

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE FEIJOEIROS SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS DE MAGNÉSIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA¹

CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO², JOÃO DOMINGOS RODRIGUES, JOSÉ FIGUEIREDO PEDRAS³, SELMA DZIMIDAS RODRIGUES², MARIA ELENA A. DELACHIAVE³ e ELIZABETH ORIKA ONO²

RESUMO - Com o objetivo de avaliar a influência dos níveis de Mg sobre a produção de matéria seca de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), empregou-se a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon, modificada pela variação da concentração desse mineral, obtendo-se os níveis de 2,4; 24,3; 48,6; 72,9 e 97,2 ppm de Mg. O experimento foi realizado em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial, com cinco níveis de Mg e cinco colheitas, realizadas a intervalos de 14 dias. Os resultados, avaliados em relação aos observados nas plantas submetidas a tratamento com 48,6 ppm de Mg, demonstraram que plantas nutridas com nível de Mg acima desse, não apresentaram alterações pronunciadas, enquanto foram marcantes os aumentos do peso de matéria seca do caule, folhas e total da planta, com a utilização de 2,4 ppm de Mg. Tais resultados sugerem que, para o *Phaseolus vulgaris* cv. Carioca o nível de 2,4 ppm de Mg seria o ideal quando são considerados os pesos da matéria seca dos órgãos estudados.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, macronutrientes, peso da matéria seca.

DRY MATTER PRODUCTION OF COMMON BEAN WITH DIFFERENT MAGNESIUM LEVELS IN NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT - The effect of Mg levels in nutrient solution upon root, stem, leaf, fruit and total dry matter production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) was studied. Bean plants were grown in Hoagland & Arnon n. 2 solution modified to obtain 2.4, 24.3, 48.6, 72.9 and 97.2 ppm of Mg. The experimental design was a split-plot factorial replicated three times with five Mg levels and five samplings which were done fortnightly. Results were compared with those observed in plants submitted to a nutrient solution with 48.6 ppm of Mg concentration, considered the ideal Mg content. Only a mild prejudicial effect was observed with Mg excessive levels. Stem, leaves and total dry matter were higher when 2.4 ppm were used, suggesting this level as the concentration chosen for the culture of common bean.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, macronutrients, dry matter weight.

INTRODUÇÃO

O material produzido por uma cultura, durante seu desenvolvimento, provém em sua maior parte da fotossíntese. No entanto, a produção total de-

pende do suprimento mineral, embora o mesmo constitua apenas uma pequena proporção do peso da matéria seca da planta (Milthorpe & Moorby, 1974).

Assim, estudos de Cobra Netto et al. (1971), com *Phaseolus vulgaris*, cultivar Roxinho, Dantas et al. (1979b), com *Vigna sinensis*, cultivares Pitiúba e Dorminhoco, e Malavolta et al. (1980), com *Phaseolus vulgaris*, cultivar Carioca, demonstraram que a omissão de Mg na solução nutritiva determinava, de modo geral, diminuição da matéria seca de raiz, caule, folha e total da planta.

¹ Aceito para publicação em 5 de março de 1997.

² Bióloga, Ph.D., Dep. de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, CEP 18618-000 Botucatu, SP.

³ Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP.

Por outro lado, não se tem conhecimento de trabalhos que avaliem a produção de matéria seca de feijoeiros submetidos a diferentes níveis de Mg.

Devido à importância do feijão como base protéica e energética da alimentação, complementando a oferta de aminoácidos dos cereais, propôs-se o presente estudo com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de Mg na produção de matéria seca do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), em suas fases vegetativa e reprodutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi conduzido inicialmente em laboratório e, a seguir, em casa de vegetação. As sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) foram submetidas a um banho de hipoclorito de sódio a 5% durante dois minutos, lavadas em água corrente e finalmente em água desmineralizada. Em seguida, foram colocadas para germinar em bandejas, com papel umedecido e à temperatura ambiente, onde permaneceram até que as radículas atingissem cerca de 1 cm de comprimento, quando então foram transferidas para bandejas contendo vermiculita como substrato. Aos seis e dez dias após transferência para vermiculita, as bandejas foram irrigadas com solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), diluída a 1/5, conforme especificações de Dantas et al. (1979a).

Aos onze dias, três plantas foram colocadas em vasos de plástico, pintados externamente com purpurina prateada, contendo seis litros de solução nutritiva e, a seguir, transferidas das condições de laboratório para as de casa de vegetação, onde permaneceram até as datas de colheita. Empregou-se a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), com 48,6 ppm de Mg; a variação da concentração desse mineral abaixo e acima deste nível estabeleceu as diferenças entre os tratamentos, que continham 2,4, 24,3, 48,6, 72,9 e 97,2 ppm de Mg. Os tratamentos com os níveis mais baixos de Mg, 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, de acordo com Dantas et al. (1979c). Sempre que necessário, o volume de solução dos vasos foi completado 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 as plantas terem sido submetidas aos diferentes tratamentos, foram colhidas aos 25, 39, 53, 67 e 81 dias de idade, com determinação do peso da matéria seca de raiz, caule, folha e fruto.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial com cinco níveis de Mg e cinco colheitas. Quanto aos frutos, a avaliação foi realizada nas três colheitas em que foram verificados. Cada parcela foi representada por um vaso contendo três plantas.

Os resultados observados com os diferentes níveis de Mg foram comparados com os obtidos em plantas submetidas à solução nutritiva completa, contendo 48,6 ppm desse mineral.

Para avaliação estatística dos resultados, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, segundo as especificações de Zar (1984), utilizando-se o nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso da matéria seca de raiz não se alterou nos níveis mais baixos ou mais elevados de Mg na solução nutritiva (Tabela 1).

No caule não se observou efeito dos níveis mais elevados (72,9 ppm e 97,2 ppm) de Mg sobre o peso da matéria seca em nenhuma das colheitas (Tabela 2). Por outro lado, o único efeito de níveis mais baixos deste nutriente foi observado na 4ª colheita, onde foi maior o peso da matéria seca das plantas nutridas com 2,4 ppm de Mg.

Na Tabela 3 observa-se que não houve efeito de níveis elevados de Mg sobre o peso da matéria seca total, e que o único efeito de níveis mais baixos do nutriente também foi registrado na 4ª colheita, com maior peso da matéria seca total das plantas nutridas com 2,4 ppm de Mg.

Enquanto os resultados obtidos neste estudo revelam que o nível mais baixo de Mg (2,4 ppm) não influenciou sobre o peso da matéria seca de raiz e determinou aumento da matéria seca de caule e da matéria seca total, na 4ª colheita, Cobra Netto et al. (1971), Dantas et al. (1979b) e Malavolta et al. (1980) observaram que a omissão de Mg diminuía a produção de matéria seca de raiz, caule e total.

TABELA 1. Comparação entre médias da matéria seca de raiz, em grama, de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Mg, nas várias colheitas.

Nível de Mg (ppm)	Colheita					Médias
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
2,4	0,4175	1,2013	2,5585	4,3187	4,0950	2,5182
24,3	0,5437	1,6537	2,9668	2,7834	2,5015	2,0898
48,6	0,4723	1,3358	1,6853	3,1928	3,2566	1,9886
72,9	0,5689	1,2841	2,3608	3,3771	3,4677	2,2117
97,2	0,3079	1,2889	2,7691	3,3400	5,2625	2,5937
Médias ¹	0,4621A	1,3528B	2,4681C	3,4024D	3,7167D	2,2804

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de probabilidade.

TABELA 2. Comparação entre médias da matéria seca de caule, em grama, de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Mg, nas várias colheitas¹.

Nível de Mg (ppm)	Colheita					Médias
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
2,4	0,6157Aa	1,8384ABa	5,3441Ba	13,9165Cb	10,1173Ca	6,3664
24,3	0,8919Aa	3,4751ABa	5,3615ABa	6,5555Ba	6,8041Ba	4,6176
48,6	0,7513Aa	2,3368Aa	4,4291ABa	7,2342Ba	6,9328Ba	4,3368
72,9	0,6364Aa	2,4108ABa	4,9665ABCa	7,3181Ca	6,6202BCa	4,3904
97,2	0,6538Aa	2,6329ABa	4,3131ABa	6,7754BCa	10,4937Ca	4,9738
Médias	0,7098	2,5388	4,8829	8,3599	8,1936	4,9370

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Comparação entre médias da matéria seca total, em grama, de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Mg, nas várias colheitas¹.

Nível de Mg (ppm)	Colheita					Médias
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
2,4	2,5421Aa	7,8002Aa	21,6936Ba	46,8186Cb	28,1690Bab	21,4047
24,3	3,6997Aa	14,0213ABa	18,6255Ba	23,7001Ba	23,5890Ba	16,7271
48,6	3,1012Aa	9,5196Aa	13,7477ABa	22,4671BCa	30,9264Cab	15,9524
72,9	2,8587Aa	10,0734ABa	17,8090BCa	22,4742Ca	20,8481Ca	14,8127
97,2	1,9539Aa	10,2394ABa	16,9385BCa	27,3491CDa	36,3065Db	18,5575
Médias	2,8311	10,3308	17,7629	28,5618	27,9678	17,4909

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem a 5% de probabilidade.

Na folha, não se observou efeito de níveis mais elevados de Mg sobre o peso da matéria seca em nenhuma das colheitas (Tabela 4). Mas as plantas submetidas ao tratamento com 2,4 ppm de Mg apresentaram aumento no peso da matéria seca de folha na 3ª e 4ª colheitas. Em outros trabalhos a omissão de Mg não influenciou nesse parâmetro (Cobra Netto et al., 1971); determinou diminuição apenas nas folhas inferiores (Dantas et al., 1979b) ou causou decréscimo na avaliação de todas as folhas (Malavolta et al., 1980).

Quando níveis de Mg inferiores a 48,6 ppm foram utilizados, observou-se que a matéria seca de folha e total nunca diminuíram, ao contrário, mostraram-se por vezes aumentadas, sugerindo que tenha havido acúmulo de amido nas folhas de plantas deficientes em Mg, como propôs Marschner (1986). Deve-se considerar que o conteúdo de Mg da própria semente pode ter tido uma participação importante no desenvolvimento da planta, conforme Malavolta (1954).

Quanto ao fruto, verifica-se que não houve efeito dos níveis mais baixos de Mg sobre a matéria seca em nenhuma das colheitas (Tabela 5). O único efeito de nível mais elevado desse nutriente foi observado na 5ª colheita, onde foi menor o peso da matéria seca das plantas tratadas com 72,9 ppm de Mg.

A não-influência dos níveis mais baixos de Mg sobre a matéria seca de fruto neste estudo está em

discordância com as observações de outros autores. Mengel & Kirkby (1987), referindo-se a plantas, de uma maneira geral, registraram que a carência de Mg determina, com frequência, atraso da fase reprodutiva e Dantas et al. (1979a) relataram que plantas de feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.), cultivadas em solução nutritiva com omissão de Mg, floresceram, mas não ocorreu formação de frutos, devido à queda dos botões florais.

Cabe ressaltar que as diferenças observadas no comportamento talvez possam ser explicadas pelo uso de soluções nutritivas diferentes. Neste trabalho, a solução nutritiva mais carente em Mg continha 2,4 ppm; Cobra Netto et al. (1971), Dantas et al. (1979b) e Malavolta et al. (1980) utilizaram soluções nutritivas omissas nesse elemento.

Além disso, segundo Clark (1975), mesmo plantas da mesma espécie podem diferir na absorção de Mg. Observou que o milho B57 teve maior produção de matéria seca de parte aérea e raiz, quando cultivado em solução nutritiva com baixos níveis de Mg, enquanto o milho Oh 40B cresceu melhor em altos níveis de Mg.

A diferença observada entre os trabalhos pode ser explicada pela comparação de resultados observados com plantas em diferentes fases de desenvolvimento. Cobra Netto et al. (1971) fizeram a colheita das plantas submetidas à omissão de Mg quando começavam a mostrar sinais de carência. Dantas et al. (1979b) fizeram a colheita com os

TABELA 4. Comparação entre médias da matéria seca de folha, em grama, de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Mg, nas várias colheitas¹.

Nível de Mg (ppm)	Colheita					Médias
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
2,4	1,5088Aa	4,7394Aa	11,7819Bb	19,0637Cb	3,3786Aa	8,0945
24,3	2,2641Aa	8,8261Bb	9,1296Bab	9,6214Ba	3,7901Aa	6,7263
48,6	1,8776Aa	5,8201Bab	6,0482Ba	6,4307Ba	4,7795ABa	4,9912
72,9	1,6534Aa	6,3130Bab	9,3621Bab	6,9134Ba	6,2695Ba	6,1023
97,2	0,9922Aa	6,2669Bab	8,9255Bab	8,9884Ba	5,8295Ba	6,2005
Médias	1,6592	6,3931	9,0495	10,2035	4,8094	6,4230

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem a 5% de probabilidade.

TABELA 5. Comparação entre médias da matéria seca de fruto, em grama, de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Mg, nas várias colheitas¹.

Nível de Mg (ppm)	Colheita			Médias
	3ª	4ª	5ª	
2,4	1,9143Aa	9,4867Ba	10,5781Bab	7,3264
24,3	1,0729Aa	4,6980Aa	10,4933Bab	5,4214
48,6	1,5851Aa	5,5705Aa	15,9547Bb	7,7043
72,9	1,0609Aa	4,8194Aa	4,4907Aa	3,4570
97,2	0,8114Aa	8,2376Ba	14,7208Cb	7,9233
Médias	1,2889	6,5624	11,2481	6,3665

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem a 5% de probabilidade.

sinais de deficiência bem definidos nas plantas submetidas à omissão, ou quando se completava o ciclo vegetativo, naquelas submetidas a tratamento completo. Malavolta et al. (1980) realizaram a colheita quando ocorria a expressão máxima dos sinais de deficiência, ou seja, 42 dias após o transplante dos feijoeiros para o tratamento definitivo. Neste estudo, as plantas submetidas à carência de Mg foram colhidas durante todo o ciclo de desenvolvimento.

Como a única influência de níveis de Mg superiores a 48,6 ppm foi a diminuição do peso da matéria seca de fruto na 5ª colheita, quando utilizou-se 72,9 ppm de Mg pode-se concluir que o uso de níveis elevados de Mg na solução nutritiva não apresenta vantagem. Não houve interação do tipo competitivo com outros nutrientes, ao menos em intensidade que pudesse comprometer o desenvolvimento do vegetal.

Desta forma, os resultados sugerem que, para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), o nível de 2,4 ppm de Mg seria o ideal ou estaria próximo dele, quando são considerados os pesos da matéria seca dos órgãos estudados. Esses resultados confirmam os verificados no estudo dos parâmetros biométricos, nas mesmas condições experimentais (Boaro, 1986).

CONCLUSÕES

1. O nível de 2,4 ppm de Mg é o ideal ou está próximo dele, para a produção de matéria seca dos órgãos estudados.

2. A utilização de níveis elevados de Mg na solução nutritiva não melhora a produção de matéria seca do vegetal.

AGRADECIMENTOS

Aos Srs. José Emílio de Oliveira, auxiliar acadêmico e Jairo de Almeida, técnico de laboratório do Departamento de Botânica, pelo auxílio prestado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BOARO, C.S.F. *Influência da variação dos níveis de magnésio sobre o desenvolvimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L. cv. Carioca) em cultivo hidropônico*. Botucatu: UNESP, 1986. 163p. Tese de Mestrado.
- CLARK, R.B. Differential magnesium efficiency in corn inbreds: I. Dry-matter yields and mineral element composition. *Soil Science Society of America. Proceedings*, v.39, p.488-491, 1975.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.28, p.257-274, 1971.
- DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). I. Deficiências minerais. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.36, p.231-245, 1979a.
- DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. 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 da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.36, p.247-257, 1979b.
- DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). IV. Exigências de macro

- e micronutrientes. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.36, p.425-433, 1979c.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. *The water-culture method for growing plants without soil*. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circ. Coll. Agric. Univ. Calif., 347).
- MALAVOLTA, E. Adubos magnesianos. In: MALAVOLTA, E. *Elementos de química agrícola: adubos e adubações*. São Paulo: IV Centenário, 1954. cap.9, p.123-125.
- MALAVOLTA, E. Deficiências de macro e micronutrientes e toxidez de Cl, Mn e Al no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba: USP-ESALQ, 1980. 14p. Mimeografado. Apostila utilizada na disciplina "Solos e Nutrição de Plantas" do curso de pós-graduação.
- MALAVOLTA, E.; DAMIÃO FILHO, C.F.; VOLPE, C.A.; MACHADO JUNIOR, G.R.; VELHO, L.M.S.; ROSA, P.R.F.; LAURENTIZ, S. Deficiências e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.37, p.701-718, 1980.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. ch.8, p.195-267.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Magnesium. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. ch.12, p.481-492.
- MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. In: MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. *An introduction to crop physiology*. London: Cambridge Univ. Press, 1974. ch.9, p.152-179.
- ZAR, J.R. *Biostatistical analysis*. 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984. 718p.