

A relação K/Mg em plantas jovens de laranja
(*Citrus sinensis* L., Var. D. A. C.)⁽¹⁾

F. A. F. DE MELLO²
H. P. HAAG³
M. O. C. BRASIL SOBR²
H. W. S. MONTENEGRO⁴

1 — Apresentado na Segunda Reunião Latinoamericana de Fisiologia Vegetal — Fevereiro de 1967, Mendoza, Argentina, entregue para publicação em 4-11-66; 2 — Cadeira de Química Agrícola da ESALQ; 3 — Cadeira de Química Biológica da ESALQ; 4 — Cadeira de Horticultura da ESALQ.

RESUMO

A análise das folhas das plantas revelaram que a absorção de Mg e de K aumentaram com a concentração do elemento respectivo na solução.

O Mg não interferiu na absorção do K nos tratamentos correspondentes à omissão e dose 2 deste nutriente; nos tratamentos correspondentes à dose 1, 48 p.p.m. de Mg nas soluções nutritivas estimularam a absorção de K.

O K inibiu a absorção de Mg nos tratamentos correspondentes às doses 0 e 2 deste elemento: quanto na presença da dose 1, 234, p.p.m. de K nas soluções nutritivas determinaram maior concentração de Mg nas folhas.

O K teve ação antagonica sobre o Ca; o Mg teve efeito semelhante só quando na presença da dose mais elevada de K. Na ausência desse elemento ou na presença de 234 p.p.m. dele o efeito do Mg foi quadrático.

1. INTRODUÇÃO

A literatura sobre as relações Mg/K em plantas é bastante vasta e mostra que altas concentrações de um deles no solo ou na solução nutritiva se opõe à absorção do outro. Esse antagonismo iônico é mais intenso por parte do K em relação ao Mg.

Apenas para exemplificar, serão citadas as observações de: BOYNTON & COMPTON (1945), MULDER (1950), SMITH & REUTHER (1954); BEYERS (1955); McCOLLOCH et al. (1957), HOVLAND & CALDWELL (1960) sobre os efeitos do K no agravamento das deficiências de Mg. A esse respeito MAGNITSKI (sem data, pág. 34) escreve o seguinte: "o emprêgo de fertilizantes potássicos, sobretudo em doses elevadas nas terras pobres em Mg assimilável acentuará mais a deficiência deste".

WELTER & WERNER (1963) julgam que somente em solos absolutamente deficientes em Mg, o antagonismo Mg/K terá consequência danosa.

Em condições de campo FUDGE (1946) constatou que a fertilização magnésiana diminuía o teor de K em folhas de pomelo. Por outro lado, carência de K induzida por excesso

de Mg no solo foi observada em culturas cana-de-açúcar na Guiana Inglesa (EVANS, 1961). Uma breve revisão sobre o assunto é apresentada por JACOB (1958, pág. 49-54).

No quadro 1 adaptado de EMMERT (1961) são apresentados os sentidos das correlações Mg/K nas folhas de algumas plantas decíduas.

Entre nós, DIAS & MALAVOLTA (citado por MALAVOLTA, 1959, pág. 171) verificaram verdadeira deficiência de Mg em tomateiro cultivado em terra roxa misturada induzida por adubação potássica excessiva. HAAG & MALAVOLTA (1960), trabalhando com cafeeiro cultivado em solução nutritiva, constataram que os teores de Mg das folhas decresciam devido à adição de doses excessivas de K na solução. Fenômeno semelhante foi verificado em condições de campo em laranjeira (GALLO et al., 1960) e em algodoeiro (MELLO, não publicado). O presente trabalho foi feito com a finalidade precípua de se estudar os efeitos de diferentes relações entre os teores de Mg e de K nas soluções nutritivas sobre os teores desses elementos nas plantas, revelados pela análise das folhas.

Planta	Tipo de cultura	Sentido da correlação*
Macieira	campo	—
"	sol. nutritiva	—
"	" "	—
"	" "	—
"	campo	—
"	sol. nutritiva	—
"	campo	—
"	"	—
Videira	sol. nutritiva	—
"	campo	n
"	"	n
Pereira	"	—
Pessegueiro	sol. nutritiva	n
Ameixeira	campo	—
Ameixeira e Pessegueiro	"	—
Ameixeira	"	—

Quadro 1. Sentido das correlações Mg/K em algumas plantas

* O sinal — significa correlação negativa; n significa que não há correlação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Plantinhas de laranjeira com cêrca de 3 meses de idade, foram colocadas em vasos de Erlenmeyer (uma planta por vaso) contendo um litro da solução nutritiva completa de HOAGLAND & ARNON (1950), diluída a 1:5. Os vasos foram pintados externamente com tinta preta e sôbre esta foi colocada uma camada de esmalte branco.

Cêrca de 15 dias após o início do ensaio, procedeu-se à diferenciação dos tratamentos, o que se caracterizou pela variação fatorial dos níveis de Mg e de K e que foram os seguintes:

<i>Nível</i>	<i>p.p.m. do elemento</i>	
	<i>Mg</i>	<i>K</i>
0	0,00 (Mg ₀)	0,00 (K ₀)
1	48,00 (Mg ₁)	234,00 (K ₁)
2	146,00 (Mg ₂)	703,00 (K ₂)

Foram feitas quatro repetições de cada tratamento.

Os tratamentos, as soluções estoques e o número de mililitros, destas, por litro de solução nutritiva, são dados no Quadro 2.

Cada vaso recebeu ainda 1 ml da solução de Fe-EDTA a 12% e 1 ml da solução estoque dos demais micronutrientes preparada segundo a indicação de HOAGLAND & ARNON (1950).

Todos os sais utilizados eram pró-análise e a água era destilada e depois desmineralizada em desmineralizador Bantam, modelo BD 1.

Tratamento	Solução estoque	ml da sol. estoque por litro da sol. nutritiva
K_0Mg_0	$Ca(NO_3)_2$ M	5
	Na_2SO_4 M	2
K_0Mg_1	$Ca(H_2PO_4)_2$ 0,05 M	10
	$Ca(NO_3)_2$ M	5
	$MgSO_4$ M	2
K_0Mg_2	$Ca(H_2PO_4)_2$ 0,05 M	10
	$Ca(NO_3)_2$ M	4
	$MgSO_4$ M	4
	$Mg(NO_3)_2$ M	2
K_1Mg_0	$Ca(H_2PO_4)_2$ 0,05 M	10
	$Ca(NO_3)_2$ M	5
	KNO_3 M	2
	KH_2PO_4 M	1
	K_2SO_4 0,5 M	3
K_1Mg_1	$Ca(NO_3)_2$ M	5
	KNO_3 M	2
	$MgSO_4$ M	2
	KH_2PO_4 M	1
	$KHCO_3$ M	3
K_1Mg_2	$KHCO_3$ M	5
	$Ca(NO_3)_2$ M	4
	$MgSO_4$ M	4
	$Mg(NO_3)_2$ M	2
	KH_2PO_4 M	1
K_2Mg_0	$Ca(NO_3)_2$ M	5
	KNO_3 M	2
	KH_2PO_4 M	1
	K_2SO_4 0,5 M	3
	$KHCO_3$ M	12
K_2Mg_1	$Ca(NO_3)_2$ M	5
	KNO_3 M	2
	$MgSO_4$ M	2
	KH_2PO_4 M	1
	$KHCO_3$ M	15
K_2Mg_2	$Ca(NO_3)_2$ M	4
	$MgSO_4$ M	4
	$Mg(NO_3)_2$ M	2
	KH_2PO_4 M	1
	$KHCO_3$ M	17

Quadro 2. Tratamentos, soluções estoques e quantidades destas por litro de solução nutritiva.

As soluções nutritivas eram renovadas a intervalos de 10 a 15 dias e diariamente arejadas por borbulhamento de ar.

Quatro meses, aproximadamente, após a diferenciação dos tratamentos, as plantas foram colhidas e divididas em folhas, caules e raízes. As raízes e as extremidades dos caules que estavam imersas nas soluções nutritivas foram mergulhadas em uma solução de ácido clorídrico a 2% e lavadas rapidamente em água desmineralizada; o resto dos caules e as folhas foram cuidadosamente limpos, com algodão embebido em água.

A seguir, folhas, caules e raízes foram secos em estufa a 70-80°C. Tomaram-se os pesos da matéria seca dos referidos órgãos; depois foram moídos em micro-moinho Wiley e feitas as dosagens de Mg e K da seguinte maneira: prepararam-se extratos nítricos-perclóricos dos materiais segundo TOTH et al. (1948) e em alíquotas dos mesmos foram feitas as determinações de Mg de acordo com LOTT et al. (1956); de K, por fotometria de chama e de Ca, pelo método do oxalato de amônio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. TEORES DE Mg NAS FÓLHAS

As percentagens de Mg encontradas na matéria seca das folhas aparecem no Quadro 3.

Tratamento	Repetição				Média
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	
K ₀ Mg ₀	0,060	0,063	0,070	0,060	0,063
K ₀ Mg ₁	0,108	0,120	0,108	0,117	0,113
K ₀ Mg ₂	0,337	0,355	0,334	0,325	0,338
K ₁ Mg ₀	0,050	0,053	0,050	0,059	0,053
K ₁ Mg ₁	0,155	0,150	0,144	0,140	0,147
K ₁ Mg ₂	0,241	0,250	0,243	0,253	0,247
K ₂ Mg ₀	0,038	0,400	0,041	0,042	0,040
K ₂ Mg ₁	0,060	0,068	0,070	0,066	0,066
K ₂ Mg ₂	0,149	0,160	0,150	0,146	0,146

Quadro 3. Mg% na matéria seca das folhas

Os dados do Quadro 3, exceto as médias, foram transformados pelo emprego da expressão $\text{arc sen } \sqrt{x}$ sendo x as percentagens de Mg. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente e a análise da variância aparece no Quadro 4.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	8	17,377	2,172	686**
Mg	2	13,524	6,762	2.147**
Mg linear	1	13,270	13,270	4.213**
Mg quadrático	1	0,254	0,254	81**
K	2	2,685	1,342	426**
K linear	1	2,252	2,252	715**
K quadrático	1	0,433	0,433	137**
Interação Mg × K	4	1,168	0,292	93**
Resíduo	27	0,085	0,00315	—

Quadro 4. Quadro da análise da variância dos teores de Mg nas folhas após a transformação em $\text{arc sen } \sqrt{\text{Mg}\%}$

Deduz-se que houve efeito altamente significativo dos tratamentos sobre o teor de Mg das folhas empregadas e um efeito quadrático menor; o efeito do K foi também linear e quadrático.

Com as médias do Quadro 3, para facilitar a compreensão dos resultados, foi construído o Quadro 5.

	K ₀	K ₁	K ₂
Mg ₀	0,063	0,053	0,040
Mg ₁	0,113	0,147	0,066
Mg ₂	0,338	0,247	0,146

Quadro 5. Mg% na matéria seca das folhas (outra apresentação do Quadro 3)

O Quadro 5 mostra que em cada nível de K o teor de Mg nas folhas aumenta em função da concentração deste elemento na solução nutritiva e que nos níveis 0 e 2 de Mg o K teve efeito linear negativo sobre a concentração de Mg nas folhas.

O Quadro 5 mostra ainda que o efeito do K sobre o teor de Mg nas folhas foi quadrático no nível 1 de Mg na solução nutritiva. A dose 1 de K na solução determinou um leve aumento no teor de Mg das folhas e a dose 2, uma redução. Fenômeno algo semelhante foi observado por WELTE & WERNER (1963) em aveia.

3.2. TEORES DE K NAS FÓLHAS

Os teores de K na matéria sêca das fólhas são dados no Quadro 6.

Tratamento					Média
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	
K ₀ Mg ₀	1,05	1,13	0,90	0,90	1,00
K ₀ Mg ₁	1,09	0,90	1,13	0,90	1,01
K ₀ Mg ₂	0,75	0,84	0,75	0,97	0,83
K ₁ Mg ₀	2,80	2,50	2,60	2,70	2,65
K ₁ Mg ₁	3,92	3,86	3,70	3,78	3,82
K ₁ Mg ₂	2,33	2,58	2,45	2,50	2,47
K ₂ Mg ₀	6,24	5,36	5,88	6,44	5,98
K ₂ Mg ₁	5,36	6,30	5,86	5,84	5,84
K ₂ Mg ₂	5,80	6,08	6,32	6,07	6,06

Quadro 6. K% na matéria sêca dos fólhas

Para a análise estatística, os dados Quadro 6, exceto as médias, foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{K\%}$. A análise da variância aparece no Quadro 7.

Verifica-se que houve efeito altamente significativo dos tratamentos sôbre o teor de K das fólhas: o K teve efeito linear muito acentuado e o Mg teve efeito quadrático.

Para melhor compreensão, com as médias do Quadro 6 foi construído o Quadro 8.

Causa da variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	450,570	56,320	466**
K	1	438,040	219,020	1.810**
K linear	1	438,017	438,017	3.619**
K quadrático	2	0,0268	0,0268	—
Mg	1	4,130	2,060	17--
Mg	1	0,342	0,342	—
Mg	4	3,758	3,758	31**
Interação K × Mg	8	8,400	2,100	17**
Resíduo	27	3,260	0,121	—

Quadro 7. Quadro da análise de variância dos teores de K nas fólhas, após transformação em $\text{arc sen } \sqrt{K\%}$.

	K ₀	K ₁	K ₂
Mg ₀	1,00	2,65	5,98
Mg ₁	1,01	3,82	5,84
Mg ₂	0,83	2,47	6,06

Quadro 8. K% na matéria seca das folhas (outra apresentação do Quadro 7).

O Quadro 8 revela que em qualquer nível de Mg, o teor de K nas folhas aumenta em função da concentração deste nutriente nas soluções nutritivas. Pode-se observar ainda que nos níveis 0 e 2 de K nas soluções, o Mg praticamente não afetou o teor de K das folhas; porém, entre os tratamentos que receberam a dose de 1 de K, o Mg teve efeito quadrático, a dose de 1 deste elemento determinando um aumento na concentração de K das folhas.

Os resultados obtidos diferem um pouco daqueles citados por SMITH & REUTHER (1954), e que é a opinião de muitos autores, segundo os quais o Mg exerce pequena ação antagonica sobre a absorção de K. Este, entretanto, inibe fortemente a absorção de Mg.

3.3. TEORES DE Ca NAS FÓLHAS

Não se procedeu a análise estatística dos teores de Ca das folhas. Os teores médios encontrados aparecem a seguir.

Tratamento	Ca% na matéria seca das folhas
K ₀ Mg ₀	1,57
K ₀ Mg ₁	1,84
K ₀ Mg ₂	1,43
K ₁ Mg ₀	1,38
K ₁ Mg ₁	1,69
K ₁ Mg ₂	1,27
K ₂ Mg ₀	1,00
K ₂ Mg ₁	0,98
K ₂ Mg ₂	0,88

Quadro 9. Teores de Ca na matéria seca das folhas

Com os dados do Quadro 9 foi organizado o Quadro 10.

	K ₀	K ₁	K ₂
Mg ₀	1,57	1,38	1,00
Mg ₁	1,84	1,69	0,98
Mg ₂	1,43	1,27	0,88

Quadro 10. Ca% na matéria sêca das fôlhas (outra apresentação do Quadro 9).

Verifica-se (Quadro 10) que as adições de K determinaram uma redução no teor de Ca das fôlhas. Por outro lado, nos tratamentos correspondentes à omissão e ao nível 1 de K o Mg teve efeito aparentemente quadrático, o nível Mg₁ determinando maior conteúdo de Ca nas fôlhas. Nos tratamentos correspondentes à dose mais alta de K o Mg praticamente não alterou o teor de Ca das fôlhas.

Embora não tenhamos elementos para explicar o efeito quadrático do Mg, resultados semelhantes foram observados por MICHAEL (1941, citado por BAUMEISTER, 1958, pág. 516).

4. CONCLUSÕES

O trabalho apresenta os resultados obtidos através de um ensaio fatorial Mg/K, feito com auxílio de soluções nutritivas e com a finalidade de estudar os efeitos das concentrações desses elementos sobre a absorção dos mesmos por laranjeiras jovens. Foram empregados os seguintes níveis de Mg e K nas soluções:

Nível	ppm do elemento	
	Mg	K
0	0	0
1	48	234
2	146	704

A análise das fôlhas das plantas revelaram que a absorção de Mg e de K aumentavam com a concentração do elemento respectivo na solução.

O Mg não interferiu na absorção do K no tratamentos correspondentes à omissão e dose 2 deste nutriente; nos tratamentos correspondentes à dose 1, 48 p.p.m. de Mg nas soluções nutritivas estimularam a absorção de K.

O K inibiu a absorção de Mg nos tratamentos correspondentes às doses 0 e 2, deste elemento; quando na presença da dose 1, 234 p.p.m. de K nas soluções nutritivas determinaram maior concentração de Mg nas folhas.

O K teve ação antagônica sobre o Ca; o Mg teve efeito semelhante só quando na presença da dose mais elevada de K. Na ausência desse elemento ou na presença de 234 p.p.m. dele o efeito do Mg foi quadrático.

5. SUMMARY

Effect of the concentrations of K and Mg in nutrient solution in citrus trees (Citrus sinensis L., var. D. A. C.).

The present paper presents the results of a factorial experiment, Mg/K in hydroponic cultures in order to study the absorption on both elements by citrus trees.

The treatments consisted of:

Level	ppm of the nutrient	
	Mg	K
0	0	0
1	48	234
2	146	704

Magnesium did not interfere with the content of K in the leaves when K was omitted or present in the nutrient solution at level 2 (704 p.p.m.). Magnesium in the nutrient solution (48 ppm) stimulated K absorption.

Magnesium absorption was inhibited when K was present in the nutrient solution at levels 0 and 2. At level 1 (234 p.p.m. of K) there was an increase in Mg content in the leaves.

Potassium-calcium antagonism was observed in all cases whereas Mg-Ca antagonism was observed only the presence of higher levels of K. In the absence or presence 234 p.p.m. of K a quadratic effect of Mg was observed.

6. LITERATURA CITADA

- BAUMEISTER, WALTER, 1908 — Em Handbuch der Pflanzenphysiologie, pags. 482-557, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- BEYERS, E., 1955 — Effect of fertilizers on composition of grape leaves, with especial reference to magnesium deficiency, Union of South Africa Department of Agriculture, Science Bulletin n.º 353.
- BOYNTON, D. & O. C. COMPTON, 1945 — Leaf analysis in estimating the potassium, magnesium and nitrogen needs of fruit trees. Soil Sci. 59:339.
- EMMERT, F. H., 1961 — The bearing of ion interactions on tissue analysis results. Em Plant Analysis and Fertilizer Problems, American Institute of Biological Sciences, Washington 6, D. C.
- EVANS, H., 1961 — A guide to the interpretation of nutritional diagnostic analysis of sugarcane in British Guiana. Sugar Journal 23: 8, 10, 12, 13, 16.
- FUDGE, B. R., 1946 — Effect of application of calcium and magnesium upon absorption of potassium by citrus. Citrus Ind. 27:5.
- GALLO, J. R., S. MOREIRA, O., RODRIGUES & C. G. FRAGA, 1960 — Composição inorgânica das folhas de laranjeira baianinha, com referência à época de amostragem e adubação química. Bragantia 19:229.
- HAAG, H. P. & E. MALAVOLTA, 1960 — Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. IV. Efeitos dos excessos de macronutrientes no crescimento e na composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. *Borbun* (B. Rodr.) Choussy), cultivado em solução nutritiva. Revista do Café Português. Separata n.º 20.
- HOAGLAND, D. R. & D. I. ARNON, 1950 — The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta., Circ. 347.
- HOVLAND, DWIGHT & A. C. CALDWELL, 1960 — Potassium and magnesium relations—hips in soils and plants. Soil Sci. 89:92.
- LOTT, W. L., J. P. NERY, J. R. GALLO & J. C. MEDCALF, 1956 — A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. Boletim n.º 69, do Instituto Agronômico, Campinas.
- MAGNITZKI, K. P., sem data. Les Engrais Magnesiens, Editions Dangles, Paris.

- MALAVOLTA, E., 1959 — Manual de Química Agrícola, Editora Agronômica "Ceres" Ltda., São Paulo.
- MCCOLLOCH, R. C., F. T. BINGHAN & D. G. ALDRICH, 1957 — Relation of soil potassium to magnesium nutrition of citrus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21:85.
- MELLO, F. A. F., n. publ. A relação K/Mg em folhas de algodoeiro cultivado em condição de campo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, no prelo.
- MULDER, D., 1950 — Magnesium deficiency in fruit trees on sandy soils and clay soils in Holland. *Plant and Soil* 2:145.
- SMITH, P. F. & W. REUTHER, 1954 — Citrus nutrition. *Em Fruit Nutrition*, Cap. 6, Norman F. Childers, Somerset Press, Somerville, New Jersey.
- TOTH, S. J., A. L. PRINCE, A. WALLACE & D. S. MIKKELSEN, 1948 — Rapide quantitative determination of eight mineral elements in plant tissue by a systematic procedure involving use of a flame photometer. *Soil Sci.*, 66:459.
- WELTER, E. & W. WERNER, 1963 — Potassium-magnesium antagonism in soils and crops. *J. Sci. Fd. Agric.* 14:180.

