



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO MINERAL E
TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL DA MENTA
(*Mentha piperita* L.) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA
SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
FÓSFORO**

CARLOS RIBEIRO RODRIGUES

2003

CARLOS RIBEIRO RODRIGUES

**CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO MINERAL E TEOR DE ÓLEO
ESSENCIAL DA MENTA (*Mentha piperita* L.) EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do curso de
Mestrado em Agronomia, área de concentração
em Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção
do título de "Mestre".

Orientador
Prof. Valdemar Faquin

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Rodrigues, Carlos Ribeiro

Crescimento, nutrição mineral e teor de óleo essencial da menta (*Mentha piperita* L.) em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo / Carlos Ribeiro Rodrigues. -- Lavras : UFLA, 2003.

49 p. : il.

Orientador: Valdemar Faquin.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Fósforo. 2. Solução nutritiva. 3. Época de cultivo. 4. Colheita. 5. Crescimento. 6. Óleo essencial. 7. *Mentha piperita*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.83

CARLOS RIBEIRO RODRIGUES

**CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO MINERAL E TEOR DE ÓLEO
ESSENCIAL DA MENTA (*Mentha piperita* L.) EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO**

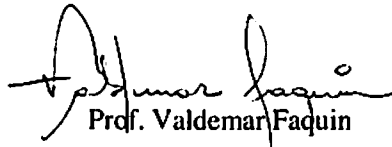
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 21 de fevereiro de 2003

Prof. José Eduardo Brasil Pereira Pinto DAG/UFLA

Prof. Luiz Arnaldo Fernandes

NCA/UFMG - Montes Claros-MG



Prof. Valdemar Faquin

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus.

pelo apoio incondicional em todos os momentos;

OFEREÇO

Aos meus pais, Ana Isabel Ribeiro Rodrigues e Carlos Roberto Alves Rodrigues, aos meus irmãos Carolina Ribeiro Rodrigues e Lucas Ribeiro Rodrigues, pelo apoio e amizade durante todo o período do mestrado;

Também a todos de minha família que apoiaram, principalmente a minha avó Ney Luzia Ribeiro (*in memoriam*) pelas orações direcionadas à minha pessoa, desde a época da graduação,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, professores e funcionários que, de uma maneira ou outra, ajudaram na execução dos experimentos, e também pela amizade.

Agradeço à CAPES pelo fornecimento da bolsa de mestrado.

Agradeço ao Professor Valdemar Faquin, pelo apoio, confiança, orientação e ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos Professores José Eduardo Brasil Pereira Pinto, Suzan Kelly Bertolucci, Luiz Arnaldo Fernandes e Carlos Alberto Silva pelo apoio, amizade e co-orientação.

Agradecimento especial às secretárias Adriana e Maria Alice e ao Professor Luiz Roberto Guimarães Guilherme pela perseverança e insistência, em minha procura na convocação do mestrado e a Daniel Trevisan, pelo auxílio na condução e análise dos experimentos.

Agradeço especialmente à Tatiana Michlovská Rodrigues, pelo apoio, amor, dedicação e companhia na fase de redação da dissertação

Aos amigos Núbia Maria Correa, José Roberto de Sá, Orlando Caíres Neves, Flávia Rodrigues da Cunha, Alex Teixeira Andrade e Antônio Claret pelo apoio, companheirismo e ajuda na condução dos experimentos. E, de maneira geral, a todos os colegas contemporâneos, pela amizade e convívio.

Agradeço aos professores de graduação Gaspar Henrique Korndörfer, Marli Aparecida Ranal, Fabio Andrade Maximiano e Igo Fernando Lepsch pelos ensinamentos básicos que ajudaram na construção do meu caminho até o presente momento. Também pelo apoio dos amigos Ivoney Gontijo, Juliano Vilela Resende Franco e Tatiana Lourenço Silva.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.	03
2.1 História das Plantas Medicinais	03
2.2 Plantas Medicinais	04
2.3 <i>Mentha piperita</i> L	06
2.4 Óleo Essencial.....	08
2.5 Usos do Óleo da <i>Mentha</i>	09
2.6 Qualidade do Óleo Essencial da <i>Mentha</i>	10
2.7 Efeito do Fósforo na <i>Mentha</i>	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Experimento 1	16
3.1.1 Instalação do Experimento e Delineamento Experimental	16
3.1.2 Coleta e Variáveis Avaliadas	18
3.2 Experimento 2	19
3.2.1 Instalação do Experimento e Delineamento Experimental	19
3.2.2 Coleta e Variáveis Avaliadas	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Experimento 1	23
4.1.1 Produção de Biomassa	23
4.1.2 Teores Foliare e Acúmulo de Nutrientes na Parte Aérea.....	27
4.2 Experimento 2	29
4.2.1 Produção de Biomassa	29
4.2.2 Óleo Essencial	35
4.2.3 Teores Foliare e Acúmulo de Nutrientes na Parte Aérea.....	38
5 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

RESUMO

RODRIGUES, Carlos Ribeiro. Crescimento, nutrição mineral e teor de óleo essencial da menta (*Mentha piperita* L.) em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo. 2003. 49 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação do DCS/UFLA, Lavras-MG, com os objetivos de verificar o efeito das concentrações de P em solução nutritiva e épocas de cultivo e de coleta sobre o crescimento, o teor de óleo essencial e o estado nutricional das plantas de menta (*Mentha piperita* L.). O primeiro experimento foi realizado de 29/10/2001 a 25/01/2002. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 5 concentrações de P na solução nutritiva (1, 3, 6, 10 e 16 mg L⁻¹) e quatro repetições. O segundo experimento foi realizado de 18/05 a 21/08/2002. O delineamento experimental fez-se em blocos casualizados com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 2x5, sendo 2 épocas de coleta (65 e 95 dias de cultivo – DC) e 5 concentrações de P na solução nutritiva (6, 12, 18, 24 e 30 mg L⁻¹). Em ambos os experimentos foram determinados a matéria seca de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e total (MST) e as relações folha:caule (F:C) e parte aérea:raiz (PA:R). Também foram estimados os níveis críticos foliares e acúmulo de nutrientes na parte aérea da menta através da análise química das folhas e caules. Somente no segundo experimento foi realizada a extração do óleo essencial das plantas. As plantas cultivadas na época mais quente e com dias mais longos (primavera/verão) obtiveram maior crescimento das plantas, onde 90% da máxima produção de MSF, MSC e MSR, foram obtidas com 13,11, 11,92 e 7,11 mg L⁻¹ de P, respectivamente. Os teores foliares dos nutrientes estudados, com exceção do S, também foram influenciados pelas concentrações de P. No experimento realizado na época mais fria e com dias mais curtos (outono/inverno), as concentrações de P na solução influenciaram o crescimento e o teor de óleo essencial da menta. Na coleta realizada aos 65 DC, apenas a MSF foi influenciada pelo P, não se observando efeito sobre os teores de óleo essencial. Aos 95 DC, o aumento da concentração de P promoveu aumentos significativos na matéria seca das partes e do total da menta e também nos teores de óleo essencial, sendo o teor máximo obtido (2,192 dag kg⁻¹) com 19,50 mg L⁻¹ de P. As maiores concentrações de P na solução (24 e 30 mg L⁻¹),

* Comitê Orientador: Valdemar Faquin - UFLA (Orientador), José Eduardo Brasil Pereira Pinto - UFLA.

promoveram aumentos na produção de matéria fresca e seca da parte aérea da menta, mas reduziram os teores de óleo essencial devido ao efeito de diluição, não significando, portanto, ganhos de produção de óleo por planta. Os teores foliares dos nutrientes também foram influenciados pelas concentrações de P e pelas épocas de coleta das plantas. Aos 95 DC foi observado maior acúmulo de P pelas plantas e a exigência nutricional associada ao máximo teor de óleo essencial seguiu a seqüência: N>K>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>B>Zn>Cu.

ABSTRACT

RODRIGUES, Carlos Ribeiro. **Mineral nutrition, growth and essential oil content of mint (*Mentha piperita* L.) in nutrient solution under different phosphorus concentration.** 2003. 49 p. Dissertation (Master of Science in Soil Science and Plant Nutrition) – University Federal of Lavras, Lavras, MG.*

Two experiments were conducted in Soil Science Department of University Federal of Lavras's greenhouse, Lavras-MG, aiming to evaluate the effect of P concentrations in nutrient solution upon the mineral nutrition, growth and essential oil content of mint (*Mentha piperita* L.). The experiments were accomplished in different tillage times. The first experiment was accomplished from 29/10/2001 to 25/01/2002. The experimental design was the completely randomized with five P concentrations in nutrient solution (1, 3, 6, 10 e 16 mg L⁻¹) and four replications. The second experiment was accomplished from 18/05 to 21/08/2002. The experimental design was the blocks randomized with split-plot, in 2x5 factorial scheme with four replications, being two harvest times (65 and 95 tillage days – TD) and five P concentrations in nutrient solution (6, 12, 18, 24 and 30 mg L⁻¹). Both experiments determined the leaves dry matter (DML), stems (DMS), roots (DMR), total (DMT), leaf:stem (L:S) and also the aerial part:root ratio (AP:R). Either, were estimated the mint leaves critical levels and aerial part nutrients accumulation with leaves and stems chemical analysis. Only in the second experiment the essential oil extraction was made. The plants till in hotter and long days (spring/summer) presented higher growth, where 90% of the maximum production of LDM, SDM and RDM were obtained with 13.11, 11.92 and 7.11 mg L⁻¹ of P, respectively. The leaves nutrient content studied, except S, were also influencing by the P concentrations. The plants cultivated in colder and short days (autumn/winter), had the P concentration in nutrient solution influenced the plants growth and essential oil content. The harvest accomplished at 65 TD leaves dry matter was influenced. At 95 TD, the P concentration in the nutrient solution did significantly increase plant growth and essential oil, being the maximum essential oil content (2.192 dag kg⁻¹) obtained with 19.48 mg L⁻¹ of P. The higher P concentration in nutrient solution (24 and 30 mg L⁻¹), did increase the fresh and dry matter of aerial plant part, but, decreased the essential oil content. The dilution effect, however, do not implied an increase in yield oil per plant. The nutrients leaves content, were also influenced by P concentration and harvest times.

* Guidance Committee: Valdemar Faquin - UFLA (adviser), José Eduardo Brasil Pereira Pinto – UFLA.

At 95 TD was observed in plants the higher P aerial part accumulation and the nutrient request order partner with maximum essential oil content was: N>K>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>B>Zn>Cu.

1 INTRODUÇÃO

No mundo atual, principalmente em países desenvolvidos e em desenvolvimento, há uma grande procura por uma vida mais saudável. Valores naturais e ecológicos retomam com grande força na determinação de novos preceitos, em todas as áreas do conhecimento científico e da vida prática. Devido às contra indicações e aos efeitos colaterais resultantes do uso de medicamentos sintéticos, o uso da fitoterapia vem crescendo no Brasil, na ordem de 10 a 15% ao ano, podendo alcançar a mesma eficácia dos sintéticos e com redução dos efeitos colaterais.

Segundo dados da Fundação Brasileira de Planta Medicinal (1991), citados por Maia (1998), a venda de medicamentos derivados de plantas revela que o mercado movimentava anualmente 12 bilhões de dólares nos Estados Unidos da América. Este alto valor comercial é decorrente do fato de que a tradição no uso de plantas medicinais vem aumentando de geração a geração. Mesmo em países bastante desenvolvidos, como os do Oeste da Europa, o consumo de medicamentos de origem vegetal dobrou nos últimos anos. Uma das principais razões desta renovação pode estar relacionada com a eficácia de um grande número de preparações farmacêuticas terem demonstrado, através dos estudos, a mesma aplicabilidade no padrão científico das drogas sintéticas.

A mentha (*Mentha piperita* L.) é uma planta aromática da família Labiatae que produz um óleo essencial rico em mentona (14-32%) e mentol (30-50%). Esse último possui larga aplicação nas indústrias de alimentos, farmacêutica, de higiene e do tabaco. Em relação ao mercado de óleo essencial de menta, são comercializados por ano mais de 5.000 toneladas que, em valores históricos de US\$ 10,00 kg⁻¹, perfaz em US\$ 50 milhões ano⁻¹ (Maia, 1998). Durante a Segunda Guerra Mundial o Brasil foi o principal produtor de menta,

2.2 Plantas Medicinais

Embora cultivada há séculos, as plantas medicinais tiveram sua tecnologia de produção melhor equacionada em alguns países da Europa, notadamente França e Espanha e, tradicionalmente, nos países sul asiáticos como Índia e China. A bibliografia científica mais abundante sobre o assunto é originada da Europa, e mais recentemente, dos EUA (Mattos, 1996).

A humanidade chegou até a década de 50 utilizando intensivamente plantas medicinais e suas formas derivadas com resultados comprovados. Com o advento da indústria farmacêutica e a síntese de muitos princípios ativos em laboratório, o homem vem-se distanciando de suas origens. Mas felizmente por motivos diversos, como alto investimento em pesquisa, intoxicações por medicamentos, preços altos e busca de uma vida mais saudável e natural, o cultivo e o uso de plantas medicinais tem crescido nas últimas décadas.

Em 1978, durante a 31ª Assembléia da Organização Mundial de Saúde divulgou-se que 80% da população faz uso de algum tipo de erva e que destes, 30% são por indicação médica, sendo então recomendado aos países membros que desenvolvessem pesquisas visando a utilização da flora nacional com propósito terapêutico (Trentini, 2000).

No Brasil, em 1988, a Comissão Internacional de Planejamento e Coordenação (CIPLAN) resolveu implantar a fitoterapia nos serviços de saúde como prática oficial da medicina, em caráter complementar, e orientar as Comissões Interinstitucionais da Saúde – CIS a buscarem sua inclusão no Sistema Unificado Descentralizado de Saúde – SUDS, atualmente Sistema Unificado de Saúde – SUS.

Os efeitos colaterais das plantas, quando comparados aos dos remédios químicos (alopáticos), são mínimos. Essa vantagem, além do custo mais baixo e dos resultados já comprovados cientificamente, tem impulsionado o crescimento

do uso de plantas medicinais. Esse aumento no consumo de plantas, em nível mundial, mostra a necessidade de produção de alto nível técnico, pois a coleta indiscriminada de plantas pode levar a um processo de extinção como já vem ocorrendo em algumas regiões e espécies, podendo também dificultar o controle da qualidade dos fitofármacos, uma vez que existe uma variação nas concentrações das substâncias ativas das plantas em função das condições edafoclimáticas e da idade delas na época da coleta.

O consumo mundial de fitofármacos chegou, em 1983, a US\$ 35 bilhões, 20% do comercializado em drogas sintéticas (em torno de US\$ 170 bilhões). Em 1995, o mercado europeu obteve um faturamento em torno de US\$ 6,5 bilhões na venda de produtos fitoterápicos, cujo crescimento está em torno de 8% ao ano. Nos EUA, em 1994, o mercado de ervas totalizou cerca de 20,5% das vendas totais na área de alternativos, com crescimento na ordem de 16% ao ano. Em 1999, as vendas de produtos naturais nas lojas, via catálogo e internet, 64% dos produtos comercializados continham em sua composição plantas medicinais. No Brasil, os poucos dados estatísticos existentes refletem o crescente interesse da classe médica e dos consumidores por produtos fitoterápicos. O mercado brasileiro de medicamentos fitoterápicos é relativamente pequeno, alcançando em 1995, 4% do mercado farmacêutico, estimado em US\$ 8 bilhões, com um crescimento médio de 10% ao ano. Hoje, esse percentual está alterado pela entrada de grandes empresas farmacêuticas no mercado de plantas medicinais, e exige grandes investimentos na área de cultivo, desenvolvimento tecnológico, farmacológico e clínico (Trentini, 2000).

O extrativismo domina o abastecimento dos atacadistas. Entretanto, os laboratórios dão mais atenção às plantas medicinais cultivadas, principalmente àquelas cultivadas de maneira orgânica, visando exportação e mercado interno mais seletivo, obtendo melhores cotações, principalmente se o produto tiver o

selo de certificadora credenciada, como, por exemplo, os selos Demeter IBD (Instituto Biodinâmico) e da AAO (Associação de Agricultura Orgânica).

Do ponto de vista econômico, o produtor nacional consegue vender as plantas medicinais por preços semelhantes ou até melhores que os produtos convencionais. Para as plantas que muitas vezes são classificadas como daninhas (mentruz, erva-de-santa-maria e mentrasto), 4 a 6 kg de matéria seca delas equivalem, em valores, a uma saca de 60 kg de milho (Furlan, 1998). Para outras, em fase de cultivo comercial, como o guaco (*Mikania glomerata* S.), a cotação média é de US\$ 2,5 kg⁻¹ direto para laboratórios e obtêm-se rendimentos de 1500 a 2000 kg ha⁻¹ de matéria seca. Além da produção como matéria seca a granel, existe a possibilidade de outras formas de comercialização, como a extração e venda de óleos essenciais, sachês, extratos, licores, doces, geléias (de roselle – *Hibiscus sabdariffa*), balas (de guaco), etc, agregando valor ao produto final.

No entanto, esse é um mercado altamente especializado e que exige conhecimentos não só de produção como também de comércio, pois os preços sofrem muita influência de países tradicionais na produção e qualidade do produto. Uma das maiores causas do insucesso tem sido a não análise do mercado, ou seja, não pesquisar as alternativas mais convenientes para cada realidade (Pinto et al., 2000).

2.3 *Mentha piperita* L.

A *Mentha piperita* L. é uma planta aromática da família Labiatae que produz um óleo essencial rico em mentol. Esse produto tem larga aplicação nas indústrias de alimentos, farmacêutica, de higiene e do tabaco. O subproduto do processo de purificação de mentol, o óleo dementolado, também tem grande valor industrial (Maia, 1998).

Durante a II Guerra Mundial, o Brasil tornou-se o principal produtor mundial de menta e mentol, superando o Japão. O embargo comercial ao Oriente incentivou o cultivo da planta no Estado de São Paulo, onde a cultura prosperou e se expandiu pelo oeste, chegando às terras férteis desmatadas do norte do Paraná (Maia, 1998). Segundo o autor, no início da década de 70, vários fatores levaram o país a perder a liderança do mercado; o esgotamento da fertilidade das terras foi a principal causa das quedas de produtividade. O advento do mentol sintético ajudou a queda dos preços, o que levou os agricultores a abandonarem seu cultivo.

Mesmo assim, a produção de mentol natural, extraído principalmente do óleo da menta, continua tendo vantagens sobre o sintético, devido à pureza e qualidade superiores. O mentol sintético é contaminado com moléculas tóxicas durante o processo de produção, tornando-o impróprio para o uso em vários produtos alimentícios e farmacêuticos. A simplicidade e o baixo custo de produção nas regiões em que a menta é cultivada também favoreceram a produção (Broderick, 1993). O mentol sintético somente encontra mercado quando há elevação excessiva no preço do produto natural (Greenhalg, 1979). Segundo Clark (1994), outros componentes do óleo, como a mentona, têm um comportamento mercadológico semelhante.

O mentol, apesar de ser o componente presente em maior quantidade no óleo, não é a única substância que define sua qualidade. Outras substâncias, mesmo em pequenas quantidades, podem alterar as qualidades organolépticas do óleo ou ainda obterem valor comercial por serem utilizados na indústria alimentícia e farmacêutica. A composição final do óleo é afetada por vários fatores ambientais, sendo a nutrição da planta um dos mais importantes.

A melhoria da posição brasileira no mercado de óleo essencial depende da retomada da produção de menta. Para isso é necessário que sejam solucionados alguns problemas relacionados à nutrição da planta.

2.4 Óleo Essencial

Os óleos essenciais, também denominados de essências, são princípios ativos de origem vegetal, próprios de vários grupos de espécies definíveis por um conjunto de propriedades, dentro das quais se destaca o cheiro e o sabor característico das plantas de onde provêm (Costa, 1994). Por outro lado, o termo óleo em seu nome não está relacionado com quaisquer características de sua estrutura química, mas, implica que essas substâncias são insolúveis em água, mas solúveis em solventes apolares (Braverman, citado por Queiroz, 1993).

Os óleos se acumulam em todos os tipos de órgãos vegetais, flores, folhas e, apesar de menos comum, em córtex, lenho, raízes, rizomas, frutos e sementes. Todos os órgãos de dadas espécies podem conter um óleo essencial, mas a sua composição pode variar com a localização (A difícil..., 1981 e Bruneton 1995). A síntese e acumulação do óleo essencial estão geralmente associadas à presença de estruturas histológicas especializadas, frequentemente localizadas próximo ou à superfície da planta: células de óleo das Lauraceae ou Zingiberaceae, tricoma glandular das Lamiaceae, cavidade secretora das Rutaceae e canais secretoras das Asteraceae (Gottlieb & Salatino, 1987; Fahn, 1988; Costa, 1994; Bruneton, 1995).

De acordo com Gottlieb & Salatino (1987); Fahn (1988) e Bruneton (1995), os óleos essenciais possuem um papel ecológico, uma vez que seus constituintes estão envolvidos em todos os aspectos da interação planta-microrganismo, planta-planta, planta-animal, conforme dados que provam o papel de alguns terpenóides como agentes alelopáticos, proteção contra predadores e atração de polinizadores. Os óleos essenciais atuam como sinais de comunicação química com o reino vegetal e como armas de defesa química.

Quanto à sua composição química, de acordo com Gottlieb & Salatino (1987) e Bruneton (1995), os óleos essenciais são misturas complexas e

altamente variáveis de constituintes que pertencem a dois grupos caracterizados por distintas vias biogênicas: o grupo dos terpenóides, mais voláteis, com peso molecular muito baixo, os mono e os sesquiterpenóides; e a um grupo menos comum de compostos aromáticos derivados do fenilpropanóide, que segundo Charles & Simon (1990), são derivados da rota do ácido mevalônico e chiquímico.

Conforme Waterman, citado por Lopes (1997), os terpenóides se caracterizam pela presença da unidade isopreno, um bloco com cinco carbono, duas unidades nos monoterpenos e três nos sesquiterpenos. Em geral, os sesquiterpenos são menos voláteis e têm propriedades menos importantes do que os monoterpenos, mas podem influenciar no odor de óleos essenciais em que ocorrem.

2.5 Usos do Óleo da *Mentha*

Os óleos essenciais são utilizados em muitas indústrias como aromatizantes e flavorizantes, em inúmeros produtos como cosméticos, produtos de higiene e alimentos. Na indústria farmacêutica seu emprego ocorre por suas propriedades farmacológicas, sendo usados como inseticidas, antimicrobianos (cineol, linalol), antiinflamatórios (cineol, cânfora), analgésicos (eugenol) de ações colérica e colagoga (mentol, mentona), sedativos nervosos, diaforéticos, abortivos, vermífugos, etc (Craveiro et al., 1981; Queiroz, 1993; Costa, 1994; Brunetom 1995 e Robbers et al., 1997).

Os principais usos do mentol podem ser observados na Tabela 1, onde se verifica a importância econômica do produto.

TABELA 1 Consumo de mentol por tipo de uso (t ano⁻¹) e região

Usos	Regiões					TOTAL
	América do Norte	Europa	Ásia	América do Sul e Central	Outros	
Higiene Bucal	350	500	450	300	250	1850
Fármacos	200	400	750	100	100	1550
Tabaco	800	100	300	100	50	1350
Confeitos	80	100	200	140	50	570
Creme Barbear	50	80	40	50	30	250
Outros	20	20	10	10	20	80
Total	1500	1200	1750	700	500	5650

Fonte: Clark (1988).

O óleo essencial de menta pode vir a ser usado numa infinidade de outros produtos, se for aproveitada sua atividade fungicida de largo espectro sobre agentes patológico de plantas e animais (Singh et al., 1983). Singh et al. (1992) concluíram que o óleo de menta, além de antifúngico, desempenhou um papel antibacteriano e controlou o desenvolvimento de *Salmonella* sp. e *Staphylococcus* sp. Entre os fungos, controlou *Alternaria* sp, *Fusarium* sp, *Cochiliobolus sativus*, *Sclerotium rolfsii* e *Aspergillus parasiticus*. Os autores também sugerem seu uso direto sobre grãos e alimentos armazenados, visando o controle de microrganismos e insetos. Esses exemplos ilustram o grande potencial de aplicação do óleo em novos produtos e, conseqüentemente, o potencial de expansão da sua demanda.

2.6 Qualidade do Óleo Essencial da *Mentha*

Guenther (1949) descreveu o óleo essencial da menta como tendo as seguintes características físicas: peso específico a 25 °C = 0,876 a 0,898;

rotação óptica = $-29^{\circ}12'$ a $-42^{\circ}48'$; índice de refração = 1,14577 a 1,14695; teor de mentol total = 65,2 a 88,9%; teor de éster (metil acetato) = 4,5 a 18,9%.

Na Tabela 2 são apresentadas as principais substâncias químicas identificadas no óleo essencial da menta, o número, porém, dessas substâncias citado na literatura é muito variável, pois à medida que os equipamentos e métodos analíticos evoluem, mais substâncias são detectadas (Maia, 1991). Nos trabalhos mais recentes chegou-se a observar mais de 60 componentes no óleo essencial da menta (Maia, 1994).

TABELA 2. Teores médios dos principais componentes do óleo essencial da menta.

Componente	%	
	Máximo	Mínimo
Mentona	20,7	16,4
Mentol	57,8	46,1
1,8-cineol	7,3	5,9
Pulgeone	4,8	1,3
Merpineol	2,7	1,5
Mentofuram	4,8	1,3
b-pineno	1,5	1,0
Metil-acetato	2,9	0,9
a-pineno	0,5	0,2
Eugenol	0,1	0,1
Piperitona	0,2	0,1
Limoneno	29,9	8,4

Fonte: Adaptado de Charles et al. (1990) e Gallino & Sacco (1990) por Maia (1998)

As variações físicas e químicas observadas ocorrem porque o óleo essencial é uma mistura de compostos de várias naturezas que a planta acumula a taxas específicas. Essas taxas e, conseqüentemente, os teores das substâncias presentes no óleo são muito dependentes dos fatores ambientais. Por isso, plantas desenvolvidas sob diferentes condições contêm óleo com características diferentes. Alguns autores determinaram os fatores que podem alterar a composição do óleo essencial, como por exemplo: o fotoperíodo (Clarck & Menary, 1979); a temperatura (Heralth et al., 1979);

o regime hídrico (Charles et al., 1990); o método de irrigação (Duhan et al., 1977) e a variedade plantada (Donalisio et al., 1995).

Biossinteticamente, os terpenóides são derivados do acetato, via ácido mevalônico que, ao sofrer fosforilação e descaboxilação, gera o isopentenilpirofosfato (isopentenil-PP) que se isomeriza a dimetilalipirofosfato (Figura 1). A condensação desses dois isômeros, seguida de posteriores incorporações de unidades de isopentenil-PP, leva à formação do geranyl-PP (trans) que se isomeriza em nerol-PP (cis) para formação dos monoterpênicos cíclicos, como é o caso dos monoterpênicos da classe dos mentanos (Figura 1) (Cardoso et al., 2001). O encadeamento das unidades de isopreno é catalisado por um grupo de enzimas chamadas preniltransferases (Castro et al., 2001).

2.7 Efeito do Fósforo na *Mentha*

O P é um elemento estrutural de ésteres de carboidratos, fosfolipídeos, coenzimas e ácidos nucleicos, interferindo assim em importantes processos dentro da planta como absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celulares, armazenamento e transferência de energia e fixação simbiótica de nitrogênio (Malavolta et al., 1997). Como visto, reações de fosforilação são necessárias para a produção dos isoprenos que são precursores do óleo essencial da menta. Nesse caso o ATP é o principal composto utilizado para fornecer P e energia para a reação. Assim, o fornecimento de P às plantas de menta pode interferir na produção de glicose, que é o substrato para a produção da Acetil CoA e também na produção dos isoprenos, interferindo na produção do óleo essencial. Mas uma planta bem nutrida é de grande interesse, pois a atividade da ATPase, ou seja, a transferência de energia também é afetada pelo magnésio, cálcio e potássio (Marschner, 1995).

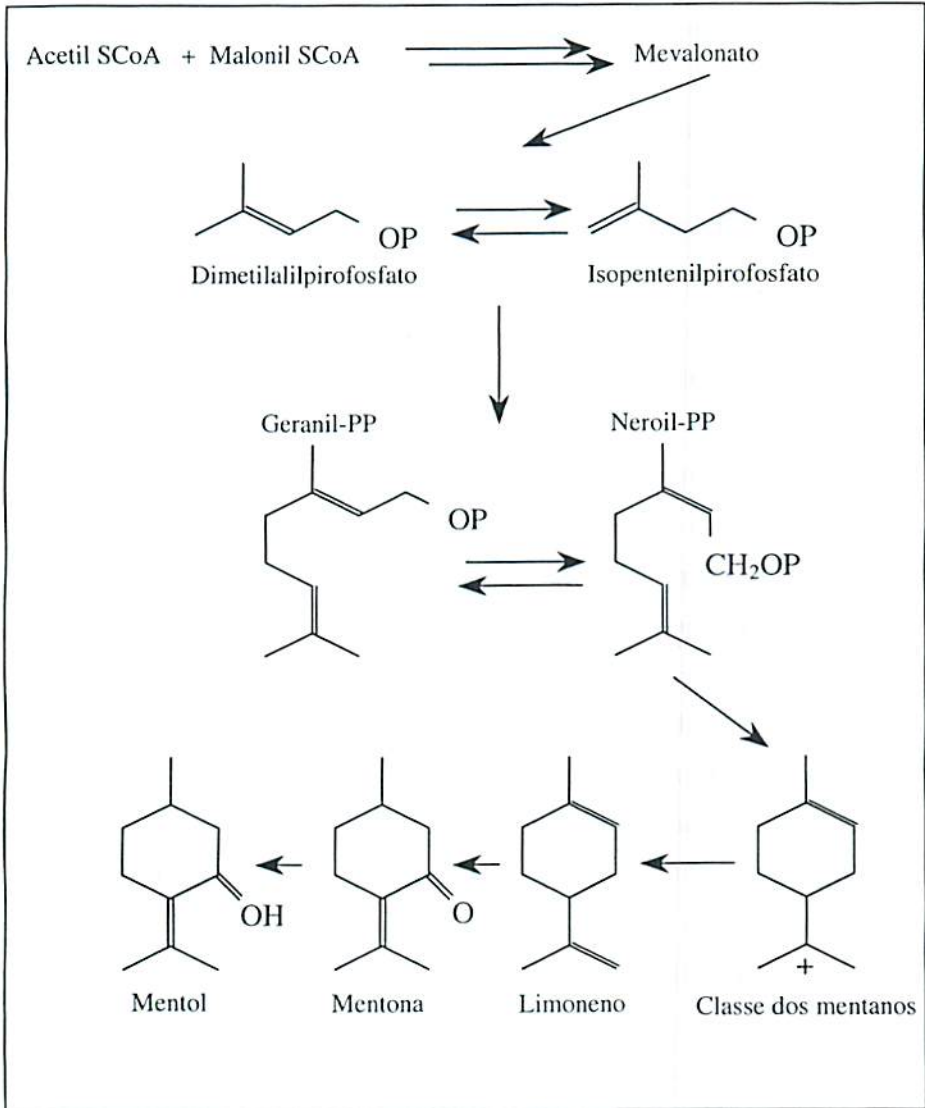


FIGURA 1 Rota bioquímica da síntese do mentol e da mentona (Fonte: Adaptado de Cardoso et al., 2001 e Castro et al., 2001).

Singh & Singh (1968) demonstraram a importância do P no metabolismo dos carboidratos, tais como frutose, glicose, sacarose, açúcares redutores, aminoácidos e proteínas. Os autores relatam que a deficiência do P causou um acúmulo dos açúcares em todos os órgãos da planta de menta (*Mentha arvensis* L.), principalmente nas hastes. Segundo eles, há duas explicações para este fato: a interferência na síntese de proteínas no estágio de redução do nitrato e o acúmulo de aminoácidos. Os autores também citam que plantas de menta cultivadas com deficiência de fósforo apresentaram menor número de folhas, menor área foliar, menor quantidade de material verde e seco. Os sintomas de deficiência são folhas velhas mais verdes que se tornam avermelhadas e hastes mais lenhosas.

Maia (1998), trabalhando com *Mentha arvensis* L. em solução nutritiva com omissão de P, observou redução do tamanho das folhas e hastes, desenvolvimento de coloração marrom na face dorsal das folhas, brotações laterais raras e pequenas e decréscimo significativo no teor de enxofre.

Para o P não existem dados consistentes sobre o efeito na produção de princípios ativos de plantas medicinais, apesar de se observarem, de maneira geral, aumentos na produção de princípios ativos devido ao aumento da produção das plantas com o incremento nas doses de P. Kothari et al. (1987) não observaram aumento no teor de óleo essencial em menta (*Mentha arvensis* L.) com a aplicação de 17,5, 35 e 52,5 kg ha⁻¹ de P. Segundo o autor, o aumento na produção de óleo essencial foi devido à maior produção da planta e que plantas que obtiveram maior relação folha:talo conseguiram a maior produção. O autor também relata que não houve nenhuma variação significativa no teor de N e K nas plantas, com a aplicação das doses de P que foram fornecidas em quantidades suficientes. Subrahmanyam et al. (1992) também relatam que o aumento da produção de óleo essencial em menta (*Mentha arvensis* L.) foi

devido ao aumento na produção das plantas, não tendo nenhum efeito das doses de P no teor de óleo. Mas, os autores ainda citam que houve uma alteração na composição do óleo essencial, em que o teor máximo de mentol foi observado com a dose de 30 kg ha⁻¹ de P, comparando com os 88,6% de mentol do tratamento sem P. Piccaglia et al. (1993) também relatam um incremento no teor de mentol (30,2%) em *Mentha piperita* L. com a aplicação de 32 kg ha⁻¹ de P. Segundo Dragar & Menary (1995) em plantas de *Olearia phlogopappa* mantidas em baixas concentrações de P, decresceu o teor de monoterpenos, que está diretamente ligado ao decréscimo do P disponível na fosforilação requerida para a produção de geranyl pirofosfato, que é um precursor dos monoterpenos. Por isso é muito importante programar bem as adubações fosfatadas e conhecer a planta para fazer uma recomendação que lhe confira boa produção e qualidade desejada, no que diz respeito à produção de óleos essenciais.

A época de aplicação do P, na maior parte das vezes, é realizada totalmente no plantio, devido à sua baixa mobilidade no solo. Para plantas de crescimento determinado, que absorvem quase todo o P no início do ciclo e depois o redistribuem, isto é de grande interesse. Algumas plantas medicinais possuem crescimento indeterminado, como as do gênero *Mentha*, que absorvem a maior parte do P no período de maior incremento de matéria seca, isto é, do meio para o fim do ciclo (Singh & Singh, 1971). Por isso, esse tipo de manejo da adubação fosfatada tem que ser revista, principalmente para condições de solos brasileiros, onde seria, talvez, conveniente a utilização da adubação foliar e da adubação orgânica que libera o P mais lentamente. Sharma & Singh (1980), estudando o efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de óleo essencial da menta (*Mentha arvensis*), não observaram respostas em produção de óleo essencial, o que foi justificado pelos altos teores de P mineralizável presentes na matéria orgânica do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento 1

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. Cultivou-se a menta (*Mentha piperita* L.) em solução nutritiva no período de 29/10/2001 a 25/01/2002.

3.1.1 Instalação do Experimento e Delineamento Experimental

A produção das mudas para o trabalho foi realizada no Horto de Plantas Medicinais da UFLA. Após a formação de raízes, com um tamanho aproximado de 7 cm, as mudas foram transferidas para bandejas de 40 L com solução de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) a 50% (Tabela 3), durante um período de 20 dias, para adaptação, sem os tratamentos.

Após, as mudas foram selecionadas pela uniformidade, sendo uma única muda transplantada para cada vaso de três litros contendo uma solução básica de Hoagland a 75% com os respectivos tratamentos (Tabela 4), recebendo arejamento constante. As plantas permaneceram nos tratamentos por 45 dias, totalizando 65 dias de cultivo. O volume dos vasos foi completado diariamente com água deionizada e a troca da solução foi realizada quando sua condutividade elétrica era reduzida para 30% da inicial.

TABELA 3 Soluções estoque e volumes pipetados (mL L^{-1}) para preparo de um litro de solução de adaptação.

Soluções Estoque	[M]	mL L^{-1}
KH_2PO_4	1,0	0,5
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,0	2,5
KNO_3	1,0	2,5
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,0	1,0
MICRO ¹	-	0,5
Fe-EDTA ²	-	0,5

¹ Dissolveu-se em 1 litro de água: 1,81 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 0,08 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,02 g $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 2,86 g H_3BO_3 ; 0,22 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

² Dissolveu-se: (a) 33,3 g de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ em cerca de 500 mL de água morna ($\pm 30^\circ\text{C}$) contendo 100,4 mL de NaOH 1N; (b) 24,9 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ em cerca de 300 mL de água quente ($\pm 70^\circ\text{C}$), contendo 4 mL de HCl 1N; (c) Misturaram-se a e b adicionando água até ± 950 mL, colocou-se sob aeração constante por 12 h e completou-se o volume para 1.000 mL.

TABELA 4 Soluções estoque e volumes pipetados (mL L^{-1}) para preparo de um litro de solução dos tratamentos.

Soluções Estoque	[M]	Concentrações de P (mg L^{-1})				
		1	3	6	10	16
KNO_3	1,0	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,0	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
KCl	1,0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,1292	0,25	0,75	1,5	2,5	4,0
MICRO ¹	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Fe-EDTA ²	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

¹ Dissolveu-se em 1 litro de água: 1,81 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 0,08 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,02 g $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 2,86 g H_3BO_3 ; 0,22 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

² Dissolveu-se: (a) 33,3 g de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ em cerca de 500 mL de água morna ($\pm 30^\circ\text{C}$) contendo 100,4 mL de NaOH 1N; (b) 24,9 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ em cerca de 300 mL de água quente ($\pm 70^\circ\text{C}$), contendo 4 mL de HCl 1N; (c) Misturaram-se a e b adicionando água até ± 950 mL, colocou-se sob aeração constante por 12 h e completou-se o volume para 1.000 mL.

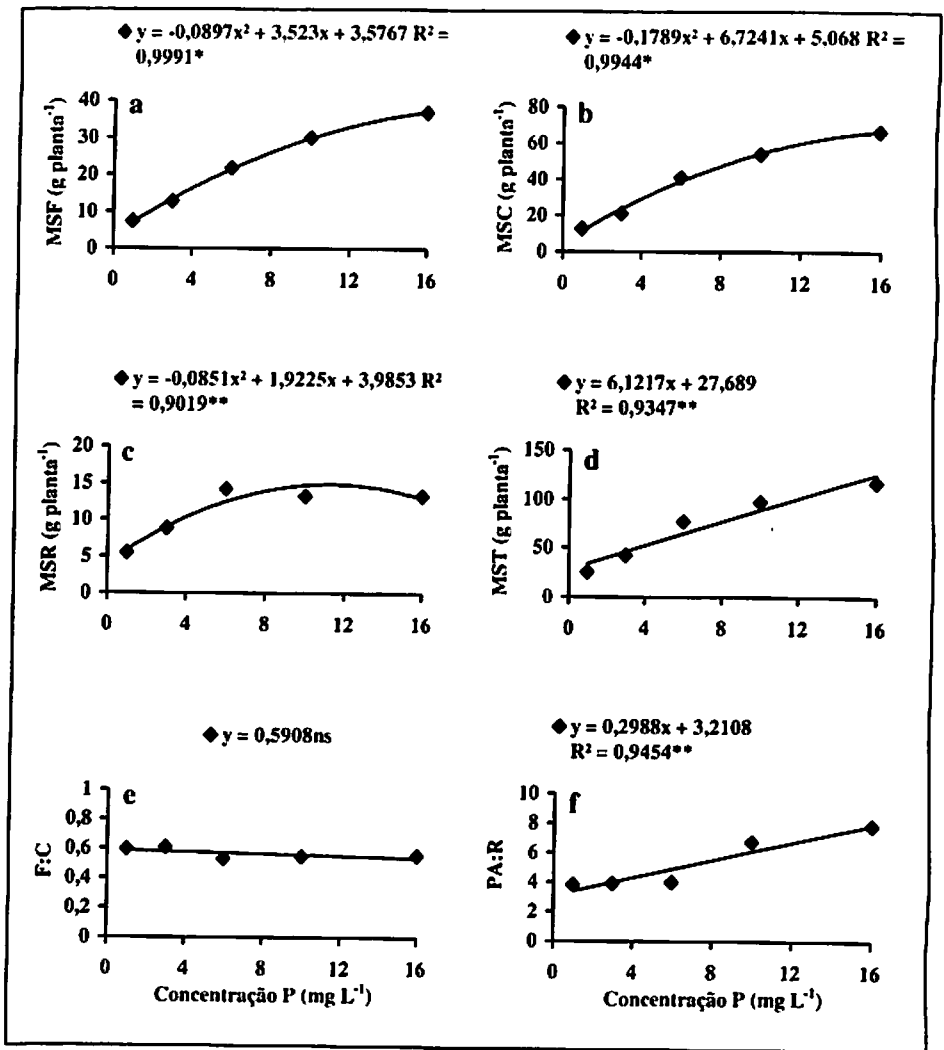


FIGURA 2 Efeito das concentrações de P na solução nutritiva sobre a produção de matéria seca de folhas (a), de caule (b), de raízes (c) e total (d) e das relações folha:caule (e) e parte aérea:raiz (f).

valores estimados de máxima para concentração e matéria seca (Tabela 6) ficaram acima do intervalo experimental.



FIGURA 3 Efeito das concentrações de P (mg L^{-1}) no crescimento de ramos e raízes da menta, aos 65 e 40 DAT, respectivamente.

Observa-se que as concentrações de P na solução nutritiva para a produção de MSF e MSC, tanto para a máxima quanto para 90% da máxima, foram próximas e maiores que aquelas estimadas para MSR (Tabela 6). Esses dados mostram que a menta exige maior concentração de P no meio para o crescimento da parte aérea do que para a raiz, fato já ilustrado na Figura 2a, b, c.

TABELA 6 Concentrações de P na solução nutritiva estimada para a produção máxima e 90% da máxima e a matéria seca correspondente.

Variável	Concentração de P		Matéria Seca	
	90%	Máxima	90%	Máxima
	-----mg L ⁻¹ -----		-----g planta ⁻¹ -----	
MSF	13,11	19,70	34,35	38,17
MSC	11,92	18,79	59,80	68,25
MSR	7,11	11,29	13,36	14,84

Embora as concentrações de P na solução nutritiva tenham aumentado a produção de MSF e MSC, esse aumento foi proporcional entre as partes, pois a relação folha:caule não foi influenciada pelo aumento da concentração do nutriente no meio (Figura 2e). Ressalta-se que seria desejável um aumento na relação folha:caule pois a indústria retira o óleo essencial das folhas, sendo essa parte da planta a de maior valor comercial. No entanto, a Figura 2f mostra que o aumento da concentração de P promoveu um aumento linear da relação parte aérea:raiz, mostrando que a nutrição adequada da planta em P favoreceu o crescimento da parte aérea da planta e, conseqüentemente, das folhas, fato esse desejável pela maior produção de folhas.

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura que objetivaram estudar o efeito do P no crescimento e relação entre as partes da menta. Maia (1998) também observou aumento na relação PA:R da *Mentha crispa* com o aumento das doses de P. Para a *Mentha arvensis*, Kothari et al. (1987) encontraram um aumento na relação folha:talo com as doses de P, não concordando com os dados do presente trabalho.

4.1.2 Teores Foliare e Acúmulo de Nutrientes na Parte Aérea

Os teores foliares dos nutrientes estudados, com exceção do S, foram influenciados significativamente pelas concentrações de P na solução nutritiva (Tabela 7). As concentrações de P na solução nutritiva proporcionaram uma relação direta com os teores foliares desse nutriente, apresentando ajuste linear entre as variáveis. Os teores foliares de N, K, B, Cu, Mn e Zn reduziram com o incremento das concentrações de P no meio (Tabela 7). Esse resultado pode ser devido ao efeito de diluição (Jarrel & Beverly, 1981), já que as plantas apresentaram aumento na produção de MSF (Figura 2a). O comportamento do N e do K diferiu do obtido por Kothari et al. (1987), que não observaram nenhuma alteração nos teores desses nutrientes na *Mentha arvensis* com as doses de P. As concentrações de P na solução nutritiva proporcionaram acréscimos nos teores de Fe, Ca e Mg com ajuste linear para o primeiro e quadrático para os dois últimos (Tabela 7). Castro et al. (2001) e Cardoso et al. (2001) relatam que reações de fosforilação são necessárias para a produção de monoterpenos, que são os principais constituintes do óleo essencial da menta, tendo o ATP como o principal transferidor de energia para as reações; e segundo Marschner (1995), a atividade da ATPase é afetada positivamente na presença de Ca e Mg, evidenciando a importância desses nutrientes no crescimento e produção de óleo essencial da *Mentha piperita* L.. Já a influência do Fe no crescimento e produção de óleo essencial da *Mentha piperita* L. é relatado por Srivastava & Luthra (1993) que, estudando plantas deficientes em Fe, observaram redução significativa da produção de massa verde e de óleo essencial.

A ausência de efeito das concentrações de P na solução nutritiva sobre os teores foliares de S difere dos obtidos por Maia (1998), que relata aumento nos teores desse nutriente com o aumento das concentrações de P na solução hidropônica.

TABELA 7 Equações de regressão para os teores nas folhas e caules (Y) dos macros (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}), como variáveis dependentes das concentrações de P na solução nutritiva (mg L^{-1}), níveis críticos foliares e acumulação dos nutrientes na parte aérea (folha + caule) da menta, correspondentes a 90% da produção máxima de folhas.

Nutr.	Órgão	Equações	R ²	NC ¹	Ac ²
N	Folha	$N = -0,2597P + 22,8$	0,85**	19,40	0,666
	Caule	$N = -0,291947P + 15,24$	0,78**	-	0,713 1,379 ²
P	Folha	$P = 0,0459P + 0,6758$	0,91**	1,28	0,044
	Caule	$P = 0,04355P + 0,3424$	0,93**	-	0,057 0,101
K	Folha	$K = -0,4337P + 23,292$	0,86**	17,60	0,604
	Caule	$K = -0,373817P + 18,167$	0,86**	-	0,829 1,433
Ca	Folha	$Ca = -0,0243P^2 + 0,4455P + 8,952$	0,82**	10,62	0,365
	Caule	$Ca = 4,34^{ns}$	-	-	0,271 0,636
Mg	Folha	$Mg = 0,017P^2 + 0,3826P + 1,855$	0,94**	4,02	0,138
	Caule	$Mg = 1,27^{ns}$	-	-	0,079 0,217
S	Folha	$S = 2,66^{ns}$	-	2,66	0,091
	Caule	$S = -0,0128P + 0,6494$	0,56*	-	0,030 0,121
B	Folha	$B = -1,2249P + 44,815$	0,99**	28,76	0,988
	Caule	$B = 0,04807P^2 - 1,45P + 23,91$	0,96**	-	0,822 1,810
Cu	Folha	$Cu = -0,1121P + 4,1308$	0,75**	2,66	0,091
	Caule	$Cu = -0,1422P + 7,52$	0,60**	-	0,354 0,445
Fe	Folha	$Fe = 1,5406P + 121,14$	0,53**	141,34	4,855
	Caule	$Fe = 66,13^{ns}$	-	-	4,131 8,986
Mn	Folha	$Mn = -2,6308P + 101,76$	0,78**	67,27	2,311
	Caule	$Mn = 0,500P^2 - 11,96P + 84,76$	0,98**	-	0,869 3,180
Zn	Folha	$Zn = -0,4761P + 16,035$	0,77**	9,79	0,336
	Caule	$Zn = 0,0362P^2 - 1,012P + 17,31$	0,86**	-	0,641 0,977

¹Níveis críticos foliares dos macros (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}).

²Acumulo dos macros (g planta^{-1}) e micronutrientes (mg planta^{-1}) na parte aérea das plantas (caule + folha).

*, **, ^{ns} - Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

Substituindo-se nas equações de teores de nutrientes nas folhas (Tabela 7), a concentração de P na solução nutritiva correspondente a 90% da produção máxima de MSF (Tabela 6), estimaram-se os níveis críticos foliares dos macros e micronutrientes estudados. Nenhum trabalho no Brasil foi encontrado objetivando estabelecer ou enfatizar os níveis críticos foliares dos nutrientes em *Mentha piperita* L., como referencial para comparações e levantamento do estado nutricional das lavouras existentes.

A ordem de acúmulo dos nutrientes na parte aérea (Tabela 7), que reflete a exigência nutricional da cultura foi K>N>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>B>Zn>Cu. Destaca-se que, nessa época de cultivo, a maior exigência da menta em K em relação ao N e também o grande acúmulo de Ca. Para os demais nutrientes, a seqüência segue aquela citada para a maioria das espécies vegetais (Malavolta et al., 1997).

4.2 EXPERIMENTO 2

4.2.1 Produção de Biomassa

As concentrações de P na solução nutritiva, as épocas de coleta e a interação entre esses fatores influenciaram significativamente a matéria seca de folha, de caule e total e a relação folha:caule (Tabela 8). A matéria seca de raiz foi influenciada apenas pelas épocas de coletas e a relação parte aérea:raiz não foi influenciada pelos fatores estudados (Tabela 8).

Como já descrito em material e métodos, o experimento 1 foi conduzido no período de outubro de 2001 a janeiro de 2002 e o experimento 2, de maio a agosto de 2002; portanto, em estações diferentes, nas quais predominam temperatura e comprimento do período luminoso bastante distintos. Um outro diferencial entre os dois experimentos foi a parcela experimental. No

experimento 1, a parcela experimental foi um vaso de três litros com uma única planta; no experimento 2, a parcela foi formada por uma bandeja de 15 litros contendo seis plantas, compondo duas subparcelas de três plantas cada, as quais corresponderam às épocas de coleta, 65 e 95 DC.

TABELA 8 Quadrado médios de matéria seca de folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST), das relações folha:caule (F:C) e parte aérea:raiz (PA:R).

Fontes Variação	Quadrado Médio					
	MSF	MSC	MSR	MST	F:C	PA:R
Dose P (P)	72,242**	384,482**	1,229 ^{ns}	820,534**	0,074**	37,210 ^{ns}
Bloco	106,179**	547,594**	7,309**	1319,109**	0,0008 ^{ns}	331,417**
Erro 1	6,412	42,172	0,477	80,238	0,0056	50,355
Coleta (C)	2714,421**	11757,35**	26,994**	27439,26**	0,0261*	297,929 ^{ns}
P * C	61,465**	175,430*	0,799 ^{ns}	383,433*	0,145**	91,668 ^{ns}
Erro 2	11,805	44,533	0,512	95,128	0,0047	95,439
CV 1 (%)	18,59	21,47	32,52	19,47	17,02	31,82
CV 2 (%)	25,22	22,06	33,67	21,20	15,69	43,81

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

Essa diferença metodológica promoveu uma variação bastante grande no crescimento e na nutrição das plantas entre os dois experimentos, o que dificulta uma comparação segura entre eles.

Para a primeira época de coleta (65 DC), a matéria seca de folha (Figura 4a) apresentou uma resposta quadrática às concentrações de P na solução nutritiva, com a produção máxima (8,36 g planta⁻¹) obtida com 18,68 mg L⁻¹ de P, e 90% da produção máxima (7,52 g planta⁻¹) obtida com 14,17 mg L⁻¹ de P. Esses valores de produção de matéria seca de folhas, quando comparadas àquelas do experimento 1 (Tabela 6), comprovam que a metodologia e as condições experimentais influenciaram o crescimento e, como se verá adiante, a nutrição das plantas.

Já a matéria seca de caule, de raiz e total e a relação parte aérea:raiz, nessa época (65 DC), não foram influenciadas pelas concentrações de P (Figura

4b, c, d, f), enquanto que a relação folha:caule também mostrou ajuste quadrático para as concentrações de P no meio (Figura 4e). Esse efeito é um reflexo do comportamento da matéria seca de folha às concentrações de P (Figura 4a), e à ausência de resposta da matéria seca de caule, o que difere do resultado obtido no primeiro experimento.

As plantas cultivadas no experimento 1 apresentaram maior crescimento, o qual pode ser observado pelos coeficientes de intercessão do eixo Y nas equações das Figuras 2a, b, c, d e 4a, b, c, d. O maior crescimento dessas plantas, provavelmente, proporcionou maior absorção de nutrientes e, conseqüentemente, melhor resposta às concentrações de P no meio, mesmo sendo elas diferentes entre os dois experimentos. Mesmo com menor crescimento, as plantas do segundo experimento, mantidas nos tratamentos com 6 e 12mg L⁻¹ de P, apresentaram, já aos 65 DC, redução de crescimento e início de sintomas visuais de deficiência de P (Figura 5), tal como observados no primeiro experimento e descritos por Singh & Singh (1968) e Maia (1994) para *Mentha arvensis* L.

Na segunda época de coleta, 95 DC, as concentrações de P na solução nutritiva influenciaram significativamente as variáveis avaliadas, com exceção das relações folha:caule e parte aérea:raiz (Figura 4). A matéria seca de folha e caule apresentaram ajuste linear, enquanto na matéria seca de raiz o ajuste foi quadrático (Figura 4a, b, c). A maior produção de folhas e caule, aos 95 DC, influenciou na produção de matéria seca total que também obteve ajuste linear para as concentrações de P no meio. Nessa época, os sintomas de deficiência de P das plantas dos tratamentos 6 e 12 mg L⁻¹ de P foram acentuados, com coloração arroxeadada em ambas as faces das folhas (Figura 6). As plantas mantidas na concentração de 18 mg L⁻¹ de P não mostraram sintomas característicos de deficiência de P.

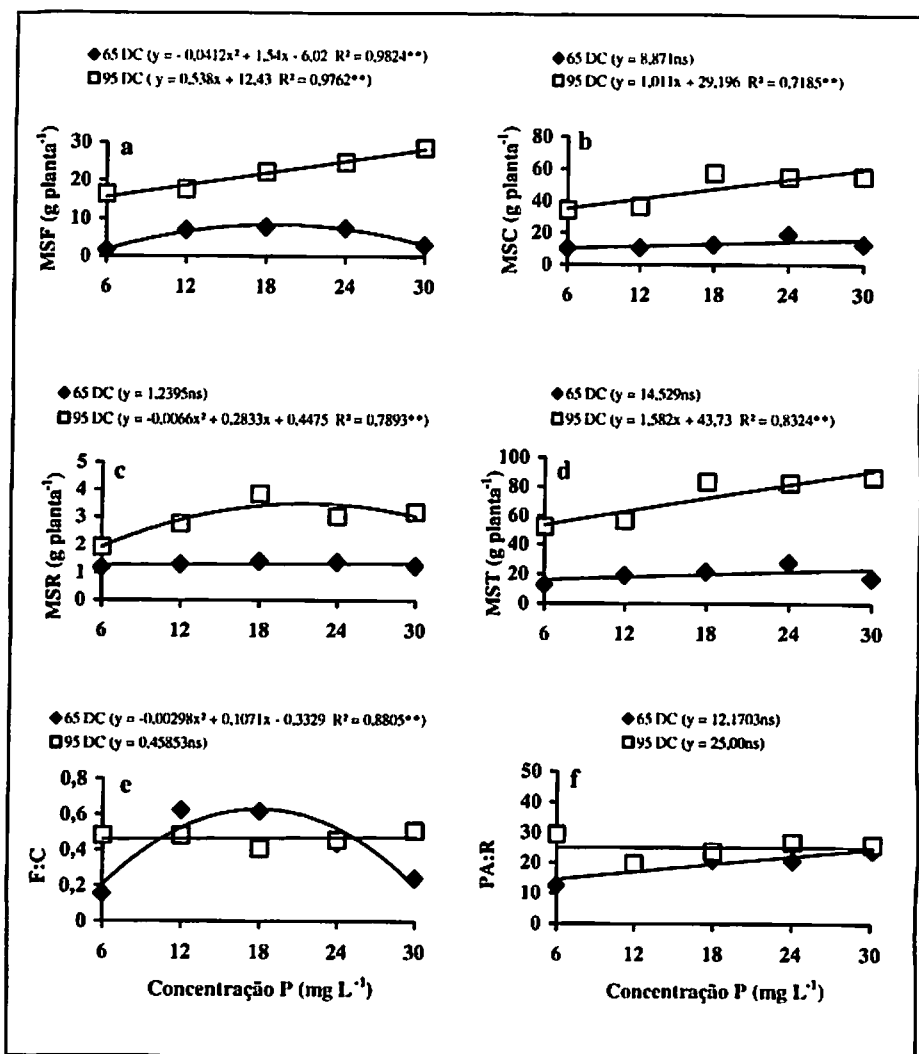


FIGURA 4 Efeito das concentrações de P na solução nutritiva sobre a produção de matéria seca de folhas (a), caules (b), raízes (c) e total (d) e as relações folha:caule (e) e parte aérea:raiz (f), das plantas coletadas aos 65 e 95 DC.

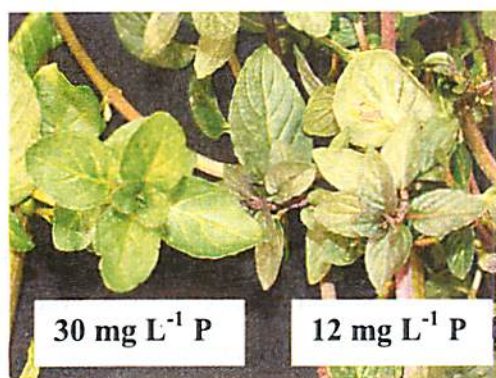


FIGURA 5 Ramos de menta mantidas nas concentrações 30 e 12 mg L⁻¹ de P aos 65 DC.



FIGURA 6 Ilustração do efeito das concentrações de 6 e 30 mg L⁻¹ de P na solução nutritiva sobre o crescimento e sintomas apresentados pela menta aos 95 DC.

Na Figura 4a observa-se diferença no comportamento da produção de matéria seca de folha nas duas épocas de coletas avaliadas. Na primeira coleta, o ajuste quadrático pode estar relacionado a um possível desequilíbrio nutricional das plantas mantidas nas maiores concentrações de P. Na segunda época de coleta, porém, a maior concentração utilizada (30 mg L⁻¹ de P) não foi suficiente para as plantas atingirem a máxima produção de matéria seca de folha. Esse resultado é devido ao maior crescimento das plantas após os 65 dias de cultivo que, provavelmente, aumentou a exigência nutricional, não proporcionando o

desequilíbrio nutricional para as plantas nas maiores concentrações de P no meio. Singh & Singh (1971) relatam que plantas do gênero *Mentha* são de crescimento indeterminado e que, de maneira geral, absorvem maior parte do P durante o período de pré-floração e floração. Por isso, durante a fase de desenvolvimento vegetativo não há necessidade de altas concentrações de P para as plantas atingirem a máxima produção, como observado para a produção de matéria seca de folha aos 65 DC (Figura 4a). Em fases mais avançadas de desenvolvimento, as plantas necessitam de maiores quantidades de P, o que é confirmado pelo efeito linear às concentrações de P no meio para a produção de matéria seca de folha, aos 95 DC (Figura 4a). Para plantios em condições de campo, o manejo da adubação fosfatada para a *Mentha piperita* L. será dificultado devido à imobilidade e à alta capacidade de fixação de P dos solos brasileiros, considerando-se que o P é fornecido todo no plantio. A adubação orgânica ou mesmo a fosfatagem corretiva, usando fontes de baixa solubilidade, seriam técnicas para melhorar a produção dessas plantas no Brasil, sem muito controle, porém, de quanto seria fornecido às plantas no período de maior exigência, prevendo-se que o P será liberado lentamente. A utilização de técnicas como o cultivo hidropônico também pode ser uma boa alternativa, em que há um maior controle da concentração do P e outros nutrientes no meio de cultivo, suprimindo dessa maneira, quantidades ideais e também no período de maior absorção. Embora haja necessidade de estudos para avaliar a viabilidade econômica do sistema hidropônico.

Embora as concentrações de P na solução nutritiva tenham aumentado a produção de matéria seca de folha e caule, esse aumento mostrou-se proporcional entre as partes, pois a relação folha:caule não foi influenciada pelo aumento da concentração do nutriente no meio aos 95 DC (Figura 4e). A relação parte aérea:raiz também não foi influenciada pelas concentrações de P da solução nutritiva (Figura 4f). Mesmo assim, observa-se aos 95 DC que a maior

concentração de P utilizada, 30 mg L⁻¹, não foi suficiente para atingir o máximo de produção de matéria seca de folha (Figura 4a), e a máxima produção de matéria seca de raiz foi obtida com 21,46 mg L⁻¹ de P (Figura 4c). Esse resultado é de interesse do produtor e da indústria, pois a *Mentha piperita* L., quando bem nutrida em P, responde em maior produção de folha e caule que em produção de raiz.

4.2.2 Óleo essencial

As épocas de coleta e as concentrações de P na solução nutritiva influenciaram significativamente os teores foliares e a produção de óleo essencial na folha da menta, não havendo interação entre os fatores (Tabela 9).

TABELA 9 Quadrado médio do teor de óleo essencial (TOE).

Fontes Variação	Quadrado Médio
	TOE
Dose P (P)	309410**
Bloco	148653,3 ^{ns}
Erro 1	55703,3
Coleta (C)	4542760**
P * C	110860,0 ^{ns}
Erro 2	57426,7
CV 1 (%)	15,91
CV 2 (%)	16,16

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

As concentrações de P não influenciaram os teores de óleo essencial nas plantas da primeira época de coleta, enquanto que na segunda época a resposta foi quadrática (Figura 7). Em todas as concentrações de P estudadas, os teores de óleo essencial foram maiores aos 95 DC. Alguns autores (Singh & Singh, 1968) relatam maiores teores de óleo a partir dos 75 dias de crescimento e que o

P está diretamente relacionado com sua síntese (Dragar & Menary, 1995). Esses autores, trabalhando com *Olearia phlogopappa*, observaram que em baixos níveis de P houve redução no teor de monoterpenos, principal constituinte do óleo essencial. A deficiência de P na planta reduziria a fosforilação requerida para a produção de geranylpirofosfato, que é o precursor dos monoterpenos.

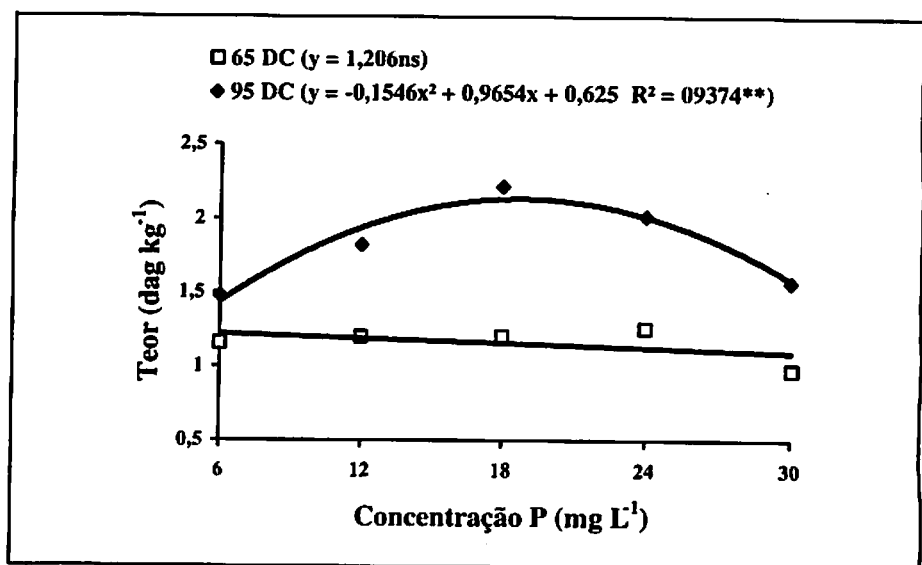


FIGURA 7 Efeito das concentrações de P na solução nutritiva sobre o teor (dag kg⁻¹) de óleo essencial na folha fresca da menta nas duas épocas de coletas.

Pela equação de regressão da Figura 7, estimou-se a concentração de P na solução nutritiva e também o teor de óleo essencial correspondente ao ponto de máxima para as plantas da segunda época de coleta, que foram de 19,48 mg L⁻¹ e 2,192 dag kg⁻¹ de MFF, respectivamente. A redução do teor de óleo essencial das plantas mantidas nas maiores concentrações de P pode estar

relacionado com o efeito de diluição dentro da planta, devido à maior produção de folha nessas concentrações (Figura 4a). Alguns autores relatam que o cultivo de plantas do gênero *Mentha*, com altas doses de P, apresentam redução na concentração de óleo essencial (Kothari et al., 1987; Subrahmanyam et al., 1992 e Praszna & Bernáth, 1993). Esses autores relatam, ainda, que o aumento na produção de óleo essencial pela *Mentha* sp. nas altas doses de P está relacionado com o incremento da produção de folhas.

Ressalta-se que a concentração de P no meio que proporcionou o máximo teor de óleo essencial também produziu plantas sem sintomas visuais de deficiência de P. Esse resultado é de grande interesse para a indústria, que comprará matéria-prima com bom aspecto visual, e também para o produtor que, além disso, vai ganhar em qualidade da planta, isto é, alta concentração de princípio ativo.

Como já discutido, a matéria seca de folha, que é o órgão do qual se extrai o óleo essencial, apresentou uma resposta linear às concentrações de P na solução, aos 95 DC (Figura 4a), ou seja, não atingiu a produção máxima. Para efeito comparativo da influência do P no crescimento e produção do óleo pela menta, considerou-se, nesse trabalho, a concentração de P na solução de 30 mg L⁻¹ como aquela que proporcionou a máxima produção econômica de MSF. Assim, através das equações de regressão da Figura 4a para MSF e Figura 7 para óleo essencial, ambas aos 95 DC, estimaram a matéria seca de folhas e o teor foliar de óleo correspondentes a 19,48 e 30 mg L⁻¹ de P (Tabela 10).

Observa-se que a concentração de P de 30 mg L⁻¹ promoveu um aumento da MSF (24,70%), mas reduziu o teor foliar de óleo (26,33%), ou seja, houve diluição do óleo pelo maior crescimento das folhas.

Para se estimar a quantidade de óleo por planta nos dois níveis de P na solução (19,48 e 30 mg L⁻¹), foi determinada a relação entre matéria fresca de

folhas (MFF) e matéria seca de folhas (MSF) através de secagem de 10 amostras, obtendo-se uma média de 22,19% de matéria seca.

TABELA 10 Produção estimada de matéria seca (MSF) e fresca de folhas (MFF), teor foliar e quantidade de óleo essencial por planta, nas concentrações de P na solução correspondentes à máxima MSF (30 mg L⁻¹) e de óleo (19,48 mg L⁻¹).

P (mg L ⁻¹)	MSF	MFF	Teor Óleo	Óleo planta ⁻¹
	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	dag kg ⁻¹	mg planta ⁻¹
19,48	22,91	103,24	2,192	2263,02
30,00	28,57	128,75	1,735	2234,00
Diferença (%)*	+24,70	+24,70	-26,33	-1,30

*Diferença percentual das variáveis avaliadas entre as concentrações de P.

+, - aumento e redução, respectivamente.

Observa-se pelos valores estimados (Tabela 10) que a diluição do teor foliar de óleo foi proporcional ao crescimento das folhas, obtendo-se praticamente a mesma quantidade de óleo por planta, nos dois níveis de fósforo.

Pelos valores obtidos, pode-se inferir que a concentração de P no meio que proporcionou o máximo teor de óleo nas folhas (19,48 mg L⁻¹), embora insuficiente para o adequado crescimento foliar da planta de menta, na prática seria mais interessante. Isso devido ao menor gasto do nutriente; possível aumento do número de plantas por área e menor peso de folhas a ser processado pela indústria para a extração da mesma quantidade de óleo.

4.2.3 Teores Foliare e Acúmulo de Nutrientes na Parte Aérea

Aos 65 DC, as concentrações de P na solução nutritiva influenciaram significativamente os teores foliares de N, P, K, Mg e B, mas não afetaram os teores foliares de Ca, S, Cu, Fe, Mn e Zn (Tabela 11).

TABELA 11 Equações de regressão para os teores nas folhas e caules (Y) dos macros (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}), como variáveis dependentes das concentrações de P na solução nutritiva (mg L^{-1}), níveis críticos foliares e acumulação dos nutrientes na parte aérea (folha + caule) da menta, correspondentes a 90% da produção máxima de folhas, aos 65 DC.

Nut.	Órgão	Equações	R ²	NC ¹	Ac. ²
N	Folha	$N = 0,135P + 37,69$	0,66**	39,6	0,30
	Caule	$N = 0,0908P + 19,985$	0,50*	-	0,19
					0,49²
P	Folha	$P = -0,006P^2 + 0,217P + 2,21$	0,45**	4,1	0,03
	Caule	$P = -0,005P^2 + 0,29P + 0,2865$	0,99**	-	0,03
					0,06
K	Folha	$K = 0,066P + 23,59$	0,65**	24,5	0,18
	Caule	$K = 20,502^{\text{ns}}$	-	-	0,18
					0,36
Ca	Folha	$Ca = 9,6572^{\text{ns}}$	-	9,7	0,07
	Caule	$Ca = 3,673^{\text{ns}}$	-	-	0,03
					0,10
Mg	Folha	$Mg = 0,1098P + 4,876$	0,96**	6,4	0,05
	Caule	$Mg = 0,022917P + 1,304$	0,95**	-	0,01
					0,06
S	Folha	$S = 2,96^{\text{ns}}$	-	2,9	0,02
	Caule	$S = 0,7292^{\text{ns}}$	-	-	0,01
					0,03
B	Folha	$B = -0,1922P + 29,747$	0,92**	27,0	0,20
	Caule	$B = 0,127P + 13,3635$	0,72**	-	0,13
					0,33
Cu	Folha	$Cu = 8,8735^{\text{ns}}$	-	8,9	0,07
	Caule	$Cu = 6,953^{\text{ns}}$	-	-	0,06
					0,13
Fe	Folha	$Fe = 387,21^{\text{ns}}$	-	387,2	2,91
	Caule	$Fe = 86,4845^{\text{ns}}$	-	-	0,78
					3,69
Mn	Folha	$Mn = 294,28^{\text{ns}}$	-	294,3	2,21
	Caule	$Mn = -0,102P^2 + 4,05P + 20,54$	0,88**	-	0,51
					2,72
Zn	Folha	$Zn = 44,6767^{\text{ns}}$	-	44,7	0,34
	Caule	$Zn = 18,296^{\text{ns}}$	-	-	0,16
					0,50

¹Níveis críticos foliares dos macros (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}).

²Acumulo dos macros (g planta^{-1}) e micronutrientes (mg planta^{-1}) na parte aérea das plantas (caule + folha).

*, **, ^{ns} - Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

Os teores foliares de N, K e Mg apresentaram ajuste linear crescente e nos de B o ajuste foi linear decrescente com as concentrações de P no meio (Tabela 11). O aumento dos teores foliares de Mg, como observado para o primeiro experimento, evidencia a importância desse nutriente influenciando a ATPase (Marschner, 1995), consequentemente influenciando a fosforilação necessária para a produção dos precursores dos monoterpênicos (Castro et al., 2001 e Cardoso et al., 2001). A redução dos teores de B pode estar relacionada ao efeito de diluição, já que as plantas apresentaram incremento na produção de matéria seca de folha (Figura 4a). Os teores foliares de P apresentaram ajuste quadrático, confirmando o que foi observado por Singh & Singh (1971), que relatam que as plantas do gênero *Mentha* absorvem maior parte do P no período de pré-floração e floração. Como as plantas dos tratamentos com 24 e 30 mg L⁻¹ de P apresentaram maior crescimento e a absorção de P foi menor nessa época, provavelmente, ocorreu efeito de diluição desse nutriente.

O efeito das concentrações de P na solução nutritiva sobre os teores foliares dos nutrientes, aos 65 DC, difere dos obtidos no primeiro experimento, com exceção dos teores foliares de B. Esse efeito, certamente, está relacionado com as diferentes épocas em que foram realizados os experimentos, como já discutido.

Na Tabela 11, encontram-se, também, os valores de níveis críticos foliares e o acúmulo dos nutrientes na parte aérea, determinados de maneira semelhante ao primeiro experimento.

Observa-se que os níveis críticos foliares aos 65 DC (Tabela 11) para o N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram bem superiores e os de Ca, S e B foram semelhantes aos estimados no primeiro experimento (Tabela 7). O contrário foi observado para o acúmulo de nutrientes na parte aérea. Visto o grande crescimento das plantas do experimento 1, o acúmulo de nutrientes foi maior, mesmo com teores inferiores ao experimento 2. Como já discutido, as condições

ambientais, climáticas e metodológicas nas quais o primeiro experimento foi conduzido foram mais favoráveis, afetando não só o crescimento bem como a nutrição das plantas de menta. Como as plantas cresceram menos no experimento 2, houve um aumento nos valores dos níveis críticos foliares devido ao efeito de concentração e menor acúmulo dos nutrientes devido à menor produção de matéria seca de parte aérea. De acordo com Malavolta et al. (1997), os teores foliares dos nutrientes variam em função da própria planta, do clima, do solo ou meio de cultivo, idade da planta, da época de amostragem e da idade da folha. Portanto, as diferenças observadas entre os experimentos 1 e 2 são perfeitamente justificáveis.

A ordem de acúmulo dos nutrientes na parte aérea, aos 65 DC, foi $N>K>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu$ (Tabela 11). Comparando-se essa sequência com aquela obtida no Experimento 1 (Tabela 7), observaram-se algumas inversões, citando-se o $N>K$, $P>S$ e $Zn>B$, possivelmente devido aos fatores já mencionados.

Aos 95 DC, as concentrações de P na solução nutritiva influenciaram significativamente os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Fe, mas não afetaram os teores foliares de B, Cu, Mn e Zn (Tabela 12).

Os teores foliares de P apresentaram uma relação direta com as concentrações de P na solução nutritiva, com ajuste linear entre as variáveis. As concentrações de P no meio também proporcionaram aumento nos teores foliares de Fe, com ajuste linear e dos teores foliares de N, Ca e S, com ajuste quadrático. Já os teores foliares de K e Mg apresentaram redução com o incremento das concentrações de P que pode estar relacionada com o efeito de diluição proporcionado pelo aumento de produção de matéria seca de folhas (Tabela 12).

Também foram determinados os níveis críticos foliares e o acúmulo dos nutrientes na parte aérea (caule+folha), estimados de forma semelhante ao

primeiro experimento (Tabela 12). Como as plantas não apresentaram ajuste quadrático para matéria seca de folha, aos 95 DC (Figura 4a), foram utilizadas as concentrações de P na solução nutritiva que proporcionaram a máxima produção de óleo essencial ($19,48 \text{ mg L}^{-1}$) e a máxima produção de matéria seca de folha observada no experimento (30 mg L^{-1}), para o cálculo dos níveis críticos foliares (Tabela 12). E, para o cálculo do acúmulo de nutrientes na parte aérea, utilizou-se a produção de matéria seca de folha e caule, também correspondente à concentração de $19,48$ e 30 mg L^{-1} de P, podendo assim, avaliar e comparar a exigência nutricional da planta em relação à máxima produção de óleo essencial e de matéria seca de folha. O método para o cálculo dos níveis críticos foliares e do acúmulo de nutrientes na parte aérea foi semelhante ao usado no primeiro experimento.

Observa-se que os níveis críticos foliares dos nutrientes na primeira época de coleta, relacionados a 90% da máxima produção de folhas (Tabela 11), são semelhantes aos determinados na segunda época de coleta, relacionados à máxima produção de matéria seca de folha (Tabela 12), com exceção dos níveis críticos de Mg, Mn e Zn que se apresentaram inferiores na segunda época de coleta.

A ordem de acúmulo dos nutrientes da parte aérea, aos 95 DC, foi $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg} > \text{S} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu}$, relacionado à máxima produção de folhas e de óleo essencial. O maior acúmulo de Ca e Fe também observado no primeiro experimento e na primeira coleta (65 DC) do presente experimento, também foi observado aos 95 DC. O principal destaque dessa época de coleta foi o maior acúmulo de P em relação ao Mg, tanto para a maior produção de folhas quanto para a de óleo essencial. Esse resultado confirma o apresentado por Singh & Singh (1971), quando o período de desenvolvimento da planta em que há maior acúmulo de P coincide com o período de maior concentração de óleo essencial das plantas.

TABELA 12 Equações de regressão para os teores nas folhas e caules (Y) dos macros (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}), como variáveis dependentes das concentrações de P na solução nutritiva (mg L^{-1}), níveis críticos foliares e acumulação dos nutrientes na parte aérea (folha + caule) da menta, correspondentes ao teor máximo de óleo essencial (MO) e máxima produção de folhas (MF), aos 95 DC.

Nut.	Órgão	Equações	R ²	MO		MF	
				NC ¹	Ac. ²	NC ¹	Ac. ²
N	Folha	$N = -0,017P^2 + 0,94P + 25,28$	0,72**	37,2	0,84	38,2	1,09
	Caule	$N = 0,1494P + 13,199$	0,72**	-	0,76	-	1,05
					1,50		2,14
P	Folha	$P = 0,0914P + 2,143$	0,96**	3,9	0,09	4,9	0,14
	Caule	$P = 0,0729P + 0,938$	0,98**	-	0,11	-	0,19
					0,20		0,33
K	Folha	$K = -0,08038P + 23,24$	0,77*	21,2	0,48	20,9	0,60
	Caule	$K = 17,404^{\text{ns}}$	-	-	0,82	-	1,04
					1,30		1,64
Ca	Folha	$Ca = -0,004P^2 + 0,163P + 7,66$	0,71*	9,3	0,21	9,0	0,26
	Caule	$Ca = 2,947^{\text{ns}}$	-	-	0,14	-	0,18
					0,35		0,44
Mg	Folha	$Mg = -0,1172P + 6,142$	0,45*	3,8	0,09	2,6	0,08
	Caule	$Mg = -0,0017P^2 + 0,08P + 0,75$	0,71*	-	0,08	-	0,10
					0,17		0,18
S	Folha	$S = -0,0023P^2 + 0,095P + 2,01$	0,90**	3,0	0,07	3,0	0,08
	Caule	$S = 0,676^{\text{ns}}$	-	-	0,03	-	0,04
					0,10		0,12
B	Folha	$B = 35,018^{\text{ns}}$	-	35,0	0,79	35,0	1,00
	Caule	$B = 13,0127^{\text{ns}}$	-	-	0,61	-	0,78
					1,40		1,78
Cu	Folha	$Cu = 7,6368^{\text{ns}}$	-	7,6	0,17	7,6	0,22
	Caule	$Cu = 4,866^{\text{ns}}$	-	-	0,23	-	0,29
					0,40		0,51
Fe	Folha	$Fe = 6,1977P + 200,825$	0,93**	322,6	7,27	386,8	11,05
	Caule	$Fe = 60,1655^{\text{ns}}$	-	-	2,82	-	3,58
					10,09		14,63
Mn	Folha	$Mn = 145,135^{\text{ns}}$	-	145,1	3,27	145,1	4,15
	Caule	$Mn = 27,987^{\text{ns}}$	-	-	1,31	-	1,67
					4,58		5,82
Zn	Folha	$Zn = 21,278^{\text{ns}}$	-	21,3	0,48	21,3	0,61
	Caule	$Zn = 12,272^{\text{ns}}$	-	-	0,58	-	0,73
					1,06		1,34

¹Níveis críticos foliares dos macros (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}).

²Acúmulo dos macros (g planta^{-1}) e micronutrientes (mg planta^{-1}) na parte aérea das plantas (caule + folha).

*, **, ^{ns} - Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste de F.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- O fósforo afetou o crescimento, o teor de óleo essencial e a nutrição da menta, independente da época de cultivo das plantas;
- O cultivo na época mais quente e com dias mais longos (primavera/verão) promoveu maior crescimento das plantas;
- A colheita das plantas aos 95 dias de cultivo, em relação aos 65 dias, promoveu maiores teores de óleo essencial nas folhas da menta, sendo o teor máximo obtido com $19,50 \text{ mg L}^{-1}$ de P em solução;
- As concentrações mais elevadas de P na solução (24 e 30 mg L^{-1}) promoveram aumentos na matéria fresca e seca da parte aérea da menta, mas reduziu os teores de óleo essencial, não se transformando, portanto, em ganhos de produção de óleo por planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A DIFÍCIL PRODUÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS. **Dirigente Rural**, São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 20-26, jan./fev. 1981.

BRODERICK, J. J. Mint. **Perfumer & Flavorist**, Wheaton, v. 18, n. 1, p. 51-52, jan./fev. 1993.

BRUNETON, J. **Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants**. Tradução de Caroline K. Hatton. England: Lavoisier. 915p. Tradução de Pharmacognosie. 1995.

CARDOSO, M. das G.; GAVILANES, M. L.; MARQUES, M. C. S.; SHAN, A. Y. K. V.; SANTOS, B. R.; OLIVEIRA, A. C. B. de; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, A. P. S. Óleos Essenciais. **Boletim Técnico – Série Extensão**, Lavras, v. 8, n. 58, p. 1-42, 2000.

CARDOSO, M. das G.; SHAN, A. Y. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; DELÚ FILHO, N.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Metabólitos secundários vegetais: visão geral química e medicinal**. Lavras: UFLA, 2001. 81 p.

CASTRO, H. G. de; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H. da; MOSQUIN, P. R. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. 104 p.

CHARLES, D. J.; JOLY, R. J.; SIMON, J. E. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. **Phytochemistry**, Oxford, v. 29, n. 9, p. 2837-2840, Sept. 1990.

CHARLES, D. J.; SIMON, J. E. Comparison of methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 3, p. 458-462, May 1990

CLARCK, G. S. Mentona. **Perfumer & Flavorist**, Wheaton, v. 19, n. 1, p. 41-45, May/June 1994.

CLARCK, R. J.; MENARY, R. C. Effects of photoperiod on the yield and composition of peppermint oil. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 104, n. 5, p. 699-702, Sept. 1979.

- COSTA, A. F. **Farmacognosia**. 5ª ed. Lisboa: Ed. F. C. Gulbenkian, v. 1, 1994. p. 360-772.
- CRAVEIRO, A. A.; FERNADES, A. G.; ANDRADE, C. H. S.; MATOS, F. J. de A.; ALENCAR, J. W. de; MACHADO, M. I. L. **Óleos essenciais de plantas do nordeste**. Fortaleza-CE: UFC, 1981. 210 p.
- DONALÍSIO, M. G. R.; PINTO, A. J. D.; SOUZA, C. J. Variação na resistência à ferrugem e na composição do óleo essencial de dois clones de menta. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 2, p. 541-547, 1985.
- DRAGAR, V. A.; MENARY, R. C. Mineral nutrition of *Olearia phlogopappa*: effect on growth, essential oil yield, and composition. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 26, n.7/8, p. 1299-1313, 1995.
- DUHAN, S. P. S.; SINGH, V. P.; BHATTACHRYA, A. K.; HUSAIN, A. Response of japanese mint (*Mentha arvensis* L.) to different irrigation schedules. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF ESSENTIAL OILS**, 7., 1977, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: Japan Flavor and Fragrance Manufactores Association, 1977. p. 143-145.
- FAHN, A. Secretory tissues in vascular plants. **New Phytologist**, Cambridge, v. 108, n. 3, p. 229-257, Mar. 1988.
- FURLAN, M. R. **Cultivo de Plantas Mediciniais**. Cuiabá-MT: SEBRAE/MT, 1998. v. 13, p. 137.
- GOTTLIEB, O. R.; SALATINO, A. A função e evolução de óleos essenciais e suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 39, n. 8, p. 707-716, ago. 1987.
- GREENHALG, P. **The markets for mint oils and menthol**. London: Tropical Products Institute, 1979. 171 p.
- GUENTHER, E. **The essential oils**. New York: D. van Nostrand, 1949. 3 v. : Individual essential oils of the plant families Rutaceae and Labiatea, 777 p.
- HERALTH, H. M. W.; IRUTHAYATHAS, E. E.; ORMROD, D. P. Temperature effects on essential oil composition of citronella selections. **Economic Botany**, New York, v. 33, n. 4, p. 425-430, Oct./Dec. 1979.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32 p.

- JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant studies. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p.197-224, 1981.
- KOTHARI, S. K.; SINGH V.; SINGH K. Effect of rates and method of P application on herb and oil yields and nutrient concentrations in Japanese mint (*Mentha arvensis* L.). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 108, n. 3, p. 691-693, June 1987.
- LOPES, R. G. **Caracterização isozimática, diversidade genética e produção de óleo essencial em acessos de *Polygonum punctatum* Ell.** 1997. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MAIA, N. B. **Nutrição mineral, crescimento e qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva.** 1994. 64 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- MAIA, N. B. **Produção e qualidade de óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em solução nutritiva.** 1998. 105 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- MAIA, N. B.; BOVI, O. A.; DUARTE, F. R. Obtenção e análise do óleo essencial de gengibre: efeito de secagem e processamento. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 83-92, 1991.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MATTOS, J. K. A. **Plantas medicinais: aspectos agronômicos.** Brasília-DF: Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Agrônoma UNB, 1996. 49 p.
- PICCAGLIA, R.; DELLACECCA, V.; MAROTTI, M.; GIOVANELLI, E. Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 344, p/ 29-40, 1993.

PINTO, E. B. P.; LAMEIRA, O. A.; SANTIAGO, E. J. A.; SILVA, F. G. **Cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.** Lavras-MG: UFLA/FAEPE, 2000. p. 222.

PRASZNA, L.; BERNÁTH, J. Correlations between the limited level of nutrition and essential oil production of peppermint. **Acta Horticulture**, Amsterdam, n. 344, p. 278-289, Mar. 1993.

PLANTAS MEDICINAIS. In: *Orbita Starmedia*. Disponível em: http://orbita.starmedia.com/~mara_danusa/medicamento.html. Acesso em : 20 ago. 2001.

QUEIROZ, F. **Estudo da cinética da extração de óleo essencial de capim-limão com dióxido de carbono líquida.** 1993. 130 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres e Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e farmacobiocologia.** São Paulo-SP: Premier, 1997. 372 p.

SHARMA, S. N.; SINGH, A. Response of japanese mint to nitrogen, phosphorus and potassium. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 25, n. 3, p. 428-432, Sept. 1980.

SINGH, A. K.; DIKSHIT, A.; DIXIT, S. N. Fungitoxic properties of essential oil of *Mentha arvensis* var. *piperascens*. **Perfumer & Flavorist**, Wheaton, v. 8, n. 1, p. 55-58, Feb./Mar. 1983.

SINGH, D. P.; SINGH, J. N. Uptake and accumulation of phosphorus by Japanese mint (*Mentha arvensis* L. var. *piperascens* Holms) as affected by phosphorus deficiency. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 41, n. 3, p. 265-270, Mar. 1971.

SINGH, J. N.; SINGH, D. P. Effect of phosphorus deficiency on carbohydrate metabolism of *Mentha arvensis*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 21, n. 6, p. 1341-1347, 1968.

SINGH, S. P.; CHAND, L.; NEGRI, S.; SINGH, A. K. Antibacterial and antifungal activities of *Mentha arvensis* essential oil. **Fitoterapia**, Milano, v. 63, n. 1, p. 76-78, 1992.

SRIVASTAVA, N. K.; LUTHRA, R. The relation between primary and secondary metabolism in peppermint under Fe-stress. **Journal of Essential Oil Research**, v. 5, n. 5, p. 525-534, 1993.

SUBRAHMANYAM, K.; NAIR, A. K.; CHATTOPADHYAY, A.; SINGH, D. V. Evaluation of ammonium polyphosphate as phosphorus source in japanese mint (*Mentha arvensis* subsp *haplocalyx* var *piperascens*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 62, n. 8, p. 554-556, Aug. 1992.

TRENTINI, A. M. M. Plantas medicinais na indústria farmacêutica - Herbarium Laboratório Botânica. In: WORKSHOP DE PLANTAS MEDICINAIS DE BOTUCATU, 4., 2000, Botucatu. **Anais...** Botucatu-SP: UNESP, 2000. p. 19-20.