

RELAÇÕES CÁLCIO, MAGNÉSIO EM CORRETIVOS DA ACIDEZ E DOSES DO POTÁSSIO NO SOLO. I. EFEITO SOBRE O RENDIMENTO DE MATÉRIA SECA E ACUMULAÇÃO DE Ca, Mg e K NA AVEIA (1).

Lime Calcium, Magnesium Ratio and Soil Potassium Level. I. Oat Dry Matter Yield and Ca, Mg and K Accumulation.

Jaime W. V. de Mello** e João Kaminski***

RESUMO

Foi conduzido em experimento em casa de vegetação, em vasos de 2,5 l contendo 1900 g de amostras superficiais de um solo pertencente à unidade de mapeamento "Julio de Castilhos" (Podzólico Vermelho álico-PALEUHUMULT), com o objetivo de verificar o efeito da aplicação de corretivos da acidez com diferentes relações Ca/Mg, e de três doses de potássio aplicados ao solo, no rendimento de matéria seca, concentração e acumulação Ca, Mg e K na parte aérea de plantas de aveia (*Avena sativa*, L.) cv. UPF-3.

Os corretivos constituíram-se de misturas de carbonatos de cálcio e magnésio nas relações molares Ca/Mg de 10, 5, 3, 2, 1, 1/2 e CaCO_3 adicionados ao solo em quantidade suficiente para elevar o pH até 6,0. Cada tratamento com corretivo da acidez foi combinado com três doses de potássio aplicados ao solo (0, 100 e 250 ppm), uma testemunha sem corretivo e com o teor de potássio original. Após um período de incubação de 35 dias implantou-se a cultura de aveia, na densidade de nove plantas/vaso. As plantas foram colhidas sessenta dias após a emergência, determinou-se o rendimento da matéria seca e os teores de Ca, Mg e K tecidos da parte aérea.

Os teores de K na parte aérea e o rendimento de matéria seca das plantas variaram apenas em função da dose de K aplicada ao solo, in-

* Trabalho realizado com recursos do CNPq. Parte da dissertação de mestrado apresentado pelo primeiro autor ao CIG-Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria.

** Eng^o Agrônomo Prof. Assistente do Departamento de Solos da Faculdade-Agronomia-URCAMP - 96.400 - Bagé - RS.

*** Eng^o Agrônomo Prof. Adjunto do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria - 97.119 - Santa Maria - RS. Pesquisador do CNPq.

dependente da relação Ca/Mg presente no corretivo usado. O aumento da dose de K no solo influenciou negativamente nas concentrações de Ca e Mg nos tecidos das plantas, porém este efeito foi atribuindo a diluição destes nutrientes nos tecidos para doses de até 100 ppm de K aplicada ao solo. A acumulação de Ca foi reduzida somente quando a dose de K aplicada foi 250 ppm e acumulação de Mg nos tecidos foi máxima para a dose de 100 ppm de K aplicado.

UNITERMOS: Relações cálcio e magnésio em calcário; Potássio, cálcio e Magnésio; aveia.

SUMMARY

In order to study the effect of lime material with different Ca/Mg ratios, at three soil potassium levels, on dry matter yield, Ca, Mg and K concentration and accumulation by oat (*Avena sativa* L.) UPF 3 variety, a greenhouse pot experiment was been conducted using 1900 g samples of a soil from "Julio de Castilhos" mapping unit (alic Red Yellow Podzolic - PALEUHUMULT).

The lime materials studied were mixtures of calcium and magnesium carbonates at Ca/Mg ratios of 10, 5, 3, 2, 1, 1/2 and only CaCO₃, all added to increase soil pH to 6.0. Each mixture was combined with three soil applied potassium levels (0, 100 and 250 ppm). The control treatment was soil with the original soil K level, without liming. After a 35 days incubation period, the culture was set up at a density of 9 plants/pot. The plants were harvested sixty days after emerging and dry matter yield, shoot Ca, Mg and K were analysed.

Potassium shoot accumulation and oat dry matter yield did not differ as a function of Ca/Mg ratio present on lime material, varying only according the soil applied K. Increasing soil potassium decreased Ca and Mg concentration on shoot, but this effect was attributed to the dilution of these nutrients on dry matter up to 100 ppm soil applied K. Ca accumulation was reduced only at 250 ppm soil applied K and the maximum Mg accumulation was at 100 ppm soil applied K.

KEY WORDS: Lime-magnesium ratio; potassium and magnesium; oat.

INTRODUÇÃO

A adubação potássica e calagem são práticas comumente utilizadas em solos ácidos de baixa fertilidade natural, com vistas a corrigir a acidez e elevar os teores de Ca, Mg e K no solo. No entanto há neces-

tidade de se manter proporções adequadas entre os cátions predominantes no solo, principalmente cálcio, magnésio e potássio, pois pode-se verificar antagonismos entre eles, com efeito na absorção dos nutrientes e no rendimento das plantas.

O emprego sistemático de calcário com relação Ca/Mg estreita ou demasiado elevada, poderia afetar a relação de cátions do solo a ponto de prejudicar o rendimento das plantas. Com base nas informações de Guimarães, citado por MONIZ (1983), deduz-se que as relações molares Ca/Mg para os calcários ocorrentes no Rio Grande do Sul, variam de 36:1 a 1:1. Tal amplitude de variação poderia acarretar problemas de desequilíbrio iônico, uma vez que preconiza-se uma relação Ca/Mg em torno 5:1 para o bom desenvolvimento das plantas (LOPES, 1981). Embora alguns autores não tenham encontrado efeito da relação Ca:Mg no solo sobre o rendimento das plantas, SOARES (1975) observou que um aumento desta relação no solo determinava aumentos no rendimento da matéria seca para a cultura do centeio.

Ao que parece, além das relações Ca/Mg, os teores absolutos de Ca e Mg no solo devem ser levados em conta quando se estuda o efeito dessas relações sobre o rendimento das culturas. Assim, KEY et alii (1962) concluíram que relações Ca/Mg maiores que 1,0 tinham efeito no rendimento de milho e soja, quando as quantidades de Ca e Mg no solo não eram limitantes. Já SFREDO (1976) verificou que esta relação deveria ser maior que 1,0 no corretivo e maior que 0,5 no solo, para não haver prejuízo no rendimento de matéria seca para o sorgo. DECHEN (1983) estabelece teores de 1,5 e 0,5 me/100cm³ de terra, como sendo níveis mínimos críticos aceitáveis, para Ca e Mg nos solos, respectivamente. A Rede Oficial de Laboratório de Análises de Solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina - ROLAS SUL (1981) - utiliza como valores mínimos de Ca trocável os teores de 2,0 mE/100 g e de Mg trocável 0,5 mE/100g de solo, ambos sem considerar especificamente os valores da relação Ca/mg.

Também relações que envolvam K têm sido evocados para explicar as quedas no rendimento de plantas, provocadas por calcário com baixa relação Ca/Mg. Porém OLOGUNDE e SORENSEN (1982) e OHNO e GRUNES (1985) observaram que as concentrações de potássio parecem ser mais importantes que as relações K/Mg, pois as plantas responderam ao potássio, independente de sua relação com Mg, sugerindo que esta pode variar amplamente, sem afetar a produção de matéria seca.

Segundo diversos autores, as quedas de rendimento observados em função das relações entre cálcio, magnésio e potássio se devem a meca-

nismos de inibição na absorção destes cátions que ocorrem quando suas relações no solo não são adequadas. De maneira geral admite-se que a adubação com potássio pode ter efeito significativo na absorção de Ca e Mg pelas plantas; Boswell e Parks, citados por MURPHY (1980), observaram que concentrações de Ca e Mg em folhas de milho correlacionavam-se inversamente com o teor de K no solo. O mesmo foi observado por SOARES (1975), cujos os dados revelam um efeito depressivo do K sobre a concentração de Ca, foi maior do que sobre a concentração de Mg em plantas de centeio. Esse efeito depressivo do K é tal que pode induzir deficiência de Ca e Mg nas plantas, quando os teores desses nutrientes no solo são baixos (JACKSON, 1967), a ponto de prejudicar o rendimento.

O efeito inverso, ou seja, a redução na disponibilidade e absorção do K devido ao Ca e Mg parece ser menos evidente. BARBER (1982), por exemplo, considera que a disponibilidade do K está mais relacionada com os teores de Ca e Mg no solo. Por outro lado, efeitos depressivos de Ca e Mg sobre o potássio têm sido registrado por alguns pesquisadores. SILVA e RITCHEY (1982) verificaram uma diminuição nos teores de K em folhas de arroz com o aumento de Mg no solo.

Ao que parece, vários efeitos antagônicos entre Ca, Mg e K podem ser esperados, de modo que, além das interações que ocorrem no solo ao nível de complexo de troca, é importante considerar a forma de absorção destes cátions pelas células da raiz. MENGEL e KIRKBY (1980) admitem que o K é absorvido ativamente, enquanto que a absorção do Ca e Mg se dá a favor de um gradiente eletroquímico. Já MOORE et alii (1961 a, b) obtiveram evidências de que o Mg é absorvido metabolicamente, enquanto a absorção de Ca é um processo não metabólico. Assim, se estas interações ocorrem a nível de membrana celular e estão relacionadas com a forma de absorção dos nutrientes, pode-se esperar efeitos antagônicos de magnitudes distintas entre K e Ca e entre K e Mg.

Face ao exposto, supõem-se que a correção da acidez do solo poderá, dependendo da relação Ca/Mg no corretivo, afetar a absorção de potássio, assim como a adubação potássica poderá influenciar a absorção de Ca e Mg pelas plantas. Em função disto, o presente trabalho se propôs a avaliar o efeito da aplicação de corretivos da acidez com diferentes relações Ca/Mg e de três doses de potássio aplicados ao solo sobre o rendimento de matéria seca e acumulação de Ca, Mg e K em plantas de aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nas dependências da Universidade Federal da Santa Maria, utilizando-se a cultura de aveia (*Avena sativa* L.) cv. UPF-3 como plantas teste. As plantas foram cultivadas em vasos em capacidade de 2,5 litros contendo amostras superficiais (0-20 cm) de um solo pertencente à unidade de mapeamento "Julio de Castilhos" - Podzólico Vermelho álico - PALEUHMULT (BRASIL, 1973), cujas características encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Algumas características do solo utilizado.

pH (H ₂ O 1:1)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	V.	M.O.	N.C.
	ppm		me/100g			%	(t/ha)	
4,8	3,5	50	1,4	1,2	3,0	46	3,34	6,0

P, K - Extração com ácido diluído (HCl + H₂SO₄) - extrator de Mehlich (VETTORI, 1959).

Ca²⁺ - Extração com acetato de amônio neutro 1H e determinação espectrofotométrica.

Al³⁺ - Extração com KCl (VETTORI, 1969).

N.C. - Necessidade de calcário estimada pelo método SMP, para elevação do pH do solo até 6,0 (KAMINSKI & BOHNEN, 1976).

Os tratamentos constaram da adição de corretivos da acidez com sete diferentes relações Ca/Mg, combinados com três doses de potássio, num delineamento inteiramente casualizado, fatorial 7x3, com três repetições. Os corretivos constituíram-se de misturas de carbonatos de cálcio e carbonato de magnésio nas relações molares Ca/Mg de 10, 5, 3, 2, 1, 1/2 e somente CaCO₃, adicionados ao solo em quantidade suficiente para elevar o pH a 6,0 (KAMINSKI e BOHNEN; 1976). As doses de potássio usadas foram 0, 100 e 250 ppm, sendo que a testemunha permaneceu com o teor original de potássio no solo, não sofrendo adição de corretivo da acidez.

Após destorroado, seco e tamizado em malhas de 2,0 mm de diâmetro, proporções de 1900g de solo foram colocados em vasos de 2,5 litros, revestidos com sacos de polietileno, incubadas com os corretivos, mantendo-se a unidade em torno de 70% de capacidade de embebição do solo, por um período de 35 dias. Então foi feita a aplicação das doses de po-

tássio e adubação complementar de N (90 ppm), p (100 ppm), Cu (1,5ppm), Zn (3,0 ppm) e Mo (0,1 ppm).

A aveia semeada, foi desbastada para nove plantas/vaso cinco dias depois a emergência. As plantas foram colhidas cortando-as acima da superfície do solo, 60 dias após a emergência, secada em estufa a 60 °C por 72 horas. Após pesada foram, moidas e preparadas para determinações analíticas. No tecido das plantas foram determinados Ca, Mg e K, extraídos por digestão úmida com H₂O₂-H₂SO₄ conforme metodologia descrita por TEDESCO (1982). Durante o período experimental a umidade do solo foi mantida, através de pesagem dos vasos, em torno de 70% da capacidade de embebição do solo, pela reposição diária com água destilada.

Os valores de acumulação de Ca, Mg e K foram calculados a partir da concentração destes cátions na parte aérea e o rendimento de matéria seca das plantas. Determinou-se os teores de Ca e Mg no solo, extraídos com acetato de amônio neutro 1N. Realizou-se análise de variância e teste Truckey foi adotado para comparação das médias, ao nível de significância de 1%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os teores de Ca e Mg observados no solo após a colheita da aveia. É importante salientar que nenhum dos casos os teores de Ca e Mg atingiram os níveis críticos mínimos adotados pela ROLAS (1981), com exceção do tratamento testemunha para cálcio trocável. Contudo, na maioria dos tratamentos as relações Ca/Mg foram inferiores a 5, o que indicaria condições desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas, de acordo com LOPES (1981).

A Tabela 3 refere-se a produção de matéria seca. Não se observou efeito significativo da relação Ca/Mg no corretivo sobre o rendimento de matéria seca, assim como a interação entre a dose de potássio aplicada e a relação Ca/Mg no corretivo não foi significativa.

Isto demonstra que os teores de Ca e Mg existentes no solo foram suficientes para garantir um bom desenvolvimento das plantas, independente de sua relação molar. Esta hipótese é consistente, considerando-se os teores de Ca e Mg observados no solo após a colheita da aveia (Tabela 2) em concordância com os valores adotados para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina como teores críticos mínimos destes cátions no solo (ROLAS 1981).

TABELA 2. Teores de Ca, Mg e relação Ca/Mg observados no solo após colheita da aveia.

Relação Ca:Mg no corretivo	Ca trocável	Mg trocável	Relação Ca/ Mg trocáveis
	me/100g		
CaCO ₃ puro	6,7	0,6	11,5
10:1	5,6	1,5	3,7
5:1	5,4	2,0	2,7
3:1	5,4	2,1	2,6
2:1	5,2	2,6	2,0
1:1	3,0	4,5	0,7
Testemunha	1,4	1,2	1,2

TABELA 3. Rendimento de matéria seca (g) para a cultura da aveia (média de três repetições).

Relação Ca:Mg no corretivo	Dose de potássio aplicada ao solo			Média
	0	ppm de K 100	250	
CaCO ₃ puro	6,47	8,22	9,44	8,04
10:1	5,64	7,96	8,19	7,27
5:1	5,71	8,62	8,79	7,71
3:1	5,69	8,08	9,91	7,56
2:1	5,79	8,21	8,94	7,65
1:1	5,71	8,50	9,80	8,00
1:2	5,28	8,51	8,74	7,51
Média	5,76	8,30	8,97	
	Doses de K	Rel. Ca/Mg	Dose de KxRel. Ca:Mg	
F	102,87 **	1,16ns	0,58ns	
Δ dms Tukey (1%)	0,73	-	-	
C. V. = 10%				
Testemunha	4,89			

O rendimento de matéria seca variou apenas em função direta da dose de potássio aplicada ao solo, conforme se pode observar na Tabela 3, cujos dados representam os rendimentos médios em todas as relações Ca/Mg usadas, para cada dose de potássio aplicada ao solo.

Com base nos resultados aqui relatados pode-se afirmar que, para este solo, relações Ca/Mg de 11,5 a 0,7 no solo não têm influência no rendimento de matéria seca da aveia com teores no solo variando de 6,7 a 3,0 para Ca e de 0,6 a 4,5 me/100 g para Mg (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por KEY et alii (1962). Pode-se ainda dizer que relações Ca/Mg maiores que 0,5 no corretivo não prejudicaram o rendimento da matéria seca da aveia. O mesmo foi observado por SFREDO (1976), para a cultura do sorgo, considerando-se relações Ca/Mg maiores que 1,0 e 0,5 no corretivo e no solo, respectivamente.

Assim como OLOGUNDE e SORENSEN (1982) e OHNO e GRUNES (1985) atribuíram maior importância ao teor de K do que as relações K/Mg nomeio para produção das plantas, pode-se ainda inferir, neste trabalho, que o teor de potássio parece ser mais importante do que a relação Ca/Mg do solo para o rendimento da aveia, visto que as plantas responderam em rendimento as variações do K aplicado, ao passo que as amplas variações da relação Ca/Mg não foram suficientes para determinar alterações significativas no rendimento de matéria seca em plantas de aveia.

Pela análise de variância para valores de concentração e acumulação de Ca, Mg e K na parte aérea da aveia verificou-se que, tanto a relação Ca/Mg presente no corretivo da acidez quanto a dose de potássio aplicada ao solo tiveram efeitos sobre os teores de Ca e Mg nas plantas, enquanto que os teores de K na parte aérea variam apenas em função da dose de potássio aplicado, não sofrendo alterações significativas às relações Ca/Mg variáveis no corretivo aplicado. Em nenhum dos casos se observa interação significativa entre a relação Ca/Mg do corretivo e a dose de potássio aplicada ao solo, dados nas Tabelas 4 e 5.

Como era de se esperar, os teores de Ca na parte aérea diminuíram e os de Mg aumentaram a medida que diminuía a relação Ca/Mg no corretivo aplicado (Tabela 4). Todavia, pode-se considerar que em nenhuma das relações usadas os teores de Ca/Mg na planta foram limitantes, visto que o rendimento de matéria seca não foi prejudicado pela relação Ca/Mg (Tabela 3).

A exemplo do que tem sido registrado por varios pesquisadores (JACKSON, 1967; MURPHY, 1980; SILVA E RITCHEY, 1982; OLOGUNDE e SORENSEN, 1982; OHNO e GRUNES, 1985), pode-se constatar, na Tabela 5, que o au-

TABELA 4. Efeito da relação Ca/Mg no corretivo da acidez sobre os teores de Ca e Mg na parte aérea da aveia (média de nove repetições).

Tratamentos com corretivos	Concentração de cátions		Cátions absorvidos	
	Ca	Mg	Ca	Mg
	... mM/100g de M.S. .		.. mM/vaso ...	
CaCO ₃ puro	22,1 a ²	24,3 d	1,7 a	1,9 d
Rel. 10:1	22,4 a	28,9 c	1,6 ab	2,0 cd
Rel. 5:1	19,2 b	29,9 c	1,4 bc	2,2 cd
Rel. 3:1	17,6 b	31,3 c	1,3 c	2,3 bc
Rel. 2:1	16,6 b	30,2 c	1,2 cd	2,2 cd
Rel. 1:1	13,3 c	34,2 b	1,0 d	2,6 ab
Rel. 1:2	10,4 d	38,0 a	0,7 e	2,8 a
Testemunha ¹	10,2	19,6	0,5	1,0
dms Tukey (1%)	2,8	2,7	0,2	0,3

¹ - média de três repetições (tratamento não incluindo na análise da variância).

² - médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 5. Efeito do teor de K no solo sobre os teores de Ca, Mg, e K na parte aérea da aveia (média de 21 repetições).

Dose de K	Concentração de cátions			Cátions absorvidos		
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K
. ppm .	.. mM/100g de M.S. mM/vaso		
250	13,0	25,4	102,9	1,16	2,28	9,18
100	16,5	30,5	55,5	1,35	2,53	4,58
0	22,7	37,0	20,7	1,32	2,11	1,19
Δdms Tukey (1%)	1,5	1,4	4,7	0,12	0,17	0,27

mento da dose de K aplicada ao solo teve um efeito depressivo sobre as concentrações de Ca/Mg na parte aérea. Este efeito, entretanto, não é tão pronunciado quando se considera valores de acumulação. Observa-se que a acumulação de Ca e Mg na parte aérea não foi diminuída pelo aumento de K aplicado no solo de 0 para 100 ppm, somente a 250 ppm de K aplicado houve um efeito depressivo.

A diminuição na concentração sem uma correspondente redução na acumulação de Ca/Mg pelas plantas, deve-se ser atribuída ao efeito de diluição destes nutrientes nos tecidos, como consequência do aumento no rendimento de matéria seca que ocorre quando a dose de K no solo é aumentada. Este efeito pode ser observado na Tabela 5 para um aumento da dose de K de 0 para 100 ppm. OLOGUNDE e SORENSEN (1982) admitem que parte do efeito do K do solo sobre a concentração de nutrientes na planta é devido ao fenômeno de diluição. Assim, pode-se inferir que, pelo menos até a dose de 100 ppm de K aplicado no solo, há maior efeito de diluição do que propriamente inibição na absorção de Ca e Mg pelo K. Já um aumento da dose de K para 250 ppm reduziu a acumulação de Ca e Mg nos tecidos.

Deve-se salientar que os teores de K nas plantas aumentaram mesmo quando não se tem incremento significativo no rendimento de matéria seca (Tabela 3) em função do aumento da dose de K no solo de 100 para 250 ppm, o que pode caracterizar o "consumo de luxo" do K pela aveia. Por isso, especula-se que a interferência negativa do K sobre a absorção de Ca e Mg somente se verifica quando o teor de K no solo é alto a ponto de permitir sua absorção acima das necessidades da planta. Neste trabalho isto ocorreu entre 100 e 250 ppm de K aplicado ao solo, para a cultura da aveia. Tais deduções, entretanto, devem ser melhor esclarecidos em trabalhos de pesquisa subsequentes que incluam outros níveis de K no solo, principalmente entre 150 e 300 ppm, admitindo-se que estes teores no solo tenham sido alcançados pelo uso das doses de 100 e 250 ppm de K.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBER, S.A. Mecanismos de absorção do potássio por plantas no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA; Londrina, 1982. *Anais*. Piracicaba, Inst. da potassa (Suíça), Inst. da Potassa e Fosfato (E. U. A), IAPAR, 1982.p.213-26.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura Depto Nacional de Pesquisa Pedológica. *Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado de*

- Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
3. DECHEN, A.R. Deficiência de cálcio e magnésio nos solos e nas plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1982. *Acidez e calagem do Brasil*. Campinas, Soc. Bras. Ci. do Solo. 1983. p.87-95.
 4. JACKSON, W.A. Physiological effects of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. ed. *Soil Acidity and liming*. Madison, ASA. 1967. Cap. 43-124.
 5. KAMINSKI, J. & BOHNER, M. Método para indicação da quantidade de corretivos de acidez em solos do Rio Grande do Sul, *Rev. Fac. Agron.*, 1(2):85-98, 1976.
 6. KEY, J.L.; KURTZ, L.T. & TUCKER, B.B. Influence of ration of exchangeable calcium-magnesium on yield and composition of soybean and corn. *Soil Science*, Baltimore, 93(4):265-70, 1962.
 7. LOPES, A.S. Calagem. *Informe Agropecuário*, Minas Gerais, 7(81):28-34, 1981.
 8. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Potassium in crop production. *Advances in Agronomy*. New York, 33:59-110, 1980.
 9. MONIZ, A.C. Reservas e ocorrências de rochas calcárias no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1982. *Acidez e calagem no Brasil*. Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, 1983. p.1-9.
 10. MOORE, D.P.; JACOBSON, L. & OVERSITREET, R. uptake of calcium by excised barley roots. *Plant Physiology*, Washington, 36(1): 53-7, 1961a.
 11. MOORE, D.P.; OVERSITREET, R. & JACOBSON, L. Uptake of magnesium and its interaction with calcium in excised barley roots. *Plant Physiology*, Washington, 36(1):53-7, 1961b.
 12. MURPHY, L.S. Potassium interaction with other elements: In: *Potassium for agriculture - a situation analysis*. Atlanta, Potash and Phosphate Inst. 1980. p. 83-203.
 13. OHNO, T. & GRUNES, D.L. Potassium - magnesium interactions effecting nutrient uptake by wheat forage. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49:685-690, 1985.
 14. OLOGENDE, O.O. & SORENSEN, R.C. Influence of concentration of K and Mg in nutrient solution on sorghum. *Agronomy Journal*. Madison, 74(1):41-6, 1982.
 15. R.O.L.A.S. Manual de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Trigo e soja*. Porto Alegre, (56):3-34, 1981.
 16. SFREDO, G.J. *Efeito das relações entre Ca e Mg sobre o pH Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo e sobre a produção de matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) Moench*, Viçosa, 61p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral das Plantas). UFV, Viçosa, 1976.
 17. SILVA, J.E. da. & RITCHEY, K.O. Adubação potássica em solos do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais*. Potassa e Fosfato (E.U.A.), IAPAR, 1982. p.323-38.

-
18. SOARES, E. *Influência da relação entre teores trocáveis de cálcio e magnésio de solo na absorção de potássio pelo centeio*. Piracicaba, 73p. Dissertação (Mest. Solos) ESALQ-USP, Piracicaba, 1975.
 19. TEDESCO, M.J. *Extração simultânea N, P, K, Ca, Mg em tecido de planta por digestão por H₂O-H₂SO₄*. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 23p. (Informativo interno, 1-82).
 20. VETTORI, L. *Métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 1969. (Boletim Técnico, 7).