

INTERAÇÕES ENTRE MAGNÉSIO E OS OUTROS MACRONUTRIENTES
NO DESENVOLVIMENTO DE FEIJOEIROS,
EM CULTIVO HIDROPÔNICO

Carmen Sílvia Fernandes Boaro¹
José Antonio Proença Vieira de Moraes²
João Domingos Rodrigues¹
Maria Elena A. Delachiave¹
Elizabeth Orika Ono¹
Paulo Roberto Curi³

INTRODUÇÃO

O feijão, uma das bases protéicas e energéticas da nossa alimentação, tem sido objeto de grande número de estudos. Entre eles, alguns trabalhos sobre nutrição mineral de leguminosas dos gêneros *Phaseolus*, *Vigna* e *Glycine* (LEGETT & GILBERT, 1969; COBRA NETTO et al., 1971; MALAVOLTA et al., 1976; KONDRAT'EV, 1977; DANTAS et al., 1979a,b; MALAVOLTA et al., 1980; HEENAN & CAMPBELL, 1981; SOARES et al., 1983) focalizaram a interação entre o magnésio e os outros macronutrientes. Esses estudos demonstraram que a Interação Magnésio \times Potássio é do tipo antagônico, enquanto que a Interação Magnésio \times Cálcio é sinérgica, na maior parte deles, sendo antagônica em apenas um trabalho. Por outro lado, resultados discrepantes foram observados nos estudos com nitrogênio, fósforo e enxofre, que ora revelaram interação antagônica com o magnésio, ora não apresentaram interação com este nutriente.

GAMA (1977) referiu que a absorção de nutrientes, pe-

¹ Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu-SP. CEP 18618-000, Brasil.

² Departamento de Botânica, UFSCar. Caixa Postal 676. CEP 13565-905 São Carlos-SP, Brasil.

³ Serviço de Estatística e Computação, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu-SP. CEP 18618-000, Brasil.

la planta, depende de diversos fatores, dentre os quais da interação entre eles, determinando ações antagônicas ou sinérgicas, que variam em função das proporções dos elementos, das espécies, dos cultivares e do estágio de desenvolvimento do vegetal.

Tendo em vista a importância do feijão *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca (ALMEIDA et al., 1971), a participação dos elementos minerais no desenvolvimento das plantas e a avaliação dos resultados de BOARO (1986) sugerindo a existência, em plantas de feijão submetidas a diferentes níveis de magnésio na solução nutritiva, de interação entre este elemento e outros minerais, propôs-se o presente estudo, a fim de avaliar as possíveis interações entre o magnésio e os outros macronutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) foram submetidas a um banho de hipoclorito de sódio a 5% durante 2 minutos, lavadas em água corrente e finalmente em água desmineralizada. Colocadas para germinar, a seguir, em bandejas, com papel umedecido e à temperatura ambiente, aí permaneceram até que as radículas atingissem cerca de 1 cm de comprimento, quando foram transferidas para vermiculita. Aos 6 e 10 dias após sementeira, as bandejas foram irrigadas com solução nutritiva nº 2 de HOAGLAND & ARNON (1950), diluída a 1/5 (DANTAS et al., 1979a).

Aos 11 dias após sementeira, três plantas foram colocadas em cada vaso de plástico, com capacidade de 6 litros, pintado externamente com purpurina prateada. A seguir, foram os vasos transferidos das condições de laboratório para as de casa de vegetação, onde permaneceram até as datas de colheita. Para a nutrição das plantas empregou-se a solução nutritiva nº 2 de HOAGLAND & ARNON (1950), que contém 48,6 ppm de magnésio, preparada com água desmineralizada. A variação da concentração deste mineral estabeleceu as diferenças entre os tratamentos aos quais as plantas foram submetidas. Assim, estes continham 2,4; 24,3; 48,6;

72,9 e 97,2 ppm de magnésio. Os tratamentos com os níveis mais baixos de magnésio, 2,4 e 24,3 ppm, foram preparados com base em MALAVOLTA (1980). o ferro foi fornecido sob forma de ferro-EDTA.

A solução nutritiva, continuamente arejada, foi renovada a cada duas semanas (DANTAS et al., 1979c). Sempre que necessário, o volume de solução dos vasos foi completa do com água desmineralizada. O controle do pH da solução nutritiva foi feito na instalação do experimento e por ocasião de sua renovação. Quando diminuído o pH foi acertado para 6,5 - 6,7 com KOH 0,1N.

Depois de submetidas as plantas aos diferentes tratamentos, foram realizadas 5 colheitas, a intervalos de 14 dias (RADFORD, 1967). Em todas as colheitas as plantas foram separadas em raiz, caule, folhas e frutos, quando existentes. Esses órgãos foram preparados de acordo com SARRÜGE (1980) e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar, até obtenção de peso constante.

Após a moagem do material vegetal seco, foram preparados os extratos conforme MALAVOLTA et al. (1989) para determinação dos elementos minerais, magnésio, potássio, cálcio, fósforo e enxofre através de digestão nítrico-perclórica e do nitrogênio através de digestão sulfúrica com ácido sulfúrico, sais e catalisadores. A seguir, foram utilizados os métodos analíticos de espectrofotometria de absorção atômica para dosagem de magnésio, potássio e cálcio, conforme especificações do manual do espectrofotômetro Perkin-Elmer, modelo 305B, e colorimetria do sulfato de bário para enxofre, segundo as especificações de MALAVOLTA et al. (1989).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial com 5 Níveis de Magnésio \times 5 Colheitas. Para frutos, a avaliação foi realizada nas 3 colheitas, em que estavam presentes. Cada parcela foi representada por um vaso com 3 plantas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, segundo as

especificações de PIMENTEL-GOMES (1990), ao nível de 5% de significância. Foram analisados os resultados verificados para Colheitas, Níveis de Magnésio e Interação Colheitas x Níveis de Magnésio. Quando significativa, apenas esta interação foi considerada, avaliando-se o desdobramento dos níveis de magnésio dentro de colheita e/ou das colheitas dentro de nível de magnésio.

Por outro lado, a avaliação dos efeitos dos níveis excessivos (72,9 e 97,2 ppm) e carentes (2,4 e 24,3 ppm) de magnésio foi feita em comparação com as plantas submetidas à solução nutritiva completa, que continha 48,6 ppm desse mineral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos teores de macronutrientes em raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros submetidos a diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, se encontra na **Tabela 1**. Observou-se variação dos macronutrientes, nos diversos órgãos, quando se considerou o fator Colheita, com a única exceção do teor de nitrogênio em caule. Em relação ao Nível de Magnésio, foram comprovadas diferenças de teores de magnésio em raiz, caule, folha e fruto; de potássio em raiz e fruto; de cálcio em raiz, caule e folha; de fósforo em raiz e de enxofre em fruto. A Interação Colheitas x Níveis de Magnésio foi significativa para cálcio em raiz; nitrogênio em caule e enxofre em folha e fruto.

Magnésio

A comparação de médias do teor de magnésio em raiz, caule, folha e fruto de plantas nutridas com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, pode ser observada na **Tabela 2**.

O teor de magnésio em raiz foi maior em plantas nutridas com 48,8; 72,9 e 97,2 pp, de Mg, cujos valores não diferiram entre si. Os menores teores foram observados com 2,4 ppm, cabendo às plantas nutridas com 24,3 ppm uma po-

Tabela 1. Análise de variância (teste F) dos teores de magnésio, potássio, cálcio, fósforo, nitrogênio e enxofre, em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto, de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas.

Teor	Órgão	Colheita	Níveis de Mg	Interação Colheita x Níveis de Mg
Magnésio	raiz	24,73*	7,37*	0,59
	caule	6,11*	23,07*	1,01
	folha	10,89*	42,33*	1,13
	fruto	8,86*	5,24*	0,41
Potássio	raiz	7,17*	3,96*	1,28
	caule	11,97*	1,82	0,85
	folha	9,06*	0,20	1,05
	fruto	14,70*	3,52*	0,86
Cálcio	raiz	5,70*	4,30*	2,80*
	caule	7,52*	12,28*	1,62
	folha	6,97*	3,46*	1,71
	fruto	21,40*	1,48	0,79
Fósforo	raiz	2,78*	5,47*	1,09
	caule	12,38*	2,37	1,59
	folha	3,66*	1,16	1,13
	fruto	20,10*	1,41	0,57
Nitrogênio	raiz	2,67*	0,29	0,97
	caule	1,45	0,70	2,18*
	folha	20,82*	0,46	0,95
	fruto	17,15*	2,51	0,49
Enxofre	raiz	12,70*	1,97	1,12
	caule	24,17*	1,11	1,54
	folha	45,57*	1,38	2,06*
	fruto	15,59*	6,24*	2,37*

* Significância no nível de 5%.

Tabela 2. Comparação entre médias do teor de magnésio, em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas.

Nível de Mg (ppm)	Colheitas					Médias de Nível de Mg
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Raiz						
2,4	1,16	0,88	0,70	0,50	0,47	0,74a
24,3	1,12	0,85	0,72	0,60	0,52	0,76ab
48,6	1,53	1,33	0,64	0,88	0,59	0,99bc
72,9	1,67	1,16	0,99	0,95	0,80	1,11c
97,2	1,47	1,18	0,79	0,91	0,79	1,03c
Médias Colheita	1,39C	1,08B	0,77A	0,77A	0,63A	0,93
Δ 5% (colheita) = 0,25			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,25			
Caule						
2,4	0,41	0,34	0,31	0,24	0,31	0,32a
24,3	0,38	0,34	0,34	0,36	0,43	0,37a
48,6	0,54	0,50	0,45	0,43	0,55	0,49b
72,9	0,74	0,52	0,42	0,51	0,58	0,55b
97,2	0,63	0,56	0,50	0,51	0,51	0,55b
Médias Colheita	0,54B	0,45A	0,40A	0,41A	0,48AB	0,46
Δ 5% (colheita) = 0,09			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,09			
Folha						
2,4	0,63	0,53	0,57	0,51	0,61	0,58a
24,3	0,73	0,62	0,64	0,69	0,79	0,69a
48,6	1,07	0,84	0,78	0,86	1,13	0,94b
72,9	1,23	0,87	0,86	1,02	1,08	1,01bc
97,2	1,35	0,88	0,96	1,13	1,10	1,08c
Médias Colheita	1,00C	0,75A	0,76A	0,85AB	0,94BC	0,86
Δ 5% (colheita) = 0,13			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,13			
Fruto						
2,4			0,34	0,27	0,29	0,30a
24,3			0,42	0,36	0,28	0,35ab
48,6			0,44	0,36	0,30	0,37ab
72,9			0,54	0,42	0,42	0,46b
97,2			0,48	0,41	0,31	0,41b
Médias Colheita			0,44B	0,37A	0,32A	0,38
Δ 5% (colheita) = 0,07			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,11			

Médias seguidas de mesma letra não diferem no nível de 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam médias de colheita, na horizontal, e minúsculas, de nível de magnésio, na vertical.

sição intermediária, que não diferiu das submetidas a 2,4 a 48,6 pp, de Mg. Não houve efeito de níveis excessivos de Mg sobre o teor de magnésio em raiz. Por outro lado, só houve efeito de carência, quando 2,4 ppm de Mg foram utilizados, uma vez que foi menor o teor de magnésio nas raízes dessas plantas comparado ao das plantas nutridas com 48,6 ppm. As épocas de colheita apresentaram efeito sobre o teor de magnésio em raízes, que diminuiu até a 3.^a colheita, mantendo-se inalterado a seguir.

Em caule, os teores de magnésio das plantas com 2,4 e 24,3 ppm de Mg não diferiram entre si e foram menores que os observados em plantas com 48,6; 72,9 e 97,2 ppm de Mg, que, por sua vez, também não comprovaram diferenças entre si. Desta forma, observa-se que houve efeito da carência de magnésio na solução nutritiva, mas não de seu excesso sobre o teor deste mineral em caule. As épocas de colheita apresentaram efeito sobre o teor de magnésio em caule, que diminuiu da 1.^a para a 2.^a colheita, mantendo-se inalterado a seguir.

Em folha os teores de magnésio das plantas com 2,4 e 24,3 ppm de Mg não apresentaram diferenças significativas entre si e foram menores que aqueles observados com 48,6; 72,9 e 97,2 ppm. As folhas das plantas com 48,6 ppm de Mg revelaram menor teor deste mineral que as nutridas com 97,2 ppm de Mg, cabendo posição intermediária aos valores observados com 72,9 ppm, que não diferiram dos teores encontrados com 48,6 e 97,2 ppm. Assim, a carência de magnésio determinou a diminuição desse mineral em folha, enquanto o excesso apresentou efeito apenas em plantas com 97,2 ppm deste elemento. As épocas de colheita apresentaram efeito sobre o teor de magnésio em folhas, que diminuiu na 2.^a colheita, manteve-se inalterado até a 4.^a colheita para, a seguir, aumentar na 5.^a colheita apenas em relação à 2.^a e 3.^a colheitas. Desta forma, o teor de magnésio em folhas retornou aos valores iniciais.

Em fruto, o teor de magnésio das plantas com 2,4 ppm de Mg foi menor que o daquelas nutridas com 72,9 e 97,2 ppm, que por sua vez, não diferiram significativamente en-

tre si. Os teores observados em plantas nutridas com 24,3 e 48,6 ppm de Mg ocuparam posição intermediária, não diferindo entre si nem dos valores observados com 2,4; 72,9 e 97,2 ppm de Mg. Não houve efeito da carência ou excesso de magnésio sobre o teor desse mineral em fruto, diferente mente das épocas de colheita, com diminuição da 3.^a para a 4.^a e, a seguir, estabilização.

Em raiz e caule, a diminuição do teor de magnésio em plantas submetidas a 2,4 ppm confirmam os achados de COBRA NETTO *et al.* (1971), que cultivaram feijoeiros e de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), que estudaram algodoeiros, em solução nutritiva omissa em magnésio. Em folhas, essa diminuição, confirma os resultados de COBRA NETTO *et al.* (1971), DANTAS *et al.* (1979b) e MALAVOLTA *et al.* (1980), para feijoeiros, de TERRY & ULRICH (1974) para beterraba, de MALAVOLTA *et al.* (1976), para soja e de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro. Considerando os estudos realizados com feijoeiros, os teores bem menores encontrados por DANTAS *et al.* (1979b), podem ser explicados pela utilização apenas das folhas inferiores, que são as primeiras a apresentar sinais de carência de magnésio, tendo em vista os registros de MALAVOLTA (1980b) de que é grande a mobilidade deste elemento. Não se deve deixar de considerar, por sua vez, que esses autores estudaram outra espécie de feijão. Em relação a fruto, os resultados obtidos no presente estudo talvez encontre apoio na afirmação de KIRKBY & MENGEL (1976), segundo a qual os conteúdos de magnésio em grãos são muito menos afetados pelos níveis desse elemento no meio nutriente, que os outros órgãos do vegetal. Assim, os frutos de feijoeiros, constituídos por grãos e palha, não sofreriam tanto a influência da carência de magnésio na solução nutritiva.

Quando os níveis mais elevados de magnésio, 72,9 e 97,2 ppm, foram utilizados, nenhuma alteração do teor desse elemento foi observada nos diferentes órgãos, exceção feita a um aumento em folha de plantas com 97,2 ppm. Esses resultados sugerem que, de maneira geral, o excesso de magnésio oferecido não teria sido absorvido, com exceção das

plantas nutridas com 97,2 ppm, nas quais teria havido translocação da raiz para a parte aérea, com aumento deste mineral na folha.

Os resultados verificados para teor de magnésio em caule, folha e fruto de plantas de feijão submetidas a esses níveis mais elevados não podem ser comparados, uma vez que não existem trabalhos que avaliem esses teores em plantas de feijão ou outras leguminosas submetidas a níveis mais elevados de magnésio. Com relação a raiz, os resultados deste estudo, que revelaram tendência a uma correlação positiva, estão de acordo com os de LEGGET & GILBERT (1969), que avaliaram o teor de magnésio em raízes de plantas de soja submetidas a solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio e observaram correlação positiva entre a concentração de magnésio na solução nutritiva e o seu teor também em raízes.

Neste estudo, de maneira geral, ocorreu aumento do teor de magnésio nas folhas dos feijoeiros, à medida que aumentava a concentração de magnésio na solução nutritiva. Esses resultados concordam com os observados por CLARK (1975), em folhas de milho.

Potássio

A comparação de médias do teor de potássio em raiz, caule, folha e fruto de plantas nutridas com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, pode ser observada na **Tabela 3**, cuja interpretação é semelhante àquela feita para o magnésio. Neste caso, também não houve interação significativa, tendo sido avaliados de modo independente os efeitos dos níveis de magnésio e das colheitas.

No presente estudo, níveis mais baixos de magnésio não influenciaram no teor de potássio em caule e folha. Por outro lado, ocorreu aumento do teor desse elemento, em raízes. Em fruto, observou-se tendência de elevação e efetivo aumento do teor de potássio, quando 2,4 e 24,3 ppm de Mg foram utilizados, respectivamente.

Em raiz e caule, verifica-se discordância desses re-

Tabela 3. Comparação entre médias do teor de potássio, em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio nas várias colheitas.

Nível de Mg (ppm)	Colheitas					Médias de Nível de Mg
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Raiz						
2,4	6,07	6,85	5,63	3,81	4,73	5,42b
24,3	6,03	6,73	6,27	5,30	3,24	5,51b
48,6	3,40	5,53	4,34	3,52	3,76	4,11a
72,9	4,39	5,58	5,58	5,17	4,17	4,98ab
97,2	4,39	5,32	5,73	4,73	4,95	5,02ab
Médias	4,86AB	6,00C	5,51BC	4,51A	4,17A	5,01
Colheita	Δ 5% (colheita) = 1,11					Δ 5% (nível de magnésio) = 1,11
Caule						
2,4	4,22	3,40	3,37	1,80	2,60	3,08
24,3	4,30	2,37	4,05	2,64	3,82	3,44
48,6	4,25	3,22	3,63	2,04	3,33	3,29
72,9	4,40	2,64	3,40	2,41	2,70	3,11
97,2	3,17	2,46	3,45	2,32	2,11	2,70
Médias	4,07C	2,82AB	3,58BC	2,24A	2,91AB	3,12
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,82					
Folha						
2,4	4,22	3,48	3,47	2,90	3,87	3,59
24,3	3,98	2,84	3,95	3,34	3,64	3,55
48,6	3,88	3,02	4,07	3,45	3,73	3,63
72,9	3,88	3,04	4,23	2,80	3,67	3,52
97,2	3,65	2,67	4,13	3,87	4,10	3,68
Médias	3,92C	3,01A	3,97C	3,27AB	3,80BC	3,59
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,57					
Fruto						
2,4			2,89	1,98	2,19	2,35ab
24,3			3,17	2,87	2,19	2,74b
48,6			2,39	2,07	1,91	2,12a
72,9			3,36	2,34	2,47	2,72b
97,2			2,86	2,30	1,74	2,30ab
Médias			2,93B	2,11A	2,10A	2,45
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,60					Δ 5% (nível de magnésio) = 0,39

Médias seguidas de mesma letra não diferem no nível de 5% de probabilidade

Letras maiúsculas compoem médias de colheita, na horizontal, e minúsculas, de nível de magnésio, na vertical

sultados com os de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro, em que a omissão de magnésio na solução nutritiva não afetou o teor de potássio em raízes e o aumento em caule. Em folha, os resultados observados estão em discordância com os de COBRA NETTO et al. (1971), DANTAS et al. (1979b) e MALAVOLTA et al. (1980), para feijoeiros; de TERRY & ULRICH (1974), para beterraba; de MALAVOLTA et al. (1976), para soja e de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro, que verificaram causar a omissão de magnésio, na solução nutritiva, aumento do teor de potássio.

As diferenças de comportamento poderiam ser explicadas por se tratar de comparação de resultados observados com espécies, variedades e soluções nutritivas diferentes. A provável diferença de comportamento entre espécies ou variedades poderia encontrar apoio nas observações de CLARK (1975), que sugere a possibilidade de que plantas da mesma espécie difiram muito na absorção de magnésio. Além de terem sido utilizadas soluções nutritivas diferentes, no presente estudo, a solução nutritiva com menor nível de magnésio continha 2,4 ppm, enquanto nos demais, era omissa nesse elemento. Por outro lado, neste estudo, o teor de potássio foi determinado em amostras do conjunto de folhas, enquanto em alguns dos trabalhos as folhas foram separadas em superiores e inferiores.

Os níveis mais elevados de magnésio, 72,9 e 97,2 ppm, não influenciaram o teor de potássio em caule e folha. Em fruto houve aumento desse teor, quando 72,9 ppm de Mg foram utilizados, resultado que não pode ser comparado, uma vez que não existem trabalhos que avaliem esse parâmetro, em plantas de feijão ou outras leguminosas nas condições deste estudo. No entanto, os resultados para caule e folha estão de acordo com os de OMAR & EL KOBBIA (1966) para alfafa, para quem o aumento dos níveis de magnésio não alterava o teor de potássio nas partes aéreas, talvez pela seletividade de absorção desse elemento.

Em raiz, observa-se discordância dos resultados do presente estudo, que apresentou tendência de aumento, com

os de LEGGET & GILBERT (1969), para soja, em que o aumento da concentração de magnésio na solução diminuía o conteúdo de potássio nas raízes. Os resultados discordantes talvez possam ser explicados pela diferença de magnésio oferecido às plantas ou por se tratar de espécies diferentes.

Cálcio

A comparação de médias de teor de cálcio em raiz, caule, folha e fruto de plantas nutridas com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, pode ser observada na Tabela 4. Em raiz, a interação significativa levou à avaliação do efeito dos níveis de magnésio dentro de colheita e das colheitas dentro de nível de magnésio.

O nível de magnésio igual a 2,4 ppm não influenciou no teor de cálcio em raiz, folha e fruto. A única exceção foi o aumento desse teor em raízes das plantas com 2,4 ppm de Mg, na 5ª colheita. Por outro lado, houve aumento do teor de cálcio em caule das plantas submetidas a 2,4 ppm de Mg.

Em raiz, os resultados confirmam os de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro em solução nutritiva omissa em magnésio; em caule os resultados diferem dos encontrados por esses autores, em que a omissão de magnésio não afetou a concentração de cálcio. Em relação a folha, os resultados discordam dos observados por COBRA NETO et al. (1971), DANTAS et al. (1979b) e MALAVOLTA et al. (1980), para feijoeiros; por MALAVOLTA et al. (1976), para soja; por ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro, que verificaram diminuição do teor de cálcio quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva omissa em Mg e dos observados por TERRY & ULRICH (1974), que, nas mesmas condições, verificaram aumento do teor de cálcio em folha de beterraba.

Em folha, a tendência de diminuição e efetiva diminuição do teor de cálcio, quando 72,9 e 97,2 ppm foram utilizados, respectivamente, confirmam os resultados de CLARK (1975) e KAWASAKI & WALLACE (1980), para milho, que verificaram diminuição do conteúdo de cálcio, relacionado ao in-

Tabela 4. Comparação entre médias do teor de cálcio em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas.

Nível de Mg (ppm)	Colheitas					Médias de Nível de Mg
	1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	
Raiz						
2,4	0,78Aa	0,63Aa	0,71Aa	0,37Aa	1,85Bb	0,87
24,3	0,59Aa	0,41Aa	0,66ABa	1,26Bb	0,90ABa	0,76
48,6	0,76Aa	0,57Aa	0,61Aa	0,79Aab	0,76Aa	0,70
72,9	0,56Aa	0,43Aa	0,58Aa	0,55Aa	0,69Aa	0,56
97,2	0,42Aa	0,42Aa	0,45Aa	0,53Aa	0,61Aa	0,49
Médias	0,62	0,49	0,60	0,70	0,96	0,67
Colheita						
Δ 5% (colheita) = 0,66			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,66			
Caule						
2,4	1,11	0,88	0,84	0,51	0,72	0,81c
24,3	0,76	0,50	0,73	0,58	0,77	0,67b
48,6	0,79	0,69	0,61	0,50	0,69	0,66b
72,9	0,85	0,51	0,48	0,51	0,56	0,58ab
97,2	0,45	0,44	0,54	0,41	0,39	0,45a
Médias	0,79B	0,60A	0,64A	0,50A	0,63A	0,63
Colheita						
Δ 5% (colheita) = 0,15			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,15			
Folha						
2,4	2,60	2,35	2,65	2,19	2,25	2,41b
24,3	1,94	1,63	2,13	2,39	2,89	2,20ab
48,6	2,55	2,12	1,95	2,17	3,11	2,38b
72,9	2,34	1,65	1,92	2,26	2,57	2,15ab
97,2	1,55	1,50	1,99	2,29	2,29	1,92a
Médias	2,20AB	1,85A	2,13AB	2,26BC	2,62C	2,21
Colheita						
Δ 5% (colheita) = 0,42			Δ 5% (nível de magnésio) = 0,42			
Fruto						
2,4			0,76	0,30	0,35	0,47
24,3			0,72	0,55	0,30	0,52
48,6			0,62	0,40	0,27	0,43
72,9			0,79	0,41	0,50	0,57
97,2			0,60	0,41	0,21	0,41
Médias			0,70B	0,41A	0,33A	0,48
Colheita						
Δ 5% (colheita) = 0,15						

Médias seguidas de mesma letra não diferem no nível de 5% de probabilidade

Letras maiúsculas comparam médias de colheita, na horizontal e minúsculas de nível de magnésio, na vertical

cremento da concentração de magnésio na solução nutritiva.

Fósforo

A comparação de médias do teor de fósforo em raiz, caule, folha e fruto de plantas nutridas com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, pode ser observada na **Tabela 5**. O aumento do teor de fósforo em raiz de plantas com 2,4 ppm de Mg confirma os achados de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro, em solução nutritiva omissa em magnésio. Em caule, onde o teor de fósforo não foi influenciado por níveis mais baixos de magnésio, os resultados diferem dos encontrados por ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), que cultivaram algodoeiro em solução nutritiva omissa em magnésio e verificaram aumento da concentração de fósforo nesse órgão. Em folha, os resultados observados confirmam os de COBRA NETTO et al. (1971), para feijoeiro e os de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro, que observaram ausência de influência da omissão de magnésio, na solução nutritiva, sobre o teor de fósforo.

Nitrogênio

A comparação de médias do teor de nitrogênio em raiz, caule, folha e fruto de plantas com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, pode ser observada na **Tabela 6**. Em caule, a interação significativa levou à avaliação do efeito dos níveis de magnésio dentro das colheitas e das colheitas dentro dos níveis de magnésio. Em raiz, caule, com exceção da 3ª colheita, e folha, não houve influência do teor de nitrogênio quando 2,4 ppm de Mg foram utilizados na solução nutritiva. Esses resultados confirmam os de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), para algodoeiro cultivado em solução nutritiva omissa em magnésio. No entanto, em folha, observa-se discordância dos resultados, com os de COBRA NETTO et al. (1971) e DANTAS et al. (1979b) que cultivaram feijoeiros em solução nutritiva omissa em magnésio e observaram aumento do teor de nitrogênio.

Tabela 5. Comparaçãõ entre m\u00e9dias do teor de f\u00f3sforo, em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros em soluçãõ nutritiva com diferentes n\u00edveis de magn\u00e9sio, nas v\u00e1rias colheitas.

N\u00edvel de Mg (ppm)	Colheitas					M\u00e9dias de N\u00edvel de Mg
	1 ^a .	2 ^a .	3 ^a .	4 ^a .	5 ^a .	
Raiz						
2,4	0,825	0,466	0,956	1,145	1,313	0,941b
24,3	0,553	0,353	0,807	0,621	0,557	0,578a
48,6	0,383	0,292	0,993	0,368	0,386	0,484a
72,9	0,403	0,408	0,641	0,432	0,506	0,478a
97,2	0,827	0,270	0,418	0,253	0,415	0,437a
M\u00e9dias	0,598AB	0,358A	0,763B	0,564AB	0,635AB	0,584
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,353			Δ 5% (n\u00edvel de magn\u00e9sio) = 0,353		
Caule						
2,4	0,681	0,342	0,439	0,271	0,535	0,454
24,3	0,466	0,316	0,461	0,412	0,443	0,420
48,6	0,382	0,284	0,434	0,335	0,399	0,367
72,9	0,692	0,310	0,418	0,473	0,534	0,485
97,2	0,674	0,242	0,468	0,313	0,300	0,399
M\u00e9dias	0,579C	0,299A	0,444B	0,361AB	0,442B	0,425
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,12					
Folha						
2,4	0,818	0,666	0,725	0,471	1,029	0,742
24,3	0,615	0,543	0,726	0,744	0,809	0,687
48,6	0,864	0,639	0,751	0,658	0,791	0,741
72,9	1,136	0,712	0,812	0,813	0,858	0,866
97,2	1,000	0,460	1,029	0,595	0,577	0,732
M\u00e9dias	0,887B	0,604A	0,809AB	0,656A	0,813AB	0,754
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,247					
Fruto						
2,4			0,596	0,429	0,487	0,504
24,3			0,661	0,491	0,479	0,544
48,6			0,656	0,491	0,444	0,530
72,9			0,695	0,540	0,553	0,596
97,2			0,702	0,424	0,393	0,506
M\u00e9dias			0,662B	0,475A	0,471A	0,536
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,085					

M\u00e9dias seguidas de mesma letra n\u00e3o diferem no n\u00edvel de 5% de probabilidade

Letras mai\u00fasculas comparam m\u00e9dias de colheita, na horizontal e min\u00fasculas, de n\u00edvel de magn\u00e9sio, na vertical

tabela 6. Comparação entre médias do teor de nitrogênio, em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas.

Nível de Mg (ppm)	Colheitas					Médias de Nível de Mg
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Raiz						
2,4	3,710	3,521	3,827	3,094	3,693	3,569
24,3	3,615	3,045	3,967	3,647	3,932	3,641
48,6	3,178	3,152	4,270	3,514	3,353	3,493
72,9	3,531	3,750	3,778	3,428	3,726	3,643
97,2	4,228	2,721	3,551	3,381	3,465	3,469
Médias	3,653AB	3,238A	3,878B	3,413AB	3,634AB	3,563
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,601					
Caule						
2,4	2,693Aab	2,413Aa	2,245Aa	2,378Aa	2,541Aab	2,454
24,3	2,478Aab	2,422Aa	2,303Aa	2,459Aa	2,438Aab	2,420
48,6	2,245Aa	2,429ABa	3,255Bb	2,840ABa	2,161Aab	2,586
72,9	2,646Aab	2,436Aa	2,469Aab	2,609Aa	2,891Ab	2,610
97,2	3,227Bb	2,163Aa	2,763ABab	2,126Aa	1,935Aa	2,443
Médias	2,658	2,373	2,607	2,482	2,393	2,503
Colheita	Δ 5%(colheita dentro de nível de Mg)=0,942					Δ 5%(nível de Mg dentro de colheita)=0,942
Folha						
2,4	4,923	3,729	3,941	2,891	3,269	3,751
24,3	4,037	3,463	4,132	3,213	3,131	3,595
48,6	4,221	3,808	3,787	3,353	2,998	3,633
72,9	4,970	3,551	3,750	3,262	3,535	3,814
97,2	4,856	3,215	4,137	3,281	3,083	3,714
Médias	4,601C	3,553B	3,949B	3,200A	3,203A	3,701
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,517					
Fruto						
2,4			4,039	3,229	3,419	3,562
24,3			4,209	3,463	3,750	3,807
48,6			4,417	3,801	3,759	3,992
72,9			4,611	3,773	4,081	4,155
97,2			4,590	3,173	3,469	3,744
Médias			4,373B	3,488A	3,696A	3,852
Colheita	Δ 5% (colheita) = 0,389					

Médias seguidas de mesma letra não diferem no nível de 5% de probabilidade

Letras maiúsculas comparam médias de colheita, na horizontal, e minúsculas, de nível de magnésio, na vertical

A ausência de influência dos níveis mais elevados de magnésio na solução nutritiva, 72,9 e 97,2 ppm, sobre o teor de nitrogênio em caule e folha está de acordo com os resultados de KUMAR et al. (1981), em estudo da parte aérea de trigo, quando níveis mais elevados foram utilizados.

Enxofre

A comparação de médias do teor de enxofre em raiz, caule, folha e fruto de plantas nutridas com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas, pode ser observada na Tabela 7. Em folha e fruto, a interação significativa levou à avaliação do efeito dos níveis de magnésio dentro das colheitas e das colheitas dentro dos níveis de magnésio. Deve ser registrada a diminuição do teor de enxofre em fruto quando as plantas foram submetidas a 2,4 e 24,3 ppm de Mg; ocorreu, pois, efeito da carência desse mineral. Níveis mais baixos de magnésio na solução nutritiva não influenciaram no teor de enxofre em raiz, caule e folha. Esses resultados confirmam as observações de ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978) em relação a raiz e caule de algodoeiro cultivado em solução nutritiva sem magnésio e os de COBRA NETTO et al. (1971), em relação a folha de feijoeiro, cultivado em solução nutritiva também sem magnésio. Por outro lado, esses resultados diferem dos encontrados por MALAVOLTA et al. (1976), que verificaram aumento de enxofre em folhas superiores de soja; ROCHA FILHO & BRASIL SOBRINHO (1978), que observaram diminuição em folhas inferiores de algodoeiro, e por DANTAS et al. (1979b), que encontraram aumento nas folhas superiores e inferiores de feijoeiros.

Cabe ressaltar que, em relação a fruto, os resultados não podem ser comparados, uma vez que os demais autores encerraram seus estudos no momento em que se manifestaram os sinais de carência, antes do seu aparecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, foram muito mais frequentes as al

Tabela 7. Comparação entre médias do teor de enxofre, em porcentagem, de raiz, caule, folha e fruto de feijoeiros em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio, nas várias colheitas.

Nível de Mg (ppm)	Colheitas					Médias de Nível de Mg
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Raiz						
2,4	0,701	0,859	0,514	0,604	0,487	0,633
24,3	0,847	1,207	0,885	0,637	0,484	0,812
48,6	0,662	0,874	0,480	0,698	0,479	0,639
72,9	0,503	1,003	0,611	0,850	0,575	0,708
97,2	0,532	1,117	0,560	0,596	0,660	0,693
Médias Colheita	0,649A	1,012B	0,610A	0,677A	0,537A	0,697
Δ 5% (colheita) = 0,206						
Caule						
2,4	0,407	0,272	0,249	0,212	0,249	0,278
24,3	0,363	0,305	0,302	0,276	0,318	0,313
48,6	0,389	0,308	0,340	0,288	0,220	0,309
72,9	0,444	0,307	0,275	0,285	0,243	0,311
97,2	0,479	0,319	0,264	0,211	0,219	0,298
Médias Colheita	0,416C	0,302B	0,286AB	0,254AB	0,250A	0,302
Δ 5% (colheita) = 0,055						
Folha						
2,4	0,267Ba	0,199ABa	0,185Aa	0,169Aa	0,208ABa	0,206
24,3	0,326Bab	0,220Aa	0,210Aa	0,196Aa	0,174Aa	0,225
48,6	0,310Bab	0,177Aa	0,189Aa	0,178Aa	0,137Aa	0,198
72,9	0,273Ba	0,196Aa	0,184Aa	0,194Aa	0,167Aa	0,203
97,2	0,373Bb	0,189Aa	0,149Aa	0,151Aa	0,152Aa	0,203
Médias Colheita	0,310	0,196	0,183	0,178	0,168	0,207
Δ 5%(colheita dentro de nível de Mg)=0,077 Δ 5%(nível de Mg dentro de colheita)=0,077						
Fruto						
2,4			0,210Aa	0,191Aab	0,201Aa	0,201
24,3			0,212Aa	0,218Aab	0,195Aa	0,208
48,6			0,276Bb	0,215Aab	0,185Aa	0,225
72,9			0,268Bb	0,238ABb	0,211Aa	0,239
97,2			0,227Bab	0,172Aa	0,185Aa	0,195
Médias Colheita			0,239	0,207	0,195	0,214
Δ 5%(colheita dentro de nível de Mg)=0,044 Δ 5%(nível de Mg dentro de colheita)=0,052						

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade

Letras maiúsculas comparam médias de colheita, na horizontal, e minúsculas, de nível de magnésio, na vertical.

terações dos teores de macronutrientes em plantas submetidas à solução nutritiva com níveis mais baixos de magnésio, 2,4 e 24,3 ppm, que naquelas com níveis mais elevados, 72,9 e 97,2 ppm. Esse fato talvez possa ser explicado pelas alterações dos teores de magnésio em raiz, caule e folha, em geral diminuídos em plantas nutridas com níveis mais baixos de magnésio. Deve-se ressaltar que, apesar da diminuição dos teores de magnésio nesses órgãos, a translocação desse elemento para frutos não foi alterada.

Quando níveis de magnésio de 2,4 e 24,3 ppm foram utilizados na solução nutritiva, verificou-se interação entre magnésio e os outros elementos, com diminuição do nitrogênio e enxofre e aumento de potássio, cálcio e fósforo. Também foram observadas alterações nos teores dos demais elementos minerais estudados nas plantas submetidas aos níveis mais elevados de magnésio, 72,9 e 97,2 ppm, indicando interações entre esses elementos. Assim, ocorreu aumento de potássio e nitrogênio, e diminuição de cálcio.

Cabe registrar que, considerando os níveis mais baixos, 2,4 e 24,3 ppm e os mais elevados, 72,9 e 97,2 ppm de magnésio, as interações desse nutriente com nitrogênio foram sempre no mesmo sentido, ou seja, quando houve diminuição ou aumento de magnésio, o nitrogênio do mesmo modo diminuiu ou aumentou. Já com o cálcio a interação foi do tipo antagônico, ou seja, quando o magnésio diminuiu, o cálcio aumentou, e vice-versa. No entanto, o teor de potássio, das plantas submetidas a 2,4; 24,3 e 72,9 ppm de Mg, aumentou independentemente do nível de magnésio utilizado.

Os resultados deste estudo reforçam os registros de FALADE (1973), de que as plantas diferem em sua nutrição de cátions e que as interações entre eles variam de planta para planta, o que pode levar a opiniões diversas sobre algumas das relações entre cátions. Por outro lado, GAMÁ (1977) referiu que os efeitos antagônicos e sinérgicos entre elementos variam em função da proporção dos mesmos, das espécies, dos cultivares e do estágio de desenvolvimento do vegetal.

Deve-se ressaltar que o desenvolvimento adequado, ob-

servado por BOARO (1991) de feijoeiros submetidos a 2,4 ppm de Mg durante quase todo o seu ciclo, com exceção do final da fase reprodutiva, talvez tenha ocorrido devido a interações do magnésio com outros minerais. Assim, talvez a diminuição dos teores de nitrogênio e enxofre e o aumento do fósforo, do potássio e do cálcio, ou mesmo o conjunto das interações, tenham proporcionado o bom desenvolvimento desses feijoeiros, até a 4ª colheita.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar as possíveis interações entre o magnésio e outros macronutrientes, pela determinação de seus teores nos órgãos do *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca, nas 5 colheitas realizadas a cada 14 dias, a partir do 25º dia da sementeira. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva com nível completo de Mg (48,6 ppm) e com variação do mesmo para níveis mais baixos (2,4 e 24,3 ppm) e mais elevados (72,9 e 97,2 ppm). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial. Nas plantas submetidas aos níveis mais baixos de Mg houve diminuição do teor deste mineral, de N e de S e aumento de K, Ca e P. Com níveis mais elevados, a única alteração desse elemento foi seu aumento em folha de plantas nutridas com 97,2 ppm, o que sugere que, de maneira geral, o excesso de Mg oferecido não teria sido absorvido. Nas plantas submetidas a níveis mais elevados de Mg houve aumento de N e K e diminuição de Ca. A influência dessas interações sobre a produtividade dos feijoeiros deve ser cuidadosamente avaliada.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, magnésio, macronutrientes, interação entre elementos.

SUMMARY

INTERACTIONS BETWEEN MAGNESIUM AND OTHER MACRONUTRIENTS
IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L. cv CARIOCA)
DEVELOPMENT IN WATER-CULTURE

This study was performed to evaluate interactions bet

ween concentrations of magnesium and other macronutrients in different parts of *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca. Bean plants were grown in pots containing Hoagland & Arnon n. 2 solution modified to obtain 2.4, 24.3, 48.6, 72.9 and 97.2 ppm of magnesium, where 48.6 ppm was considered the control group. A completely randomized 5 magnesium levels \times 5 samplings (taken fortnightly) factorial was used. In the first sampling the plants were 25 days old. Plants with magnesium levels under 48.6 ppm in the nutrient solution showed lower concentrations of Mg, N and S, and higher concentrations of K, Ca and P. When magnesium levels over 48.6 ppm were used, they showed higher N and K concentrations and lower Ca concentration. Plants cultivated in solution with 97.2 ppm of Mg showed leaves with increased magnesium concentration. The influence of these interactions on the productivity should be carefully evaluated.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, magnesium, macronutrients, nutrient interactions.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.; H.F.F. LEITÃO & S. MIYASAKA, 1971. Características do Feijão Carioca, um Novo Cultivar. **Bragantia**, 30: 33-38.
- BOARO, C.S.F., 1986. Influência da Variação dos Níveis de Magnésio sobre o Desenvolvimento do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca, em Cultivo Hidropônico. Botucatu, UNESP - Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola. 163p. (Mestrado - Ciências Biológicas/Botânica).
- BOARO, C.S.F., 1991. Avaliação das Interações entre Magnésio e Outros Elementos Mineraiis Durante o Desenvolvimento de Feijoeiros (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca, em Cultivo Hidropônico com Diferentes Níveis de Magnésio. Estudo de Parâmetros Fisiológicos e da Composição Mineral. Rio Claro, UNESP - Instituto de Biociências. (Doutorado - Ciências Biológicas/Biologia Vegetal). 257p.
- CLARK, R.B., 1975. Differential Magnesium Efficiency in Corn Inbreds: I. Dry-Matter Yield and Mineral Element

- Composition. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, **39**: 488-491.
- BRA NETTO, A.; W.R. ACCORSI & E. MALAVOLTA, 1971. Estudos Sobre a Nutrição Mineral do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv Roxinho). **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **28**: 257-274.
- NTAS, J.P.; H. BERGAMIN FILHO & E. MALAVOLTA, 1979a. Estudos Sobre a Nutrição Mineral do Feijão Macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). I. Deficiências Minerais. **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **36**: 231-245.
- NTAS, J.P.; H. BERGAMIN FILHO & E. MALAVOLTA, 1979b. Estudos Sobre a Nutrição Mineral do Feijão Macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). II. Efeitos das Carências de Macronutrientes no Crescimento, Produção e Composição Mineral. **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **36**: 247-257.
- NTAS, J.P.; H. BERGAMIN FILHO & E. MALAVOLTA, 1979c. Estudos Sobre a Nutrição Mineral do Feijão Macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). IV. Exigências de Macro e Micronutrientes. **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **36**: 425-433.
- LADE, J.A., 1973. Interrelationships Between Potassium, Calcium and Magnesium Nutrition of *Zea mays* L. **Ann. Bot.**, **37**: 345-353.
- MA, M.V., 1977. Efeitos do Azoto e do Potássio na Composição Mineral do Trigo "Impeto" e do Tomate "Roma". **Agronomia Lusit.**, **38**: 111-121.
- ENAN, D.P. & L.C. CAMPBELL, 1981. Influence of Potassium and Manganese on Growth and Uptake of Magnesium by Soybeans (*Glycine max* (L.) Merr. cv. Bragg.). **Plant Soil**, **61**: 447-456.
- GLAND, D.R. & D.I. ARNON, 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants Without Soil. **Circ. Coll. Agr. Univ. Calif.**, (347): 1-32.
- VASAKI, T. & A. WALLACE, 1980. Ca, Na and Mg Interactions in Corn. **J. Plant Nut.**, **2**: 221-224.
- KBY, E.A. & K. MENGEL, 1976. The Role of Magnesium in Plant Nutritional. **Z. Pflanzenernaehr, Bodenk**, **2**: 209-222.
- IDRAT'EV, M.N., 1977. Some Pathways of Neutralizing Endogenous Ammonium by *Phaseolus vulgaris* Plants Under

- Magnesium and Calcium Deficiency. **Field Crop**, **32** (4): 269. (Abstract n. 2354).
- KUMAR, V.; B.K. BHATIA & V.C. SHUKLA, 1981. Magnesium and Zinc Relationship in Relation to Dry Matter Yield and the Concentration and Uptake of Nutrients in Wheat. **Soil Sci.**, **131**: 151-155.
- LEGGET, J.E. & W.A. GILBERT, 1969. Magnesium Uptake by Soybeans. **Plant Physiol.**, **44**: 1182-1186.
- MALAVOLTA, E., 1980a. **Deficiência de Macro e Micronutrientes e Toxidez de Cl, Mn e Al no Feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, ESALQ/USP. 14p. (Apostila utilizada na disciplina de pós-graduação Solos e Nutrição de Plantas).
- MALAVOLTA, E., 1980b. Os Elementos Minerais. In: MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. 23. ed. São Paulo, Ceres. Cap. 6, p. 104-218.
- MALAVOLTA, E.; I. CHAVES; G.S. TONIN, et al., 1976. Deficiências de Macronutrientes na Soja (*Glycine max* L., Merrill, var. IAC-2). **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **33**: 471-477.
- MALAVOLTA, E.; C.F. DAMIÃO FILHO; C.A. VOLPE, et al., 1980. Deficiências e Excessos Minerais no Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca). **Anais E.S.A. Luiz de Queiroz**, **37**: 701-718.
- MALAVOLTA, E.; G.C. VITTI & S.A. OLIVEIRA, 1989. Metodologia para Análise de Elementos em Material Vegetal. In: MALAVOLTA, E. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba, POTAFÓS. p. 135-189.
- OMAR, M.A. & T. EL KOBBA, 1966. Some Observations on the Interrelationship of Potassium and Magnesium. **Soil Sci.**, **101**(6): 437-440.
- PIMENTEL-GOMES, F., 1990. **Curso de Estatística Experimental**. 13.ed. São Paulo, Nobel. 468p.
- RADFORD, P.S., 1967. Growth Analysis Formulæ; Their Use and Abuse. **Crop Sci.**, **7**: 171-175.
- ROCHA FILHO, J.V.C. & M.O.C. BRASIL SOBRINHO, 1978. Influência da Omissão de Macronutrientes no Crescimento do Algodoeiro Mocô (*G. hirsutum* L. var. Maria Galante Hucth). **Rev. Agricultura**, **53**: 131-139.

- SARRUGE, J.R., 1980. **Colheita e Preparo das Amostras Vegetais para Análise**. Piracicaba, ESALQ/USP. 40p. (Apostila utilizada na disciplina de pós-graduação Solos e Nutrição de Plantas.
- SOARES, E.; L.A. LIMA; M.M. MISCHAN, et al., 1983. Efeito da Adubação Potássica na Absorção do K, Ca e Mg por Plantas de Soja. *Rev. Agricultura*, 58: 141-157.
- TERRY, N. & A. ULRICH, 1974. Effects of Magnesium Deficiency on the Photosynthesis and Respiration of Leaves of Sugar Beet. *Plant Physiol.*, 54: 379-381.