.

- BRAY, R.H. Soil-plant relationships: II. Balanced fertilizer use through soil tests for K and P. *Soil Sci.*, 60:463-473, 1945.
- CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Calagem em genótipos de amendoim. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:193-202, 1993.
- COSTA, A.; PARRA, M.S. & TOMAZ, M.L. Comparação de métodos para determinação da necessidade de calagem de um Latossolo Vermelho-Escuro álico da região de Ponta Grossa. *Arq. Biol. Tecnol.*, 39:333-342, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, Rio de Janeiro. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Paraná. Londrina, 1984. 413p. (Boletim Técnico, 57)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo, Rio de Janeiro. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- FOX, R.H. & PIEKIELEK, W.P. Soil magnesium level, corn (*Zea mays* L.) yield, and magnesium uptake. *Comm. Soil. Sci. Plant. Anal.*, 15:109-123, 1984.
- FOY, C.D. & BARBER, S.A. Magnesium and corn yield in two acid Indiana soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 22:145-148, 1958.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Projeto Especial de Levantamento de Solos. Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Londrina, 1984. 413p. (Boletim Técnico, 16)
- GRANT, C.A. & RACZ, G.J. The effect of Ca and Mg concentrations in nutrient solution on the dry matter yield and Ca, Mg and K content of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Can. J. Soil Sci.*, 67:857-865, 1987.
- KEY, J.L.; KURTZ, L.T. & TUCKER, B.B. Influence of ratio of exchangeable calcium-magnesium on yield and composition of soybeans and corn. *Soil Sci.*, 4:265-271, 1962.
- Le ROUX, J. & SUMNER, M.E. Studies on the soil solution of various Natal soils. *Geoderma*, 1:125-130, 1967.
- LIEBHARDT, W.C. The basic cation saturation ratio concept and lime and potassium recommendations on Delaware's coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:544-549, 1981.
- LIEROP, W. van; MARTEL, Y.A. & CESCAS, M.P. Onion response to lime on acid Histisols as affected by Ca/Mg ratios. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 43:1172-1177, 1979.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- McLEAN, E.O. & CARBONELL, M.D. Calcium, magnesium, potassium saturation ratios in two soils and their effects upon yields and nutrient contents on german millet and alfafa. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36:927-930, 1972.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & BLOCH, M.F.M. Análise química de tecido vegetal. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná, 1992. 17p. (Circular, 74)
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C. & DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características de um Latossolo de textura média álico. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:187-194, 1992.

- MOSTAFA, M.A.E. & ULRICH, A. Interaction of calcium and magnesium in nutrition of intact sugarbeets. *Soil Sci.*, 121:16-20, 1976.
- MUCHOVEJ, R.M.C.; BORGES, A.C.; NOVAIS, R.F. & THIEBAUT, T.J.L. Effect of liming levels and Ca:Mg ratios on yields, nitrogen content and nodulation of soybeans grown in acid cerrado soil. *J. Soil Sci.*, 37:235-240, 1986.
- MUNOZ HERNANDEZ, R.J. & SILVEIRA, R.I. Efeito da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral de milho (*Zea mays*, L.). *Sci. Agric.*, 55:79-85, 1998.
- NÉMETH, K.; MENGEL, K. & GRIMME, H. The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Sci.*, 109:179-185, 1970.
- OLIVEIRA, E.F.; PAVAN, M.A. & CHAVES, J.C.D. Respostas das mudas de cafeeiro ao equilíbrio entre cátions trocáveis em solos com cargas variáveis. *Arq. Biol. Tecnol.*, 37:973-979, 1994.
- OLIVEIRA, E.L. Rendimento de matéria seca e absorção de cálcio e magnésio pelo milho em função da relação cálcio/magnésio no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:383-388, 1993.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura de milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:65-70, 1997.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76)
- SAS INSTITUTE, SAS/STAT, User's Guide. Version 6, 4.ed. Cary, 1989. v.2. 846p.
- SILVA, J.E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento de milho em solos de cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 15:329-333, 1980.
- SIMSON, C.R.; COREY, R.B. & SUMNER, M.E. Effect of varying Ca:Mg ratios on yield and composition of corn (*Zea mays*) and alfafa (*Mendicago sativa*). *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:153-162, 1979.