

COMPETIÇÃO ENTRE ADUBOS MAGNESIANOS NA LARANJEIRA

FRANCISCO DE A. F. DE MELLO, ENIO R. DE OLIVEIRA,
HEITOR W. S. MONTENEGRO e SYLVIO ARZOLLA

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo — Piracicaba

INTRODUÇÃO

A despeito da essencialidade do Mg para as plantas no passado pouca atenção lhe foi dada e, como consequência do emprego de fertilizantes concentrados contendo N, P e K apareceram em numerosas regiões culturas com deficiências do nutriente em apreço.

Ultimamente, o problema do Mg na agricultura cresceu em importância, como acentuou MELLO (1965).

Em nosso meio já foram constatados sintomas de deficiência desse elemento em algodoeiro (COURY et al, 1953; COURY et al, 1954) e em tomateiro (DIAS & MALAVOLTA, citados por MALAVOLTA, 1959, pág. 171); em pomares cítricos eles são de ocorrência frequente, sobretudo naqueles situados em terrenos arenosos, de baixa fertilidade.

A finalidade do presente trabalho é estudar a eficiência de diversos fertilizantes magnesianos na laranja.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi executado no município de Limeira, em um pomar de laranja Baianinha (*Citrus sinensis* L., var. **Baianinha**) enxertado sobre cavalo de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck), plantado no espaçamento de 7,0m x 7,0m. Na ocasião da instalação (23-12-59), o pomar, que tinha então 6 anos de idade, se apresentava bem uniforme, porém as plantas exibiam severos sintomas de deficiência de Mg. O solo é o Latossol Vermelho Escuro da Fazenda Santa Maria, plano e a aná-

lise química, executada segundo CATANI et al (1955) revelou as características seguintes:

Característica	Valor	Interpretação
Matéria orgânica	1,55%	Teor médio
Nitrogênio total	0,12%	Teor médio
Fósforo solúvel em H ₂ SO ₄ 0,05 N	0,06 e.mg PO ₄ =/ 100g T.F.S.E.	Teor baixo
Potássio trocável	0,22 e.mg K ⁺ / 100g T.F.S.E.	Teor médio
Cálcio trocável	1,20 e.mg Ca ⁺⁺ / 100g T.F.S.E.	Teor baixo
Magnésio trocável	0,16 e.mg Mg ⁺⁺ / 100g T.F.S.E.	Teor baixo
pH	4,5	Acidez elevada

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 5 repetições, sendo cada parcela constituída de 10 plantas em linha. Entre duas linhas de plantas do ensaio existia uma que não pertencia a êle e que não recebeu qualquer adubação, servindo como separação entre os canteiros.

Foram 5 os tratamentos em competição:

Número	Tratamento
1	NPK (sem Mg)
2	NPK + Mg como Patent Kali (27% K ₂ O e 27% MgSO ₄)
3	NPK + Mg como sulfato (48% MgSO ₄) em cobertura
4	NPK + Mg como calcário dolomítico (19% MgO)
5	NPK + Mg como sulfato (48% MgSO ₄) em pulv. foliar

Nos tratamentos 3 e 5 o Mg foi fornecido como sulfato (sal comercial) na dose de 300g de MgSO₄ por planta; no tratamento n. 2, como Patent Kali usando-se uma quantidade do adubo (1.111g) que contém aproximadamente 300g de MgSO₄. No tratamento n. 4, empregaram-se 1.500g por planta de calcário dolomítico considerando-se a baixa solubilidade e o baixo custo deste adubo.

Todos os tratamentos receberam a mesma adubação NPK que foi a seguinte, por planta: 500g de salitre do Chile (16% N), 250g de superfosfato simples (18-20% de P₂O₅), 500g de fosforita de Olinda (30% P₂O₅) e 600g de sulfato de potássio (50% K₂O), exceto o tratamento n. 2 em que êste adubo foi substituído pelo Patent Kali. Não foi levado em consideração o baixo teor de MgO de alguns dos fertilizantes empregados.

Salvo o sulfato de magnésio, no tratamento n. 5, todos os adubos foram aplicados em cobertura, na ocasião da instalação do experimento. As pulverizações com sulfato de magnésio em número de 3, e com intervalos de 15 dias aproximadamente, foram feitas em janeiro-fevereiro de 1960, empregando-se, cada vez, 3 litros de uma solução aquosa contendo 100g de $MgSO_4$ e 1ml de espalhante adesivo Esapon, da Du Pont.

Em fevereiro de 1960 foram aplicadas em cobertura 250g de salitre do Chile por planta, repetindo-se a operação em abril do mesmo ano.

Na segunda quinzena de outubro de 1960 as adubações iniciais foram repetidas, procedendo-se às pulverizações com sulfato de magnésio em novembro e dezembro do mesmo ano e as coberturas com salitre em fevereiro e abril de 1961. Daí por diante este último processo foi seguido até 1964.

Foram feitas três amostragens de folhas para análises: a primeira, em princípios de janeiro de 1961, para se verificar a ação dos adubos magnesianos um ano após a aplicação; a segunda e a terceira respectivamente, em princípio de janeiro de 1963 e princípio de janeiro de 1964.

As plantas amostradas, cinco por parcela, foram tomadas ao acaso, excluindo-se, porém, a primeira e a última.

Tornaram-se 8 folhas por planta, 2 em cada exposição, localizadas na base de ramos da primavera, com frutos, pertencentes ao terço médio da laranjeira.

No laboratório as folhas foram lavadas em água destilada, sécas em estufa a 70-80°C e moídas em micro-moinho Wiley. Procedeu-se à determinação do Mg de acordo com LOTT et al (1956) e do Ca pelo método do oxalato de amônio.

Em março de 1963 foram tomadas amostras de frutos (25 por parcela) maduros para as seguintes determinações tecnológicas: brix, açúcares redutores, açúcares totais, sacarose, acidez e teor de vitamina C. Para isso, extraiu-se o caldo dos frutos e nele se dosou o teor de vitamina C, segundo MALAVOLTA (1957).

As demais operações foram:

- a) Preparo das amostras para a determinação do brix refratométrico, dos açúcares redutores e totais, da sacarose e da acidez de acordo com A.O.A.C. (1945, pág. 381);
- b) Brix refratométrico — usando o refratômetro "Zeiss" tip Abbe (A.O.A.C., 1945, pág. 558);
- c) Açúcares redutores — segundo A.O.A.C. (1945, pág. 401);
- d) Açúcares totais expressos em glucose — segundo A.O.A.C. (1945, pág. 401);

- e) Sacarose (por diferença) — de acôrdo com A.O.A.C. (1945, pág. 401);
 f) Acidez — segundo A.O.A.C. (1945, pág. 390).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Sintomas de deficiência

Constatou-se, um ano após o início do experimento, que nenhum dos tratamentos havia eliminado totalmente os sintomas de deficiência de Mg das plantas.

Conquanto fôsse generalizada a ocorrência de fôlhas com tais sintomas, ela era mais acentuada nas parcelas testemunhas e naquelas que receberam Mg na forma de calcário dolomítico.

Do segundo ano em diante houve um acréscimo na intensidade dos sinais de carência em todos os tratamentos, exceto nos testemunhas. Entretanto, nenhum tratamento impediu totalmente o aparecimento dos sintomas até o quarto ano após o início do ensaio.

b) Análise das fôlhas da primeira amostragem

A análise química das fôlhas, da primeira amostragem, apresentou os teores de Mg na matéria sêca, dados no quadro I. Trata-se de teores muito baixos, consequência da pobreza do solo em Mg assimilável.

Quadro I Teores de Mg na matéria sêca das fôlhas, primeira amostragem

Tratamento	Mg% na matéria sêca das fôlhas				
	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V
NPK	0,0526	0,0565	0,0542	0,0565	0,0633
NPK + Patent Kali	0,0859	0,0859	0,0791	0,0814	0,0859
NPK + sulfato de Mg no solo	0,0814	0,0814	0,0859	0,0791	0,0791
NPK + calcário dolomítico	0,0701	0,0633	0,0678	0,0633	0,0678
NPK + sulfato de Mg em pulv.	0,0791	0,0814	0,0836	0,0791	0,0791

Os valores do quadro I foram transformados, mediante o emprêgo da fórmula $\text{arc sen } \sqrt{\text{Mg}\%}$ e analisados estatisticamente, revelando um efeito altamente significativo para tratamentos. As médias dos valores $\text{arc sen } \sqrt{\text{Mg}\%}$ e a diferença mínima significativa existente entre elas ao nível de 5% pelo teste de Tukey (PIMENTEL GOMES, pág. 25-27, 1960) são dadas no quadro II.

Quadro II — Médias dos valores $\text{arc sen } \sqrt{\text{Mg}\%}$ e diferença mínima significativa a 5%

Tratamentos	Médias dos valores em $\text{arc sen } \sqrt{\text{Mg}\%}$
NPK	1,407
NPK + Patent Kali	1,656
NPK + Sulfato de Mg no solo	1,634
NPK + Calcário dolomítico	1,478
NPK + Sulfato de Mg em pivô	1,625
C.V. = 4,22	d.m.s. a 5% = 0,095

Verifica-se que as folhas das plantas que receberam Mg em forma solúvel exibiram maior teor do elemento que as folhas das plantas testemunhas e as daquelas que receberam calcário dolomítico, não havendo diferença estatística entre estes dois últimos tratamentos.

E, como se verificou em experimentos prévios, a solubilização do calcário dolomítico é relativamente rápida desde que bem misturado a um solo ácido e convenientemente úmido, é possível, que a menor absorção de Mg dêste adubo, no caso presente, um ano após o seu emprêgo, seja devido ao modo de aplicação (na superfície do terreno) o que privou de melhor contacto com o solo e de melhores condições de umidade e de CO_2 do ar do solo para se solubilizar. A hipótese de um efeito competitivo do Ca é menos provável visto que as análises químicas não revelaram diferenças significativas entre os teores desse elemento nas folhas provenientes dos diversos tratamentos, como se deduz no quadro III.

Quadro III — Teores de Ca na matéria seca das folhas, primeira amostragem

Tratamentos	Ca % na mat. seca das folhas				
	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V
NPK	2,73	2,85	2,80	2,53	2,76
NPK + Patent Kali	2,81	2,67	2,63	2,64	2,90
NPK + Sulfato de Mg no solo	2,67	2,73	2,76	2,67	2,79
NPK + Calcário dolomítico	2,81	2,69	2,72	2,65	2,84
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	2,80	2,77	2,80	2,80	2,82

c) Análise das folhas da segunda amostragem

Os teores de Mg encontrados nas folhas da segunda amostragem figuram no quadro IV.

Quadro IV — Teores de Mg na matéria seca das folhas, segunda amostragem

Tratamentos	Mg % na mat. seca das folhas				
	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V
NPK	0,147	0,151	0,129	0,149	0,131
NPK + Patent Kali	0,163	0,181	0,174	0,172	0,170
NPK + Sulfato de Mg no solo	0,179	0,181	0,174	0,172	0,163
NPK + Calcário dolomítico	0,181	0,181	0,161	0,167	0,167
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	0,163	0,163	0,172	0,163	0,183

Os valores do quadro IV transformados em $\sqrt{\text{Mg}\%}$ foram analisados estatisticamente, encontrando-se diferença significativa ao nível de 1% para tratamentos como se pode observar no quadro V.

Quadro V — Análise da variância dos teores de Mg das folhas da segunda amostragem após transformação em $\sqrt{\text{Mg}\%}$.

Causa da variação	G.L	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	4	0,195	0,0488	14,78***
Blocos	4	0,006	0,0015	—
Resíduo	16	0,053	0,0033	—
Totais	24	0,254	—	—

No quadro VI aparecem as médias dos teores de Mg após transformação em arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$ e as diferenças mínimas significativas a 5% e 1% dadas pelo teste de Tukey (PIMENTEL GOMES 1960, pág. 25-27).

Quadro VI — Média dos valores arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$ e diferenças mínimas significativas fornecidas pelo teste de Tukey

Tratamentos	Médias de arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$
NPK + Sulfato de Mg no solo	2,368
NPK + Patent Kali	2,356
NPK + Calcário dolomítico	2,354
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	2,350
NPK	2,138
C.V. = 2,49 d.m.s. a 5% = 0,058 d.m.s. a 1% = 0,141	

Verifica-se que o teor de Mg das folhas procedentes das parcelas NPK é inferior ao daquelas provenientes dos demais tratamentos, não havendo diferença estatística significativa (pelo teste de Tukey) entre estas últimas, o que mostra que todos os adubos magnesianos empregados foram igualmente eficientes.

d) Análise das folhas da terceira amostragem

Os teores de Mg encontrados nas folhas da terceira amostragem aparecem a seguir (quadro VII).

Quadro VII — Teores de Mg na matéria seca das folhas, terceira amostragem

Tratamentos	Mg % na mat. seca das folhas				
	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V
NPK	0,180	0,204	0,220	0,208	0,220
NPK + Patent Kali	0,248	0,260	0,260	0,272	0,292
NPK + Sulfato de Mg no solo	0,268	0,280	0,248	0,240	0,232
NPK + Calcário dolomítico	0,280	0,264	0,242	0,240	0,260
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	0,228	0,240	0,268	0,228	0,232

Os dados do quadro VII, analisados estatisticamente, após transformação em arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$ revelaram diferença entre tratamentos significativa ao nível de 1% (quadro VIII).

Quadro VIII — Análise da variância dos teores de Mg das
fôlhas da terceira amostragem após transformação
em arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$

Causa da variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	4	0,38	0,0950	7,6**
Blocos	4	0,02	—	—
Resíduo	16	0,20	0,0125	—
Totais	24	0,60	—	—

No quadro IX aparecem as médias dos teores de Mg após transformação em arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$ e as diferenças mínimas significativas a 5% e a 1% dadas pelo teste de Tukey (PIMENTEL GOMES, 1960, pág. 25-27).

Constata-se que o tratamento correspondente à aplicação de sulfato de magnésio em pulverização foliar não diferiu estatisticamente da testemunha; os demais a superaram nitidamente, não diferindo, porém, entre si, nem do tratamento que incluiu o sulfato de magnésio em pulverização.

Quadro IX — Médias dos valores arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$ e diferenças mínimas significativas fornecidas pelo teste de Tukey

Tratamentos	Médias de arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$
NPK + Patent Kali	2,966
NPK + Calcário dolomítico	2,904
NPK + Sulfato de Mg no solo	2,886
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	2,804
NPK	2,606

C.V. = 3,96 d.m.s. a 5% = 0,218; d.m.s. a 1% = 0,275

Deve-se notar a eficiência do calcário dolomítico como fonte de Mg aos dois e três anos após a primeira aplicação. Isso está de acordo com o ponto de vista geralmente aceito de que este fertilizante age só depois de alguns anos após o seu emprego. Os resultados apresentados justificam porque é ele considerado uma fonte de Mg de lenta assimilabilidade. Esse con-

ceito, parece não ser válido quando se mistura o adubo intimamente a um solo ácido.

e) Análises tecnológicas

1 — **Brix:** Os brix encontrados nos caldos provenientes dos diversos tratamentos são dados no quadro X.

Quadro X — Brix dos caldos dos diversos tratamentos

Tratamentos	Brix				
	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V
NPK	9,2	9,0	8,8	9,2	9,0
NPK + Patent Kali	8,6	8,8	8,4	8,6	8,8
NPK + Sulfato de Mg no solo	8,3	8,0	8,6	8,4	8,2
NPK + Calcário dolomítico	9,0	8,8	8,8	9,0	9,0
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	8,8	9,0	8,6	8,8	8,6

Os valores do quadro X foram transformados em arc sen $\sqrt{\text{brix}}$ e analisados estatisticamente, encontrando-se diferença significativa a 1% entre tratamentos, como mostra a análise da variância exposta no quadro XI.

Quadro XI — Quadro da variância dos valores arc sen $\sqrt{\text{brix}}$

Causa da variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	4	1,71	0,428	12,69**
Blocos	4	0,08	—	—
Resíduo	16	0,53	0,033	—
Totais	24	2,32	—	—

As médias dos valores arc sen $\sqrt{\text{brix}}$ dos vários tratamentos e as diferenças mínimas significativas a 5% e 1% dadas pelo teste de Tukey se encontram no quadro XII.

Quadro XII — Médias dos valores arc sen $\sqrt{\text{brix}}$ e diferenças mínimas significativas

Tratamentos	Val. médios de arc sen $\sqrt{\text{brix}}$
NPK	17,50
NPK + Calcário dolomítico	17,38
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	17,22
NPK + Patent Kali	17,09
NPK + Sulfato de Mg no solo	16,64
C.V. = 1,06 d.m.s. a 5% = 0,35; d.m.s. a 1% = 0,45	

O quadro XII revela que o brix mais baixo foi encontrado no tratamento NPK + Sulfato de Mg aplicado no solo, não diferindo entretanto do tratamento NPK + Patent Kali. O brix mais elevado foi encontrado na testemunha (NPK), não diferindo, contudo, dos tratamentos que envolvem o uso do calcário dolomítico e do sulfato de Mg em pulverização, este ao nível de 1%. Os tratamentos que corresponderam aos brix mais baixos (numéricamente, embora nem sempre estatisticamente) foram aqueles em que se empregaram sulfato de Mg, como tal ou como Patent Kali. Não conhecemos a razão de tais resultados.

2 — **Açúcares redutores:** As percentagens de açúcares redutores encontrados estão no quadro XIII.

Quadro XIII — Açúcares redutores nos vários tratamentos

Tratamentos	% de açúcares redutores				
	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V
NPK	3,57	3,82	3,60	3,42	3,47
NPK + Patent Kali	2,78	3,73	3,52	3,30	3,45
NPK + Sulfato de Mg no solo	3,05	2,99	3,42	3,05	2,75
NPK + Calcário dolomítico	3,45	3,57	3,50	3,38	3,38
NPK + Sulfato de Mg em pulv.	3,21	3,62	3,66	3,40	3,05

Os teores de açúcares redutores foram submetidos à análise estatística após transformação em arc sen $\sqrt{\text{açúcares redutores}}$. Constatou-se diferença significativa entre tratamentos como se pode observar no quadro XIV.

Quadro XIV — Análise da variância dos valores arc sen $\sqrt{\text{açúcares redutores}}$

Causa da variação	G L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	4	1,99	0,498	5,36*
Blocos	4	1,34	—	—
Resíduo	16	1,48	0,093	—
Totais	24	4,81	—	—

As médias encontradas para valores arc sen $\sqrt{\text{açúcares redutores}}$ e a diferença mínima significativa a 5% (teste de Tukey) são apresentadas no quadro XV.

Constata-se que nenhum tratamento diferiu da testemunha, o que equivale dizer que três anos após o início do experimento o Mg não havia tido nenhuma influência sobre o teor de açúcares redutores dos frutos. A única diferença encontrada é a existente entre os tratamentos que envolvem o emprego do calcário dolomítico e do sulfato de Mg no solo.

Não se verificou efeito da fertilização magnesiana no que se refere à acidez, teores de açúcares totais, sacarose e vitamina C dos frutos.

Quadro XV — Médias dos valores arc sen $\sqrt{\text{açúcares redutores}}$ e diferença mínima significativa

Tratamento	Valores médios de arc sen $\sqrt{\text{aç. red.}}$
NPK + Calcário dolomítico	10,72
NPK + Sulfato de Mg em pulv	10,57
NPK + Patent Kali	10,55
NPK	10,45
NPK + Sulfato de Mg no solo	10,06
C.V. = 2,89 d.m.s. a 5% = 0,59	

RESUMO E CONCLUSÕES

A eficiência de diversos adubos magnesianos para a laranja (sulfato de magnésio aplicado no solo e em pulverização foliar; Patent Kali, um sulfato duplo de K e Mg; e calcário dolomítico) foi comparada através de um ensaio de campo.

A análise foliar permitiu constatar que o Mg do calcário do-

lomítico aplicado em cobertura não foi aproveitado por laranja um ano após a aplicação. Entretanto, após o terceiro e quarto anos ele foi comparável ao sulfato de Mg e ao Patent Kali.

Cêrca de três anos após o início do experimento, o efeito das diferentes formas magnesianas sôbre as características tecnológicas do caldo dos frutos ainda não haviam se revelado de modo bem definido, exceção do que se refere ao brix. Neste particular, nos tratamentos que envolvem o uso de sulfato de magnésio ou de Patent Kali encontram-se os valores mais baixos, sendo os mais altos observados nos frutos do tratamento NPK.

LITERATURA CITADA

- A. O. A. C., 1945 — Official and tentative methods of analysis, ed. Ass. of Off. Agric. Chemists, Washington. D.C.
- CATANI, R. A., J. ROMANO GALLO & H. GARGANTINI, 1955 — Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim n. 69 do Instituto Agronômico, Campinas.
- COURY, T., E. MALAVOLTA, G. RANZANI & M. O. C. BRASIL SOBR^o, 1954 — Contribuição ao estudo do "vermelhão" do algodoeiro (*Gossypium herbaceum*). Separata n. 203 dos Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- COURY T., G. RANZANI, E. MALAVOLTA & M. O. C. BRASIL SOBR^o, 1953 — Estudos sôbre o "vermelhão" do algodoeiro (III). Separata n. 185 dos Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- LOTT, W. L., J. P. NERY, J. R. GALLO & J. C. MEDCALF, 1956 — A técnica da análise foliar aplicada ao cafeiro. Boletim n. 69 do Instituto Agronômico, Campinas.
- MALAVOLTA, E., 1957 — Práticas de química orgânica e biológica, apostila mimeogr., 80 págs., Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- MELLO, F. A. F., 1965 — Alguns estudos sôbre o magnésio em Química Agrícola, Tese para Concurso de Livre-Docente, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", U.S.P., 93 págs. mimeografadas.
- PIMENTEL GOMES, F., 1960 — Curso de Estatística Experimental, Instituto de Genética, E. S. A. "Luiz de Queiroz", publicação didática n. 2.