

Desenvolvimento do manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.) cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio

DAVID, E.F.S.¹; PIROZZI, D.C.Z.² BRAGA, J.F.²; IKEJIRI, L.²; CAMILLI, L.²; BOARO, C.S.F.².

¹Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, FCA-UNESP, CXP 237, CEP 18603-970, Botucatu-São Paulo. *evelizedavid@fca.unesp.br ²Instituto de Biociências, Departamento de Botânica-C. Postal 510, UNESP, 18618-000 - Botucatu-SP.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da variação dos níveis de magnésio no desenvolvimento e no rendimento de óleo essencial do manjeriçao. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva nº 1 de Hoagland & Arnon (1950) contendo 48,6 mg L⁻¹, 24,3 mg L⁻¹ e 12,1 mg L⁻¹ de magnésio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3X3, ou seja, três níveis de magnésio e três épocas de colheitas, com três repetições. Foram avaliados comprimento de parte aérea, massa seca dos diferentes órgãos e total, área foliar, taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), razão de massa foliar (RMF), distribuição de massa seca para os diferentes órgãos, relação parte aérea/raiz e rendimento de óleo essencial aos 30, 60 e 90 dias após o transplante (DAT). As plantas nutridas com os menores níveis de magnésio utilizados não apresentaram deficiências, porém sofreram interferência quanto ao desenvolvimento e produtividade. A produção de óleo essencial foi maior aos 30 DAT quando as plantas foram cultivadas com 12,1 mg L⁻¹ de magnésio. Assim, sugere-se que a solução nutritiva nº 1 de Hoagland & Arnon (1950) super estima os níveis desse nutriente, concordando com observações já realizadas para outras espécies.

Palavras-chave: Cultivo hidropônico, massa seca, crescimento, macronutriente, rendimento de óleo essencial

ABSTRACT: Development of basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivated under nutrient solution with different levels of magnesium. The aim of this experiment was to study the influence of several levels of magnesium on development and essential oil content of basil, plants were cultivated using Hoagland and Arnon (1950) number one 1 complete solution, containing 48.6 mg L⁻¹ and with decreasing levels of magnesium (24.3 mg L⁻¹ and 12.1 mg L⁻¹). The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme 3x3, which is, three levels of magnesium and three harvest times, with three replications each. The parameters evaluated were the stem length, leaf dry mass, stem dry mass, roots dry mass, absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR), net assimilatory rate (NAR), leaf area ratio (LAR), leaf mass ratio (LMR), dry mass distribution on several organs, stem and leaf /root ratio and essential oil yield, all those measured in three harvest time 30, 60 and 90 days after transplantation (DAT). Plants cultivated with the lower levels of magnesium showed no symptoms of deficiency, but showed differences in the parameters studied. Essential oil yield was higher at 30 DAT for plants cultivated with 12.1 mg L⁻¹ the magnesium. Our results suggests that Hoagland and Arnon (1950) nº 1 complete solution overestimates the level of magnesium, as has been observed in several other plant species

Key words: Hydroponics cultivation, dry mass, growth, macronutrient, essential oil yield

INTRODUÇÃO

Ocimum basilicum L. é uma planta aromática e medicinal pertencente à família Lamiaceae. Conhecida popularmente como manjeriço-italiano ou alfavaca apresenta grande importância econômica, pois é fonte de óleo essencial, usado no preparo de perfumes, cosméticos, condimentos, repelentes de insetos e na indústria farmacêutica (Khosla & Sobti, 1985).

A produtividade vegetal, assim como a produção de óleo essencial, são influenciadas por fatores bióticos e abióticos, dentre eles a nutrição mineral. O magnésio é um elemento essencial e na sua ausência, a planta não completa o ciclo de vida. Este nutriente que é o átomo central da molécula de clorofila é requerido também por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfato, como por exemplo, magnésio quelatase, PEP carboxilase, entre outras. Além disso, está demonstrada sua importância na manutenção da integridade do ribossomo, necessária para a síntese protéica (Marschner, 1995; Zeiger, 2004). Assim, esse macronutriente é importante tanto no metabolismo primário como no secundário e sua variação deve afetar o comportamento vegetal.

Para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é interessante, uma vez que descreve suas condições morfo-fisiológicas, em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade, avaliada por variáveis fisiológicas. É um método que pode ser utilizado para investigação do efeito dos fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como adaptabilidade das espécies a ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas da capacidade produtiva e influência de práticas agronômicas (Magalhães, 1986). Pereira & Machado (1987) afirmam que a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, com base em informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados, como área foliar e a quantidade de material contido na planta toda e em seus diferentes órgãos, avaliadas em intervalos de tempo regulares durante o desenvolvimento fenológico da planta. Os resultados de produtividade assim obtidos podem ser correlacionados com os de rendimento de óleo, e com isso a variação do nutriente pode ser avaliada tanto no metabolismo primário como no secundário.

Com base no acima exposto o objetivo do presente estudo foi avaliar o desenvolvimento e o rendimento de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. cultivado em solução nutritiva contendo diferentes níveis de magnésio.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo "Paddy-Fan" do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu-SP, no período compreendido entre março e junho de 2004. A temperatura e a umidade relativa na casa de vegetação foram mantidas, respectivamente, em torno de 27°C e 70%.

Estacas de *O. basilicum* com 10 cm de comprimento e com os quatro primeiros pares de folhas foram obtidas de ramos aéreos de plantas matrizes da Coleção de Plantas Medicinais do Departamento de Produção Vegetal Setor de Horticultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP-Botucatu. A seguir, as estacas foram desinfetadas em solução comercial de hipoclorito diluída a 2% e acondicionadas em potes de 250mL cobertos com filme plástico de polietileno, contendo solução de nitrato de potássio, KNO_3 (600 mg L^{-1}), preparada com água destilada, conforme especificações de Soares & Sacramento (2001). As estacas permaneceram nessa solução durante 10 dias, período necessário para o enraizamento. Apenas as estacas enraizadas e sadias, foram transferidas para vasos plásticos com capacidade para 6L de solução nutritiva.

Nos vasos, com aeração contínua, as plantas foram submetidas a três diferentes tratamentos, constituídos pela variação do nível de magnésio na solução nº 1 de Hoagland & Arnon (1950), contendo, $48,6 \text{ mg.L}^{-1}$ de magnésio, nível preconizado para a solução nutritiva completa, e por sua diminuição para 50% e 75% correspondentes a 24,3 e $12,1 \text{ mg L}^{-1}$ do nutriente, respectivamente.

A renovação da solução nutritiva foi feita a cada duas semanas, com base no acompanhamento de leituras diárias de pH. A condutividade elétrica da solução foi controlada com a utilização de um condutivímetro, sendo mantida entre 2 e 3 mS por centímetro. Sempre que necessário o volume da solução foi completado com água.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 3x3, ou seja, três níveis de magnésio e três épocas de colheita.

As colheitas foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após o transplante (DAT), realizado 10 dias após o enraizamento das estacas, com determinação de comprimento de parte aérea, em cm, área foliar, em dm^2 , e massa seca dos diferentes órgãos, em g.

Para a determinação do rendimento de óleo essencial, as plantas foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 40°C por 48 horas. Posteriormente, foi realizada a extração do óleo por hidrodestilação em aparelho de miniclevenger. Três balões volumétricos, A, B, C foram utilizados.

No balão A foram colocados um grama de massa seca de folha com 25 mL de água destilada. No B, 10 mL de diclorometano. O balão C após secagem em estufa e acondicionamento em dessecador até atingir a temperatura ambiente, teve sua massa determinada (P0), considerando-se todas as casas decimais. Os balões A e B ligados entre si, foram submetidos à hidrodestilação durante 1 hora. O hidrodestilado evaporou condensando-se e transferindo-se para o balão B, ficando o óleo essencial preso ao diclorometano. A separação do diclorometano mais o óleo da água foi realizada por diferença de densidade, ou seja, decantação, sendo transferido o diclorometano mais o óleo no balão C. A seguir, este balão C foi colocado em rotavapor por alguns minutos à temperatura de 35°C, com o objetivo de separar o diclorometano do óleo essencial, ficando somente o óleo aderido a sua parede. Este último balão, foi pesado (Pf) após a estabilização de sua temperatura. O teor de óleo foi expresso em porcentagem e determinado pela equação:

$$\%_{\text{ÓLEO}} = (P_f - P_0) * 100$$

Para o cálculo dos índices fisiológicos, taxa de crescimento absoluto (TCA), que reflete a velocidade de crescimento do vegetal, taxa de crescimento relativo (TCR), que expressa o crescimento com base em material pré-existente, taxa assimilatória líquida (TAL), que expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida, em gramas, por decímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo e razão de área foliar (RAF), que reflete a área foliar útil para fotossíntese, utilizou-se a análise de crescimento clássica. A distribuição de massa seca para os diferentes órgãos, que permite inferir a translocação orgânica foi calculada em porcentagem de massa seca de cada órgão em relação à massa seca total. A razão de massa foliar (RMF), que expressa a exportação de matéria orgânica da folha para os outros órgãos do vegetal, foi calculada pela relação entre a massa seca de lâminas foliares (MSLF) e a massa seca total (MST). Todos esses índices foram calculados de acordo com Benincasa (2003).

As variáveis, comprimento de parte aérea, área foliar, massa seca de lâminas foliares, de caules mais pecíolos e de raízes, razão de área foliar (RAF), distribuição de massa seca para lâminas foliares, para caules mais pecíolos e para raízes, razão de massa foliar (RMF), relação parte aérea/raiz e rendimento de óleo essencial foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial ($p = 0,05$). Entre elas, as que mostraram interação entre tratamento e época de colheita foram apresentadas em gráficos e as demais em tabelas. Os índices fisiológicos, taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento

relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL), não estão acompanhados de suas análises de variância, uma vez que não se pode afirmar que essas variáveis, por serem calculadas, obedeçam às pressuposições básicas para a sua realização (Banzatto & Kronka, 1989). Dessa forma, as médias dos tratamentos em cada colheita desses índices também foram apresentadas em tabela.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O comprimento da parte aérea, de maneira geral, apresentou-se maior nas plantas nutridas com 12,1 e 24,3 mg L⁻¹ de magnésio (Figura 1A). A área foliar e as massas secas de lâminas foliares, de caules mais pecíolos, de raízes e total não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 1). Santos et al. (2002) cultivaram *O. basilicum*, em soluções nutritivas modificadas nas dosagens de seus nutrientes para valores inferiores e superiores àqueles estabelecidos na solução completa e observaram as maiores alturas nas plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Boaro (2001) ao cultivar *Phaseolus vulgaris* em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio observou que as plantas nutridas com 2,4 mg L⁻¹, durante a fase vegetativa e 24, 3 mg L⁻¹, durante a fase reprodutiva apresentaram tendência de manterem-se mais baixas quando comparadas com aquelas cultivadas com 2,4 mg L⁻¹, durante a fase vegetativa e 48,6 mg L⁻¹, durante a fase reprodutiva e com 48, 6 mg L⁻¹, durante todo o ciclo. Em ambos os estudos, a diminuição do nível de nutrientes resultou em plantas mais baixas e com menores massas. Esses resultados não são concordantes com os observados no presente estudo. No entanto, os trabalhos acima registrados envolvem outras espécies submetidas a condições nutricionais diferentes e foram citados com o objetivo de demonstrar a influência do magnésio no desenvolvimento vegetal, uma vez que na literatura não foram identificados estudos com *O. basilicum* cultivado com variação de magnésio. Nesta última espécie, o maior nível de magnésio, estabelecido na solução nutritiva completa nº1 de Hoagland & Arnon, (1950) foi excessivo para a altura das plantas.

Clark (1975) sugeriu que, o crescimento máximo depende da interação entre nutrientes e que o excesso de magnésio poderia causar um desequilíbrio com outros nutrientes ou fatores requeridos para atingi-lo. Esta sugestão está de acordo com Gama (1977), que verificou que a absorção dos nutrientes pelas plantas depende de diversos fatores, nos quais se incluem os efeitos antagonísticos e sinérgicos entre os elementos, que variam em função, inclusive, das proporções entre eles (Boaro, 2001).

TABELA 1. Área foliar (AF), em dm², massa seca de lâminas foliares (MSLF), em g, massa seca de caule mais pecíolos (MSC+P), em g, massa seca de raízes (MSR), em g e massa seca total (MST), em g, de plantas de *Ocimum basilicum* L., cultivadas em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio, em três épocas de colheitas, realizadas aos 30, 60 e 90 dias após o transplante (DAT). Médias de três repetições.

Variáveis	Níveis de magnésio (mg L ⁻¹)									CV%
	48,6			24,3			12,1			
	Colheitas (DAT)									
	1 ^a (30)	2 ^a (60)	3 ^a (90)	1 ^a (30)	2 ^a (60)	3 ^a (90)	1 ^a (30)	2 ^a (60)	3 ^a (90)	
AF	9,84	41,29	76,12	8,90	58,17	66,83	5,07	26,84	74,29	18,40
MSLF	1,60	8,63	20,63	0,66	11,07	18,80	1,29	5,50	18,60	23,72
MSC+P	2,73	16,43	44,90	1,38	22,30	40,40	2,14	8,23	45,37	22,68
MSR	1,30	7,15	10,63	0,63	5,85	9,63	1,20	5,83	10,23	29,37
MST	5,76	31,67	75,75	2,03	39,35	71,22	3,43	17,65	73,41	20,49

CV%: coeficiente de variação. Médias das épocas dentro de cada tratamento não diferiram entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Dantas et al. (1979) observaram em duas variedades de feijão macassar, que a omissão de magnésio afeta a produção de massa seca de raiz. Por outro lado, Clark (1975), trabalhando com milho, e Rodriguez (1997), estudando tomateiros, demonstraram que apesar da deficiência de magnésio reduzir o crescimento de todas as partes da planta, as raízes eram mais afetadas que a parte aérea. Esses resultados permitem sugerir interferência na translocação de açúcares para esses órgãos, uma vez que várias reações envolvidas na formação da sacarose são catalisadas por enzimas que requerem magnésio como cofator, sendo esta uma de muitas razões do magnésio ser essencial para as plantas (Salisbury & Ross, 1992). Assim, pode-se inferir que no presente estudo, os níveis de magnésio utilizados, abaixo daquele preconizado por Hoagland & Arnon (1950) para a solução nutritiva completa e igual a 48,6 mg L⁻¹, não foram deficientes para as plantas, confirmando as observações realizadas por Ruiz (1997) que refere que a solução nutritiva de Hoagland

& Arnon (1950) é extremamente concentrada devendo ser usada com um terço ou metade de sua força iônica para plantas adultas.

Apesar da afirmativa de Watson (1952) de que a área foliar das plantas é bastante dependente da nutrição, no presente estudo, a diminuição dos níveis de magnésio avaliada, não foi deficiente para as plantas (Tabela 1).

A taxa de crescimento absoluto (TCA) apresentou tendência de aumento durante o desenvolvimento nas plantas nutridas com 12,1 e 48,6 mg L⁻¹ de magnésio (Tabela 2), indicando maior velocidade de crescimento nas avaliações iniciais nesses dois grupos de plantas. Esse aumento é esperado, uma vez que as plantas se encontram ainda em fase inicial do seu ciclo. Já nas plantas nutridas com 24,3 mg L⁻¹ de magnésio, a velocidade de crescimento foi menor, pois essas plantas já apresentaram valores superiores a todas as demais no início do período de avaliação.

TABELA 2. Taxa de crescimento absoluto (TCA), em g dia⁻¹, taxa assimilatória líquida (TAL), g dm⁻² dia⁻¹, e taxa de crescimento relativo (TCR), em g g⁻¹ dia⁻¹, de plantas de *Ocimum basilicum* L. cultivadas em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio, em três épocas de colheitas realizadas aos 30, 60 e 90 DAT. Médias de três repetições.

Variáveis	Níveis de magnésio (mg L ⁻¹)					
	48,6		24,3		12,1	
	Intervalo entre colheitas					
	30-60	60-90	30-60	60-90	30-60	60-90
TCA	0.8637	1.4695	1.2439	1.0622	0.4739	1.8585
TAL	0.0386	0.0333	0.0474	0.0182	0.0356	0.0392
TCR	0.0554	0.0368	0.0975	0.0200	0.0557	0.0470

A taxa assimilatória líquida (TAL), de modo geral, no período avaliado diminuiu nas plantas nutridas com 24,3 mg L⁻¹ e 48,6 mg L⁻¹ de magnésio e aumentou de modo discreto naquelas cultivadas com 12,1 mg L⁻¹ desse nutriente (Tabela 2). Esses resultados concordam com os observados por Watson (1952) e Milthorpe e Moorby (1974). Milthorpe e Moorby (1974) referem que a diminuição da TAL com a idade das plantas deve-se ao sombreamento de folhas inferiores. Segundo Watson (1952), esse índice expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração, sendo, portanto, mais influenciado pelas condições climáticas do que pelo potencial genético do vegetal. As plantas cultivadas com o menor nível de magnésio 12,1 mg L⁻¹, talvez apresentando atraso de desenvolvimento, não tenham mostrado diminuição da TAL, no tempo em que foram avaliadas, por não apresentarem auto-sombreamento, uma vez que essas plantas cresceram menos, em relação às demais. A TAL assume valores distintos ao longo dos diferentes estádios da planta. Maiores valores são evidenciados durante o período vegetativo da cultura, com declínio mais acentuado, seguido de uma relativa constância da assimilação líquida na fase reprodutiva, com retomada de decréscimos sucessivos ao final do estágio reprodutivo, ao término do ciclo da cultura (Urchei et al., 2000). No entanto, no presente estudo, além de durante todo o período experimental as plantas de *O. basilicum* apresentarem flores, o número de avaliações realizadas não permitiu a identificação de todos os estádios.

Maiores valores para a taxa de crescimento relativo (TCR) foram verificados no intervalo entre 30 e 60 DAT, com decréscimo a seguir (Tabela 2). Esse comportamento de diminuição com o tempo, esperado para TCR, também foi verificado por outros autores (Watson, 1952 e Milthorpe & Moorby, 1974). A diminuição contínua da TCR pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento, que aumentam com a idade da planta. Segundo Milthorpe & Moorby (1974), 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 índice. Neste último período, o crescimento se torna negativo. Por outro lado, Boaro (2001) verificou resposta diferente da TCR atribuindo esse comportamento ao atraso no desenvolvimento das plantas, inclusive com queda prematura de folhas, condição que provavelmente interferiu com a área foliar e com a TAL. Esses resultados sugerem que os menores níveis de magnésio utilizados no presente estudo não foram deficientes para o cultivo do *O. basilicum*.

Aos 30 DAT as plantas nutridas com 48,6 mg L⁻¹ de magnésio apresentaram razão de área foliar (RAF) pouco mais elevada em relação às nutridas

com 12,1 e 24,3 mg L⁻¹ de magnésio. De modo geral, a RAF diminuiu com o tempo em todos os tratamentos (Figura 1B). Esses resultados são concordantes com as observações de (Boaro et al., 1996; Leal, 2001; Valmorbida, 2003; David, 2004) que registraram RAF elevada no início do ciclo vegetativo, período em que ocorre desenvolvimento de folhas para maior captação de luz, decrescendo devido à interferência de folhas superiores sobre as inferiores, caracterizando o auto-sombreamento (Benincasa, 2003). Deve ser ressaltado que os estudos de Boaro et al. (1996), avaliaram magnésio em feijoeiros e os de Leal (2001), Valmorbida (2003) e David (2004) foram realizados com *Mentha piperita* L. com variação de nitrogênio, potássio e fósforo, respectivamente. No entanto, observa-se que o comportamento da RAF é o mesmo, ou seja, diminui com o ciclo de desenvolvimento, independente da espécie ou do nutriente avaliado.

A distribuição de massa seca e a razão de massa foliar são variáveis utilizadas para a inferência da translocação orgânica nos vegetais (Benincasa, 2003). As plantas cultivadas com os três níveis de magnésio apresentaram variações na distribuição de massa seca para os diferentes órgãos. No entanto, no presente estudo, não se observa tendência de diminuição da distribuição de massa seca para lâminas foliares (Figura 1C) com o tempo, comportamento que seria esperado. Deve ser ressaltado que neste estudo, o número de avaliações durante o ciclo, igual a três, não permitiu a observação do comportamento dessa variável em outros momentos, que com certeza tenderia à diminuição, uma vez que sendo a folha o centro de produção de massa seca, o desenvolvimento da planta dependerá de exportação de seu material para os outros órgãos (Benincasa, 2003).

De maneira geral a distribuição de massa seca para caules mais pecíolos apresentou tendência de manter-se mais elevada aos 60 DAT (Figura 1D), nas plantas submetidas aos diferentes níveis de magnésio, havendo nessa época maior transferência de fotoassimilados para essas regiões da planta.

A distribuição de massa seca para raízes apresentou tendência de manter-se menor nas plantas nutridas com 12,1 mg L⁻¹ (Figura 2A) aos 30 DAT, mantendo-se praticamente constante aos 60 e 90 DAT. Tal nível de magnésio, no presente estudo, poderia ser interessante para as plantas, pois, ao diminuir o crescimento de raiz, poderia estimular o crescimento de parte aérea, responsável pela produção e rendimento de óleo de *O. basilicum*. Essa hipótese, avaliada frente ao rendimento de óleo essencial obtido, confirmou-se (Figura 2D).

A razão de massa foliar (RMF) diminuiu com o tempo nas plantas nutridas com 12,1 mg L⁻¹, (Figura 2B), comportamento esperado uma vez que à medida que a planta desenvolve menor é a fração de

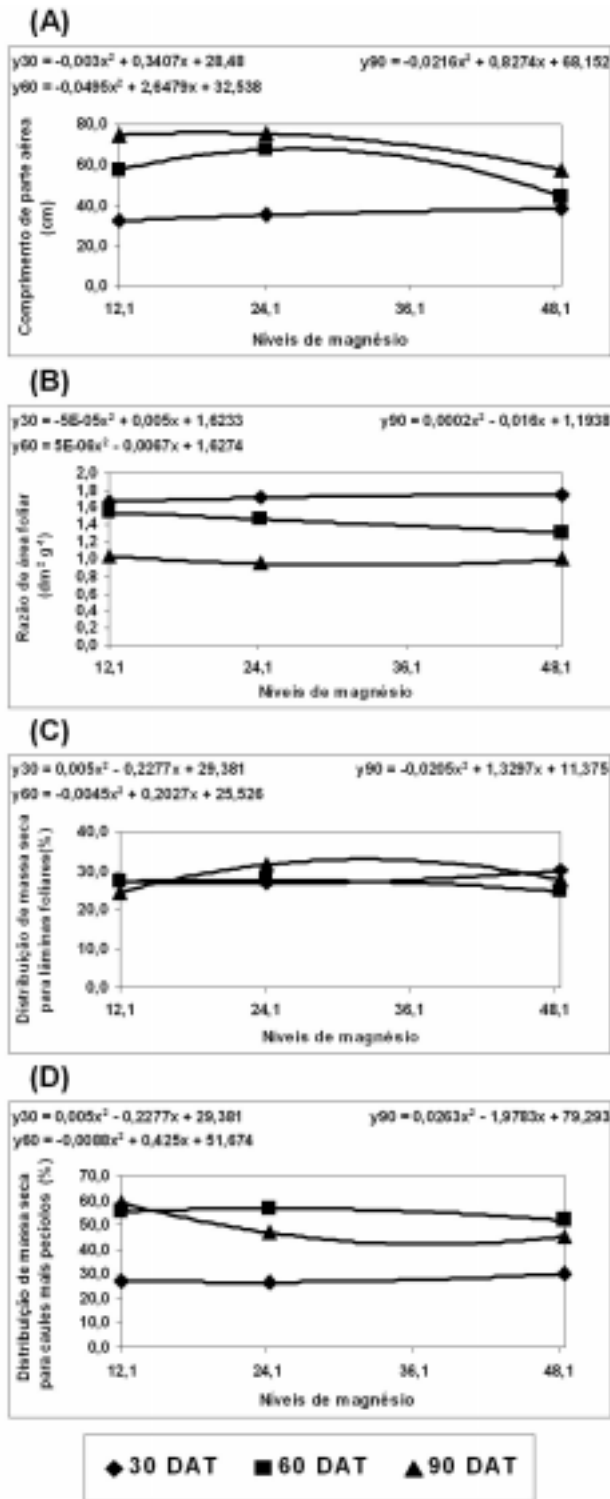


FIGURA 1. (A) Comprimento de parte aérea, (B) razão de área foliar, (C) distribuição de massa seca para lâminas foliares e (D) distribuição de massa seca para caule mais pecíolos de *Ocimum basilicum* L., cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio em mg L^{-1} , nas várias colheitas, realizadas aos 30, 60 e 90 dias após transplante (DAT). Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO_3 .

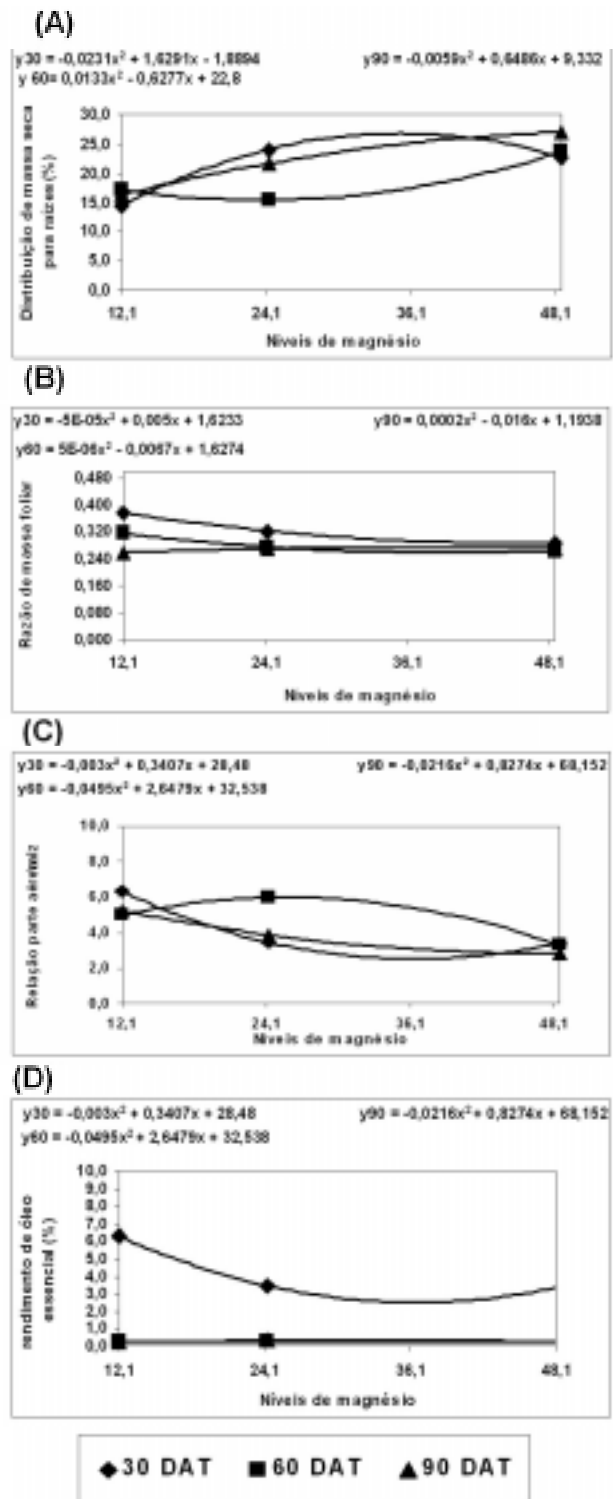


FIGURA 2. (A) Distribuição de massa seca para raízes, (B) razão de massa foliar, (C) relação parte aérea/raiz e (D) rendimento de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L., cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de magnésio em mg L^{-1} , nas várias colheitas, realizadas aos 30, 60 e 90 dias após transplante (DAT). Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO_3 .

fotoassimilados retida na folha, sendo direcionados para os demais órgãos para garantir seu crescimento, havendo consequentemente decréscimo da RMF (Radford, 1967; Benincasa, 2003). A tendência de diminuição ao longo do ciclo não ficou muito evidente nas plantas nutridas com 48,6 e 24,3 mg L⁻¹ de magnésio. A tendência bem definida de diminuição, esperada e que não foi observada no presente estudo é um indicativo de que as plantas ainda estão em fase inicial de desenvolvimento, caracterizada ainda por investimento também em aumento de massa seca de lâminas foliares, como pode ser verificado na Tabela 1.

De maneira geral, as plantas cultivadas com 12,1 mg L⁻¹ de magnésio apresentaram maior relação parte aérea/raiz aos 30 DAT (Figura 2C). No presente estudo tal relação se tornou importante para o rendimento de óleo essencial, maior nessas plantas (Figura 2D). Talvez a diminuição do nível de magnésio tenha estimulado o metabolismo secundário e, portanto, maior produção de óleo. Esses resultados indicam que o decréscimo do nível de magnésio na solução pode ser benéfico quando se considera rendimento de óleo essencial. Os terpenos, ou terpenóides são produzidos no metabolismo secundário, ou seja, são sintetizados a partir de substâncias do metabolismo primário. Recentemente descobriu-se que a produção de metabólitos secundários está intimamente relacionada à defesa da planta (Taiz, 2004). Talvez isto possa explicar no presente estudo o fato das plantas nutridas com o menor nível de magnésio terem apresentado maior rendimento de óleo essencial aos 30 DAT. Nesse sentido, apesar das plantas não terem manifestado sinais de deficiência, seu metabolismo secundário pode ter detectado tal estresse quando o nível de magnésio foi reduzido para 75% daquele especificado para a solução nutritiva completa nº1 de Hoagland & Arnon.

Deve ser ressaltado que a tendência de menor massa seca de raiz nessas plantas estimulou parte aérea, o que pode ser confirmado pelo comprimento de parte aérea aos 30 DAT e pela relação parte aérea/raiz que se manteve elevada, não havendo prejuízo de parte aérea, o que pode ter levado ao maior rendimento de óleo essencial.

CONCLUSÃO

Os menores níveis de magnésio utilizados neste estudo não foram deficientes para as plantas de manjeriço, interferindo no desenvolvimento e produtividade do vegetal. A produção de óleo essencial, maior no primeiro terço do desenvolvimento, foi maior quando as plantas foram cultivadas com 12,1 mg L⁻¹, menor nível de magnésio. Assim, sugere-se que a solução nutritiva nº 1 de Hoagland & Arnon (1950) super estima os níveis desse nutriente, que pode ser

várias vezes maior do que os encontrados no solo ao redor das raízes, concordado com observações já realizadas para outras espécies.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: Fundação Nacional de Ensino e Pesquisa, 1989. 247p.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Fundação Nacional de Ensino e Pesquisa, 2003. 41p.
- BOARO, C.S.F. et al. Avaliação do crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV. carioca) sob diferentes níveis de magnésio. **Biotemas**, v.9, p.15-28, 1996.
- BOARO, C.S.F. **Desenvolvimento de feijoeiros (Phaseolus vulgaris) em solução nutritiva com variação dos níveis de magnésio e da relação entre macronutrientes durante o ciclo**. 2001. 161p. Tese (Livro Docência em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CLARK, R.B. Differential Magnesium efficiency in corn in breads: I. Dry matter yield and mineral element composition. **Soil Science**, v.39, p.488-91, 1975.
- DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) ENDL.). I. Deficiências minerais. In: ANAIS ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA – LUIZ DE QUEIROZ, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 36., 1979, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: ESALQ, 1979. p.231-45.
- DAVID, E.F.S. **Níveis de fósforo no desenvolvimento e produção de óleo essencial de Mentha piperita L. cultivada em solução nutritiva**. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Horticultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- GAMA, M.V. Efeito do azoto e do potássio na composição mineral do trigo "Ímpeto" e do tomate "Roma". **Agronomics Losit**, v.38, p.11-121, 1977.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water: culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p.
- KHOSLA, M.K.; SOBTI, S.N. Karyomorphological studies in genus *Ocimum* II. Sanctum group. **Cytologia**, v.50, n.22, p.253-63, 1985.
- LEAL, F.P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da Mentha X piperita L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 155p. Dissertação (Mestrado em Horticultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Edusp, 1986. p.331-51.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press. 1995. p.862.
- MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. In: MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **An introduction to crop physiology**. Crambridge: Cambridge University, 1974. p.152-79.

- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. **Boletim Técnico Instituto Agrônômico**, v.114, p.1-33, 1987.
- RADFORD, P.S. Growth analysis formulae; their use and abuse. **Crop Science**, v.7, p.171-5, 1967.
- RODRIGUEZ, Q.R. **Avaliação da “eficiência de magnésio” de oito cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados em solução nutritiva**. 1997. 46p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RUIZ, H.A. Relações molares de macro nutrientes em tecidos vegetais como base para a formulação de soluções nutritivas. **Revista Ceres**, v.44, p.533-46, 1997.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, W.C. Carbon dioxide fixation and carbohydrate synthesis. In: SALISBURY, B.F.; ROSS, W.C. **Plant Physiology**. 4.ed. Washington: Wadsworth Publishing Company, 1992. p.225-48.
- SANTOS, J.E. et al. Diferentes concentrações de solução nutritiva para a cultura de alfavaca (*Ocimum basilicum* L.) em sistema de cultivo hidropônico. Horticultura Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia. **Proceedings...** Uberlândia, 2002. CD-Rom.
- SOARES, A.; SACRAMENTO, L.V.S. Desempenho de *Mentha* spp quanto a formação de raízes adventícias em função do substrato. In: JORNADA PAULISTA DE PLANTAS MEDICINAIS, 5., 2001, Botucatu. **Proceedings...** Botucatu: FCA-Universidade Estadual Paulista, 2001. p.107.
- TAIZ, L. Metabolismo secundário e defesa vegetal. In: TAIZ, L. & ZEIGER, E. (Eds). **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.309-32.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.497-506, 2000.
- VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128p. Dissertação (Mestrado em Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- WATSON, D.J. The physiological bases of variation in yield. **Advances Agronomy**, v.4, p.101-45, 1952.
- ZEIGER, E. Nutrição mineral. In: TAIZ, L. & ZEIGER, E. (Eds). **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.95-105.