

Avaliação do crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca) sob diferentes níveis de magnésio

¹Carmen Sílvia Fernandes Boaro

¹João Domingos Rodrigues

¹José Figueiredo Pedras

¹Selma Dzimidas Rodrigues

¹Maria Elena Aparecida Delachiave

²Elizabeth Orika Ono

¹Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus
de Botucatu Departamento de Botânica,
CEP 18618-000 – Botucatu, SP, Brasil

² Universidade de Taubaté, Taubaté, SP

Resumo

Com o objetivo de avaliar a influência dos níveis de magnésio sobre o crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca), empregou-se a solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnon, modificada pela variação da concentração desse mineral, que estabeleceu a diferença entre os tratamentos, com níveis de 2,4; 24,3; 48,6; 72,9 e 97,2 ppm de magnésio. O experimento foi realizado em blocos ao acaso, com 3 repetições, em esquema fatorial. Foram realizadas 5 colheitas, a intervalos de 14 dias, calculando-se a razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), peso específico de folha (PEF), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR). Os resultados observados em plantas submetidas à solução nutritiva com 48,6 ppm de magnésio, sugerem que esta concentração é a mais indicada para o crescimento de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca, nas condi-

ções em que se desenvolveu o experimento. Níveis de magnésio acima de 48,6 ppm não determinaram alterações evidentes dos parâmetros avaliados. A solução nutritiva com 2,4 ppm de magnésio proporcionou às plantas de feijão condições adequadas durante quase todo o ciclo do vegetal, com exceção do final da fase reprodutiva.

Unitermos: *Phaseolus vulgaris*, magnésio, análise de crescimento, parâmetros fisiológicos.

Summary

The effect of magnesium levels in nutrient solution upon growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca) was studied. Bean plants were grown in pots containing Hoagland e Arnon n. 2 solution modified to obtain 2.4, 24.3, 48.6, 72.9 and 97.2 ppm of magnesium. The experimental design was a split-plot factorial replicated 3 times with 5 levels of magnesium and 5 samplings which were done fortnightly, with leaf area rate (LAR), specific leaf area (SLA), specific leaf weight (SLW), net assimilation rate (NAR) and relative growth rate (RGR) determinations. Therefore, it may be suggested that the 48.6 ppm of magnesium level is the best choice for the common bean, according to the conditions of this experiment. Magnesium concentrations over 48.6 ppm did not show significant alterations of the evaluated parameters. Nutrient solution with 2.4 ppm of magnesium provides a good condition to the common bean plants during almost all its cycle, except the final of the reproductive phase.

Key words: *Phaseolus vulgaris*; magnesium; growth analysis; physiological parameters

Introdução

O feijão, base protéica e energética da alimentação, teve sua produção aumentada no Brasil até o ano agrícola 1981/82, basicamente graças à expansão da área cultivada e não ao incremento da produtividade (Instituto de Economia Agrícola, 1983). Após esse ano registraram-se reduções sistemáticas de área e de produção de feijão (Instituto de Economia Agrícola, 1984), provavelmente devido à redução no uso de corretivos, nu-

trientes, defensivos e sementes melhoradas (Instituto de Economia Agrícola, 1985).

O material produzido por uma cultura depende do suprimento de minerais, entre os quais, o magnésio (Milthorpe e Moorby, 1974).

Embora a análise de crescimento de plantas de feijão tenha sido feita por vários autores, apenas dois estudos foram realizados com o cultivar Carioca (Magalhães e Montojos, 1971; Magalhães et al., 1971). No entanto, nenhum dos trabalhos avaliou o crescimento de feijoeiros submetidos a soluções nutritivas com diferentes níveis de magnésio, com base nos parâmetros que compõem a análise de crescimento.

Tendo em vista a importância do feijão *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca (Almeida et al., 1971) e a participação do magnésio no desenvolvimento das plantas, propôs-se o presente estudo, com o objetivo de avaliar os parâmetros razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa assimilatória líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR) e peso específico de folha (PEF) de feijoeiros submetidos a soluções nutritivas com diferentes níveis de magnésio.

Material e Métodos

O presente ensaio foi conduzido inicialmente em laboratório e, a seguir, em casa de vegetação.

Sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca), depois de terem sido submetidas a um banho de hipoclorito de sódio a 5% durante 2 minutos, foram lavadas em água corrente e finalmente em água desmineralizada. Em seguida, foram colocadas para germinar em bandejas, com papel de filtro 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 6 e 10 dias após transferência para vermiculita, as bandejas foram irrigadas com solução nutritiva completa nº 2 de Hoagland e Arnon (1950) diluída a 1/5, conforme as especificações de Dantas et al. (1979a).

Aos 11 dias, 3 plantas foram colocadas em vasos de plástico, com capacidade para 6 litros, pintados externamente com purpurina prateada, submetidas a tratamentos com solução nutritiva contendo diferentes níveis

de magnésio e transferidas das condições de laboratório para as de casa de vegetação, onde permaneceram nos vasos, até as datas de colheitas. A variação da concentração de magnésio estabeleceu as diferenças entre os tratamentos aos quais as plantas foram submetidas. Utilizou-se a solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnon, que continha 48,6 ppm de Mg e a partir da qual foram preparadas as soluções com 2,4; 24,3; 72,9 e 97,2 ppm desse mineral. Os tratamentos com níveis de magnésio iguais a 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. (1979b). Sempre que necessário, o volume de solução do vaso 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.

As 5 colheitas de plantas foram realizadas a intervalos de 14 dias, segundo as especificações de Radford (1967), com determinação da área foliar, em dm², e da matéria seca, em grama, dos diversos órgãos do vegetal.

Os parâmetros estudados, razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR) foram calculados de acordo com Radford (1967). O peso específico de folha (PEF) foi calculado de acordo com as especificações de Benincasa (1988).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial. Para os parâmetros RAF, AFE e PEF o esquema fatorial constou de 5 épocas de colheita e 5 níveis de magnésio. Para TAL e TCR este esquema constou de 4 intervalos entre colheitas e 5 níveis de magnésio. Cada parcela foi representada por um vaso contendo 3 plantas.

Os resultados observados com níveis iguais a 2,4; 24,3; 72,9 e 97,2 ppm de magnésio foram comparados com aqueles obtidos em plantas submetidas à solução nutritiva completa, que continha 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

A avaliação estatística demonstrou que não houve diferença entre os tratamentos quando RAF, AFE e PEF foram analisados. Foram observadas diferenças na análise de TAL e TCR. Assim, a TCR foi maior, no intervalo entre a 2ª e a 3ª colheitas, nas plantas submetidas a 2,4 ppm de Mg que naquelas nutridas com 24,3 ppm. TAL e TCR, analisadas no intervalo entre a 4ª e a 5ª colheitas, apresentaram diferenças quando se compararam as plantas submetidas a 2,4 ppm de Mg, com aquelas nutridas com 48,6 e 97,2 ppm. Em ambos os casos as plantas submetidas a 2,4 ppm apresentaram valores inferiores às demais.

No entanto, Banzatto e Kronka (1989) afirmam que os parâmetros avaliados, por terem sido calculados, uma vez que não podem ser diretamente determinados, talvez não obedeçam as pressuposições básicas para a realização da avaliação estatística. Desta forma, a análise estatística será utilizada para auxiliar a interpretação do comportamento desses parâmetros.

Assim, o comportamento da razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), peso específico de folha (PEF), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR) pode ser observado nas Figuras 1 a 5.

São poucos os trabalhos que analisam esses parâmetros em feijoeiros. Por outro lado, não se tem conhecimento de trabalhos com feijoeiros ou outras leguminosas que avaliem os parâmetros acima referidos, em plantas submetidas a diferentes níveis de magnésio.

Wallace e Munger (1965), estudando o crescimento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), observaram que os cultivares mais produtivos apresentavam maiores valores de área foliar e de RAF. Posteriormente, Ascencio e Fargas (1973), trabalhando com feijão (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4), chegaram às mesmas conclusões de Wallace e Munger (1965) sobre a importância da RAF.

Neste estudo, a RAF, de maneira geral, diminuiu com a idade da planta, em todos os tratamentos avaliados (Figura 1), como verificado por

Ascencio e Fargas (1973) em *Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4 cultivado em solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnon. Deve-se registrar a discreta tendência de aumento inicial mostrada pelas plantas nutridas com 2,4 e 97,2 ppm de Mg. Por outro lado, embora as condições experimentais sejam diferentes, Benincasa (1988) referiu o mesmo comportamento para o sorgo sacarino cultivado sob alta e baixa radiação solar incidente. Segundo a autora, esta razão expressa a área foliar útil para a fotossíntese, sendo a relação entre a área foliar (responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂) e a matéria seca total (resultado da fotossíntese). Assim, com o crescimento da planta, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, com tendência de diminuir a área foliar útil, a partir de certa fase.

No presente estudo, a RAF apresentou-se elevada no início do ciclo de desenvolvimento nas plantas submetidas aos diferentes níveis de magnésio. Benincasa (1988), afirmou que em alguns casos detecta-se o aumento inicial da RAF, comportamento verificado neste estudo, em plantas submetidas a 2,4 e 97,2 ppm de Mg. As plantas submetidas a 48,6 ppm de Mg revelaram que a curva da RAF é contínua em sua fase de declínio, concordando com as observações de Briggs et al. (1920).

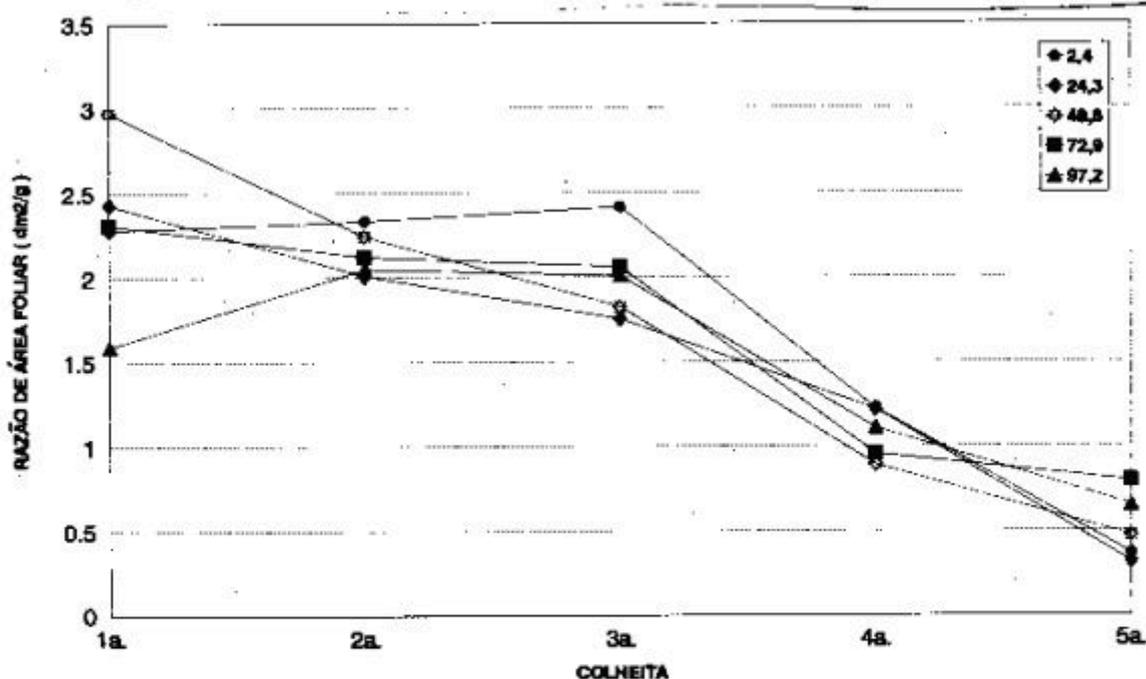


Figura 1 – Comportamento da razão de área foliar (RAF), de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio, nas várias épocas de colheita.

A AFE (Figura 2) variou pouco durante o ciclo do cultivo, em todos os tratamentos avaliados neste estudo. Esse comportamento concorda com os resultados de Ascencio e Fargas (1973) que fizeram análise de crescimento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4), cultivado em solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnon e observaram que a AFE manteve-se praticamente constante, durante todo o ciclo de cultivo.

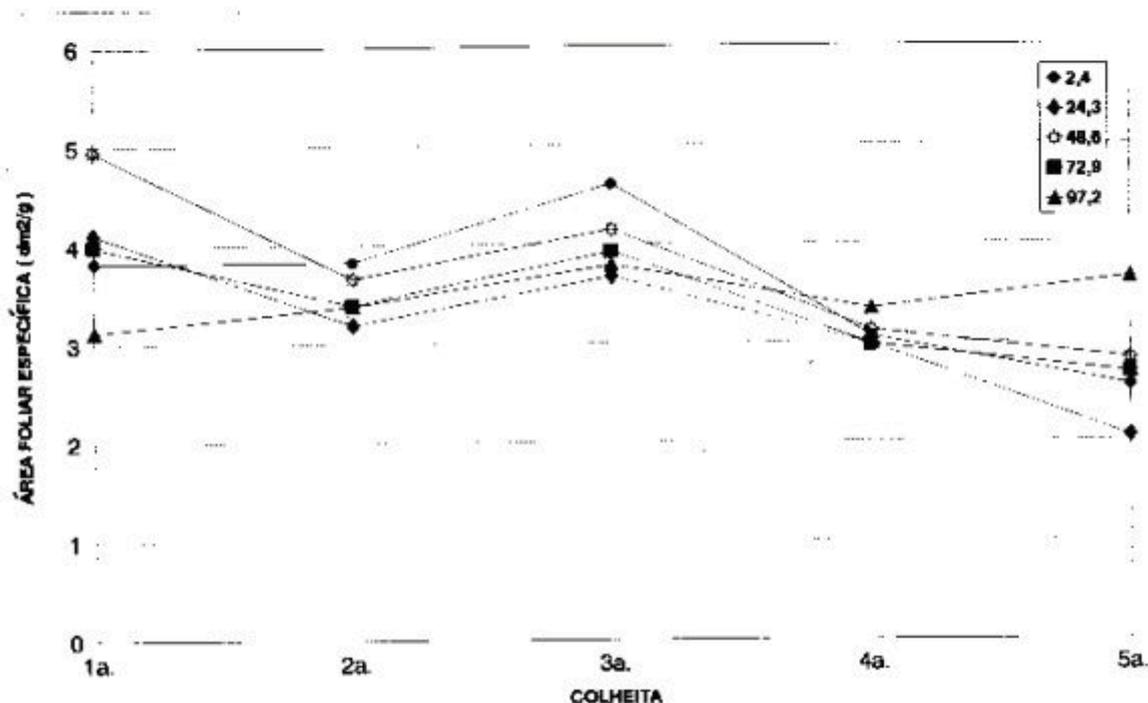


Figura 2 – Comportamento da área foliar específica (AFE), de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio, nas várias épocas de colheita.

Na figura 3 observa-se que, de maneira geral, o PEF variou pouco durante o ciclo, em todos os tratamentos avaliados. Embora Ascencio e Fargas (1973) tenham calculado o PEF médio, não analisaram esse parâmetro durante o ciclo. No entanto, como o PEF é o inverso da AFE, pode-se sugerir que não houve variação evidente do PEF nos feijoeiros estudados por Ascencio e Fargas (1973), o que estaria de acordo com os achados do presente estudo.

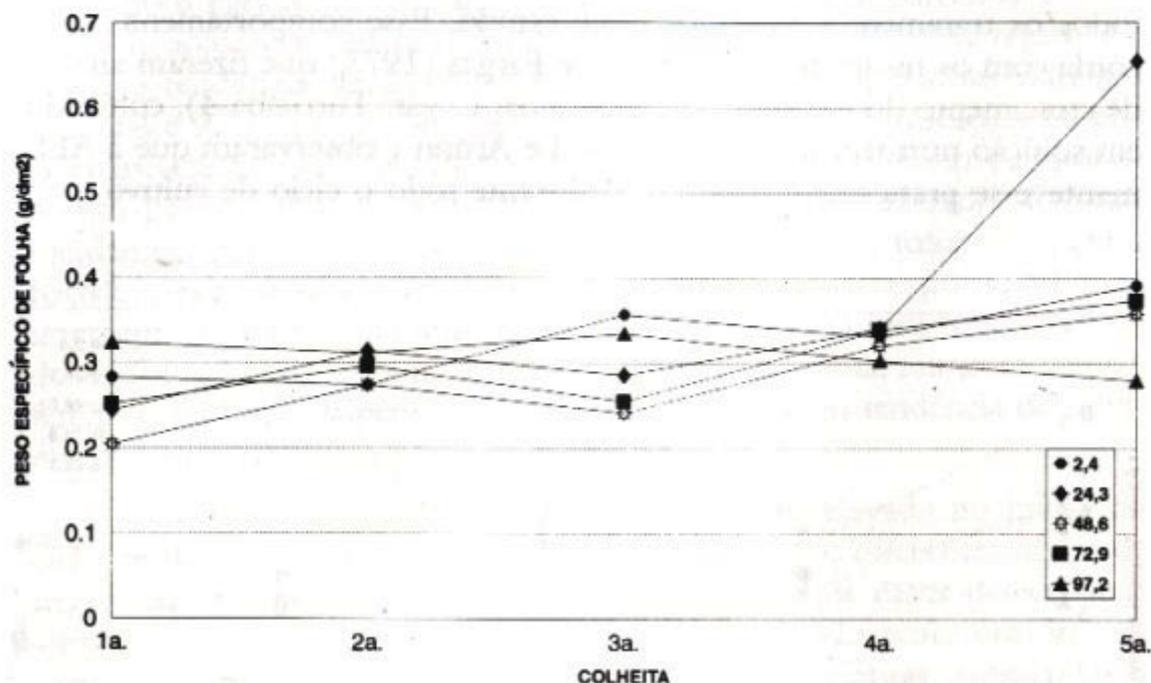


Figura 3 – Comportamento do peso específico de folha (PEF), de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio, nas várias épocas de colheita.

A TAL (Figura 4), de maneira geral, diminuiu com a idade, nas plantas submetidas aos diferentes tratamentos, exceto naquelas nutridas com 48,6 ppm de Mg, que apresentaram tendência de aumento desse parâmetro a partir do 2º intervalo, com o valor mais elevado no último. Cabe ressaltar o comportamento peculiar mostrado pelas plantas nutridas com 2,4 ppm de Mg, nas quais a TAL variou pouco até o 3º intervalo, diminuindo de maneira acentuada a seguir. No último intervalo, o valor negativo ocorreu devido a determinação desse parâmetro envolver amostragens sucessivas e na última (5ª colheita), a planta ter apresentado menor área e menor matéria seca total em relação à anterior (4ª colheita). Assim, esse nível de magnésio parece ter sido insuficiente na fase final reprodutiva, determinando nítida diminuição de eficiência fotossintética.

De acordo com Watson (1952) e Milthorpe e Moorby (1974) a TAL diminui com a idade das plantas, o que neste estudo foi observado nas plantas submetidas aos diferentes tratamentos, exceto naquelas nutridas com

48,6 ppm de Mg. As plantas submetidas a tratamentos com diferentes níveis de magnésio na solução nutritiva apresentaram diferenças na TAL que podem ter ocorrido como resultado da adaptação da planta à condição a que foi submetida.

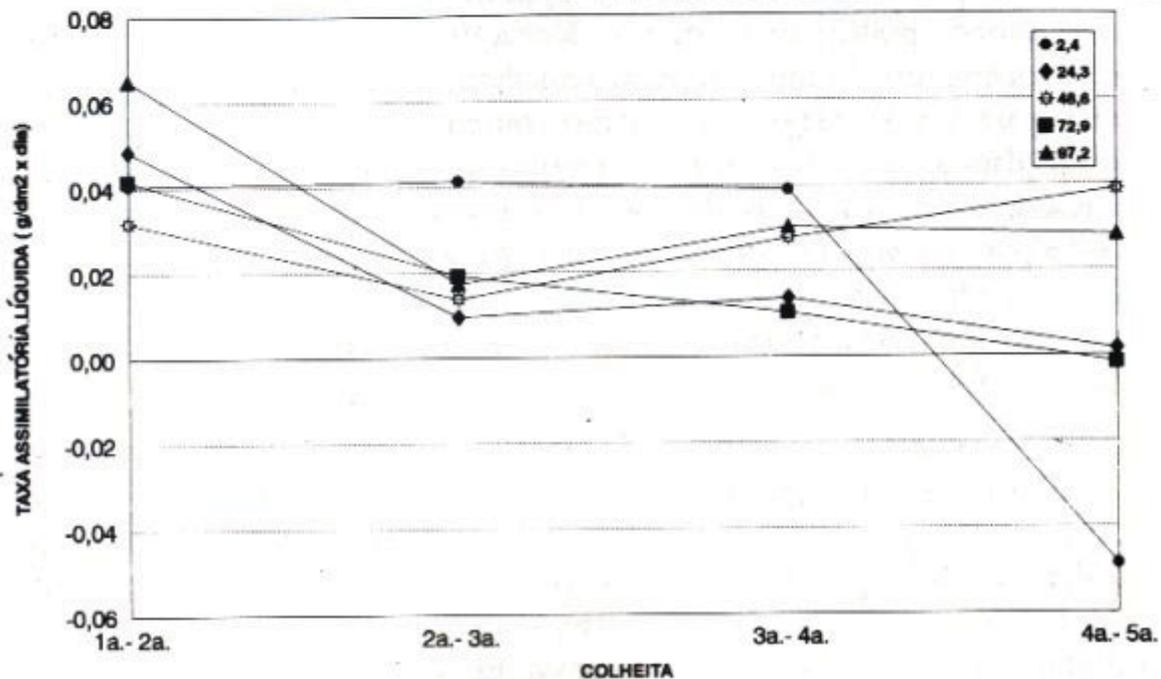


Figura 4 – Comportamento da taxa assimilatória líquida (TAL), de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio, nos vários intervalos de colheita.

As plantas nutridas com 2,4 ppm de Mg mantiveram valores elevados de matéria seca total da 3ª para a 4ª colheita, com acentuada diminuição na 5ª. Por outro lado, apesar do evidente decréscimo da fotossíntese líquida apresentado por essas plantas no 4º intervalo, em relação às plantas submetidas a 48,6 ppm de Mg a matéria seca total obtida na última colheita não diferiu da observada nas plantas nutridas com solução nutritiva completa, contendo 48,6 ppm de Mg. Talvez se possa sugerir que 2,4 ppm de Mg tenham sido suficientes para manter parte do ciclo do feijoeiro. Deve-se considerar que pode ter tido uma participação importante o conteúdo de magnésio da própria semente, como foi sugerido por Malavolta (1954). Por outro lado, a manutenção da matéria seca total, na vigência de diminui-

ção da fotossíntese líquida nas plantas submetidas a 2,4 ppm de Mg em relação àquelas nutridas com 48,6 ppm, talvez possa ser explicada pelo acúmulo de amido nas folhas, como foi observado por Marschner (1986), em plantas deficientes nesse mineral.

Nas plantas submetidas a 48,6 ppm de Mg o PEF (Figura 3) apesar de ter variado pouco, apresentou tendência de aumento durante o ciclo de desenvolvimento. Comportamento semelhante foi verificado, de maneira geral, para a TAL (Figura 4). Como consequência, a matéria seca total dessas plantas também aumentou, mesmo tendo ocorrido acentuada tendência de diminuição da RAF (Figura 1). Portanto, nas plantas submetidas a 48,6 ppm de Mg, a tendência de aumento do PEF pode ter-se traduzido em maior eficiência. O aumento do PEF, que indica o aumento da relação entre mesófilo ou entre tecido clorofiliano e área foliar, pode sugerir maior eficiência fotossintética.

A análise de crescimento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4), cultivado em solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnon, feita por Ascencio e Fargas (1973) revelou que a TAL era máxima em plantas com 62 dias de idade, que corresponde ao período de máximo crescimento dos frutos. Esses resultados são, em parte, semelhantes aos observados neste estudo, quando 48,6 ppm de Mg foram utilizados na solução nutritiva, mas as plantas tinham entre 67 e 81 dias de idade (Figura 4).

A TCR (Figura 5) não foi constante durante o ciclo de desenvolvimento nas plantas submetidas aos diferentes tratamentos, observação que está de acordo com os relatos de Briggs et al. (1920), Ascencio e Fargas (1973) e Milthorpe e Moorby (1974).

Milthorpe e Moorby (1974) também registraram que durante a ontogenia de uma cultura há um primeiro período com taxas de crescimento aceleradas, seguido de outro em que as taxas são mais ou menos constantes e de um terceiro, com declínio desse parâmetro. Neste último período, o crescimento se torna negativo, uma vez que a morte de folhas e gemas excede a produção de grãos. No presente estudo, a TCR foi negativa apenas em plantas submetidas a 2,4 e 72,9 ppm de Mg.

O comportamento da TCR foi idêntico ao da TAL, em plantas submetidas a 2,4 ppm de Mg (Figuras 4 e 5), concordando com os acha-

dos de Pissarek (1979) com aveia cv Tiger, que demonstrou que a redução na produtividade ocorria apenas em situações de extrema deficiência de magnésio. Nos demais tratamentos, TAL e TCR apresentaram comportamentos muito parecidos. Estes achados concordam com a afirmação de que quaisquer fatores que mudem a TCR, o fazem através de seus efeitos na TAL, na RAF ou em ambos (Blackman, 1968).

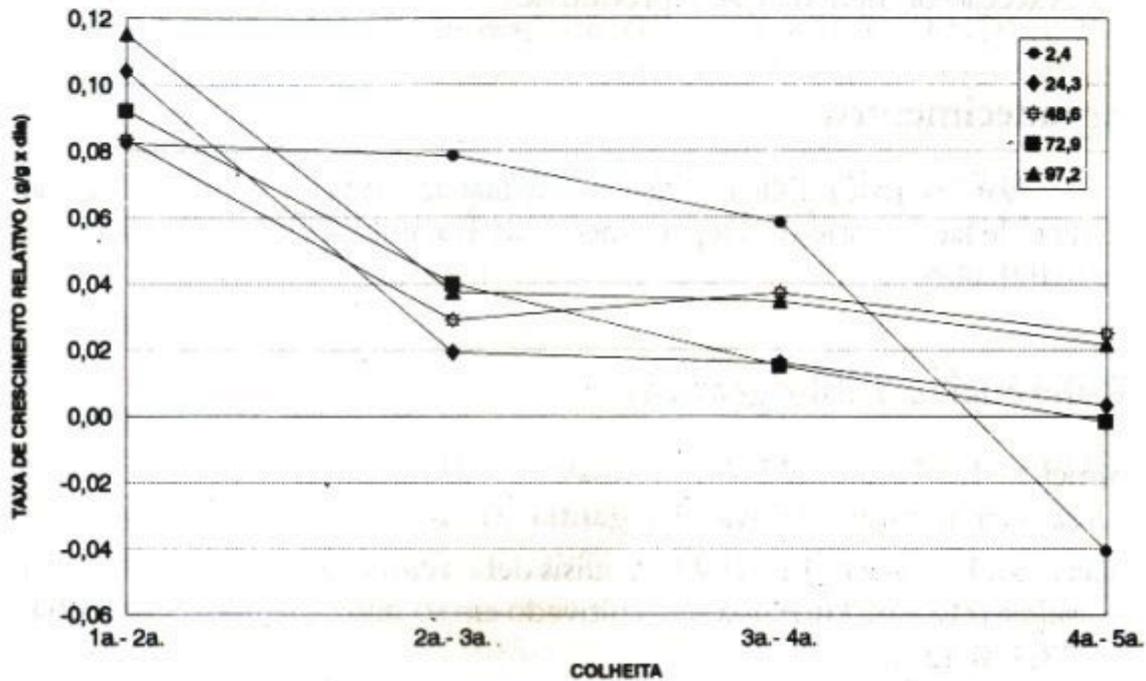


Figura 5 – Comportamento da taxa de crescimento relativo (TCR), de feijoeiros submetidos a tratamentos em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio, nos vários intervalos de colheita.

No presente estudo, a carência de magnésio determinou diminuição da TAL e da TCR, quando 2,4 ppm foram utilizados (Figuras 4 e 5). Por outro lado, pesquisa realizada nas mesmas condições experimentais revelou aumento da área foliar quando a solução nutritiva era a mais carente em magnésio (Boaro, 1986). Portanto, a área foliar se comportou de maneira inversa à TAL e a TCR, como foi também observado por Wallace e Munger (1966), com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Os resultados observados em plantas submetidas à solução nutritiva com 48,6 ppm de Mg, sugerem que esta concentração é a mais indicada para o crescimento de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca, nas condições em que se desenvolveu o experimento. Níveis de magnésio acima de 48,6 ppm não determinaram alterações evidentes dos parâmetros avaliados. A solução nutritiva com 2,4 ppm de Mg, menor nível utilizado, não interferiu no desenvolvimento das plantas de feijão durante quase todo o ciclo do vegetal, com exceção do final da fase reprodutiva.

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 Bibliográficas

- Almeida, L.; Leitão, H.F.F.; Miyasaka, S. 1971. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, 30: 33-38.
- Ascencio, J.; Fargas, J.E. 1973. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba - 4) cultivado em solução nutritiva. **Turrialba**, 23:420-428.
- Banzatto, D.A.; Kronka, S.N. 1989. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 247pp.
- Benincasa, M.M.P. 1988. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal, FUNEP, 42pp.
- Blackman, G.E. 1968. The application of the concepts of growth analysis to the assessment of productivity. *In: Copenhagen Symposium, Proceedings...* Paris, UNESCO, Paris, pp.243-259.
- 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**. Dissertação de Mestrado, Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil, 163pp.

- Briggs, G.E.; Kidd, M.A.; West, A.R.C.S. 1920. A quantitative analysis of plant growth. *Ann. Appl. Biol.*, 7:202-223.
- Dantas, J.P.; Bergamin Filho, H.; Malavolta, E. 1979a. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) ENDL.). I. Deficiências minerais. *Anais Esc. sup. Agric. "Luiz Queiroz"*, 36:231-245.
- Dantas, J.P.; Bergamin Filho, H.; Malavolta, E. 1979b. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) ENDL.). IV. Exigências de macro e micronutrientes. *Anais Esc. sup. Agric. "Luiz Queiroz"*, 36:425-433.
- Hoagland, D.R.; Arnon, D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Circ. Coll. Agric. Univ. Calif.*, 347:1-32.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. 1983. Feijão. *Prognóstico*, 12:114-120.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. 1984. Feijão. *Prognóstico*, 13:110-115.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. 1985. Feijão. *Prognóstico*, 12:119-123.
- Magalhães, A.C.; Montojos, J.C. 1971. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba*, 21:165-168.
- Magalhães, A.C.; Montojos, J.C.; Miyasaka, S. 1971. Effect of dry organic matter on growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Expl. Agric.*, 7:137-143.
- Malavolta, E. 1954. Adubos magnesianos. *In: Elementos de química agrícola; adubos e adubações*. IV Centenário, São Paulo, pp.123-125.
- Malavolta, E. 1980. Deficiências de macro e micronutrientes e toxidez de Cl, Mn e Al no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 14pp.
- Marschner, H. 1986. Functions of mineral nutrients: macronutrients. *In: Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, pp.195-267.

- Milthorpe, F.L.; Moorby, J. 1974. Some aspects of overall growth and its modification. *In: An introduction to crop physiology*. Cambridge University Press, London, pp.152-179.
- Pissarek, H.P. 1979. Der einfluss von grad und dauer des Mg - mangles auf den kornertrog von hafer. *Z. Acker-u. PflBau*, 148:62-71.
- Radford, P.S. 1967. Growth analysis formulae; their use and abuse. *Crop Sci.*, 7:171-175.
- Wallace, D.H.; Munger, H.M. 1965. Studies of the physiological basis for yield differences. I-Growth analysis of six dry bean varieties. *Crop Sci.*, 5:343-348.
- Wallace, D.H.; Munger, H.M. 1966. Studies of the physiological basis for yield differences. II-Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. *Crop Sci.*, 6:503-507.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 4:101-145.
- Zar, J.R. 1984. *Biostatistical analysis*. 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 718pp.