

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PRODUTIVIDADE, TEOR E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO  
ESSENCIAL DE ESPÉCIES DE *Mentha* L.  
(LAMIACEAE) CULTIVADAS EM HIDROPONIA COM  
VARIAÇÃO DE POTÁSSIO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Tânea Maria Bisognin Garlet**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**PRODUTIVIDADE, TEOR E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO  
ESSENCIAL DE ESPÉCIES DE *Mentha* L. (LAMIACEAE)  
CULTIVADAS EM HIDROPONIA COM VARIAÇÃO DE  
POTÁSSIO**

**por**

**Tânea Maria Bisognin Garlet**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção  
Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia.**

**Orientador: Prof. Osmar Souza dos Santos**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Doutorado

**PRODUTIVIDADE, TEOR E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE  
ESPÉCIES DE *Mentha* L. (LAMIACEAE) CULTIVADAS EM  
HIDROPONIA COM VARIAÇÃO DE POTÁSSIO**

elaborada por  
**Tânea Maria Bisognin Garlet**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Osmar Souza dos Santos, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli, Dr. (UFPEL)**

**Thaís Scotti do Canto-Dorow, Dr. (UFSM)**

**Neidi Garcia Penna, Dr. (UFSM)**

**Danton Camacho Garcia, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 23 de fevereiro de 2007.

A Deus, presença constante em minha vida, por iluminar e guiar meus passos.

## OFEREÇO

Aos meus pais Irma e Moasir pela vida e minha formação pessoal.

Ao meu esposo Valdir pelo companheirismo, amor, dedicação e compreensão.

Aos meus filhos Bruno e Taís pela compreensão e amor.

À amiga Amélia Moema pelo amor e incentivo ao estudo das plantas medicinais.

## DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do Curso.

À Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ) pelo incentivo à capacitação docente.

Ao Professor Dr. Osmar Souza dos Santos pela orientação, ensinamentos, amizade, companheirismo e contribuição para o meu crescimento científico.

Ao Professor Dr. Sandro Luís Petter Medeiros pela co-orientação, incentivo e contribuição na minha formação acadêmica.

Aos Professores Dr. Danton Camacho Garcia e Dr. Paulo Augusto Manfron pelas sugestões e contribuição na minha formação acadêmica.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos.

Às Professoras Dra. Amélia Terezinha Henriques e Dra. Miriam Anders Apel, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por tornar possível a realização das análises cromatográficas.

Ao Professor Dr. Ray Harley, do Royal Botanic Gardens, Kew, Inglaterra, pela determinação de espécies de *Mentha*.

Às Professoras Dra. Vanderlise Giongo Petrere (UNICRUZ), Dra. Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli (Universidade Federal de Pelotas - UFPEL), Dra. Thaís Scotti do Canto-Dorow (UFSM) e Dra. Neidi Garcia Penna (UFSM) pelas valiosas contribuições.

Ao Professor e amigo Nelson Neto pelo auxílio nos abstracts.

À Professora e amiga Eliza Beti de Cássia Stefanon pela amizade e companheirismo.

Aos meus amigos Dalva Paulus, Elis Borcioni, Evandro Binotto, Florisbela Quevedo, Gean Lopes da Luz, Liziany Müller, Rejane Flores, Sílvia Simoni Sinchak e outros que, involuntariamente, foram omitidos, obrigado pelo convívio, amizade e auxílio nos experimentos.

Aos bolsistas Alan Dischkaln do Amaral, Andrieli Hedlund Bandeira, Fábio André Hamann, Katiule Pereira de Moraes e Vinicius Pucini Fleig, do Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia, pela dedicação, companheirismo e auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pelo auxílio e serviços prestados.

A todas as pessoas que não foram mencionadas, mas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### PRODUTIVIDADE, TEOR E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ESPÉCIES DE *Mentha* L. (LAMIACEAE) CULTIVADAS EM HIDROPONIA COM VARIAÇÃO DE POTÁSSIO

AUTORA: TÂNEA MARIA BISOGNIN GARLET

ORIENTADOR: OSMAR SOUZA DOS SANTOS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de fevereiro de 2007.

A hidroponia é uma técnica de cultivo promissora para incrementar a produção de fitomassa e óleo essencial em mentas. Em função disso, este estudo foi desenvolvido com *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *Mentha x gracilis* Sole e *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq., cujos objetivos foram: avaliar a produtividade, o teor e a composição química do óleo essencial, testando quatro concentrações de potássio (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> de K) na solução nutritiva para cada espécie; determinar o teor e a acumulação de nutrientes nas três espécies e testar o desempenho de solução nutritiva calculada para o cultivo de menta, no sistema hidropônico NFT. O valor máximo da concentração de K nas soluções hidropônicas afeta negativamente o crescimento e a acumulação de fitomassa nas plantas, porém proporciona aumento no teor de óleo essencial por planta. As concentrações de K sugeridas para o bom crescimento das espécies encontram-se na faixa entre 276 e 414 mg L<sup>-1</sup>. Cada espécie de *Mentha* tem seu óleo rico em metabólitos distintos, assim de acordo com o componente majoritário desejado deve ser escolhida a solução com a variação de K mais adequada à obtenção do mesmo. Os teores de óleo essencial e de mentol, em *M. arvensis* fo. *piperascens* aumentam com o acréscimo de K na solução nutritiva. A dose de K de 552 mg L<sup>-1</sup> proporciona maior rendimento de óleo em g planta<sup>-1</sup>, porém a melhor composição química e conteúdo de mentol são proporcionados pela dose de 690 mg L<sup>-1</sup> de K. O rendimento do óleo essencial por planta e a quantidade de linalol, em *M. x gracilis*, são reduzidos com a dose máxima de K. A concentração de K sugerida para obtenção de maior rendimento de *M. x gracilis* não deve ultrapassar 276 mg L<sup>-1</sup> na solução nutritiva. O teor e o rendimento total de óleo essencial por planta, em *M. x piperita* var. *citrata*, aumentam na dose máxima de K, porém nessa dose há diminuição na quantidade de linalol e acetato de linalila. Para obtenção de maior rendimento de óleo essencial por planta de *M. x piperita* var. *citrata*, associado ao acúmulo de linalol e acetato de linalila, recomendam-se concentrações de K entre 414 e 552 mg L<sup>-1</sup>. Com relação à composição mineral das três espécies de *Mentha* estudadas, verifica-se que nitrogênio, cálcio e potássio são os macronutrientes concentrados e extraídos em maior quantidade em todas as partes das plantas; da mesma forma, os micronutrientes são ferro, manganês e zinco. O maior acúmulo de macronutrientes ocorre nas folhas, depois nas hastes e por último nas raízes. Para o cultivo dessas três espécies, no sistema hidropônico NFT, a solução nutritiva elaborada com 276 mg L<sup>-1</sup> de K é bastante eficiente e garante boa produção de fitomassa, sem que as plantas apresentem sinais visuais de deficiência ou toxicidade de nutrientes. Portanto, o cultivo hidropônico de mentas, associado à variação de K, poderá ser útil à obtenção de excelente matéria-prima, em pequenas áreas de cultivo, e servir de subsídio para novos estudos em espécies de Lamiaceae, com potencial econômico e farmacológico.

Palavras-chave: Menta; NFT; plantas medicinais; fitoterapia; monoterpenos.

## ABSTRACT

Doctor Thesis  
Agronomy Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### PRODUCTIVITY, CONTENT AND ESSENTIAL OIL COMPOSITION OF *Mentha* L. SPECIES (LAMIACEAE) CULTIVATED UNDER HYDROPONY WITH POTASSIUM VARIATION

AUTHOR: TÂNEA MARIA BISOGNIN GARLET  
ADVISER: OSMAR SOUZA SANTOS

Date and Place of Defense: Santa Maria, February 23<sup>rd</sup>, 2007.

Hydropony is a promising cultivation technique to increase phytomass production and essential oil in mints. Thus, this study was carried out with *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *Mentha x gracilis* Sole and *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. aiming to evaluate the following: productivity, the content and the chemical composition of essential oil testing four potassium concentrations (276, 414, 552 and 690 mg L<sup>-1</sup> of K) in the nutritive solution for each species; determine the content and the accumulation of nutrients on the three species and test the performance of the nutritive solution calculated for mint cultivation under the hydroponic NFT system. The maximum value of K concentrations in the hydroponic solutions negatively affects the growth and the accumulation of phytomass in the plants, but increases the essential oil content per plant. The suggested K concentrations for a good growth of the species are between 276 and 414 mg L<sup>-1</sup>. Each *Mentha* species has its oil rich in distinct metabolites and thus, according to the major desired component, the solution has to be chosen with the most adequate K content. The contents of essential oil and menthol in *M. arvensis* fo. *piperascens* increasing K concentration in the nutritive solution. The K dosis of 552 mg L<sup>-1</sup> allows a higher oil yield in g plant<sup>-1</sup>, while the best chemical composition and content of menthol is allowed by the K dosis of 690 mg L<sup>-1</sup>. Essential oil yield per plant and the linalool quantity in *M. x gracilis* are reduced with the maximum K dosis. The suggested K concentration for the obtention of better yield in *M. x gracilis* can not be higher than 276 mg L<sup>-1</sup> in the nutritive solution. The total content and yield of essential oil per plant in *M. x piperita* var. *citrata* increase with the maximum K dosis, but in this dosis there is a decrease in the quantity of linalool and linalyl acetate. To increase essential oil yield per plant in *M. x piperita* var. *citrata*, associated to the accumulation of linalool and linalyl acetate, K concentrations between 414 and 552 mg L<sup>-1</sup> are recommended. Regarding the mineral composition of the three *Mentha* species studied, it was observed that nitrogen, calcium and potassium are the macronutrients concentrated and extracted in higher quantities in all plant parts; following the same pattern, the micronutrients are iron, manganese and zinc. The greater macronutrients accumulations occur in the leaves, than in the stems and in minor quantities in the roots. For the cultivation of these three species under the hydroponic NFT system, the nutritive solution with 276 mg L<sup>-1</sup> of K is quite efficient and assures a good phytomass production, preventing the plants to show any visual deficiency or toxicity signs. Therefore, the cultivation of mints under hydropony, associated to K variation, can be of utility for the obtention of excellent raw material, in small areas of cultivation, and become an important subsidy for new studies in Lamiaceae species, with economical and pharmacological potential.

**KEYWORDS:** Mint; NFT; medicinal plants, phytotherapy; monoterpenes.



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	9
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
1 Generalidades sobre <i>Mentha</i> (Lamiaceae) .....	11
2 Metabolismo secundário.....	13
2.1 Óleos essenciais.....	14
3 Fatores ambientais e produção de óleo essencial em <i>Mentha</i> .....	18
3.1 Fatores bióticos.....	18
3.2 Fatores abióticos.....	19
3.2.1 Temperatura.....	19
3.2.2 Luz.....	20
3.2.3 Fotoperíodo.....	20
3.2.4 Água.....	21
3.2.5 Nutrientes.....	22
3.2.5.1 Potássio na planta.....	24
4 Hidroponia.....	27
<b>CAPÍTULO 1 – Crescimento e teor de óleo essencial de <i>Mentha</i> spp. (Lamiaceae) em soluções hidropônicas com diferentes concentrações de potássio</b> .....	30
<b>CAPÍTULO 2 – Produção de folhas, teor e qualidade do óleo essencial de hortelã-japonesa (<i>Mentha arvensis</i> L. fo. <i>piperascens</i> Holmes) cultivada em hidroponia</b> .....	48
<b>CAPÍTULO 3 – Produção e qualidade do óleo essencial de menta (<i>Mentha x gracilis</i> Sole) em hidroponia com quatro doses de potássio</b> .....	62
<b>CAPÍTULO 4 – Produção e qualidade do óleo essencial de hortelã-limão (<i>Mentha x piperita</i> var. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq. cultivada em hidroponia com doses de potássio</b> .....	75
<b>CAPÍTULO 5 – Composição mineral de três espécies de <i>Mentha</i> (Lamiaceae) cultivadas no sistema hidropônico NFT</b> .....	88
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	103
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	105
<b>ANEXO - Espécimes de <i>Mentha</i> de Cruz Alta</b> .....	112

## INTRODUÇÃO GERAL

As plantas têm sido, desde o início da civilização, um recurso ao alcance do ser humano, seja como alimentos, seja com finalidades terapêuticas. As substâncias biologicamente ativas encontradas nas plantas e responsáveis pelas ações farmacológicas têm representado valiosa fonte para o desenvolvimento de medicamentos.

Atualmente, apesar do avanço da síntese orgânica e de processos biotecnológicos, 25% dos medicamentos prescritos nos países industrializados são originários de plantas (Hostettmann et al., 2003). O mercado mundial de produtos farmacêuticos movimenta 320 bilhões de dólares por ano, dos quais 20 bilhões provêm de substâncias ativas derivadas de plantas (Robbers et al., 1997). No mercado brasileiro, os medicamentos originados de plantas respondem por 5% do mercado farmacêutico, movimentando aproximadamente 400 milhões de dólares por ano (Yunes & Calixto, 2001). Apesar das empresas farmacêuticas investirem cada vez mais no desenvolvimento de fitoterápicos, o panorama do Brasil nesta área mostra que a grande maioria dos fármacos é importada ou produzida por empresas multinacionais. Além disso, o Brasil vem importando toneladas de plantas medicinais e aromáticas, além de extratos de essências para atender às necessidades da indústria nacional.

A disseminação do uso de determinadas partes de plantas consideradas medicinais tem resultado em intenso extrativismo, colocando em risco de extinção inúmeras espécies nativas, causando distúrbios ecológicos e o desaparecimento de germoplasmas, cujo potencial farmacológico e químico não pôde sequer ser estudado (França, 2003). Informações agronômicas são essenciais para o estabelecimento de programas que visem à produção sustentável de fitoterápicos e fitofármacos. Poucos relatos de estudos rigorosos existem sobre como a nutrição mineral, intensidade luminosa, disponibilidade de água, temperatura e outros fatores relacionados ao cultivo influenciam a produção de compostos medicinais de plantas. Para que se possa suprir a demanda crescente do mercado de plantas medicinais, torna-se necessário o estabelecimento de técnicas agronômicas adequadas de manejo das culturas, com produção de matéria-prima em quantidade e qualidade que contemplem esse mercado.

Dentre essas técnicas, o cultivo de espécies medicinais em hidroponia mostra-se bastante promissor, destacando-se algumas vantagens como alta produção por área, maior controle no fornecimento de água e nutrientes, controle do estado fitossanitário e possibilidade de maior oferta de mudas (Castellane & Araújo, 1995; Santos, 2000). Além disso, o ambiente favorável das casas de vegetação e a nutrição eficiente das plantas proporcionam crescimento mais rápido, encurtando o ciclo produtivo e aumentando a produtividade (Santos, 2000). É possível, pela hidroponia, otimizar a produção de plantas medicinais e seus metabólitos bioativos, conforme constatado por Paulus et al. (2004), que obtiveram maior rendimento para *Mentha arvensis* L. (menta-japonesa) cultivada em hidroponia no sistema NFT (Nutrient Film Technique), em relação ao cultivo a campo. Os resultados do cultivo hidropônico e a campo são, respectivamente, 3,5 e 1,5 toneladas hectare<sup>-1</sup> de fitomassa seca, 0,76 e 0,65 g planta<sup>-1</sup> de óleo essencial e 82,4% e 64,43% de mentol.

As mentas são plantas medicinais e aromáticas, com folhas e inflorescências ricas em óleos essenciais, cuja composição química depende de fatores genéticos e ambientais. Popularmente, as mentas são muito utilizadas sob forma de chás para combater distúrbios digestivos e parasitas intestinais. Os óleos essenciais das mentas são ricos em monoterpenos como mentol, mentona, carvona, linalol e acetato de linalila que constituem os principais componentes químicos de maior valor econômico. Esses óleos e seus constituintes são extensivamente aplicados nas indústrias de alimentos, medicamentos, cosméticos, fragrâncias e do tabaco.

Embora a hidroponia seja uma técnica em crescimento no Brasil, existem poucas informações sobre o cultivo hidropônico de espécies de *Mentha*. Desta forma, este estudo foi desenvolvido com *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *Mentha x gracilis* Sole e *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh) Briq., cujos objetivos foram: avaliar a produtividade, o teor e a composição química do óleo essencial, testando quatro concentrações de potássio na solução nutritiva para cada espécie; determinar o teor e a acumulação de nutrientes nas três espécies e testar o desempenho de solução nutritiva calculada para o cultivo de menta no sistema hidropônico NFT.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1 Generalidades sobre *Mentha* L. (Lamiaceae)

A família Lamiaceae (Labiatae) consiste de aproximadamente 200 gêneros e 3200 espécies de distribuição cosmopolita, porém, especialmente abundante na região mediterrânea e centro-leste asiática. Mais da metade das espécies pertencem a apenas oito gêneros: *Salvia* (500), *Hyptis* (350), *Scutellaria* (200), *Coleus* (200), *Plectranthus* (200), *Stachys* (200), *Nepeta* (150) e *Teucrium* (100). Outros gêneros familiares em menor número de espécies são *Lavandula*, *Marrubium*, *Mentha* e *Thymus* (Cronquist, 1981). Os membros da família se destacam pela presença de flavonóides e terpenóides (Cole, 1992), metabólitos secundários que determinam importante função medicinal e condimentar.

O gênero *Mentha* L. tem ampla distribuição natural em todos os continentes, exceto na América do Sul e Antártida. Seus centros de diversidade são Europa, Austrália e Ásia Central, sendo a diversidade europeia encontrada ao nível de espécies, enquanto na Ásia Central encontra-se a variação dentro de *Mentha longifolia* (Chambers, 1992).

O nome genérico *Mentha* provém da palavra grega “menthe”. Segundo a mitologia grega Menthe era amada por Plutão, deus dos infernos, e isto enfureceu Perséfone, esposa de Plutão que a transformou numa planta destinada a crescer na entrada das cavernas que davam acesso direto ao inferno. A planta era a hortelã (Teske & Trentini, 1997).

As mentas ou hortelãs são plantas herbáceas, geralmente perenes, rizomatosas ou estoloníferas, de folhas opostas, sésseis ou pecioladas, serreadas e que contêm flores pequenas, lilases ou azuladas, verticiladas, pedunculadas, dispostas em verticilos axilares ou inflorescências espiciformes terminais (Dimitri, 1980). Pertencem à subfamília Nepetoideae e à tribo Mentheae que está dividida em cinco secções e consiste de aproximadamente 25 espécies (Harley & Brighton, 1977). As secções *Audibertia* e *Preslia* são monoespecíficas, enquanto a secção *Eriodontes* inclui todas as espécies de *Mentha* com parentesco obscuro do resto do gênero. *Mentha pulegium* L. é mais amplamente distribuída das três espécies da secção *Pulegium* e finalmente, a secção *Mentha* que pode ser subdividida dentro do

subgênero *Menthastrum* em três grupos que diferem na forma das inflorescências; assim, nas mentas do grupo *Verticillatae* as flores estão arranjadas em verticilos distintos, em *Capitatae* as flores formam um capítulo, e em *Spicatae* as plantas têm inflorescência tipo espiga (Kokkini, 1992).

As mentas têm sido encontradas livres em jardins, terrenos baldios e até mesmo como plantas daninhas em pastagens. Com sabor e aroma refrescante, devido aos óleos essenciais que possuem, destacam-se pelo uso culinário e de chás medicinais utilizados no tratamento de distúrbios digestivos e verminoses (Lorenzi & Matos, 2002). Dentre as mais populares destacam-se: a hortelã-japonesa ou vique (*Mentha arvensis* L.); a hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* L. var. *piperita*); a hortelã-verde ou menta-dos-jardins (*Mentha spicata* L.); a hortelã-rasteira ou hortelã-de-panela (*Mentha x villosa* Huds.); o mentrasto ou hortelã-comum (*Mentha suaveolens* Ehrh.); a hortelã-limão (*Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh) Briq.) e a menta-do-levante (*M. x gracilis* Sole).

A taxonomia corrente, segundo Chambers (1992), reconhece 18 espécies e 13 híbridos. Há nove espécies primariamente européias, cinco espécies endêmicas para a Austrália e uma espécie cada, na América do Norte, África do Norte, Japão e Nova Zelândia. Todos os híbridos envolvem duas ou mais das espécies européias da secção *Mentha*. Estas espécies cruzam livremente com os híbridos entre espécies de um mesmo nível de ploidia, sendo completamente férteis, mas aqueles entre espécies com diferentes níveis de ploidia são completamente estéreis. Todos se propagam vegetativamente e se tornam muito próximos aos seus progenitores, alguns férteis podem formar clones que voltam a se cruzar. Isto resulta em clones que variam na sua morfologia a partir dos progenitores e outros híbridos, e causam a proliferação de muitos nomes latinos no gênero, 900 binômios relatados no *Index Kewensis* (Harley & Brighton, 1977).

A hibridização que ocorre freqüentemente, quando as espécies da secção *Mentha* estão em contato, contribui à complexa variação que caracteriza muitas populações selvagens e cultivadas. Além disso, a partir da alta variabilidade morfológica, muitas espécies de menta são caracterizadas por uma grande diversidade química, com relação aos constituintes químicos do óleo essencial. As grandes diferenças na composição do óleo encontradas nos membros do gênero são refletidas no número de tipos de óleos essenciais comerciais obtidos a partir deles, tais como ricos em: carvona, mentona, mentol, pulegona, linalol e acetato de

linalila (Kokkini, 1992; Farooqi et al., 1999). O surgimento de raças químicas tem sido detectado em quase todas as espécies de *Mentha* ou híbridos, sugerindo-se que a formação dos constituintes majoritários dos óleos essenciais seja controlada por simples sistemas genéticos. A definição de raças químicas infraespecíficas pode conceber a presença ou ausência de uma rota biossintética particular e não a simples presença ou ausência de um constituinte específico. Com isso, a investigação da biossíntese dos constituintes do óleo de *Mentha*, tem levado à delimitação dos seus diferentes quimiotipos (Kokkini, 1992; Lawrence, 1992).

## 2 Metabolismo secundário

As plantas representam uma importante fonte de alimentos para os animais e seu valor nutricional tem sido estudado por décadas. Além dos metabólitos primários, as plantas são capazes de produzir, transformar e acumular uma grande variedade de compostos orgânicos que parecem não ter função direta no crescimento e desenvolvimento. Essas substâncias são conhecidas como metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais (Croteau et al., 2000; Taiz & Zeiger, 2004).

Os metabólitos secundários, embora não sejam necessariamente essenciais para o organismo produtor, garantem vantagens adaptativas à sobrevivência e à perpetuação da espécie, em seu ecossistema. Muitas funções ecológicas foram reconhecidas, como a defesa contra herbívoros e infecção por microrganismos, proteção contra raios ultravioleta, efeitos alelopáticos, atração de animais polinizadores e dispersores de sementes (Santos, 2003; Taiz & Zeiger, 2004).

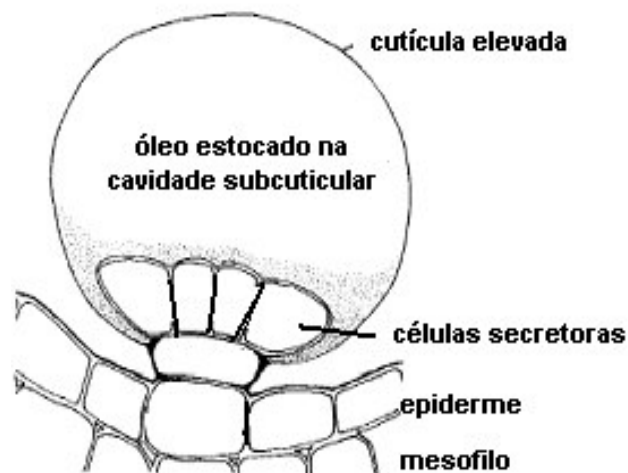
Os metabólitos secundários são derivados biossinteticamente de intermediários do metabolismo primário, cujas rotas possuem estreita relação. Os compostos secundários são divididos em três grupos distintos quimicamente: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. A produção desses compostos resulta dos processos de biossíntese, transporte, degradação e armazenamento, que são afetados pelo genótipo, estágio ontogenético e por fatores ambientais (Taiz & Zeiger, 2004). A maioria dos compostos é estocada nos vacúolos de células que fazem parte de tecidos específicos da planta e sua produção é baixa, representando menos que 1% da biomassa seca (Oksman-Caldentey & Inzé, 2004).

Aproximadamente 100 mil compostos provenientes do metabolismo secundário já foram descobertos, entretanto somente um pequeno número dessas substâncias com enorme diversidade química é conhecido sob ponto de vista biológico e farmacológico (Oksman-Caldentey & Inzé, 2004). A separação e elucidação estrutural de diferentes compostos de diversos grupos de plantas têm sido possível graças ao avanço de técnicas cromatográficas e espectroscópicas (Gil et al., 2005).

## **2.1 Óleos essenciais**

Os óleos essenciais são frações líquidas e voláteis que contêm as substâncias responsáveis pelo aroma das plantas, produto do metabolismo secundário. Também podem ser chamados de óleos voláteis, óleos etéreos ou essências. Essas denominações derivam de algumas características físico-químicas, tais como: aparência oleosa à temperatura ambiente; volatilidade; aroma agradável e intenso; solubilidade em solventes orgânicos apolares como o éter; sabor ácido e picante; geralmente incolores ou ligeiramente amarelados; não são estáveis em presença de luz, ar, calor, umidade e metais; e, a maioria dos óleos voláteis possui índice de refração e são opticamente ativos. Essas propriedades são usadas na sua identificação e controle da qualidade. Seus constituintes variam desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, até compostos com enxofre. Na mistura, tais compostos apresentam-se em diferentes concentrações; normalmente, um deles é o composto majoritário, existindo outros em menores teores e alguns em baixíssimas quantidades (traços) (Simões & Spitzer, 2003).

Os óleos essenciais das mentas, ricos em terpenos, são produzidos e acumulados em estruturas secretoras especializadas conhecidas como tricomas glandulares peltados (Figura 1), localizados na parte aérea da planta, principalmente em folhas e cálices florais (Lawrence, 1992; Turner et al., 2000).

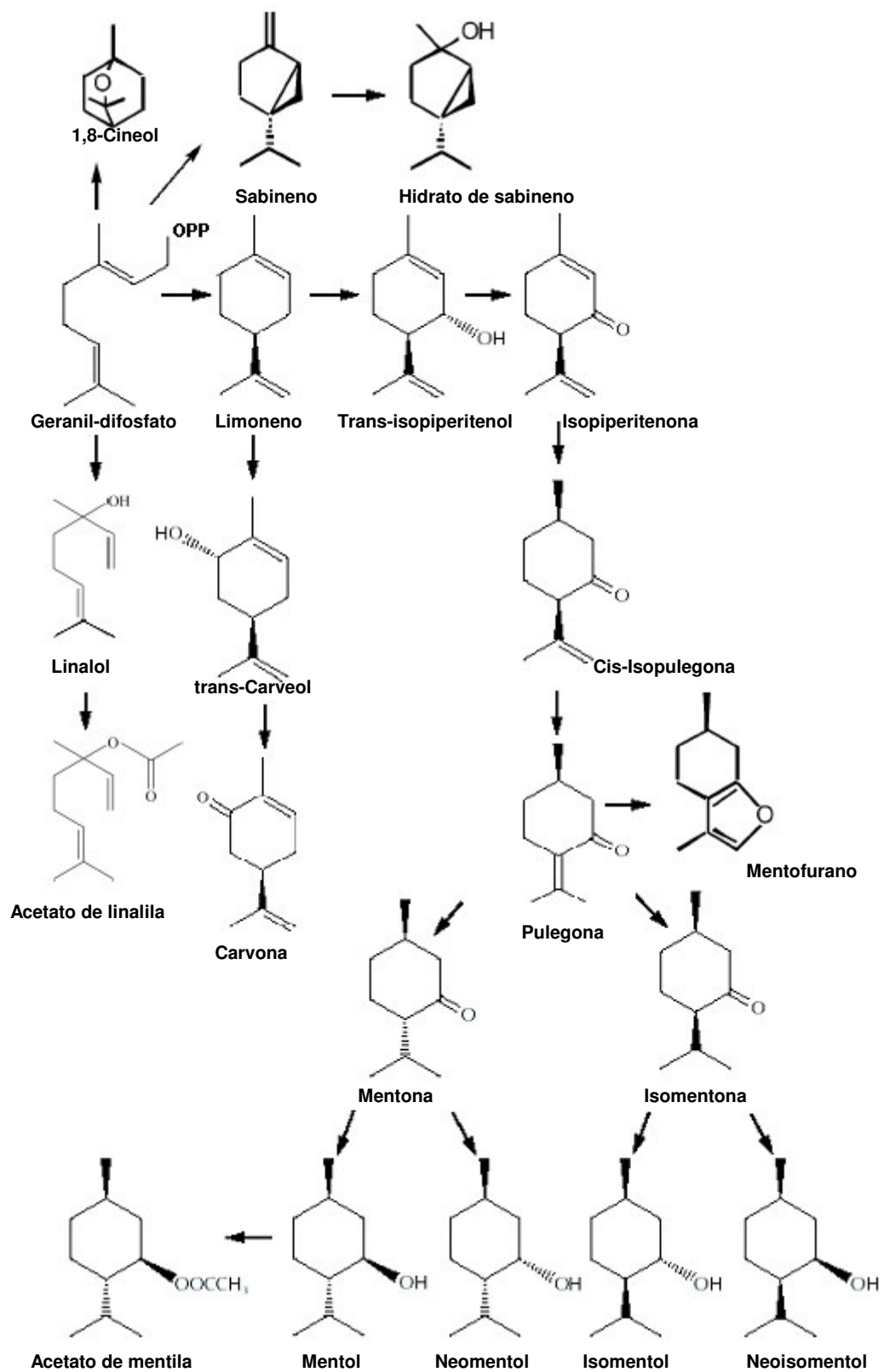


**Figura 1-** Tricoma glandular peltado encontrado em espécies de *Mentha* (Turner et al., 2000, com modificações).

A biossíntese dos terpenos ou terpenóides envolve a rota do ácido mevalônico que ocorre no citosol e a rota do metileritritol fosfato (rota do MEP), que ocorre nos cloroplastos. A rota do ácido mevalônico e do MEP levam à formação do isopentenildifosfato (IPP) e do dimetilalildifosfato (DMAPP), respectivamente. Estes compostos são isômeros e se unem para formar geranyl difosfato (GPP), uma molécula de 10 carbonos, a partir da qual são formados monoterpenos. O GPP pode se ligar a outra molécula de IPP, formando farnesil difosfato (FPP), composto de 15 carbonos e precursor dos sesquiterpenos. Com a adição de outra molécula de IPP forma-se o geranylgeranyl difosfato (GGPP), composto de 20 carbonos e precursor dos diterpenos. FPP e GPP podem dimerizar para triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40), respectivamente (Croteau et al., 2000; Taiz & Zeiger, 2004). Os tricomas glandulares de *Mentha* sintetizam óleos constituídos principalmente de monoterpenos, com pouca quantidade de sesquiterpenos (McCaskill & Croteau, 1995). A biossíntese dos principais monoterpenos de *Mentha* pode ser observada na Figura 2.

A partir do precursor GPP e por sucessivas reações enzimáticas envolvendo sintases, hidroxilases, desidrogenases, redutases e isomerases, são originados linalol e seu éster acetato de linalila, 1,8-cineol, sabineno, hidrato de sabineno e limoneno (Croteau et al., 2000; McConkey et al., 2000; Mahmoud et al., 2004). O limoneno é o precursor da carvona e por reações sucessivas a partir da pulegona pode formar mentofurano, mentona, isomentona, mentol e seus isômeros e acetato de mentila (Croteau et al., 2000; Mahmoud et al., 2004).





**Figura 2-** Biossíntese do óleo essencial de espécies de *Mentha* (Croteau et al., 2000, com modificações).

Os óleos essenciais podem ser extraídos por meio de hidrodestilação, sendo utilizados em muitas indústrias como aromatizantes de alimentos, ambientes e do tabaco, em inúmeros produtos cosméticos, de higiene, fármacos e perfumes (Phatak & Heble, 2002; Santos, 2003). Apesar do valor econômico dos óleos de mentas, o papel biológico destes metabólitos secundários ainda é pouco conhecido. Acredita-se que estes metabólitos e seus constituintes atuem na defesa da planta contra perda de água, atividade antibacteriana e antifúngica, efeitos alelopáticos, ataques bióticos e ataque de herbívoros (Karousou et al., 1998), como é o caso de mentol e mentona, que são inibidores do crescimento de diversos tipos de larvas (Simões & Spitzer, 2003).

Conforme The Merck Index (1996), o mentol é empregado na indústria para confecção de licores, perfumes, cigarros, pastilhas e inalantes nasais, e em medicamentos com ação antiprurítica, anestésica, anti-séptica, carminativa e sedativa gástrica. A mentona é usada na composição de perfumes e aromatizantes. Embora de menor valor econômico, o acetato de mentila também pode servir à perfumaria, enfatizando notas florais, especialmente as de rosas. Pode ser usado em água de colônia, devido ao odor de lavanda que apresenta, servindo também para fazer extratos aromatizantes de ambientes.

A carvona, segundo Carvalho & Fonseca (2006), é importante agente antimicrobiano contra bactérias e fungos patogênicos, daí o seu emprego como composto isolado ou através do óleo, em alimentos e produtos anti-sépticos. Possui também atividade inseticida, atuando contra moscas das frutas, larvas de insetos, inclusive sobre *Aedes aegypti* o vetor da dengue hemorrágica.

Elevados conteúdos de linalol e acetato de linalila no óleo essencial também são interessantes. Esses aromas entram na composição de produtos cosméticos, tais como: cremes faciais, loções para o corpo, fragrâncias em creme, desodorantes, perfumes, xampus, produtos de banho, géis, sabonetes e spray para cabelos. Podem ser usados também em produtos não-cosméticos como detergentes, produtos de limpeza (Letizia et al., 2003a, 2003b) e em medicamentos. Recentes estudos *in vitro* e *in vivo* demonstraram que o linalol exerce atividade antiinflamatória, antinociceptiva, anti-hiperalgésica, anestésica e antioxidante (Peana et al., 2006).

A pulegona é conhecida pela sua atividade biológica, atuando como repelente de insetos e abortiva para animais e humanos. Além disso, pode ser usada como potente desodorante (Phatak & Heble, 2002).

### **3 Fatores ambientais e produção de óleo essencial em *Mentha***

Os ambientes nos quais as plantas se desenvolvem exercem grande influência sobre a produção e a composição química dos óleos essenciais. Os fatores ambientais podem ser bióticos (fungos simbiotes e parasitas) e abióticos (temperatura, luz, fotoperíodo, água, nutrientes). O estudo da influência dos fatores ambientais na variabilidade dos monoterpenos, como principais constituintes dos óleos essenciais de espécies de *Mentha*, é de grande importância segundo Gershenzon et al. (2000), pelo fato dessas substâncias terem significado biossistemático, ecológico, fisiológico e implicações evolutivas.

#### **3.1 Fatores bióticos**

Pouco se conhece sobre a influência de micorrizas no teor e na composição dos óleos essenciais de *Mentha*. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) beneficiam as plantas em condições de baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente fósforo, proporcionando aumento na produção vegetal (Martins et al., 2000). Freitas et al. (2004) avaliaram os efeitos de diferentes espécies de FMA e doses de fósforo, na produção e qualidade de óleos essenciais de *M. arvensis* L. e verificaram que nos tratamentos com inoculação de FMA houve incremento de até 88% no teor de óleos essenciais e 89% no teor de mentol nos óleos em relação ao tratamento controle, quando não se adicionou fósforo. O melhor teor de óleo de 0,92% e de mentol de 67% foi obtido das plantas inoculadas com *Gigaspora margarita*.

Em estudos a campo com cultivares de *M. arvensis* e o fungo *Glomus fasciculatum* em solo com 17 mg Kg<sup>-1</sup> de P, Gupta et al. (2002) observaram variação de teor de óleo de 0,59 a 0,64%, concluindo que a inoculação de FMA proporcionou aumento no conteúdo de óleo essencial, na produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea, em relação ao tratamento controle.

Por outro lado, a existência de fungos patogênicos causando danos à cultura de *M. arvensis* foi observada por Kalra et al. (2001), onde a qualidade do óleo obtido das folhas foi afetada por mancha foliar, ferrugem e míldio pulverulento causados respectivamente por *Alternaria alternata*, *Puccinia menthae* e *Erysiphe cichoracearum*. Seus resultados demonstraram que a redução no rendimento e na qualidade do óleo foi uma consequência da severidade dos sintomas da doença, com subsequente desfolha nas variedades susceptíveis, exceto para Himalaia e Sel-3 que foram resistentes. As perdas variaram entre 4 e 22% do rendimento total do óleo.

### **3.2 Fatores abióticos**

#### **3.2.1 Temperatura**

Os estudos realizados por Duriyaprapan et al. (1986) com *M. arvensis*, em ambiente controlado (câmaras de crescimento) por doze semanas, com doze combinações de temperatura, sendo quatro diurnas (20, 25, 30 e 35°C) e três noturnas (13, 18 e 23°C), mostraram que a máxima produção de fitomassa seca de plantas (40,92 g) e o maior teor de óleo essencial (1,09%) foram obtidos à temperatura diurna de 30°C e noturna de 18°C, evidenciando que as temperaturas diurnas exercem maior influência sobre o crescimento das plantas e o rendimento do óleo essencial e que as temperaturas baixas reduzem o teor de mentol. Esses autores também citam que o conteúdo de óleo tende a incrementar com o aumento da temperatura de 30 para 35°C, devido ao aumento no número de glândulas de óleo por unidade de área foliar.

Em cultivo a campo de *M. spicata* L., Telci et al. (2004) obtiveram teor médio de óleo de 1,66%, com variações entre 0,90 e 2,70%, sendo que as temperaturas entre 21,1 e 22,3°C proporcionaram plantas com mais alto conteúdo de óleo. Segundo Corrêa Júnior et al. (1994), as mentas suportam altas temperaturas, desde que não haja deficiência hídrica e resistem a baixas temperaturas, porém podem ser prejudicadas pelas geadas. A temperatura base das mentas, de acordo com os trabalhos de Mitchell & Yang (1998a) corresponde a 5°C. Temperaturas muito elevadas associadas a pouca precipitação diminuem o teor de óleos essenciais.

### 3.2.2 Luz

A baixa intensidade luminosa e as baixas temperaturas causam variações significativas na quantidade de constituintes de óleos essenciais e no rendimento total. Hornock apud Bernáth (1992) verificou que o conteúdo de óleo essencial de *M. piperita* L. se reduziu significativamente na sombra. Além da redução na quantidade, a composição do óleo também variou, com diminuição do mentol de 61,8% para 57,5%.

Condições de alta intensidade luminosa, na faixa de 9,6 a 11h de luz diária, associadas a temperaturas próximas a 22°C resultaram em alto conteúdo de óleo em *M. spicata* e alto rendimento que esteve entre 275,7 e 320,5 kg de óleo ha<sup>-1</sup>, conforme reportado por Telci et al. (2004).

Verificando a influência das condições climáticas em *M. arvensis*, Czepak (1998) concluiu que no inverno as temperaturas e insolação, por serem menores, causam diminuição no crescimento da planta e redução na produção de óleo bruto e mentol.

### 3.2.3 Fotoperíodo

O fotoperíodo exerce forte efeito no desempenho da planta, com relação ao crescimento e florescimento de mentas. Observações feitas a partir do crescimento e da biogênese do óleo em *M. arvensis*, *M. citrata* e *M. cardiaca*, em resposta a tratamentos fotoperiódicos, foram demonstradas por Farooqi et al. (1999), que verificaram alto crescimento vegetativo em condições de dias longos, enquanto em dias curtos o crescimento foi reduzido. O teor de óleo para as três espécies foi maior em condições de dias curtos, porém a composição química apresentou variações. Em *M. citrata*, o linalol, maior constituinte do óleo, juntamente com carvona e mentol diminuíram significativamente em condições de dias curtos, enquanto o teor de acetato de linalila aumentou. Em *M. cardiaca*, a carvona como maior constituinte do óleo aumentou em condições de dias curtos. Já para *M. arvensis* os níveis de mentona e isomentona foram mais baixos em condições de dias longos, enquanto o mentol manteve praticamente a mesma proporção em condições de dias longos, dias normais e dias curtos. Os mesmos autores afirmam que condições de dias

curtos podem perturbar a conversão de mentona a mentol, em *M. arvensis*, e influenciar favoravelmente a conversão de linalol para acetato de linalila, em *M. citrata*. As rotas metabólicas do linalol, mentol e carvona estão intimamente relacionadas (McCaskill & Croteau, 1995).

Avaliando a composição do óleo de *M. piperita*, Grahle & Hoeltzel (1963) apud Farooqi et al. (1999) verificaram que o óleo de folhas colhidas em dias longos apresentou baixos níveis de mentofurano e mentona, enquanto o mentol constituiu a maior proporção do óleo. Os tratamentos de dias longos reduziram o nível de componentes indesejáveis, tais como mentofurano e pulegona e promoveram a formação de mentol e mentona. Esse efeito também foi constatado por Piccaglia et al. (1993).

### 3.2.4 Água

O período ativo do crescimento de *M. arvensis*, segundo Singh et al. (1989), coincide com os meses de verão quando a temperatura do solo é elevada, havendo uma necessidade grande de água pela cultura, que pode ser fornecida por meio de irrigação. Os autores verificaram que, no solo com níveis ótimos de N e com irrigações semanais, a produção de óleo obtida foi de 97,3; 172,9, 220,8 e 235,1 kg de óleo ha<sup>-1</sup> com, respectivamente, 0, 25, 50 e 75% da capacidade hídrica de campo e concluíram que o mais alto nível de irrigação proporcionou o maior conteúdo de óleo e rendimento de matéria seca.

O rendimento do óleo de *M. piperita* em diferentes níveis de irrigação também foi avaliado por Mitchel & Yang (1998a). Cinco níveis de irrigação foram medidos através da evapotranspiração, por dois meses, cujos valores foram 150, 214, 356, 487 e 511 mm, produzindo respectivamente 13, 18, 58, 88 e 84 kg de óleo ha<sup>-1</sup>. O nível quatro produziu o maior rendimento de óleo, enquanto o excesso de irrigação resultou na diminuição do rendimento. Os autores afirmaram que a perda de folhas foi induzida pelo excesso de irrigação durante o crescimento das plantas, conseqüentemente reduzindo as glândulas de óleo. Houve também a interação do excesso de água com outros fatores, tais como, redução da aeração do solo, diminuição de rizomas e danos às glândulas de óleo. A irrigação em sulcos é preferida para as culturas de *Mentha* devido ao potencial de aumentar o rendimento

do óleo, pois a irrigação por aspersão danifica as células glandulares de óleo das folhas e reduz o rendimento do óleo em 20% (Mitchell & Yang, 1998b).

O estresse hídrico também pode influenciar a síntese e a interconversão dos constituintes do óleo essencial de menta, conforme descrito por Charles et al. (1990) que estudaram os efeitos do déficit hídrico no crescimento e composição do conteúdo do óleo essencial de *M. piperita*, através da diminuição do potencial osmótico da solução nutritiva de plantas cultivadas em hidroponia e colhidas aos 29 e 36 dias depois do plantio. Após uma semana de tratamento, o conteúdo do óleo aumentou de 44 para 61,1  $\mu\text{l g}^{-1}$  de peso seco foliar com a diminuição do potencial osmótico de  $-0,05$  para  $-0,6$  MPa, sem alteração na biomassa, área foliar e produção total do óleo. Porém, após duas semanas de tratamento houve diminuição do rendimento total de óleo na planta, com diminuição da biomassa e crescimento total. Embora altos níveis de estresse osmótico tenham reduzido a produção total em plantas jovens, é possível que o estresse imposto sobre culturas de plantas fisiologicamente maduras, possa incrementar o rendimento total de óleo por hectare.

### 3.2.5 Nutrientes

As mentas são plantas muito exigentes quanto à nutrição. A proporção entre as poucas raízes e a parte aérea na espécie *M. arvensis* foi apontada por Maia (1998a) como uma característica importante da planta. Segundo Corrêa Júnior et al. (1994), as mentas têm preferência por solos arenosos, férteis, bem drenados, mas não secos, e ricos em matéria orgânica. O pH deve estar entre 6,0 e 7,0. Para uma produção de 4 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  de planta fresca a menta retira 170 kg de nitrogênio, 25 kg de fósforo, 290 kg de potássio, 130 kg de cálcio e 17 kg de magnésio.

Os estudos de nutrição de *M. arvensis* iniciaram na Índia, onde tem sido cultivada nos férteis solos principalmente do norte, como a cultura mais importante para obtenção de óleo essencial (Sharma & Singh, 1980). O nitrogênio é o nutriente com maior capacidade de aumento de produção de folhas, principalmente quando se cultivam variedades melhoradas, conforme Kothari et al. (1987) que concluíram que 150 kg  $\text{ha}^{-1}$  era a melhor dose de N para variedades melhoradas. Sharma & Singh (1980) ao estudar *M. arvensis* com diferentes níveis de nitrogênio (0, 50, 100 kg N  $\text{ha}^{-1}$ ), fósforo (0, 50, 100 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$   $\text{ha}^{-1}$ ) e potássio (0, 50, 100 kg  $\text{K}_2\text{O}$   $\text{ha}^{-1}$ ) mostraram que a aplicação de N aumentou o rendimento de massa verde, enquanto

a aplicação de P e K não influenciou significativamente. Já N e P aumentaram o rendimento do óleo essencial, enquanto o K não mostrou influência significativa. Conforme esses últimos autores, o aumento no teor de óleo ocorreu pelo aumento da área foliar, onde estão as glândulas que sintetizam e acumulam óleo essencial.

Em cultivo em solo, no período de 1983 a 1984, Singh et al. (1989) perceberam aumento de fitomassa de folhas e rendimento do óleo com o aumento de doses de N, sendo o ótimo econômico para *M. citrata*, *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*, respectivamente, 225; 167; 153 e 145 Kg N ha<sup>-1</sup>; produzindo 204; 190; 103 e 53 kg de óleo ha<sup>-1</sup>.

Limitações na disponibilidade de nutrientes causam alterações na composição do óleo e redução no crescimento de folhas, hastes e raízes, conforme registrado por Maia (1998a) em estudos com *M. arvensis*, em cultivo hidropônico, em vasos. Esse autor relatou que a omissão de cada um dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio reduziu significativamente a produção de material verde da planta inteira; e que as proporções entre limoneno, mentona, mentol e acetato de mentila do óleo essencial da menta foram alteradas pelas condições de nutrição da planta. Por outro lado, soluções nutritivas mais concentradas em nitrogênio para *M. crispata* e mais ricas em potássio e cálcio para *M. arvensis* são capazes de aumentar o rendimento de massa do material vegetal e de óleo produzido, sem que a qualidade do óleo essencial seja prejudicada (Maia, 1998b).

Em *M. piperita*, Prazna & Bernáth (1993) verificaram que a proporção dos componentes do óleo volátil pode ser influenciada pela ausência dos principais nutrientes (N, P, K). Constataram que à medida que a deficiência desses nutrientes aumenta, ocorre redução na produção de fitomassa verde e no teor de óleo, sendo que a redução do óleo foi mais acentuada com a deficiência de K.

Zheljazkov & Margina (1996) estudando a aplicação de níveis crescentes de N, P e K em experimentos a campo, com cultivares de *M. arvensis*, verificaram que, com o aumento dos fertilizantes, o conteúdo de óleo essencial também aumentou, tendo a cv. Mentolna apresentado teor de óleo entre 0,61 e 0,88%. Com a aplicação de fertilizantes, houve aumento no conteúdo de acetato de mentila de 4,92 para 9,51%, sem que o conteúdo de mentol (64,20%) fosse afetado.

Os micronutrientes também podem alterar o teor de óleo essencial, conforme estudos com *M. arvensis*, cultivadas a campo por Rajput et al. (2002) que observaram resposta às aplicações individuais de micronutrientes, com acréscimos



percentuais no rendimento de óleo em relação ao tratamento controle, sendo: 36,2 para 15 kg de Fe; 47,3 para 10 kg de Mn; 35,7 para 10 kg de Zn; 23,9 para 2 kg de Cu; 62,9 para 2 kg de B e 33,4 para 0,05 kg de Mo. De todos esses níveis de aplicação, 2 kg de B produziram o máximo rendimento de óleo essencial que foi de 116,5 kg ha<sup>-1</sup>.

O efeito de diferentes formas de adubação em *M. x villosa* foi determinado por OCampos et al. (2002) em quatro tratamentos: orgânico, mineral, orgânico/mineral e hidropônico. Após 90 dias do plantio, as plantas foram cortadas para determinação de fitomassa fresca e de óleo essencial, obtendo-se respectivamente os valores máximos de 63,61 g planta<sup>-1</sup> e 0,88 g planta<sup>-1</sup>, no tratamento hidropônico com a solução descrita por Castellane & Araújo (1995), com modificações. Os valores mínimos foram obtidos com adubação orgânica (húmus 60 g L<sup>-1</sup>) com fitomassa fresca de 17,55 g planta<sup>-1</sup> e óleo essencial de 0,78 g planta<sup>-1</sup>. Os autores verificaram que a produção de óleo foi proporcional à produção de biomassa.

Outra forma de fornecer nutrientes às plantas foi demonstrada por Scavroni et al. (2005), cujos diferentes níveis de bio-sólido (0, 28, 56 e 112 toneladas ha<sup>-1</sup>) foram avaliados para o rendimento e a composição química do óleo essencial de *M. piperita*. As plantas cultivadas com 28 toneladas ha<sup>-1</sup> de bio-sólido apresentaram o maior teor de óleo que foi de 1,50%. No entanto, os autores constataram que a presença do bio-sólido favoreceu a formação de mentofurano e não o recomendam para o cultivo da espécie. Mentofurano é considerado uma hepatotóxina, que é metabolicamente ativada por reações intermediárias capazes de formar ligações covalentes com proteínas celulares (Madyastha & Raj, 1994), sendo, portanto, indesejável no óleo essencial.

#### 3.2.5.1 Potássio na planta

O potássio (K<sup>+</sup>) é o cátion mais importante tanto para as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, como em relação ao seu conteúdo nos tecidos vegetais (Mengel & Kirkby, 1987). Apresenta elevada mobilidade dentro da planta em todos os níveis: no interior das células, entre células individuais, entre tecidos e no transporte de longa distância via xilema e floema (Kerbaudy, 2004). Não é constituinte da matéria orgânica das plantas, ao contrário do nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) (Bataglia, 2005).

A extrema mobilidade do  $K^+$  pela planta inteira é uma conseqüência da permeabilidade das membranas celulares. A orientação do transporte de  $K^+$  ocorre freqüentemente em direção aos tecidos jovens, sendo que a redistribuição é feita geralmente das partes velhas para as partes jovens da planta (Mengel & Kirkby, 1987).

A demanda de potássio pelas plantas é elevada, podendo variar de 1 a 6% (10 a 60 g  $kg^{-1}$ ) da matéria seca. Quando sua disponibilidade é baixa, o crescimento da planta é retardado e a retranslocação líquida ou a remobilização de  $K^+$  das folhas maduras e caule é aumentada. Se a deficiência for severa, esses órgãos tornam-se cloróticos e necróticos, dependendo da intensidade de luz a que as folhas são expostas (Marschner & Cakmak, 1989). Por outro lado, o aumento da disponibilidade de  $K^+$  para as raízes aumenta seu conteúdo nos diversos órgãos da planta, sendo seu excesso raramente observado, exceto nos casos de danos por sais resultantes do excesso de aplicação de cloreto de potássio (KCl), podendo a absorção excessiva provocar efeitos adversos de toxicidade, diminuindo o crescimento ou a produção da planta (Bataglia, 2005). O KCl quando se acumula nas folhas mais velhas, pode causar desidratação nas células vizinhas e rompimento de membranas nas células em que está contido, pelo movimento da água por osmose, resultando em pintas necróticas nessas folhas (Kerbaudy, 2004).

As raízes, de um modo geral, contêm cerca de 16% do potássio total da planta. Nas células das raízes a concentração de  $K^+$  vacuolar é 1/10-1/5 da encontrada no citoplasma. Nas células das folhas, o citoplasma, o núcleo e os cloroplastos têm concentração de  $K^+$  semelhantes e em dobro da encontrada no vacúolo (Malavolta et al., 1997). Devido à sua alta concentração no citoplasma e cloroplastos, o  $K^+$  neutraliza ânions solúveis (ácidos orgânicos e inorgânicos) e insolúveis e estabiliza o pH entre 7 e 8, nesses compartimentos, considerado ótimo para a maioria das reações enzimáticas (Marschner, 1995). Suas funções no citoplasma e nos cloroplastos não podem ser desempenhadas por outro nutriente, isto é, o  $K^+$  não pode ser substituído por nenhum cátion monovalente, como o  $Na^+$ , ao contrário nas funções osmóticas, o  $K^+$  do vacúolo pode ser substituído por outros cátions, como o  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Cu^{2+}$ , ou por solutos orgânicos, como os açúcares (Marschner, 1995; Kerbaudy, 2004).

O  $K^+$  não desempenha função estrutural na planta, porém atua como ativador de mais de 50 enzimas (Kochian, 2000), destacando-se sintetases, oxirredutases,

desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (Mengel & Kirkby, 1987; Marschner, 1995). O efeito do  $K^+$  na atividade das enzimas está relacionado com a mudança na conformação das moléculas, a qual aumenta a exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato. É possível que uma das razões para as altas exigências potássicas seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma, principalmente para garantir o ótimo das atividades enzimáticas (Malavolta et al., 1997). O  $K^+$  ainda está envolvido na síntese de proteínas, pois plantas com baixos teores deste nutriente apresentam baixo teor protéico, com acúmulo de compostos de baixo peso molecular, tais como aminoácidos, amidas, aminas e nitratos. Além disso, a deficiência de  $K^+$  provoca também aumento no teor de carboidratos solúveis, decréscimo do conteúdo de amido e acúmulo de N solúvel (Silveira et al., 2005).

O  $K^+$  também desempenha papel importante em processos osmóticos, expansão celular, na fotossíntese, na permeabilidade das membranas, no controle do pH, no transporte de açúcares pelo floema e em mecanismos de defesa das plantas contra pragas e doenças (Malavolta, 2006; Silveira et al., 2005). Plantas deficientes neste nutriente apresentam menor turgor, pequena expansão celular e abertura e fechamento irregular dos estômatos (Mengel & Kirkby, 1987; Malavolta et al., 1997). A expansão celular resulta do acúmulo de  $K^+$  nas células que é requerido para estabilizar o pH do citoplasma e aumentar o potencial osmótico do vacúolo (Marschner, 1995). A associação do  $K^+$  com um ânion ( $Cl^-$  ou malato) é responsável pela mudança no turgor das células-guarda, durante a abertura e fechamento dos estômatos. O aumento da concentração do nutriente nas células-guarda eleva o potencial osmótico delas, resultando em absorção de água das células adjacentes, com conseqüente aumento do turgor das células-guarda, desta forma abrindo os estômatos (Marschner, 1995). Porém, com suprimento inadequado de  $K^+$  os estômatos não se abrem regularmente, havendo menor assimilação de  $CO_2$  nos cloroplastos e diminuição da atividade da carboxilase RuBP, conseqüentemente diminuindo a taxa fotossintética, que associada ao aumento das taxas de respiração pode diminuir as reservas de carboidratos da planta (Marschner, 1995). Com suprimento adequado, o  $K^+$  aumenta a eficiência de translocação, pelo floema, da sacarose e dos fotossintatos, das folhas para os órgãos de armazenamento, além de favorecer a síntese e o acúmulo de metabólitos secundários, os quais atuam como inibidores de insetos e fungos que podem causar danos às plantas (Silveira et al., 2005).

Em cultivo de *Mentha arvensis*, em solução nutritiva, Sinha & Singh (1982) observaram que a omissão de potássio influenciou o metabolismo do nitrogênio, a taxa de respiração e o teor de óleo essencial. Nessas condições, as plantas apresentaram redução da área foliar, acúmulo de nitrogênio amoniacal e redução da produção de óleo essencial por planta e por área cultivada, a partir dos 60 dias após o plantio. O aumento do teor de N foi devido ao aumento de substâncias amoniacais nas folhas deficientes em K. Maia (1998a), com essa mesma espécie, observou que a omissão de K na solução nutritiva resultou em plantas menos desenvolvidas, com hastes menores, poucas brotações laterais e menor número de folhas. No início do desenvolvimento, as folhas ficaram arredondadas, com pouca pilosidade e mais brilhantes, ocorrendo manchas necróticas, com aproximadamente 1 mm de diâmetro por todo o limbo; 40 dias após o plantio as manchas das folhas mais velhas aumentaram de tamanho evoluindo para necrose.

#### **4 Hidroponia**

A hidroponia é uma técnica de cultivo protegido, na qual o solo é substituído por uma solução aquosa, contendo apenas os elementos minerais necessários aos vegetais. Podem ser utilizados substratos inertes como cascalho, argila expandida, lâ de rocha, areia, sílica, turfa, vermiculita, espuma fenólica e misturas diversas (Furlani, 1997; Santos, 2000).

O primeiro relato de cultivo hidropônico é do inglês John Woodward, que em 1699 cultivou plantas de menta, em recipientes do mesmo tamanho, em diferentes tipos de água: de chuva, de rio, de enxurrada e esgoto diluído, verificando que onde havia maior quantidade de sólidos diluídos na água, a produtividade da menta foi melhor. Concluiu que não era da água que as plantas se nutriam, mas sim do material sólido do solo (Teixeira, 1996).

A utilização da técnica, para o cultivo doméstico ou para fins comerciais, começou em 1938 com os trabalhos do norte-americano William Gericke que popularizou o cultivo de plantas sem solo, com seus ensaios de nutrição vegetal (Jones, 1982). Durante a Segunda Guerra Mundial, em 1945, ocorreu a primeira produção em grande escala pelo sistema de cultivo sem solo. O Exército Norte-americano e a Real Força Aérea Inglesa instalaram unidades de hidroponia, em suas bases militares nas Ilhas do Pacífico, para produção de hortaliças de consumo

*in natura* para suas tropas, utilizando as soluções nutritivas indicadas por William Gericke (Resh, 1997). Nos anos 50, o cultivo hidropônico passou a ser desenvolvido em países como Japão, Índia, Itália, Espanha, França, Inglaterra, Alemanha, Suécia, Rússia e Israel (Santos, 2000). Em 1965, o pesquisador inglês Allen Cooper desenvolveu o sistema NFT (Nutrient Film Technique) traduzido como Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes, que estabeleceu as bases definitivas para a expansão da hidroponia no mundo (Santos, 2000), viabilizando assim o sistema em escala comercial.

O NFT é uma técnica de cultivo na qual a solução nutritiva flui periodicamente em forma de fina lâmina sobre uma superfície (canal) com declive entre 2 e 4%. A fina lâmina de solução banha as raízes das plantas aí colocadas para crescerem (Martinez & Silva-Filho, 2004), permitindo que elas absorvam os nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento. Durante o período sem solução nutritiva, as raízes retiram o oxigênio necessário do ar (Santos, 2000).

No Brasil, o cultivo hidropônico de plantas é bastante recente, e vem se expandindo rapidamente nas proximidades dos grandes centros urbanos, onde as terras agricultáveis são escassas e caras e onde há grande demanda por produtos hortícolas (Martinez & Silva-Filho, 2004). O cultivo hidropônico comercial em NFT tem sido encontrado, principalmente, nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (Londero et al., 2004).

A produção hidropônica de plantas em ambiente protegido apresenta como vantagens: maior rendimento por área; melhor qualidade do produto; menor incidência de pragas e doenças; maior facilidade de execução dos tratamentos culturais; melhor programação da produção; ciclos mais curtos em decorrência de melhor controle ambiental; eliminação de perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento e volatilização, resultando no uso mais racional de fertilizantes (Martinez, 1997). Há que se considerar ainda a economia no consumo de água em relação a uma irrigação no campo. As sobras de solução nutritiva podem ser utilizadas para irrigar outras culturas, jardins e pastagens. Por outro lado, a hidroponia exige investimentos iniciais mais altos e maiores conhecimentos tecnológicos (Santos, 2000).

Embora a maioria dos trabalhos sobre cultivo de espécies de *Mentha* seja em solo, a hidroponia tem se mostrado bastante viável, conforme demonstraram Paulus et al. (2004) que ao determinarem uma solução nutritiva para o cultivo de *M. arvensis* em sistema hidropônico NFT, obtiveram rendimento de 82,4% de mentol,

muito superior ao obtido em cultivo a campo, 64,43%, constatando também que os valores do óleo essencial ( $0,76 \text{ g planta}^{-1}$ ) no cultivo hidropônico foram maiores em relação aos encontrados em cultivo a campo ( $0,65 \text{ g planta}^{-1}$ ).

A solução nutritiva é fundamental ao desenvolvimento das plantas, quando manejada de forma incorreta provoca redução na produtividade e na qualidade do produto. Vários cultivos hidropônicos realizados no país são levados ao fracasso devido ao desconhecimento do manejo nutricional (Furlani et al., 1999). Segundo Martinez (1997), as plantas são capazes de sobreviver em diferentes soluções nutritivas, pois a absorção é seletiva. Entretanto, deve-se obedecer a limites de pH, pressão osmótica e proporção entre nutrientes, para que um não interfira na absorção do outro e que não ocorram precipitações de compostos insolúveis. Desta forma, a manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada no plantio, mas do seu contínuo controle, que determinará a adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução.

Para que a solução atenda às exigências nutricionais das plantas e os nutrientes sejam exauridos de maneira proporcional, sem faltas ou excessos, sua proporção na solução nutritiva deve ser a mesma exigida pelas plantas, ou seja, a apresentada na matéria seca de plantas bem nutridas da espécie ou variedade estudada (Martinez, 1997). A maior parte dos trabalhos em hidroponia está direcionada à avaliação nutricional de hortaliças folhosas, frutíferas, floríferas e ornamentais (Furlani et al., 1999). Poucas informações encontram-se disponíveis na literatura a respeito das exigências nutricionais e composição mineral de espécies medicinais e, em especial, de mentas (Maia, 1998a, 1998b; Paulus et al., 2004; Rodrigues et al., 2004; Blank et al., 2006). Verifica-se, portanto, a necessidade de estudos que envolvam aspectos nutricionais de plantas aromáticas e medicinais cultivadas em hidroponia, no sistema NFT, a fim de proporcionar a formulação de soluções nutritivas que atendam a necessidade da espécie que se deseja produzir, isto é, as soluções devem conter em proporções adequadas todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas.

## CAPÍTULO 1

### **Crescimento e teor de óleo essencial de *Mentha* spp. (Lamiaceae) em soluções hidropônicas com diferentes concentrações de potássio**

#### **RESUMO**

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação de 250m<sup>2</sup> do Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, no período de outubro a dezembro de 2004. Foram realizados três experimentos simultâneos, cada um com uma espécie de *Mentha* (*M. arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *M. x gracilis* Sole e *M. x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.) em quatro soluções hidropônicas com diferentes concentrações de K (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>) e idades das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições, tendo os tratamentos fatorial para cada espécie: 4x6, 4x7 e 4x8, sendo quatro concentrações de K e idades da planta determinadas semanalmente a partir dos 27 dias. As características avaliadas foram: altura das plantas; área foliar; fitomassa fresca e seca de folhas, hastes; relação folha:haste; e teor de óleo essencial em folhas frescas. O aumento na concentração de K nas soluções hidropônicas afeta negativamente o crescimento e a acumulação de fitomassa em plantas de *Mentha*, porém proporciona aumento no teor de óleo essencial por planta. Em todas as colheitas consecutivas observou-se aumento no crescimento das espécies. As plantas de *M. arvensis* fo. *piperascens* e *M. x piperita* var. *citrata* acumularam mais fitomassa de hastes do que de folhas, o contrário ocorrendo com *M. x gracilis* que, além disso, apresentou maior produção equivalente de óleo por hectare, na concentração mais baixa de K. As concentrações de K sugeridas para o bom crescimento de *Mentha*, em cultivo hidropônico, encontram-se na faixa entre 276 e 414 mg L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Mentha arvensis* fo. *piperascens*, *Mentha x gracilis*, *Mentha x piperita* var. *citrata*, hidroponia, óleo aromático.

## **Growth and essential oil content of *Mentha* spp. (Lamiaceae) in hydroponic solutions with different potassium concentrations**

### **ABSTRACT**

The work was carried out at the Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia of the Universidade Federal de Santa Maria, RS, from October to December 2004. Three simultaneously experiments were carried out, each one with one *Mentha* species (*M. arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *M. x gracilis* Sole e *M. x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.) in four hydroponic solutions with different K concentrations (276, 414, 552 and 690 mg L<sup>-1</sup>) and plant ages. The experimental design used was that of complete randomized blocks with five replications, the treatments showing a factorial arrangement for each species: 4x6, 4x7 and 4x8, four K concentrations and plant ages being determined weekly starting 27 days after planting. The characteristics evaluated were: height of plants; foliar area; fresh and dry phytomass of leaves and stems; leaf:stem relation; and the content of essential oil in fresh leaves. The increase in K concentration in the hydroponic solutions negatively affects the growth and accumulation of phytomass in mint plants, but allows an increase in the content of essential oil per plant. In all consecutive harvestings it was observed an increase in the growth of the species. *M. arvensis* fo. *piperascens* and *M. x piperita* var. *citrata* accumulated more stem than leaf phytomass, the reverse occurring with *M. x gracilis*, which also presented a higher equivalent production of oil per hectare, in the lowest K concentration. The K concentrations suggested for a good growth of *Mentha*, under hydroponic cultivation, are between 276 and 414 mg L<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Mentha arvensis* fo. *piperascens*, *Mentha x gracilis*, *Mentha x piperita* var. *citrata*, hydropony, aromatic oil.



## INTRODUÇÃO

Com sabor e aroma refrescantes, as mentas ou hortelãs destacam-se pelo uso culinário ou em chás medicinais, para combater parasitas intestinais e distúrbios digestivos (Lorenzi & Matos, 2002). As glândulas oleíferas, principalmente das folhas, concentram óleos voláteis ricos em terpenóides de amplo interesse industrial, em produtos farmacêuticos, alimentícios, cosméticos e aromatizantes do tabaco.

O Brasil, seguido pelo Paraguai, foram os principais produtores mundiais de *Mentha arvensis* L. após a Segunda Guerra Mundial, perdendo a posição para a República Popular da China, no início da década de 80 (Singh et al., 2003). Entretanto, na década de 90, a Índia tomou a posição da China, sendo até o momento o maior produtor mundial de óleo de *M. arvensis* e mentol (Kothari, 2005). O óleo de *Mentha*, na Índia e China, custa 10 dólares L<sup>-1</sup>; no Brasil varia de 10 a 30 dólares L<sup>-1</sup>, sendo geralmente comercializado por 50-60 reais L<sup>-1</sup>.

As mentas são plantas muito exigentes em fertilidade e irrigação (Maia, 1998a), sendo o manejo nutricional determinante na obtenção de matéria-prima de qualidade. Assim o cultivo em hidroponia vem despertando interesse como uma forma econômica de produzir material vegetal de qualidade, permitindo bom desenvolvimento e estado fitossanitário, além das altas produtividades quando comparado ao sistema tradicional de cultivo no solo (Castellane & Araújo, 1995). Mairapetyan (1999) afirma que plantas aromáticas, crescendo em sistema hidropônico, apresentam elevada produtividade, com três a seis vezes mais óleo essencial por planta do que em sistemas convencionais de cultivo. O ambiente favorável das estufas e a nutrição eficiente das plantas proporcionam crescimento mais rápido, encurtando o ciclo produtivo e aumentando a produtividade (Santos, 2000). O manejo dos nutrientes é fundamental para o balanço entre alto crescimento de biomassa e produção de óleo essencial em *Mentha* (Brown et al., 2003).

O potássio (K) é, geralmente, o nutriente mais abundante em todas as culturas, estando presente nos tecidos em grande parte nas formas solúveis em água (Malavolta, 2005). Trata-se de elemento essencial com ação sobre o crescimento da planta e sua qualidade, tais como: controle da água na planta (extensão celular, abertura dos estômatos, transporte no floema, compensação de carga); ativador enzimático (ATPase, sintetases de amido e de proteínas); na

resistência aos estresses em geral (seca, salinidade, baixa temperatura) e na resistência às doenças (Hömheld, 2005).

O íon  $K^+$  tem intensa mobilidade no xilema e floema, possibilitando a regulação do balanço interno, desde que sua absorção seja eficiente (Bataglia, 2005). A demanda de K para o crescimento das plantas é elevada, variando de 10 a 60 g  $kg^{-1}$  de matéria seca. Se sua disponibilidade é baixa, o crescimento da planta é retardado e a retranslocação líquida ou a remobilização deste nutriente das folhas maduras e caule é aumentada. Sob deficiência severa, esses órgãos tornam-se cloróticos e necróticos (Marschner & Cakmak, 1989). Por outro lado, o excesso de K raramente é observado, exceto nos casos de danos por sais resultantes da demasiada aplicação de cloreto de potássio, podendo provocar efeitos adversos de toxicidade, diminuindo o crescimento ou a produção da planta (Bataglia, 2005).

Os estudos de produção de plantas medicinais em hidroponia ainda são escassos. Desta forma, este trabalho objetivou avaliar o crescimento e o teor de óleo essencial em três espécies de *Mentha*, submetidas a diferentes concentrações de K nas soluções hidropônicas e em diversas idades das plantas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados, no período de outubro a dezembro de 2004, em casa de vegetação de 250m<sup>2</sup> coberta com polivinilclorídrico (PVC), com 200  $\mu$ m de espessura, na área experimental do Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH), da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

Foram realizados três experimentos simultâneos, no delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições, tendo os tratamentos arranjo fatorial para cada espécie: 4x6 (*Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes), 4x7 (*Mentha x gracilis* Sole) e 4x8 (*Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.), sendo quatro concentrações de K (276, 414, 552 e 690 mg  $L^{-1}$ ) e idades de colheita das plantas em dias (27, 34, 41, 48, 55 e 62 em *M. arvensis* fo. *piperascens*), (27, 34, 41, 48, 55, 62 e 69 em *M. gracilis*), (27, 34, 41, 48, 55, 62, 69 e 76 em *M. x piperita* var. *citrata*).

Exsicatas das espécies encontram-se depositadas no Herbário da Universidade de Cruz Alta, RS (UNICRUZ), sob n<sup>os</sup> 1077, 1078 e 1079, com a determinação feita pelo Dr. Ray Harley, Royal Botanic Garden, Kew, Inglaterra.

As mudas das espécies de *Mentha* foram obtidas a partir de matrizes produzidas em solo, no Laboratório de Multiplicação Vegetal da UNICRUZ, e preparadas a partir de estacas caulinares com 4 cm de comprimento e quatro folhas, postas para enraizar em espuma fenólica com dimensões de 2x2x2cm, conduzidas em berçário constituído por tubos de polipropileno, com 4 m de comprimento e 3 cm de largura, colocados sobre cavaletes com desnível de 2% para escoamento da solução nutritiva. As mudas permaneceram no berçário até o momento que apresentaram de oito a nove folhas desenvolvidas, aos 20 dias quando foram transplantadas para as bancadas de produção final, constituídas por canais de cultivo de polipropileno com 6 m de comprimento por 10 cm de largura, sustentados por cavaletes de 0,80 m de altura, com declividade de 2%. Utilizou-se espaçamento 0,25 m nos canais e 0,40 m entre canais, correspondendo à densidade de 10 plantas m<sup>-2</sup>.

Conduziram-se os experimentos no sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), com a solução nutritiva distribuída nos canais de cultivo na vazão de 1,8 L s<sup>-1</sup>, através de conjunto de moto-bomba de 0,5 HP e recolhida no final da bancada de cultivo através de calha coletora, retornando aos reservatórios de PVC, com capacidade de 500 L, para armazenamento das soluções nutritivas, nas concentrações de K de 276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>, a fim de avaliar a ação do K sobre a produção de fitomassa e óleo essencial.

A solução nutritiva padrão (276 mg L<sup>-1</sup>) foi calculada a partir dos dados de produção de fitomassa seca e da quantidade de nutrientes extraídos por *M. arvensis*, obtidos por Paulus et al. (2004). Na produção de mudas, essa solução foi diluída a 50%. Para o preparo da solução nutritiva utilizaram-se os seguintes nutrientes (mg L<sup>-1</sup>): K=276; N=211,4; P=30,35; Ca=71,34; Mg=32,56; S=40,72; Mn=6,084; Cu=0,075; Zn=0,431; B=2,884; Mo=0,0883; Fe-EDTA=0,5 L. A fonte de ferro foi obtida através da dissolução de 24,1 g de sulfato de ferro em 400 mL de água e 25,1 g de Na-EDTA em 400 mL de água, misturando-se as duas soluções e completando-se o volume para 1,0 L, após efetuando-se borbulhamento de ar por 12 h no escuro, conforme Furlani & Furlani (1988). Os micronutrientes foram fornecidos na forma de solução concentrada (cinco vezes) dos sais em 200 mL de água, completando-se o volume para 1 L, após completa diluição. A partir da solução padrão variou-se a concentração de K para 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> através da adição de 262,4; 524,8 e 787,2 mg de KCl L<sup>-1</sup>, respectivamente.

A condutividade elétrica (CE) inicial das soluções com 276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> de K foi respectivamente 2,38; 2,72; 3,30 e 3,87 mS cm<sup>-1</sup>. O controle foi realizado a cada dois dias, sendo feita a reposição de 50% dos nutrientes sempre que a CE atingia 50% do valor inicial. O pH foi corrigido a cada dois dias para o valor de 6,0 ± 0,2 após completar o volume dos reservatórios com água. O controle da circulação das soluções foi efetuado com auxílio de temporizador programado para acionar a moto-bomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos, no período diurno (07:00-20:00h), e 15 minutos a cada intervalo de 2 h no período noturno.

Realizaram-se colheitas semanais, com a última efetuada para cada espécie em: 07 (*M. arvensis* fo. *piperascens*), 14 (*M. x gracilis*) e 21 de dezembro de 2004 (*M. x piperita* var. *citrata*). O ponto de colheita foi determinado pela floração conforme Duriyaprapan et al. (1986). Todavia, durante o período do experimento *M. x piperita* var. *citrata* não floresceu, fato este observado a campo apenas em março de 2005. As plantas coletadas foram separadas em raízes e parte aérea (hastes, folhas e flores). As flores foram acrescentadas junto às folhas devido à presença de óleo. As raízes não foram avaliadas por causa do entrelaçamento das plantas contíguas, inviabilizando sua correta separação. Das hastes e folhas determinou-se a fitomassa fresca. Após a pesagem das folhas retiraram-se discos foliares, com vazador de 0,020 dm<sup>2</sup> de área para determinação da área foliar. A seguir, acondicionaram-se as plantas em sacos de papel, levando-as à estufa de secagem com ventilação forçada de ar a 65°C, até massa constante. Também foi determinada a altura das plantas e a relação folha:haste em fitomassa fresca e seca.

Amostras de 100 g de folhas frescas foram utilizadas para extração do óleo essencial, em quatro repetições. O material foi acondicionado em sacos plásticos e armazenado em freezer (-15°C) até o momento da extração. A técnica utilizada foi a hidrodestilação em aparelho de Clevenger, por 2 horas, em balão volumétrico de 2 L. Os hidrolatos recolhidos com éter etílico foram levados a um funil de separação e submetidos à secagem com sulfato de sódio anidro. O sal foi removido por filtração simples e o solvente evaporado em rotavapor. O óleo resultante foi pesado para determinação do teor e rendimento estimado por planta e por hectare.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e interpretados por meio da análise de regressão, pelo método dos polinômios ortogonais para os efeitos principais e suas interações, selecionando-se o componente de maior grau

significativo. Utilizou-se o teste F a 1 e 5% de probabilidade para avaliação das equações polinomiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três espécies de *Mentha* estudadas, a interação entre doses de potássio (K) e idades da planta foi significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis: altura de planta, área foliar, fitomassa fresca e seca de folhas e de hastes. Em todas as colheitas observou-se incremento dessas variáveis. Para as mesmas, houve resposta quadrática de regressão em *M. arvensis* fo. *piperascens* e em *M. x piperita* var. *citrata*, enquanto *M. x gracilis* seguiu resposta linear. A relação folha:haste em fitomassa fresca e seca foi significativa somente para *M. x gracilis*.

### Altura de planta

A altura em *M. arvensis* fo. *piperascens* (Figura 1a) foi estatisticamente significativa em relação às concentrações de K para as idades a partir dos 48 dias, indicando que as doses estimadas de K para obtenção da altura máxima encontram-se entre 391,2 e 400,2 mg L<sup>-1</sup>. O desempenho foi semelhante para *M. x piperita* var. *citrata* (Figura 2a), cuja significância ocorreu a partir dos 34 dias, com as melhores doses de K estimadas entre 350,6 e 416,0 mg L<sup>-1</sup>. No entanto, *M. x gracilis* (Figura 3a) mostrou significância dos 41 dias em diante, com a altura das plantas durante o período de desenvolvimento, apresentando-se mais baixa naquelas que foram submetidas à maior concentração de K, evidenciando-se que concentrações de K acima da padrão influenciam negativamente o desenvolvimento dessa espécie, em decorrência do aumento na condutividade elétrica de 2,38 para 3,87 mS cm<sup>-1</sup> nas soluções mais concentradas, com elevação na pressão osmótica que interfere na absorção de nutrientes.

Valmorbida (2003), ao cultivar *M. piperita*, encontrou altura máxima de 101,94 cm nas plantas submetidas aos níveis de potássio de 58,50/117,00 mg L<sup>-1</sup> na solução hidropônica. Neste estudo, as maiores alturas do período experimentado correspondem a 122,50 (*M. arvensis* fo. *piperascens*), 116,13 (*M. x piperita* var. *citrata*) e 97,62 cm (*M. x gracilis*).

### Área foliar

Os dados de área foliar foram significativos a partir dos 41 dias de idade para as três espécies de *Mentha*, com as doses de K estimadas para máxima área foliar em *M. arvensis* fo. *piperascens* (Figura 1b) e em *M. x piperita* var. *citrata* (Figura 2b) variando de 398,3 a 417,8 mg L<sup>-1</sup> e de 375,5 a 414,4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, cujos valores máximos na última colheita foram 77,83 dm<sup>2</sup> e 97,74 dm<sup>2</sup>. A área foliar máxima de *M. x gracilis* (Figura 3b) aos 69 dias, na concentração de K de 276 mg L<sup>-1</sup> foi de 79,05 dm<sup>2</sup> apresentando redução de 40% com 690 mg L<sup>-1</sup> de K.

Houve incremento da área foliar em todas as colheitas, contudo verificou-se que o maior incremento dessa variável, aproximadamente 150%, aconteceu entre os 34 e 41 dias após o plantio de *M. arvensis* fo. *piperascens* e de *M. x piperita* var. *citrata*; para *M. x gracilis*, isso ocorreu entre os 27 e 34 dias e representou quase 80%, considerando a concentração de K de 276 mg L<sup>-1</sup>. O período compreendido entre a primeira e terceira colheitas correspondeu à época em que as plantas investiram mais na formação de superfície foliar para captação de luz e conseqüentemente na produção e acúmulo de fotoassimilados.

Valmorbida (2003) verificou que os diferentes níveis de K na solução hidropônica de *M. piperita* não interferiram na área foliar, tendo observado aos 114 dias de idade maior valor de área foliar de 63,12 dm<sup>2</sup>. Em *M. arvensis* cultivada em vasos com capacidade de 6 L e solução nutritiva completa, Maia (1998a) obteve área foliar de 45,11 dm<sup>2</sup>. Srivastava et al. (2003) constataram valor máximo de área foliar de 24,02 dm<sup>2</sup> para plantas de *M. arvensis* cv. Shivalik, cultivadas em solo, em casa de vegetação e colhidas aos 90 dias. Os resultados do presente trabalho foram bem superiores aos encontrados na literatura, devido às melhores condições experimentais.

### Fitomassa fresca de folhas, de hastes e relação folha:haste

A fitomassa fresca de folhas e de hastes mostrou-se significativa a partir dos 48 dias para *M. arvensis* fo. *piperascens* (Figura 1c-d) e *M. x piperita* var. *citrata* (Figura 2c-d) com as doses estimadas de K para a máxima produção de folhas e de hastes, variando respectivamente de 397,2 a 416,6 mg L<sup>-1</sup> e de 374,4 a 394,6 mg L<sup>-1</sup>

(*M. arvensis* fo. *piperascens*); de 328,7 a 425,0 mg L<sup>-1</sup> e de 307,6 a 413,4 mg L<sup>-1</sup> (*M. x piperita* var. *citrata*). Neste estudo, o maior acúmulo de fitomassa fresca de folhas e de hastes do período experimentado correspondeu respectivamente a 213,5 e 296,4 g (*M. arvensis* fo. *piperascens*) e a 328,9 e 373,1 g (*M. x piperita* var. *citrata*). Em *M. x gracilis* (Figura 3c-d) tanto a fitomassa fresca de folhas como a de hastes apresentaram-se mais baixas nas plantas submetidas a concentrações de K maiores que 276 mg L<sup>-1</sup>, a partir dos 48 dias para folhas, e a partir dos 41 dias para hastes; aos 69 dias houve acúmulo máximo de 343,2 g de folhas e 324,1 g de hastes. Nessa espécie, a relação entre essas variáveis (Figura 3e) foi linear crescente dos 41 até os 62 dias de idade, conforme o aumento na dose de K, com valor superior a 1,0. Srivastava et al. (2003) estudaram a relação folha:haste em cultivares de *M. arvensis*, por 90 dias, em casa de vegetação e verificaram valores entre 1,1 e 1,5 indicando que houve maior partição de biomassa para folha do que para haste. Os resultados com *M. x gracilis* deste trabalho concordam com os desses autores, ressaltando-se que é desejável um aumento na relação folha:haste, pois a indústria retira o óleo essencial das folhas, sendo estas as partes da planta de maior valor comercial.

Embora as primeiras doses de K na solução nutritiva tenham aumentado a produção de fitomassa fresca de folhas e de hastes, em *M. arvensis* fo. *piperascens* e *M. x piperita* var. *citrata* esse aumento foi proporcional entre as partes, pois a relação folha:haste em fitomassa fresca (Figura 1e, 2e) não foi influenciada pelo aumento da concentração do nutriente no meio, mantendo-se constante durante todo o período de desenvolvimento.

Verificou-se que, para as três espécies avaliadas, plantas mais altas produziram maior massa foliar, em função da idade. No entanto, na dose de K de 690 mg L<sup>-1</sup> todas as plantas foram menores, ocorrendo também diminuição da massa de folhas.

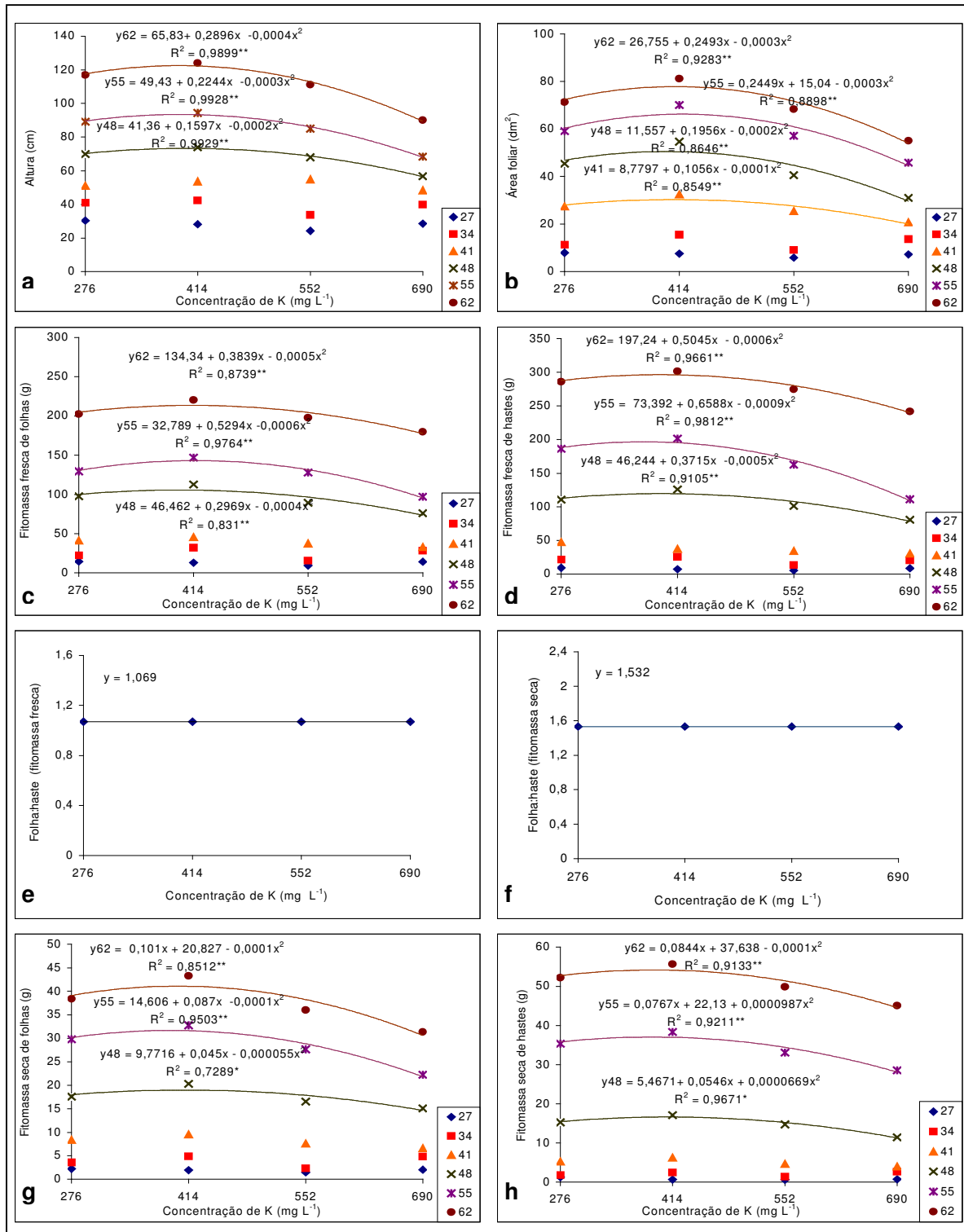
### **Fitomassa seca de folhas, de hastes e relação folha:haste**

A fitomassa seca, em *M. arvensis* fo. *piperascens*, foi significativa dos 48 aos 62 dias, com as doses estimadas para a máxima produção de folhas (Figura 1g) variando entre 392,3 e 409,35 mg L<sup>-1</sup>; e a de hastes (Figura 1h) entre 388,7 e 407,9 mg L<sup>-1</sup>, havendo aos 62 dias acúmulo de 41,1 g de folhas e 54,2 g de hastes secas.

Na *M. x piperita* var. *citrata* a fitomassa seca mostrou significância a partir dos 48 dias para folhas (Figura 2g) e a partir dos 55 dias para hastes (Figura 2h), variando a dose para máxima produção, respectivamente de 364,7 a 434,9 mg L<sup>-1</sup> e de 328,2 a 396,5 mg L<sup>-1</sup>, acumulando aos 76 dias de idade 61,8 g de folhas e 67,1 g de hastes. Na *M. x gracilis* a fitomassa seca de folhas (Figura 3g) e a de hastes (Figura 3h) foram significativamente mais baixas, a partir dos 48 dias, nas doses com maior concentração de K, no entanto a melhor dose (276 mg L<sup>-1</sup>) proporcionou 74,6 g de folhas e 58,9 g de hastes. De maneira semelhante à fitomassa fresca, a relação entre essas variáveis secas (Figura 3f) foi significativa linearmente dos 41 aos 55 dias, aumentando conforme o aumento na dose de K.

Da mesma forma como ocorreu com a relação folha:haste para fitomassa fresca, a relação de folha:haste para fitomassa seca, em *M. arvensis* fo. *piperascens* (Figura 1f) e *M. x piperita* var. *citrata* (Figura 2f) não foi influenciada pelas concentrações crescentes de K no meio. Segundo Duriyaprapan et al. (1986) em plantas de *M. arvensis*, cultivadas em câmara de crescimento, em vasos e colhidas aos 94 dias, houve rendimento de fitomassa seca de folhas de 13,1 g e de hastes de 27,8 g, enquanto os resultados obtidos nesta pesquisa foram superiores aos desses autores, provavelmente devido ao sistema hidropônico utilizado.

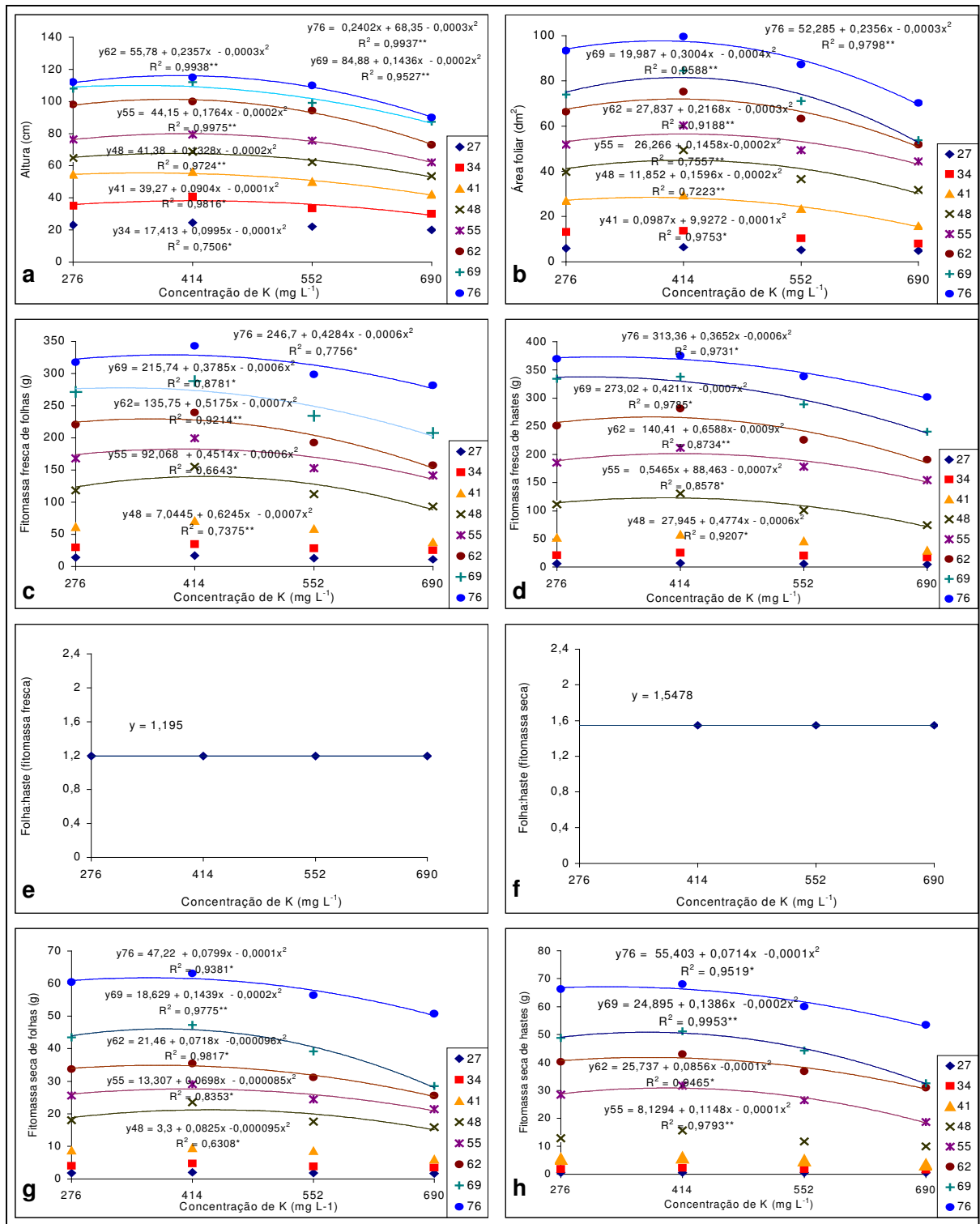




**Figura 1-** Altura (a), área foliar (b), fitomassa fresca de folhas (c), fitomassa fresca de hastes (d), folha:haste em fitomassa fresca (e), folha:haste em fitomassa seca (f), fitomassa seca de folhas (g), fitomassa seca de hastes (h) obtidos em função da concentração de K nas soluções hidropônicas e das idades de colheita (27, 34, 41, 48, 55, 62 dias) de *Mentha arvensis* fo. *piperascens*.

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

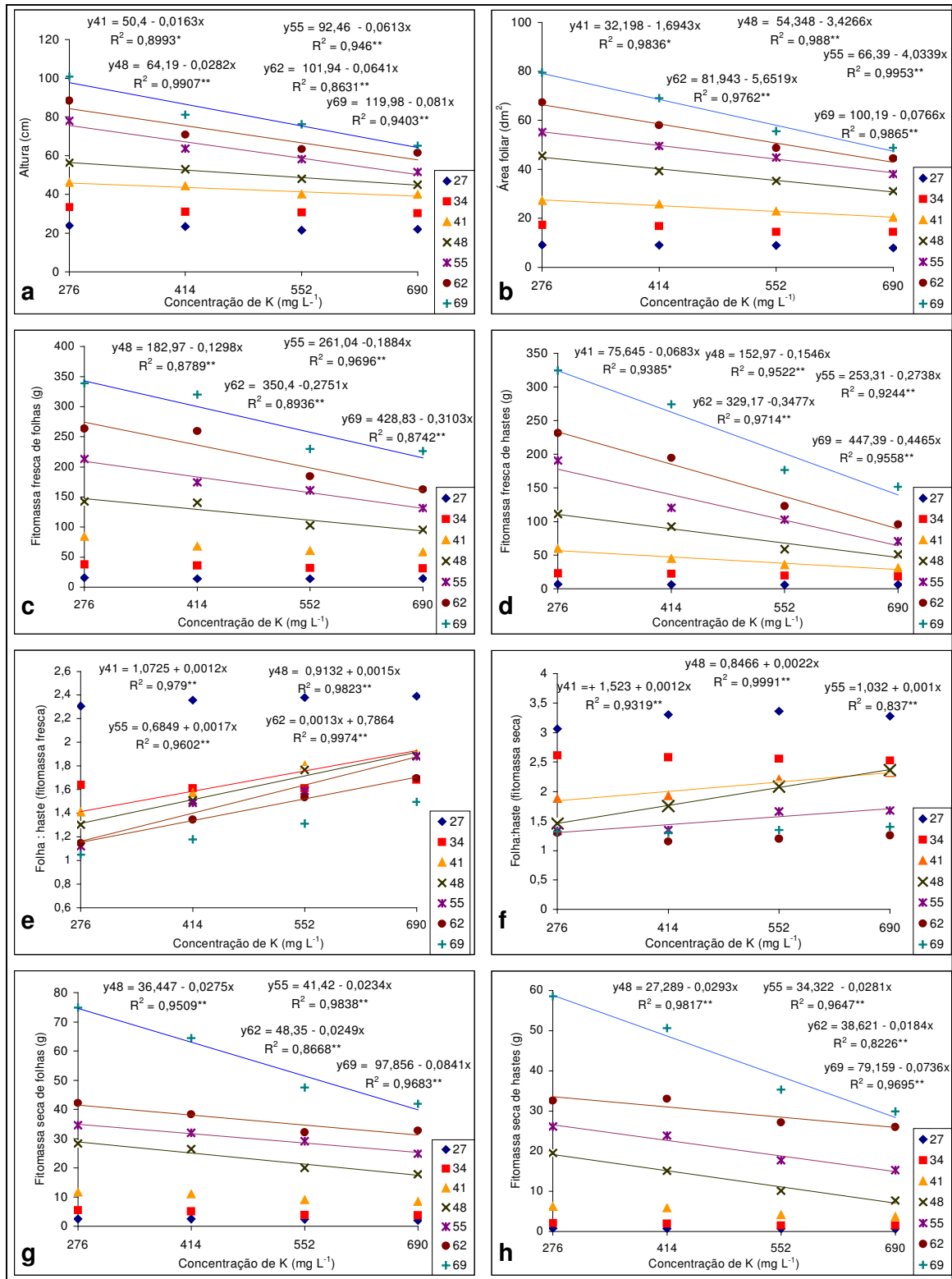
\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F



**Figura 2-** Altura (a), área foliar (b), fitomassa fresca de folhas (c), fitomassa fresca de hastes (d), folha:haste em fitomassa fresca (e), folha:haste em fitomassa seca (f), fitomassa seca de folhas (g), fitomassa seca de hastes (h) obtidos em função da concentração de K nas soluções hidropônicas e das idades de colheita (27, 34, 41, 48, 55, 62, 76 dias) de *Mentha x piperita* var. *citrata*.

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F



**Figura 3-** Altura (a), área foliar (b), fitomassa fresca de folhas (c), fitomassa fresca de hastes (d), folha:haste em fitomassa fresca (e), folha: haste em fitomassa seca (f), fitomassa seca de folhas (g), fitomassa seca de hastes (h) obtidos em função da concentração de K nas soluções hidropônicas e das idades de colheita (27, 34, 41, 48, 55, 62, 69 dias) de *Mentha x gracilis*.

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

## Óleo essencial

O teor do óleo essencial das plantas foi afetado pela variação do K em todas as concentrações ( $P < 0,01$ ), conforme as respectivas equações de regressão ajustadas para cada espécie:  $y = 0,6030 + 0,000676x$ ,  $R^2 = 0,9400$  (*M. arvensis* fo. *piperascens*);  $y = 0,4684 + 0,0010638x$ ,  $R^2 = 0,9675$  (*M. x piperita* var. *citrata*) e  $y = 0,5775 + 0,0008909x$ ,  $R^2 = 0,9928$  (*M. x gracilis*). O aumento na concentração de K promoveu aumento no teor do óleo para as três espécies de *Mentha* avaliadas (Tabela 1). As doses estimadas de K em  $\text{mg L}^{-1}$  para ótima produtividade de folhas frescas, segundo equações de regressão das figuras 1c, 2c e 3c, correspondem a  $412 \text{ mg L}^{-1}$  (*M. arvensis* fo. *piperascens*),  $384 \text{ mg L}^{-1}$  (*M. x piperita* var. *citrata*) e  $276 \text{ mg L}^{-1}$  (*M. x gracilis*), rendendo respectivamente em óleo essencial o equivalente a  $1,88 \text{ g planta}^{-1}$  ( $188 \text{ kg ha}^{-1}$ );  $2,89 \text{ g planta}^{-1}$  ( $289 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e  $2,85 \text{ g planta}^{-1}$  ( $285 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

**Tabela 1-** Rendimento de fitomassa fresca de folhas, teor e rendimento do óleo essencial de três espécies de *Mentha* cultivadas em diferentes concentrações de K na solução hidropônica, UFSM, Santa Maria, RS. 2004.

Concentração de K ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Fitomassa fresca ( $\text{g planta}^{-1}$ )	Óleo essencial*	
		Teor (%)	Rendimento ( $\text{g planta}^{-1}$ )
<i>Mentha arvensis</i> L. fo. <i>piperascens</i> Holmes			
276	204,8	0,79	1,62
412**	213,5	0,88	1,88
414	213,5	0,88	1,88
552	204,4	0,98	2,00
690	177,7	1,07	1,90
C.V. (%)	7,32	9,61	
<i>Mentha x piperita</i> var. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq.			
276	322,5	0,76	2,45
384**	329,0	0,88	2,89
414	328,5	0,91	2,99
552	313,3	1,05	3,29
690	276,8	1,20	3,32
C.V. (%)	8,86	7,90	
<i>Mentha x gracilis</i> Sole			
276**	343,2	0,83	2,85
414	300,4	0,95	2,85
552	257,6	1,07	2,76
690	214,8	1,19	2,56
C.V. (%)	13,75	11,20	

\*Extraído a partir de amostras de 100 g de folhas frescas.

\*\*Dose estimada para obtenção da máxima produção de fitomassa fresca de folhas.

Um teor elevado de óleo por si só pode não ter interesse agrícola, pois plantas que produzam muito óleo, porém com baixa produção de folhas, resultarão

em baixo rendimento de óleo por área. É o caso de *M. x gracilis* que apesar de suas folhas apresentarem maior teor de óleo na dose de K de 690 mg L<sup>-1</sup>, a produção de folhas foi reduzida, resultando em menor rendimento de óleo por planta (2,56 g planta<sup>-1</sup>) e seu equivalente por hectare (256 kg ha<sup>-1</sup>). Por outro lado, observou-se que apenas em *M. x piperita* var. *citrata* a maior dose de K promoveu maior rendimento de óleo, isto é, 15% acima da dose ótima. Maia (1998b) em cultivo hidropônico de *M. arvensis*, colhida aos 68 dias após o plantio, obteve aumento significativo no teor de óleo essencial (1,45%) e produção de óleo por vaso (1 g vaso<sup>-1</sup>) na solução de 468 mg de K L<sup>-1</sup>, com incremento na produção de parte aérea. Todavia, em estudo com *M. piperita* aos 105 dias após transplante, Valmorbidia (2003) encontrou rendimento de 147 L ha<sup>-1</sup> de óleo em plantas cultivadas em solução hidropônica com nível de K de 117/234 mg L<sup>-1</sup>, porém com a diminuição na concentração de K para 58,50/117 mg L<sup>-1</sup>, houve aumento no teor de óleo (176 L ha<sup>-1</sup>) e na fitomassa fresca (66 toneladas ha<sup>-1</sup>), contrariando os resultados do presente trabalho.

A concentração de metabólitos secundários, segundo Tuomi et al. (1991), utilizados para defesa do vegetal tende a ter uma concentração inversa às taxas de crescimento, por ser este o “custo da defesa” das plantas, com o desvio de substâncias que poderiam gerar açúcares, proteínas e gorduras para produção de metabólitos secundários. Charles et al. (1990) constataram aumento linear no conteúdo de óleo por folha, de 44,0 para 70,8 µL g<sup>-1</sup> de matéria seca, com diminuição exponencial de área foliar e biomassa de parte aérea, quando plantas de *M. piperita* foram submetidas a níveis aumentados de estresse osmótico. Embora no presente estudo não tenha sido medido o potencial osmótico das soluções, verificou-se redução no crescimento das plantas, provavelmente pelo excesso de aplicação de KCl no meio, conforme aumento da condutividade elétrica de 2,38 na solução padrão, para 3,87 mS cm<sup>-1</sup> na solução com maior concentração de K. Esses mesmos autores ainda relatam que folhas produzidas por plantas cultivadas com altos níveis de estresse osmótico podem ter alta densidade de glândulas de óleo, como produto do estresse induzido pela redução da área foliar. E, além disso, citam que a redução no crescimento, induzida pelo mais baixo potencial osmótico pode ter resultado em novo padrão de partição de reservas, proporcionando esqueletos carbônicos para biossíntese e acumulação de terpenóides. Pelos valores obtidos

neste trabalho supõe-se que também tenha havido aumento na quantidade de glândulas de óleo, concordando com as afirmações desses autores.

## CONCLUSÃO

O valor máximo da concentração de K, nas soluções hidropônicas, afeta negativamente o crescimento e a acumulação de fitomassa em plantas de *Mentha*, porém proporciona aumento no teor de óleo essencial por planta. Nas colheitas consecutivas observa-se aumento no crescimento das espécies. As plantas de *M. arvensis* fo. *piperascens* e *M. x piperita* var. *citrata* acumulam mais fitomassa de hastes do que de folhas, o contrário ocorrendo com *M. x gracilis*, que além disso apresenta maior produção equivalente de óleo por hectare, na concentração padrão de K. As concentrações de K sugeridas para o bom crescimento de *Mentha*, em cultivo hidropônico, encontram-se na faixa entre 276 e 414 mg L<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C. Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2, 2004, São Pedro, SP. **Anais...**Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005.
- BROWN, B. et al. The critical role of nutrient management in mint production. **Better Crops**, v. 87, n. 4, p. 9-11, 2003.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo – hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.
- CHARLES, D. J.; JOLY, R. L.; SIMON, J. E. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. **Phytochemistry**, v.29, n.9, p.2837-2840, 1990.
- DURIYAPRAPAN, S. B.; BRITTEN, E. J.; BASFORD, K. E. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of Japanese mint. **Annals of Botany**, v. 58, n. 5, p. 729-736, 1986.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas.**

Campinas: Instituto Agrônomo, 1988. 34p.

HÖMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2, 2004, São Pedro, SP. **Anais...**Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005.

KOTHARI, R. The indian essential oil industry. **Perfumer and flavorist**, v. 30, p.46-50, 2005.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. p.246-251.

MAIA, N. B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: MING, L. C. **Plantas Mediciniais Aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica.** Botucatu: UNESP, 1998a. p.81-95.

MAIA, N. B. **Produção e qualidade do óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em soluções nutritivas.** 1998. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998b.

MAIRAPETYAN, S. K. Aromatic plant culture in open-air hidroponics. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 502, p.33-41, 1999.

MALAVOLTA, E. Potássio, absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2, 2004, São Pedro, SP. **Anais...**Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005.

MARSCHNER, H.; CAKMAK, I. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zink, potassium and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 134, p.308-315,1989.

PAULUS, D. et al. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.1, p.34-42, 2004.

SANTOS, O. S. (Ed.). **Cultivo sem solo: hidroponia.** Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.

SINGH, A. K. et al. New practices in the cultivation of the mint, *Mentha arvensis* in the Indo-Gangetic plains. **Experimental Agriculture**, v.39, p.199-207, 2003.

SINGH, V. P. et al. Response of mint species to nitrogen fertilization. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.113, p.267-271, 1989.

SRIVASTAVA, N. K.; MISRA, A.; SHARMA, S. Variation among commercial cultivars of japanese mint (*Mentha arvensis* L.) in the morphological and metabolite characteres associated with essential oil yield. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 78, n. 2, p. 154-60, 2003.

TUOMI, J.; FAGERSTRÖM, T.; NIEMELÄ, P. Carbon allocation, phenotypic plasticity and induced defences. In: TALLAMY, D. W. & RAUPP, M. J. **Phytochemical induction by herbivores**. New York: John Wiley, 1991. p.85-104.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.



## CAPÍTULO 2

### **Produção de folhas, teor e qualidade do óleo essencial de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes) cultivada em hidroponia<sup>1</sup>**

#### **RESUMO**

O óleo essencial de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L.) e seus componentes são úteis na indústria de medicamentos, cosméticos, alimentos e aromatizantes. Os nutrientes minerais são fundamentais para o crescimento e produção de óleos essenciais. O controle no fornecimento dos nutrientes às plantas pode ser realizado por meio da hidroponia. Este trabalho objetivou avaliar a produção de fitomassa de folhas, o teor e a composição química do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, cultivada em quatro doses de potássio (K) nas soluções hidropônicas (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>). O experimento foi conduzido no sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), no período de outubro a dezembro de 2004, no Núcleo de pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Empregou-se delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Estacas de plantas matrizes enraizaram em espuma fenólica, por 20 dias em berçário e a seguir foram transferidas para bancadas de produção final com espaçamento de 0,25 x 0,40 m. A colheita ocorreu aos 42 dias após transplante, no início da floração. As folhas foram retiradas e pesadas para determinação de matéria fresca, sendo acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em freezer até o momento da extração do óleo em aparelho de Clevenger. As análises de constituição química do óleo foram realizadas em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massa. As doses de K alteraram a matéria fresca de folhas, o teor e a composição química do óleo essencial. A dose de K estimada para máximo rendimento de folhas frescas (213,5 g planta<sup>-1</sup>) foi igual a 412 mg L<sup>-1</sup>. O teor de óleo aumentou com o acréscimo de K na solução hidropônica. A concentração de mentol no óleo foi maior (71,2 %) nas plantas submetidas à maior dose de K, ocorrendo o contrário com alfa-pineno (0,17%), beta-pineno (0,23%), limoneno (1,00%), mentona (13,83%) e acetato de mentila (0,63%).

**Palavras-chave:** Menta, Lamiaceae, mentol, fitomassa, planta medicinal.

---

<sup>1</sup> Artigo aceito para publicação na Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v.9, n.4, 2007.

## **Production of leaves, essential oil content and quality of Japanese mint (*Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes) grown under hydropony**

### **ABSTRACT**

The essential oil of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) and its components are useful in the industry of medicines, cosmetics, food and aromatizings. The mineral nutrients are fundamental for the plants growth and essential oils production. The control of nutrients release to plants may be performed through hydroponics. This work aimed to evaluate the production of leaves' fresh matter, the content and chemical composition of essential oil of *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, in hydroponic culture with four potassium (K) levels in the solutions (276, 414, 552, e 690 mg L<sup>-1</sup>). The experiment was carried out using the NFT (Nutrient Film Technique) from October to December 2004, at the Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia of the Universidade Federal de Santa Maria, RS. A completely randomized design was used with five replications. Stakes of matrix plants rooted in phenolic foam for 20 days a nursery, being then transferred to final production benches where plants were spaced 0,25 x 0,40. Harvesting occurred at 42 days after transplanting, at the beginning of flowering. Leaves were separated and weighted to determine fresh matter, being placed in plastic bags and kept in a freezer up till the moment of oil extraction in a Clevenger apparatus. The analyses of oil chemical constitution were performed in gas chromatography connected to a mass spectrometer. The K levels affected leaves fresh matter, the content and chemical composition of the essential oil. The K level estimated for maximum fresh leaves yield (213,5 g plant<sup>-1</sup>) corresponded to 412 mg L<sup>-1</sup>. Oil content increased with the addition of K in the hydroponic solution. Menthol concentration in the oil was higher (71,20%) in those plants submitted to the highest K level, the reverse occurring with alpha-pinene (0,17%), betha-pinene (0,23%), limonene (1,00%), menthone (13,83%) and menthyl acetate (0,63%).

**Keywords:** Menta, Lamiaceae, menthol, phytomass, medicinal plant.

## INTRODUÇÃO

A defesa contra ataque de herbívoros e patógenos é importante função biológica atribuída a metabólitos secundários como os óleos essenciais, compostos terpenóides, resultantes do metabolismo secundário. O acúmulo de óleos essenciais na família Lamiaceae está associado à presença de estruturas secretoras especializadas, conhecidas como tricomas glandulares, encontrados em especial em folhas e cálices florais (Lawrence, 1992). O acúmulo de mentol e mentona, como constituintes monoterpênicos majoritários do óleo essencial, tem sido relatado para os grupos *Spicatae* e *Verticillatae* da secção *Mentha* do gênero *Mentha*. *Mentha arvensis* L. forma *piperascens* Holmes, conhecida como hortelã-japonesa, pertence ao grupo *Verticillatae*, com distintos quimiotipos que são controlados geneticamente (Kokkini, 1992).

Os óleos essenciais das mentas e seus componentes são amplamente empregados em produtos aromatizantes de uso oral, tais como cremes dentais, anti-sépticos bucais, antiácidos, pastilhas refrescantes, gomas de mascar, licores, aditivos para cremes alimentícios e em cigarros (Mosciano, 2005). Também servem à confecção de sabonetes, loções, cremes de barbear, perfumes e medicamentos. Sua ampla aplicação explica porque a menta é a terceira preferência mundial como flavorizante, superada somente pelas essências de baunilha e de *Citrus*.

A produção mundial de óleo de menta, rico em mentol, é estimada em 20.000 toneladas. Índia, China, Brasil, Japão, França e Estados Unidos são os maiores produtores mundiais do óleo essencial rico em mentol, sendo que a Índia contribui com 70% do volume desta produção (Srivastava et al., 2002). Geralmente, os procedimentos para realizar o controle de qualidade de matérias-primas vegetais ricas em óleos voláteis estão codificados em farmacopéias (World Health Organization, 1998). Esse óleo está presente na Farmacopéia Brasileira II (1959) e na Farmacopéia dos Estados Unidos (The United States Pharmacopeia, 1980), que preconiza teor mínimo de mentol em 42%, de mentona entre 25 e 40% e de acetato de mentila entre 3 e 17%.

Os nutrientes minerais são fundamentais para o crescimento das plantas e produção de óleos essenciais em *Mentha* (Brown et al., 2003). O potássio (K) é, geralmente, o nutriente mais abundante em todas as culturas, está presente nos tecidos em grande parte nas formas solúveis em água e interfere em vários

processos fisiológicos fundamentais, tais como: extensão celular, ativação enzimática, fotossíntese, translocação de fotossintatos para partes em crescimento, manutenção do turgor e aumento da tolerância a estresses. O íon  $K^+$  tem intensa mobilidade no xilema e floema, possibilitando a regulação do balanço interno, desde que sua absorção seja eficiente (Malavolta, 2006).

Os nutrientes essenciais podem ser fornecidos por meio das soluções hidropônicas, permitindo rápido crescimento e produção de matéria-prima de qualidade. Além disso, o ambiente protegido possibilita o controle do desenvolvimento das plantas e da solução nutritiva durante o cultivo (Santos, 2000). Mairapetyan et al. (1999) mostrou que plantas aromáticas crescendo em sistema hidropônico podem produzir até seis vezes mais óleo essencial do que em sistemas convencionais de cultivo. A ausência de solo e o cultivo protegido reduzem muito o uso de defensivos agrícolas, oferecendo ao consumidor produtos de melhor qualidade.

Os trabalhos de produção de *Mentha* em hidroponia são escassos (Maia et al., 2001; Valmorbida, 2003; Paulus et al., 2004) e pouco se conhece sobre a influência de nutrientes no teor e composição química dos óleos essenciais. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a produção de matéria fresca de folhas, o teor e a composição química do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, cultivada em diferentes concentrações de potássio nas soluções hidropônicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no período compreendido entre outubro e dezembro de 2004, na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, no Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH), em casa de vegetação do tipo arco pampeano, de 250 m<sup>2</sup> de área, com filme plástico de polivinilclorídrico (PVC) de 200 µm de espessura na cobertura e fechamento das laterais e portas.

As mudas de *M. arvensis* fo. *piperascens* foram obtidas a partir de estacas caulinares, de 4 cm de comprimento e quatro folhas, enraizadas em espuma fenólica por 20 dias em berçário, quando foram transplantadas para bancadas de produção final, com espaçamento dentro dos canais de cultivo igual a 0,25 m e 0,40 m entre os canais, correspondendo à densidade de 10 plantas m<sup>-2</sup>.

Exsicata da espécie encontra-se depositada no Herbário da Universidade de Cruz Alta, RS (UNICRUZ), sob nº 1077, com a determinação feita pelo Dr. Ray Harley do Royal Botanic Gardens, Kew, Inglaterra.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram estudadas quatro concentrações de K (tratamentos) na solução nutritiva (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>), empregando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT). A solução nutritiva padrão (276 mg L<sup>-1</sup>) foi calculada a partir dos dados de produção de matéria seca e da quantidade de nutrientes extraídos por *M. arvensis*, obtidos por Paulus et al. (2004). Na produção de mudas, essa solução foi diluída a 50%. Para seu preparo utilizaram-se as seguintes doses de nutrientes (mg L<sup>-1</sup>): K=276; N=211,4; P=30,35; Ca=71,34; Mg=32,56; S=40,72; Mn=6,084; Cu=0,075; Zn=0,431; B=2,884; Mo=0,0883. Foi utilizado 0,5 L de Fe-EDTA obtido conforme recomendação de Furlani & Furlani (1988). Os micronutrientes foram fornecidos na forma de solução concentrada (cinco vezes) dos sais em 200 mL de água, completando-se o volume para 1 L, após completa diluição. A partir da solução padrão variou-se a concentração de K para 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> por meio da adição de KCl.

A condutividade elétrica (CE) inicial das soluções com 276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> de K foi respectivamente 2,38; 2,72; 3,30 e 3,87 mS cm<sup>-1</sup>. O controle foi realizado a cada dois dias, sendo feita a reposição de 50% dos nutrientes sempre que a CE atingia 50% de seu valor inicial. O pH foi corrigido a cada dois dias para o valor de 6,0 ± 0,2 após completar o volume dos reservatórios com água. O controle da circulação das soluções foi efetuado com auxílio de temporizador programado para acionar a moto-bomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos, no período de 07:00 às 20:00h e 15 minutos a cada intervalo de 2 h, a seguir.

Realizou-se a colheita das plantas aos 42 dias após transplante, em dezembro de 2004, quando atingiram o início de floração, período referido na literatura (Duriyaprapan et al., 1986) como sendo o de maior teor de óleo essencial. As folhas foram retiradas e pesadas para determinação de sua matéria fresca, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em freezer até o momento da extração do óleo. Amostras de 100 g de folhas, em quatro repetições, foram usadas para destilação em aparelho de Clevenger por 2 h. O óleo essencial obtido, separado da água e seco com Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foi pesado para determinação de seu teor e rendimento, estimado por planta e por hectare.

A constituição química do óleo essencial foi avaliada em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massa (CG-EM Shimadzu, QP-5000), da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Utilizou-se coluna capilar de sílica fundida DB<sub>5</sub> (25 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O injetor foi programado para 220°C e o programa de temperatura da coluna operou de 60-300°C a 3°C min<sup>-1</sup>. Hélio foi utilizado como gás de arraste à pressão de 80 kPa e velocidade linear de 1 ml min<sup>-1</sup>. A composição percentual foi obtida por integração eletrônica utilizando o software CR10 (Shimadzu) e detector de ionização de chama (DIC, 250°C). A identificação dos constituintes foi efetuada por comparação de seus respectivos espectros de massas e índices de retenção com amostras autênticas e dados obtidos na literatura (Adams, 2001) e ainda por comparação com espectros de massas registrados em banco de dados como NIST 12 e NIST 62 (National Institute of Standards and Technology).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e interpretados por meio de análise de regressão, utilizando-se teste F a 1 e 5% de probabilidade de erro para avaliação das equações polinomiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matéria fresca de folhas (g planta<sup>-1</sup>) e o teor de óleo essencial (g 100 g<sup>-1</sup> folhas frescas) em *M. arvensis* fo. *piperascens*, colhida aos 42 dias após transplante, foram influenciados significativamente ( $P < 0,01$ ) pelas concentrações de K (Tabela 1). A dose estimada de K para a máxima produtividade de folhas frescas, de acordo com a equação de regressão  $y = 134,34 + 0,3839x - 0,000465x^2$  ( $R^2 = 0,87$ ), foi de 412 mg L<sup>-1</sup>. O teor de óleo essencial aumentou com o acréscimo de K na solução hidropônica, segundo a equação de regressão  $y = 0,6030 + 0,000676x$  ( $R^2 = 0,94$ ), alcançando 1,07 g para cada 100 g de folhas frescas na dose de 690 mg L<sup>-1</sup>. Por outro lado, essa dose foi excessiva para produção de folhas e ocasionou o menor rendimento de matéria fresca, que foi de 177,7 g planta<sup>-1</sup>. Essa concentração estimulou as plantas à produção de mais óleo como defesa. Esse comportamento é confirmado pelo rendimento apresentado pelas plantas submetidas a 552 mg L<sup>-1</sup> de K (2,00 g planta<sup>-1</sup>). Os resultados deste trabalho concordam com Tuomi et al. (1991) que afirmam que a concentração de metabólitos secundários utilizados para defesa do vegetal tende a apresentar concentração inversa às taxas de crescimento. As

plantas desviam substâncias do metabolismo primário, que poderiam gerar açúcares, proteínas e gorduras e que fornecem energia para o crescimento, a fim de produzir metabólitos secundários, como os terpenóides, em resposta a fatores externos, que neste caso foi a exposição da cultura a doses crescentes de K, pelo acréscimo de KCl no meio.

**Tabela 1-** Rendimento de matéria fresca de folhas, teor e rendimento de óleo essencial de *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes cultivada em diferentes concentrações de K na solução hidropônica. UFSM, Santa Maria, RS. 2004.

Concentração de K (mg L <sup>-1</sup> )	Fitomassa fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Óleo essencial*	
		Teor (%)	Rendimento (g planta <sup>-1</sup> )
276	204,8	0,79	1,62
414	213,5	0,88	1,88
552	204,4	0,98	2,00
690	177,7	1,07	1,90
Coeficiente de variação (%)		7,32	9,61

\*Extraído a partir de amostras de 100 g de folhas frescas.

Devido ao amplo uso de produtos derivados dos óleos essenciais das mentas e à influência de fatores agrônômicos no rendimento e na composição desses óleos, alguns estudos têm sido desenvolvidos. Avaliando *M. arvensis* em cultivo hidropônico, Paulus et al. (2004) obtiveram teor de óleo de 0,60%, em solução contendo 299 mg L<sup>-1</sup> de K, enquanto Maia et al. (2001) conseguiram o melhor teor de óleo essencial (1,45%) em solução com 468 mg L<sup>-1</sup> de K, mostrando que as soluções nutritivas para a espécie devem ser mais concentradas em K, conforme constatado no presente estudo.

Na Índia, em cultivo a campo de *M. arvensis*, a colheita de plantas frescas proporcionou rendimento de fitomassa de parte aérea, reportado por Gupta (1995), de 30 toneladas ha<sup>-1</sup> e de óleo essencial de 150 kg ha<sup>-1</sup>. Já Rao (1999) conseguiu rendimento de fitomassa entre 42,5 e 63,5 toneladas ha<sup>-1</sup> e de óleo essencial de 196 a 271 kg ha<sup>-1</sup>. Srivastava et al. (2002) encontraram rendimento de fitomassa de folhas de 16,5 toneladas ha<sup>-1</sup> e 114 kg de óleo essencial ha<sup>-1</sup>. No presente trabalho, o máximo rendimento equivalente obtido de fitomassa de parte aérea foi de 52,5 toneladas ha<sup>-1</sup>, de fitomassa de folhas, 21,3 toneladas ha<sup>-1</sup> e de óleo essencial entre 188 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, indicando ótima produtividade em hidroponia.

O óleo de *M. arvensis* fo. *piperascens* obtido por destilação apresentou coloração levemente amarelada e intenso odor refrescante. Revelou na análise

cromatográfica 21 constituintes identificados, que na média corresponderam a 97,95% do total dos encontrados. Pela comparação dos dados da Tabela 2, verificam-se diferenças quantitativas ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) na composição do óleo essencial das amostras examinadas. Os componentes majoritários encontrados foram mentol com 57,13 a 71,20% e mentona com 13,83 a 26,47%. Outros componentes que apresentaram significância ( $P < 0,05$ ) são alfa-pineno com 0,17 a 0,43%, beta-pineno com 0,23 a 0,57%, limoneno com 1,00 a 2,30% e acetato de mentila com 0,63 a 1,17%. Foram detectados traços ( $< 0,1\%$ ) de 3-octanol, (Z)-beta-ocimeno, (E)-beta-ocimeno, carvonatacetona e biciclogermacreno em todas as amostras.

**Tabela 2-** Composição química do óleo essencial (%) obtida em CG-EM, de *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes cultivada em solução nutritiva com diferentes doses de potássio, colhida aos 42 dias após transplante. tr = traços ( $< 0,1\%$ )

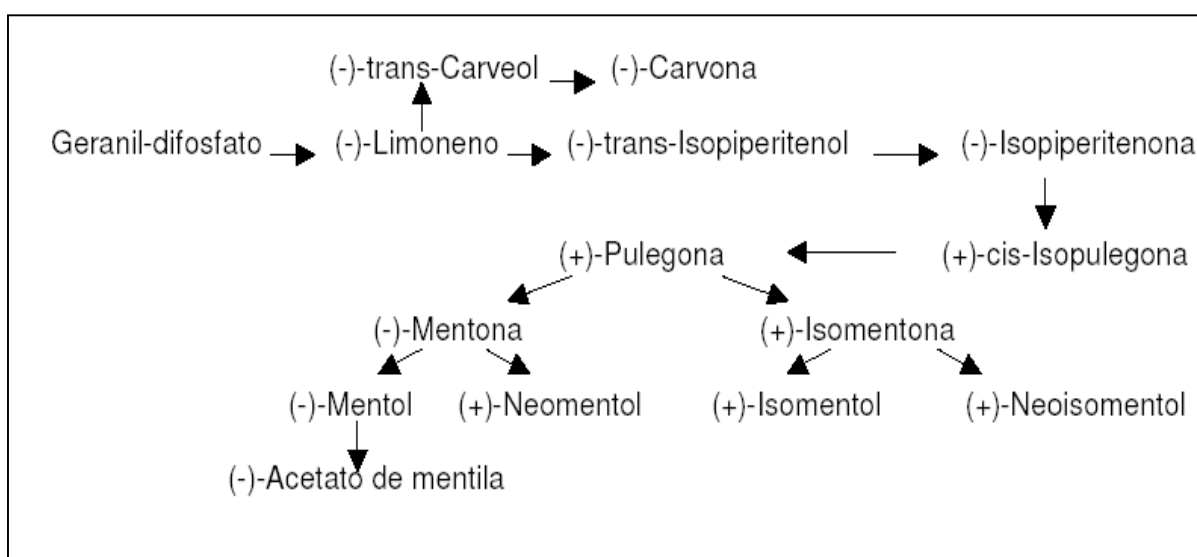
Componente (%)	Dose de K ( $\text{mg L}^{-1}$ )				Média
	276	414	552	690	
Alfa-pineno*	0,43	0,37	0,23	0,17	0,30
Sabineno <sup>ns</sup>	0,23	0,37	0,20	0,23	0,26
Beta-pineno*	0,57	0,40	0,27	0,23	0,37
Mirceno <sup>ns</sup>	0,33	0,30	0,33	0,40	0,34
3-octanol	tr	tr	tr	tr	-
Limoneno*	2,30	1,77	1,27	1,00	1,58
1,8-cineol <sup>ns</sup>	0,13	0,10	0,13	0,10	0,12
(Z)-beta-ocimeno	tr	tr	tr	tr	-
(E)-beta-ocimeno	tr	tr	tr	tr	-
Linalol <sup>ns</sup>	0,13	0,23	0,17	0,13	0,17
Mentona**	26,47	23,93	19,97	13,83	21,05
Iso-mentona <sup>ns</sup>	5,90	6,40	5,67	5,80	5,94
Mentol*	57,13	60,20	65,30	71,20	63,46
Alfa-terpineol <sup>ns</sup>	0,10	0,10	0,13	0,13	0,12
Pulegona <sup>ns</sup>	0,27	0,23	0,37	0,30	0,29
Carvotanacetona	tr	tr	tr	tr	-
Piperitona <sup>ns</sup>	1,53	1,63	1,33	1,30	1,45
Acetato de mentila*	1,17	1,07	0,57	0,63	0,86
Beta-cariofileno <sup>ns</sup>	0,70	0,63	0,77	0,60	0,67
Germacreno D <sup>ns</sup>	1,03	0,93	1,00	0,93	0,97
Biciclogermacreno	tr	tr	tr	tr	-
Total identificado	98,42	98,66	97,71	96,98	97,95

\*, = significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente; <sup>ns</sup> = não significativo.

A biossíntese e a acumulação do óleo resulta de uma complexa integração de diferentes rotas metabólicas, que requer contínua produção de precursores, seu transporte e translocação para o sítio ativo de síntese (Srivastava et al., 2003) que corresponde às glândulas de óleo. Os monoterpenos são os principais componentes do óleo da família Lamiaceae, cuja *Mentha x piperita* L. é considerada planta modelo



para estudo do seu metabolismo (Phatak & Heble, 2002; Scavroni et al., 2005). A taxa de monoterpenos acumulados nas glândulas de óleo ao longo do desenvolvimento da folha parece refletir diretamente o balanço relativo entre as taxas de enzimas chaves biossintéticas: GPP sintase e limoneno ciclase (McGarvey & Croteau, 1995). Limoneno, precursor chave dos principais monoterpenos de *Mentha* origina-se do geranyl-difosfato (GPP). A partir do limoneno por sucessivas reações enzimáticas (Figura 1) forma-se pulegona que pode formar mentona, isomentona, neomentol, isomentol, neoisomentol, mentol e, por esterificação, acetato de mentila (Croteau et al., 2000). Baseado nisso, as condições às quais plantas de *M. arvensis* fo. *piperascens* foram submetidas favoreceram a formação de mentol e mentona, pela diminuição do limoneno com o aumento da concentração de K na solução hidropônica.



**Figura 1-** Rota biossintética dos componentes do óleo essencial de *Mentha* (Croteau et al., 2000).

O teor de mentol (71,20%) no óleo foi maior nas plantas submetidas à maior dose de K, ocorrendo o contrário com alfa-pineno (0,17%), beta-pineno (0,23%), limoneno (1,00%), mentona (13,83%) e acetato de mentila (0,63%), conforme pode ser constatado pelas equações de regressão da Tabela 3. Tais dados sugerem que o K provavelmente tenha interferido em enzimas da rota metabólica, que levam à conversão de compostos intermediários até mentol. Maia et al. (2001), utilizando solução nutritiva de Sarruge, com modificações, obtiveram na solução com 468 mg L<sup>-1</sup> de K, teores de 82,70% de mentol, 5,99% de mentona, 0,29% de alfa-pineno,

0,31% de beta-pineno, 0,67% de limoneno e 4,36% de acetato de mentila. Neste estudo os resultados foram similares aos encontrados por esses autores.

Por outro lado, Valmorbida (2003) testando a solução nº 2 de Hoagland e Arnon e variando o nível de K, pela redução de 50 e 75% de sua concentração, constatou que não houve efeito sobre o teor e a constituição química do óleo essencial de *M. x piperita*, observando rendimento médio de 1,33% de óleo e teores médios de 27,76% de mentol, 42,75% de mentona, 0,74% de beta-pineno, 0,87% de limoneno e 3,75% de acetato de mentila. Resultados similares aos de Valmorbida (2003) também são descritos por Sharma & Singh (1980), em cultivo em solo, que verificaram que a aplicação de doses crescentes e iguais a 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em *M. arvensis* não influenciou a matéria fresca e o rendimento do óleo.

Cultivando plantas de *M. x piperita* na ausência de K, Praszna & Bernáth (1993) verificaram decréscimo no conteúdo de óleo essencial, de mentol e de mentona, com aumento de acetato de mentila. Efeito de pós-tratamento com K nessas plantas indicou mudanças na quantidade e na qualidade do óleo essencial, aumentando o teor de mentona e mentol e diminuindo o teor de acetato de mentila. Os resultados obtidos neste estudo concordam com esses autores.

**Tabela 3-** Equações de regressão, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e coeficientes de variação (CV) para os componentes do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes que apresentaram significância pelo teste F.

Componente (%)	Equação	R <sup>2</sup>	CV (%)
Alfa-pineno	$y = 0,627 - 0,00067x$	0,98	25,46
Beta-pineno	$y = 0,763 - 0,00082x$	0,93	27,27
Limoneno	$y = 3,123 - 0,00319x$	0,98	29,57
Mentona	$y = 35,703 - 0,03034x$	0,96	11,07
Mentol	$y = 46,903 + 0,03427x$	0,98	7,59
Acetato de mentila	$y = 1,593 - 0,00152x$	0,80	23,54

Em plantas de *M. arvensis* obtidas da cultura de tecidos e cultivadas a campo, Phatak & Heble (2002) constataram alta porcentagem de mentol (86,70%) e baixa porcentagem de pulegona (0,60%), mentona (3,80%) e isomentona (1,00%). Entretanto em plântulas mantidas em cultivo "in vitro", a pulegona foi o maior componente (80,00%), enquanto mentol (4,80%), mentona (1,00%) e isomentona (0,60%) apareceram em baixa porcentagem. Os resultados desses autores indicam uma possível inibição na conversão de pulegona para mentol nos estágios iniciais da organogênese. A detecção de 0,29% de pulegona, no presente estudo, sugere que

enzimas redutoras catalisaram a conversão de pulegona a mentona e depois a mentol.

Estudos como esses evidenciam claramente que o perfil dos terpenóides varia significativamente com relação ao estágio de diferenciação da planta. Gershenzon et al. (2000) avaliando a produção de monoterpenos em *M. x piperita* observaram que durante o desenvolvimento das folhas, o conteúdo total de monoterpenos aumenta com a idade e a sua composição é significativamente alterada. Limoneno e mentona são os monoterpenos majoritários de folhas jovens. A proporção de limoneno diminui rapidamente com o desenvolvimento, enquanto a mentona torna-se proeminente e declina somente nos estágios tardios, quando o mentol torna-se o monoterpeno dominante (aos 55 dias de idade). A pulegona diminui com o aumento da mentona e posteriormente com a dominância do mentol.

Elevados conteúdos de mentol e mentona no óleo essencial são interessantes sob o ponto de vista econômico. Conforme The Merck Index (1996), o mentol é empregado na indústria para confecção de licores, perfumes, cigarros, pastilhas e inalantes nasais, e em medicamentos com ação antiprurítica, anestésica, anti-séptica, carminativa e sedativa gástrica. A mentona é usada na composição de perfumes e aromatizantes. Embora de menor valor econômico, o acetato de mentila também pode servir à perfumaria, enfatizando notas florais, especialmente as de rosas. Pode ser usado em água de colônia, devido ao odor de lavanda que apresenta, servindo também para fazer extratos aromatizantes de ambientes.

A ocorrência de mentol em elevadas concentrações é também importante sob o ponto de vista toxicológico. Mentol é considerado tóxico quando ingerido, com sérios efeitos sobre o sistema nervoso central, sendo de aproximadamente 2 gramas a dose letal para humanos. Nesse caso, os sintomas incluem vômitos, convulsões, colapso e coma, além de reações alérgicas em pessoas sensíveis, tais como dermatite e dores de cabeça (Rivera Nuñez & Castro, 1992). Apesar disso, a utilização de chá de hortelã, inclusive por períodos prolongados, na medicina popular, não está associada com riscos ou efeitos colaterais significativos (Schulz et al., 2002).

O fato de a biossíntese e a acumulação de metabólitos componentes do óleo de *Mentha* estarem relacionados com processos enzimáticos e associados em conjunto com a maturação e o estágio de desenvolvimento das plantas permite sugerir que o valor máximo da concentração de K, nas soluções hidropônicas,

provavelmente tenha acelerado o desenvolvimento e a maturação das glândulas de óleo de *M. arvensis* fo. *piperascens*, alterando a rota biossintética dos monoterpenos e, conforme constatado, privilegiando a formação de mentol nas plantas em início de floração e que foram colhidas aos 42 dias após transplante.

## CONCLUSÃO

As concentrações de K nas soluções hidropônicas alteram a produção de matéria fresca de folhas, o teor e a composição química do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. forma *piperascens* Holmes.

A dose de K estimada para máximo rendimento de folhas frescas é igual a 412 mg L<sup>-1</sup>. Os teores de óleo essencial e de mentol aumentam com o acréscimo de K na solução hidropônica. A dose de 552 mg L<sup>-1</sup> de K proporcione maior rendimento de óleo em g planta<sup>-1</sup>. A melhor composição química em conteúdo de mentol é proporcionada pela dose de 690 mg L<sup>-1</sup> de K, podendo ser recomendada para o cultivo de *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, em hidroponia.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oils components by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publ. Corp. Carol Stream, 2001. 469p.
- BROWN, B. et al. The critical role of nutrient management in mint production. **Better Crops**, v. 87, n. 4, p. 9-11, 2003.
- CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products (secondary metabolites). In: Buchanam, B. B. et al. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p.1250-318.
- FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 2.ed. São Paulo: Siqueira. 1265p. 1959.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1988. 34p.
- GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p.205-13, 2000.

- GUPTA, R. Japanese mint. In: CHADHA, K.L. & GUPTA, R.(Eds.) **Advances in Horticulture**, vol. XI. Malhotra Publishing House, New Delhi, Índia, p.689-716, 1995.
- KOKKINI, S. Essential oils as taxonomic markers in *Mentha*. In: HARLEY, R.M. & REYNOLDS, T. (Eds.) **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.325-34.
- LAWRENCE, B. M. Chemical components of Labiatae oils and their exploitation. In: HARLEY, R. M. & REYNOLDS, T. (Eds.) **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.399-436.
- MAIA, N. B. et al. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* L. grower in nutrient solutions. **Acta Horticulturae**, n.548, p.181-7, 2001.
- MAIRAPETYAN, S. K. et al. Aromatic plant culture in open–air hidroponics. **Acta horticulturae**, Wageningen, n.502, p. 33-41, 1999.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- McGARVEY, D.; CROTEAU, R. Terpenoid metabolism. **The Plant Cell**, v.7, p.1015-26, 1995.
- MOSCIANO, G. Organoleptic characteristics of flavor materials. **Perfumer & Flavorist**, v.30, n.4, p.52-56, 2005.
- PAULUS, D. et al. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.1, p.34-42, 2004.
- PHATAK, S.; HEBLE, M. R. Organogenesis and terpenoid synthesis in *Mentha arvensis*. **Fitoterapia**, v.73, p.32-9, 2002.
- PRAZNA, F.; BERNÁTH, J. Correlations between the limited level of nutrition and essential oil production of peppermint. **Acta Horticulturae**, n. 344, p.278-89, 1993.
- RAO, B. R. R. Biomass and essential oil yields of cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinvaud ex Holmes) planted in different months in semi-arid tropical climate. **Industrial Crops and Products**, v.10, p.107-13, 1999.
- RIVERA NUÑES, D.; CASTRO, O. The ethnobotany of old world Labiatae. In: R.M. Harley & T. Reynolds (Ed.) **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.455-73.
- SANTOS, O. S. (Ed.). **Cultivo sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.

- SCAVRONI, J. et al. Yield and composition of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) grown with biosolid. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.4, p.345-52, 2005.
- SCHULZ, V.; HÄNSEL, R.; TYLER, V. E. **Fitoterapia racional**. Barueri/São Paulo: Manole, 2002. p.228-33.
- SHARMA, S. N.; SINGH, A. Response of japanese mint to nitrogen, phosphorus and potassium. **Indian Journal of Agronomy**, v.25, n.3, p.428-32, 1980.
- SRIVASTAVA, N. K.; MISRA, A.; SHARMA, S. Variation among commercial cultivars of japanese mint (*Mentha arvensis* L.) in the morphological and metabolite characteres associated with essential oil yield. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 78, n. 2, p. 154-60, 2003.
- SRIVASTAVA, R.K. et al. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial crops and products**, v. 15, p.189-98, 2002.
- THE MERCK INDEX. 12. ed. Whitehouse Station, NJ: Merck and Company Incorporation, p.996. 1996.
- THE UNITED STATES PHARMACOPEIA (USP). 20. ed. THE NATIONAL FORMULARY (NF). 15 ed. Rockville, 1980. p.1241-61.
- TUOMI, J.; FAGERSTRÖM, T.; NIEMELÄ, P. Carbon allocation, phenotypic plasticity and induced defences. In: TALLAMY, D. W. & RAUPP, M. J. **Phytochemical induction by herbivores**. New York: John Wiley, 1991. p.85-104.
- 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 Agronomia/ Horticultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Quality control methods form medicinal plant materials**. Geneve, 1998. 115p.

## CAPÍTULO 3

### **Produção e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha x gracilis* Sole) em hidroponia com quatro doses de potássio<sup>2</sup>**

#### **RESUMO**

Este trabalho objetivou avaliar a produção de fitomassa de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial de *Mentha x gracilis* Sole, cultivada em quatro doses de potássio nas soluções hidropônicas (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>), no sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), no Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, no período de outubro a dezembro de 2004. Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Estacas de plantas matrizes foram enraizadas em espuma fenólica, por 20 dias em berçário e após foram transferidas para bancadas de produção final. A colheita ocorreu aos 49 dias após o transplante. As folhas foram retiradas e pesadas para determinação da fitomassa fresca e aproveitadas para extração do óleo em aparelho de Clevenger. As análises de constituição química do óleo foram realizadas em Cromatógrafo Gasoso acoplado a Espectrômetro de Massa. As concentrações de K alteraram a produção de fitomassa fresca de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial. A dose máxima de K proporcionou aumento no teor do óleo essencial, porém reduziu a acumulação de fitomassa de folhas, diminuindo o rendimento do óleo por planta e a quantidade de linalol, o principal constituinte deste quimiotipo. A concentração de K sugerida para obtenção de maior rendimento da *M. x gracilis*, em cultivo hidropônico, não deve ultrapassar 276 mg L<sup>-1</sup> na solução nutritiva.

**Palavras-chave:** Hortelã, Lamiaceae, linalol, óleo volátil.

---

<sup>2</sup>Artigo aceito para publicação na Ciência Rural, v.37, n.4, 2007.

## **Production and quality of essential oil of mint (*Mentha x gracilis* Sole) under hydropony with four potassium levels**

### **ABSTRACT**

This work aimed to evaluate the production of leaves' phytomass, the content and quality of *Mentha x gracilis* Sole essential oil with four potassium (K) levels (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>) under hydroponics, on NFT system (Nutrient Film Technique), at the Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia of the Universidade Federal de Santa Maria, RS, from October to December 2004. A completely randomized design was used with five replications. Stakes of matrix plants were rooted in phenolic foam for 20 days in a nursery, being then transferred to final production benches. Harvesting occurred at 49 days after transplanting. Leaves were separated and weighted to determine fresh phytomass, and utilized for oil extraction in a Clevenger apparatus. The analyses of oil chemical constitution were performed in Gas Chromatography connected to a Mass Spectrometer. The K concentrations affected leaves fresh phytomass, content and quality of the essential oil. The K level maximum showed increase of essential oil yield, but decreased the fresh phytomass accumulation, decreasing the oil yield by plant and linalool quantity, the main constituent of this chemotype. The K concentration suggested for the greatest yield of *M. x gracilis*, under hydroponics, doesn't surpass 276 mg L<sup>-1</sup> in nutritive solution.

**Keywords:** Mint, Lamiaceae, linalool, volatile oil.

### **INTRODUÇÃO**

Dentre as 25 espécies de *Mentha* (Lamiaceae) destaca-se *Mentha x gracilis* Sole, um complexo híbrido originado de *M. arvensis* L. e *M. spicata* L. (Harley & Brighton, 1977), que através de uma série de cruzamentos produz indivíduos estéreis e vários quimiotipos, todos com óleos essenciais ricos em monoterpenos. A composição química dos óleos essenciais pode variar conforme os quimiotipos ou raças químicas que são determinados geneticamente e correspondem a vegetais



botanicamente idênticos, mas que diferem quimicamente entre si. Para *M. x gracilis* foram caracterizados seis quimiotipos (Tucker et al., 1991).

A produção mundial anual de óleos essenciais de trinta espécies aromáticas é estimada em 110.000 a 120.000 toneladas (Khotari, 2005) e, desta quantidade, 22.200 toneladas vêm de espécies de *Mentha*: *M. arvensis* (16.000), *M. x piperita* (4.000), *M. spicata* (2.000) e outras (200) (Sant Sanganeria, 2005). Esses óleos são amplamente usados na indústria de alimentos, medicamentos, aromatizantes e fragrâncias.

A biossíntese do óleo essencial ocorre em tricomas glandulares principalmente de folhas e cálices florais (Lawrence, 1992) e depende além dos fatores genéticos, também dos fisiológicos e ambientais (Freitas et al., 2004). As temperaturas ótimas ao crescimento de *Mentha* correspondem à noturna de 18°C e diurna de 30°C, sendo que as diurnas exercem maior influência sobre o crescimento e rendimento do óleo essencial (Duriyaprapan et al., 1986). Os nutrientes minerais também são fundamentais para o crescimento e produção de óleos (Brown et al., 2003).

O potássio (K) é o nutriente mais abundante nos tecidos das plantas, não faz parte de nenhum composto orgânico, porém interfere em vários processos fisiológicos tais como: ativação enzimática de aproximadamente sessenta enzimas, síntese de amido e de proteínas, abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, extensão celular, translocação de fotossintatos para partes em crescimento, resistência a doenças e melhor eficiência no uso da água (Marschner, 1995; Cakmak, 2005). Várias reações enzimáticas, nas plantas aromáticas, são necessárias para a síntese dos monoterpenos que são formados através da rota do ácido mevalônico (Croteau et al., 2000).

Os nutrientes fornecidos às plantas podem ser controlados através das soluções nutritivas da hidroponia. A água enriquecida com nutrientes, aliada ao ambiente mais favorável, obtido dentro das estufas, possibilita crescimento mais rápido, encurtando o ciclo produtivo e aumentando a produtividade (Santos, 2000). Além disso, o cultivo protegido e a ausência de solo reduzem muito o uso de defensivos agrícolas oferecendo ao consumidor produtos de melhor qualidade. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de fitomassa de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial de *Mentha x gracilis* Sole, cultivada com quatro doses de potássio nas soluções hidropônicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de outubro a dezembro de 2004, na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, no Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH), em casa de vegetação do tipo arco pampeano, de 250 m<sup>2</sup> de área, com filme plástico de polivinilclorídrico (PVC) de 200 µm de espessura para cobertura e fechamento das laterais e portas.

As mudas de *M. x gracilis* foram produzidas a partir de matrizes cultivadas em solo, sendo obtidas a partir de estacas caulinares, de 4 cm de comprimento e quatro folhas, enraizadas em espuma fenólica por 20 dias em berçário, quando foram transplantadas para bancadas de produção final, cujo espaçamento dentro dos canais de cultivo foi de 0,25 m e entre os canais foi de 0,40 m, correspondendo à densidade de 10 plantas m<sup>-2</sup>. Exsicata da espécie encontra-se depositada no Herbário da Universidade de Cruz Alta, RS (UNICRUZ), sob n° 1078, com determinação feita pelo Dr. Ray Harley, Royal Botanic Gardens, Kew, Inglaterra.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram estudadas quatro doses de K (tratamentos) na solução hidropônica (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>), utilizando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT). A solução nutritiva padrão de K (276 mg L<sup>-1</sup>) foi calculada a partir de dados obtidos com *M. arvensis* por Paulus et al. (2004). Na produção de mudas, essa solução foi diluída a 50%. Para seu preparo utilizaram-se as seguintes doses de nutrientes (mg L<sup>-1</sup>): K=276; N=211,4; P=30,35; Ca=71,34; Mg=32,56; S=40,72; Mn=6,084; Cu=0,075; Zn=0,431; B=2,884; Mo=0,088. Foi utilizado 0,5 L de Fe-EDTA obtido através da dissolução de 24,1 g de sulfato de ferro em 400 mL de água e 25,1 g de Na-EDTA em 400 mL de água, misturando-se as duas soluções e completando-se o volume para 1,0 L, após efetuando-se borbulhamento de ar por 12 h, no escuro, conforme recomendação de Furlani & Furlani (1988). Os micronutrientes foram fornecidos na forma de solução concentrada (cinco vezes) dos sais em 200 mL de água, completando-se o volume para 1 L, após completa diluição. A partir da solução padrão variou-se a concentração de K para 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> através da adição de 262,4; 524,8 e 787,2 mg de KCl L<sup>-1</sup>, respectivamente.

A condutividade elétrica (CE) inicial das soluções com 276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> de K foi respectivamente 2,38; 2,72; 3,30 e 3,87 mS cm<sup>-1</sup>. O controle foi realizado a cada dois dias, sendo feita a reposição de 50% dos nutrientes sempre

que a CE atingia 50% do valor inicial. O pH foi corrigido a cada dois dias para o valor de  $6,0 \pm 0,2$  após completar o volume dos reservatórios com água. O controle da circulação das soluções foi efetuado com auxílio de temporizador programado para acionar a moto-bomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos, no período diurno (07:00-20:00h), e 15 minutos a cada intervalo de 2 h no período noturno. Os dados de temperatura do ar foram obtidos a partir de termohigrógrafo, instalado a 1,5m de altura do piso da casa de vegetação.

A colheita das plantas foi realizada aos 49 dias após o transplante, em dezembro de 2004, quando as plantas estavam em início de floração, para melhor aproveitamento do óleo essencial. As folhas foram retiradas e pesadas para determinação de fitomassa fresca, sendo após acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em freezer até o momento da extração do óleo. Amostras de 100 g de folhas, em quatro repetições, foram usadas para hidrodestilação em aparelho de Clevenger por 2 h. O óleo essencial obtido foi separado da água e seco com  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , sendo pesado para determinação do teor e rendimento estimado por planta e por hectare.

As análises de constituição química do óleo essencial foram realizadas em Cromatógrafo Gasoso acoplado a Espectrômetro de Massa (CG-EM Shimadzu, QP-5000), da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. A identificação dos constituintes foi efetuada por comparação de seus respectivos espectros de massas e índices de retenção com amostras autênticas e dados obtidos na literatura (Adams, 2001) e ainda por comparação com espectros de massas registrados em banco de dados como NIST 12 e NIST 62 (National Institute of Standards and Technology).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e interpretados por meio de análise de regressão, utilizando-se teste F a 1 e 5% de probabilidade para avaliação das equações polinomiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de potássio influenciaram significativamente ( $P < 0,01$ ) a produção de fitomassa fresca de folhas (g) e o teor de óleo essencial em *Mentha x gracilis* Sole, colhida aos 49 dias após o transplante (Figura 1). A dose estimada de K para obtenção da melhor produtividade de folhas frescas corresponde à primeira

dose utilizada de 276 mg L<sup>-1</sup>, pois a aplicação de mais do que 276 mg L<sup>-1</sup> de K prejudicou a produção de fitomassa. O teor de óleo essencial aumentou com o acréscimo de K na solução hidropônica, obtendo-se 1,19 g de óleo para cada 100 g de folhas frescas na dose de 690 mg L<sup>-1</sup>. Assim, com menor produção de fitomassa houve aumento na concentração de óleo.

Embora o teor do óleo essencial (%) tenha aumentado na maior dose de K, esta ocasionou o menor rendimento, que foi de 2,56 g de óleo planta<sup>-1</sup>. De acordo com Duriyaprapan et al. (1986) o conteúdo de óleo em *Mentha* tende a incrementar com o aumento da temperatura de 30 para 35°C, acompanhado da redução no crescimento das plantas. Durante o período experimental, a temperatura no interior da casa de vegetação foi favorável ao crescimento das plantas de *M. x gracilis*, cujos valores observados situaram-se próximos à faixa de 18 a 34°C. Os resultados do presente estudo concordam com Duriyaprapan et al. (1986) e também com Tuomi et al. (1991) que afirmam que a concentração de metabólitos secundários utilizados para defesa das plantas tende a apresentar concentração inversa às taxas de crescimento, havendo então desvio de compostos do metabolismo primário (açúcares, proteínas, lipídios) para produção de metabólitos secundários, tais como os terpenóides.

A ampla utilização de óleos essenciais e seus derivados tem motivado alguns estudos agronômicos de espécies de *Mentha*. Telci et al. (2004) obtiveram conteúdo médio de 1,66% de óleo de *M. spicata* L. cultivada a campo, com variações entre 0,90 e 2,70%, sendo que o conteúdo do óleo foi influenciado por condições ambientais de temperatura e intensidade luminosa, temperaturas entre 21,1 e 22,3°C proporcionaram plantas com alto conteúdo em óleo.

Em cultivo hidropônico de *M. arvensis*, Paulus et al. (2004) conseguiram teor de 0,60% de óleo essencial, em solução nutritiva contendo 299 mg L<sup>-1</sup> de K, enquanto Maia et al. (2001) obtiveram o maior teor de 1,45%, em solução com 468 mg L<sup>-1</sup> de K, evidenciando que as soluções nutritivas para a espécie devem ser mais concentradas em K. Entretanto, Valmorbidá (2003) encontrou teor médio de 1,33% de óleo essencial obtido de plantas de *M. x piperita*, sem que houvesse efeito significativo com a variação nos diferentes níveis de K nas soluções nutritivas. Em cultivo em solo de *M. x piperita*, Prazna & Bernáth (1993) constataram decréscimo no conteúdo do óleo essencial em plantas cultivadas na ausência de K, no entanto o

pós-tratamento com K a essas plantas indicou haver aumento na quantidade do óleo essencial.

Em experimentos a campo com *M. arvensis*, a colheita de plantas frescas permitiu, segundo Rajput et al. (2002), rendimento de fitomassa total de 13 t ha<sup>-1</sup> e de óleo essencial de 71,5 kg ha<sup>-1</sup>. Srivastava et al. (2002) conseguiram fitomassa de folhas de 16,5 toneladas ha<sup>-1</sup> e 114,0 kg de óleo essencial ha<sup>-1</sup>. Para *M. spicata*, Telci et al. (2004) obtiveram rendimento médio de fitomassa de folhas de 16,6 toneladas ha<sup>-1</sup> e de óleo entre 275,7 e 320,5 kg ha<sup>-1</sup>. Neste estudo, o máximo rendimento obtido de fitomassa de folhas foi equivalente a 34,3 toneladas ha<sup>-1</sup> e de óleo essencial de 285 kg ha<sup>-1</sup>, indicando ótima produtividade em hidroponia.

A destilação das folhas de *M. x gracilis* resultou em óleos essenciais de coloração levemente amarelada e suave odor de lavanda, e, através das análises cromatográficas, revelou a identificação de 23 constituintes, que na média correspondem a 98,13% do total. Observando-se os dados da Tabela 1, verificam-se diferenças quantitativas ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) na composição química das amostras de óleo examinadas. Os componentes majoritários encontrados foram linalol (39,90-49,50%), carvona (11,10-13,90%) e cis-hidrato de sabineno (10,50-12,41%). Outros componentes que apresentaram significância foram alfa-pineno (0,10-0,32%), beta-pineno (0,23-0,63%), mirceno (0,53-1,60%), limoneno (1,20-2,53%), terpinoleno (0,10-0,30%), alfa-terpineol (0,53-0,90%) e pulegona (0,10-0,65%).

O conteúdo de linalol e pulegona no óleo foi menor nas plantas submetidas à maior concentração de K, conforme constatado pelas equações de regressão da Tabela 2. No entanto, para os componentes alfa-pineno, beta-pineno, mirceno, limoneno, cis-hidrato de sabineno, terpinoleno, alfa-terpineol e carvona conforme aumentou a concentração de K, houve também incremento nos seus conteúdos. Tais resultados sugerem que o K tenha afetado a atividade de enzimas responsáveis pela biossíntese desses componentes do óleo essencial de *M. x gracilis*.

Maia et al. (2001) citam que a disponibilidade de nutrientes no meio pode induzir a atividade enzimática para os constituintes do óleo e, no estudo com *Mentha arvensis*, aumentar o teor de mentol e a qualidade do óleo essencial. Os autores obtiveram o maior conteúdo de mentol (82,70%) na solução mais concentrada em K com 468 mg L<sup>-1</sup>. Todavia, Valmorbidia (2003) testando a solução nº 2 de Hoagland e Arnon e variando o nível de K, pela redução de 50 e 75% da concentração, não

observou efeito sobre o teor e a constituição química do óleo essencial de *M. x piperita*.

A rota da biossíntese dos monoterpenos em *Mentha x piperita* está bem estabelecida (Croteau et al., 2000) e a produção dos monoterpenos está restrita ao desenvolvimento de glândulas de óleo de folhas jovens (Mahmoud et al., 2004). Recentes evidências indicam que o principal determinante na produção de monoterpenos em *Mentha* seja a taxa de biossíntese, definida pelos níveis regulados de desenvolvimento das enzimas biossintéticas responsáveis e seus substratos correspondentes (Turner et al., 2000). Isso foi constatado por Gershenzon et al. (2000) que verificaram a existência de correlação entre as atividades *in vitro* e *in vivo* para oito enzimas da biossíntese do mentol.

O geranyl-difosfato é o primeiro composto precursor de outros monoterpenos em espécies de *Mentha* (Lincoln et al., 1986; Croteau et al., 2000; Mahmoud et al., 2004), conforme se observa na Figura 2, e pode originar, através de várias reações enzimáticas, 1,8-cineol, sabineno, hidrato de sabineno, linalol, acetato de linalila e limoneno. O limoneno é o precursor da carvona e por reações sucessivas a partir da pulegona pode formar mentona, mentol, isomentona, neoisomentol e/ou mentofurano. A interconversão dos componentes de um a outro é determinada geneticamente e pode ser afetada por fatores agrônômicos (Maia et al., 2001; Telci et al., 2004; Scavroni et al. 2005). Com base nisso, as condições de variação nas concentrações de K nas soluções hidropônicas, às quais plantas de *M. x gracilis* foram submetidas favoreceram a formação dos compostos linalol, carvona e cis-hidrato de sabineno.

As várias aplicações dos constituintes dos óleos de mentas pela indústria justificam o interesse pelos monoterpenos. Segundo The Merck Index (1996), o linalol é empregado em perfumaria em substituição aos óleos de bergamota (mexerica) e de lavanda. A carvona, conforme Carvalho & Fonseca (2006), é importante agente antimicrobiano contra bactérias e fungos patogênicos, daí o seu emprego como composto isolado ou através do óleo, em alimentos e produtos anti-sépticos. Possui também atividade inseticida, atuando contra moscas das frutas, larvas de insetos, inclusive sobre *Aedes aegypti*, o vetor da dengue hemorrágica.

As folhas sendo o sítio de síntese e acumulação do óleo, constituem-se de grande relevância para aumento do conteúdo e dos constituintes do óleo essencial de interesse para a indústria. Vários esforços têm sido feitos para aumentar o

rendimento de monoterpenos em plantas, a fim de responder à demanda crescente mundial por aromatizantes, flavorizantes, fragrâncias e medicamentos. Considerando os resultados aqui obtidos, sugere-se que o potássio deva estar envolvido na síntese de compostos aromáticos, pois, segundo Marschner (1995) é ativador de várias enzimas, destacando-se as sintetases, oxirredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases. As condições de aumento na concentração desse nutriente podem ter provocado estimulação nas atividades enzimáticas, alterando conseqüentemente a composição dos óleos.

## CONCLUSÃO

As concentrações de K nas soluções hidropônicas alteram a produção de fitomassa fresca de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial de *Mentha x gracilis* Sole. A dose máxima de K ( $690 \text{ mg L}^{-1}$ ) proporciona aumento no teor do óleo essencial, porém reduz a acumulação de fitomassa de folhas, diminuindo o rendimento do óleo por planta e a quantidade de linalol, o principal constituinte deste quimiotipo. A concentração de K sugerida para obtenção de maior rendimento de *M. x gracilis*, em cultivo hidropônico, nas condições ambientais do presente trabalho, não deve ultrapassar  $276 \text{ mg L}^{-1}$  na solução nutritiva.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oils components by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publ. Corp. Carol Stream, 2001. 469p.
- BROWN, B. et al. The critical role of nutrient management in mint production. **Better Crops**, v.87, n.4, p.9-11, 2003.
- CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2, 2004, São Pedro, SP. **Anais...**Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.261-279.
- CARVALHO, C. C. R.; FONSECA, M. M. R. Carvone:Why and how should one bother to produce this terpene. **Food Chemistry**, v.95, p.413-422, 2006.

- CROTEAU, R; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N.G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAM, B. B; GRUISSEM, W; JONES, R. (Eds). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p.1250-1318.
- DURIYAPRAPAN, S. B, BRITTEN, E. J.; BASFORD, K. E. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of Japanese mint. **Annals of Botany**, v. 58, n. 5, p. 729-736, 1986.
- FREITAS, M. S.; MARTINS, M. A.; VIEIRA, I. J. C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.887-894, 2004.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1988. 34p.
- GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p.205-213, 2000.
- HARLEY, R.M.; BRIGHTON, C.A. Chromosome numbers in the genus *Mentha* L. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.74, p.71-96, 1977.
- KOTHARI, R. The indian essential oil industry. **Perfumer and flavorist**, v.30, p.46-50, 2005.
- LAWRENCE, B.M. Chemical components of Labiatae oils and their exploitation. In: HARLEY, R.M.; REYNOLDS, T. (Eds.). **Advances in Labiatae science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.399-436.
- LINCOLN, D.; MURRAY, M. J.; LAWRENCE, B. M. Chemical composition and genetic basis for the isopinocampone chemotype of *Mentha citrata* hybrids. **Phytochemistry**, v.25, n.8, p.1857-1863, 1986.
- MAHMOUD, S. S.; WILLIAMS, M.; CROTEAU, R. Cosuppression of limonene-3-hydroxylase in peppermint promotes accumulation of limonene in the essential oil. **Phytochemistry**, v.65, p.547-554, 2004.
- MAIA, N.B. et al. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* L. grown in nutrient solutions. **Acta Horticulturae**, n.548, p.181-187, 2001.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.



- PAULUS, D. et al. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.1, p. 34-42, 2004.
- PRAZNA, F.; BERNÁTH, J. Correlations between the limited level of nutrition and essential oil production of peppermint. **Acta Horticulturae**, v. 344, p.278-289, 1993.
- RAJPUT, D. K.; RAO, B. R. R.; SRIVASTAVA, P. C. Response of cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinv. ex Holmes) to micronutrients. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.77, n.4, p.438-440, 2002.
- SANT SANGANERIA. Vibrant India. Opportunities for the flavor and fragrance industry. **Perfumer and flavorist**, v.30, p.24-34, 2005.
- SANTOS, O. S. (Ed.). **Cultivo sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.
- SCAVRONI, J. et al. Yield and composition of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) grown with biosolid. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.4, p.345-352, 2005.
- SRIVASTAVA, R. K. et al. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial crops and products**, v.15, p.189-198, 2002.
- TELCI, I. et al. Agronomical and chemical characterization of spearmint (*Mentha spicata* L.) originating in Turkey. **Economic Botany**, v.58, n.4, p.721-728, 2004.
- THE MERCK INDEX. 12. ed. Whitehouse Station, NJ: Merck and Company Incorporation, 1996. p.939.
- TUCKER, A. O. et al. **The origin of *Mentha x gracilis* (Lamiaceae). II. Essential oils**. *Economic Botany*, v.45, n.2, p.200-215, 1991.
- TUOMI, J.; FAGERSTRÖM, T.; NIEMELÄ, P. Carbon allocation, phenotypic plasticity and induced defences. In: TALLAMY, D. W.; RAUPP, M.J. **Phytochemical induction by herbivores**. New York: John Wiley, 1991. p.85-104.
- TURNER, G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v.124, p.655-663, 2000.
- VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

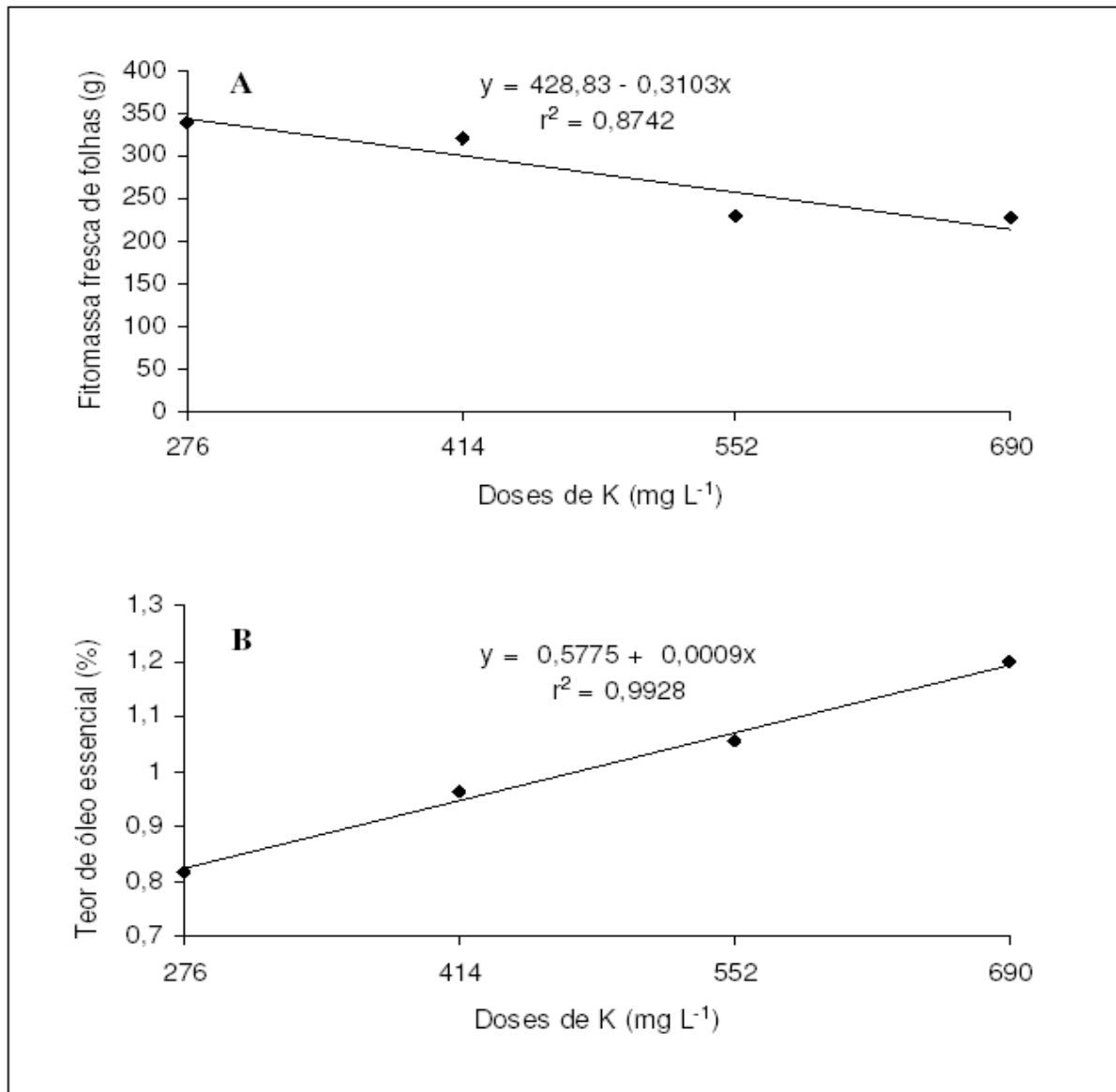
**Tabela 1-** Composição química do óleo essencial (%) obtida em CG-EM, de *Mentha x gracilis* Sole cultivada em solução nutritiva com diferentes doses de K, colhida aos 69 dias após o plantio. <sup>1</sup>TR= tempo de retenção médio; <sup>2</sup>IK= Índice de Kovats; tr= traços (<0,1%).

Componente (%)	Dose de K (mg L <sup>-1</sup> )					<sup>1</sup> TR (min.)	<sup>2</sup> IK
	276	414	552	690	Média		
Alfa-pineno**	0,10	0,17	0,29	0,32	0,22	5,192	923
Sabineno <sup>ns</sup>	0,40	0,40	0,80	0,77	0,59	5,804	961
Beta-pineno*	0,23	0,40	0,59	0,63	0,46	5,870	964
3-octanona <sup>ns</sup>	2,93	2,20	3,43	4,31	3,22	5,964	978
Mirceno*	0,53	1,07	1,43	1,60	1,16	6,044	980
3-octanol <sup>ns</sup>	10,63	11,73	11,61	11,50	11,37	6,152	985
Alfa-terpineno <sup>ns</sup>	0,20	0,17	0,25	0,29	0,23	6,453	1009
Limoneno*	1,20	1,80	2,37	2,53	1,97	6,636	1021
1,8-cineol <sup>ns</sup>	2,33	2,10	3,20	2,77	2,60	6,681	1024
(Z)-beta-ocimeno <sup>ns</sup>	0,30	0,33	0,40	0,55	0,39	6,718	1031
(E)-beta-ocimeno <sup>ns</sup>	0,17	0,17	0,27	0,27	0,22	6,869	1039
Gama-terpineno <sup>ns</sup>	0,37	0,30	0,53	0,53	0,43	7,044	1050
Cis-hidrato de sabineno**	10,50	11,90	13,08	14,17	12,41	7,224	1059
Terpinoleno*	0,10	0,17	0,26	0,30	0,21	7,458	1085
Linalol*	49,50	47,37	42,34	39,90	44,77	7,690	1093
Terpinen-4-ol <sup>ns</sup>	1,77	1,53	1,53	1,75	1,65	8,615	1173
Alfa-terpineol*	0,53	0,63	0,80	0,90	0,72	8,766	1178
Trans-diidrocarvona	tr	tr	tr	-	-	8,836	1198
Pulegona*	0,57	0,65	0,43	0,10	0,44	9,357	1224
Carvona**	11,10	12,27	13,20	13,90	12,62	9,410	1236
Beta-cariofileno <sup>ns</sup>	1,53	1,73	1,80	1,87	1,73	11,342	1408
Alfa-humuleno <sup>ns</sup>	0,13	0,13	0,10	0,14	0,13	11,578	1439
Germacreno D <sup>ns</sup>	0,43	0,57	0,70	0,69	0,59	11,827	1469
Total identificado	95,55	97,79	99,41	99,79	98,13		

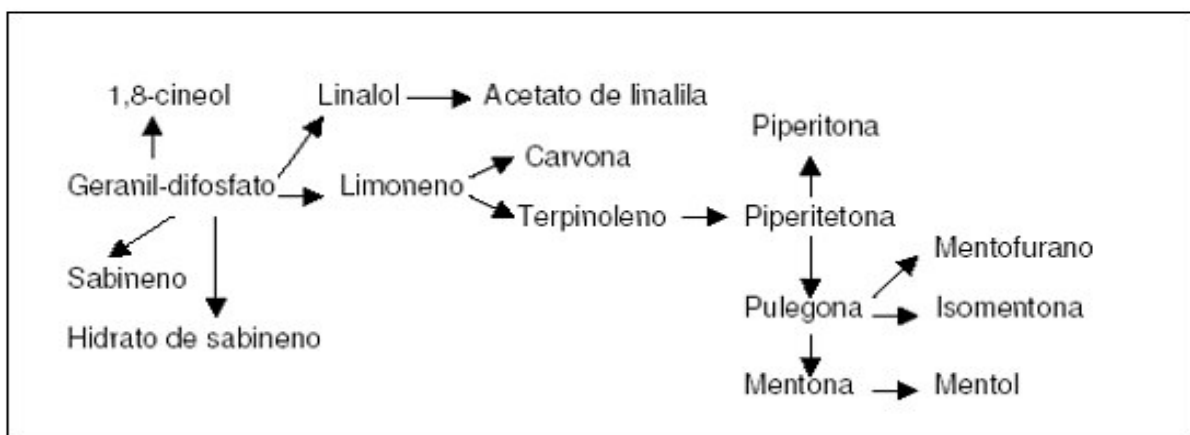
\*\* e \* = significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente; <sup>ns</sup> = não significativo

**Tabela 2-** Equações de regressão, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e coeficientes de variação (CV) para os componentes do óleo essencial de *Mentha x gracilis* Sole que apresentaram significância pelo teste F.

Componente (%)	Equação	R <sup>2</sup>	CV (%)
Alfa-pineno	y = -0,052 + 0,00056x	0,95	27,54
Beta-pineno	y = -0,023 + 0,00101x	0,94	20,56
Mirceno	y = -0,090 + 0,00258x	0,95	16,72
Limoneno	y = 0,377 + 0,00331x	0,95	19,56
Cis-hidrato de sabineno	y = 8,148 + 0,00883x	0,99	5,70
Terpinoleno	y = -0,039 + 0,00051x	0,98	30,64
Linalol	y = 56,616 - 0,02451x	0,97	8,362
Alfa-terpineol	y = 0,273 + 0,00092x	0,99	18,01
Pulegona	y = 1,005 - 0,00056x	0,74	38,38
Carvona	y = 9,350 + 0,00676x	0,99	5,79



**Figura 1-** Fitomassa fresca de folhas (A) e teor de óleo essencial (B) de *Mentha x gracilis* Sole cultivada em quatro doses de K na solução hidropônica.



**Figura 2-** Rota biossintética dos principais monoterpenos do óleo essencial de espécies de *Mentha* (Croteau et al., 2000, com modificações).

## CAPÍTULO 4

### **Produção e qualidade do óleo essencial de hortelã-limão (*Mentha x piperita* var. *citrata* Ehrh. Briq.) cultivada em hidroponia com doses de potássio**

#### **RESUMO**

Este trabalho objetivou avaliar a produção de matéria fresca de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial de hortelã-limão (*Mentha x piperita* var. *citrata* Ehrh. Briq.), testando quatro doses de potássio (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>) nas soluções hidropônicas. O trabalho foi conduzido no Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, no período de outubro a dezembro de 2004. Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Estacas de plantas matrizes foram enraizadas em espuma fenólica, por 20 dias em berçário, e após foram transferidas para bancadas de produção final. A colheita ocorreu aos 56 dias após o transplante. As folhas foram retiradas e pesadas para determinação da matéria fresca e aproveitadas para extração do óleo em aparelho de Clevenger. A análise da constituição química do óleo foi realizada em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massa. As concentrações de K alteraram a produção de matéria fresca de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial. A dose estimada para máximo rendimento de folhas frescas corresponde a 384 mg L<sup>-1</sup> de K. A dose máxima de K proporciona aumento no teor e no rendimento total de óleo essencial por planta, porém diminui a quantidade de linalol e acetato de linalila. Para obtenção de maior rendimento de óleo essencial por planta associado ao acúmulo de linalol e acetato de linalila, recomenda-se concentrações de K entre 414 e 552 mg L<sup>-1</sup> na solução hidropônica.

**Palavras-chave:** Menta, Lamiaceae, linalol, acetato de linalila.

## **Production and quality of essential oil of lemon mint (*Mentha x piperita* var. *citrata* Ehrh. Briq) cultivated under hydropony with potassium levels**

### **ABSTRACT**

This work aimed to evaluate the production of fresh matter from the leaves, the content and the quality of lemon mint (*Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.) essential oil with four potassium levels (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>) under hydroponics solutions. The work was carried out at the Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia of the Universidade Federal de Santa Maria, RS, from October to December 2004. A completely randomized design was used with five replications. Stakes of matrix plants were rooted in phenolic foam for 20 days in a nursery, being then transferred to final production benches. Harvesting occurred at 56 days after transplanting. Leaves were separated and weighted to determine fresh matter and utilized for oil extraction in a Clevenger apparatus. The essential oil components of the samples were investigated by gas chromatography fitted with a mass spectrometer. The K concentrations affected leaves fresh matter, content and quality of the essential oil. The K level estimated for the maximum yield of fresh matter corresponde to 384 mg L<sup>-1</sup>. The K level maximum proporcionates increase of content and total yield essential oil by plant, but decrease the linalool and linalyl acetate quantity. For the greatest yield of essential oil by plant associated with the accumulation of linalool and linalyl acetate, is recommended K concentrations between 414 and 552 mg L<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Mint, Lamiaceae, linalool, linalyl acetate.

### **INTRODUÇÃO**

O gênero *Mentha* (Lamiaceae) compreende 25 espécies e alguns híbridos que produzem óleos essenciais ricos em monoterpenos, que são acumulados em tricomas glandulares, especialmente de folhas e flores (Harley & Brighthon, 1977). A

maioria das espécies é caracterizada por uma grande variação morfológica que é refletida no alto número de nomes taxonômicos (900) atribuídos por taxonomistas durante os últimos 200 anos. A partir da variabilidade morfológica das espécies ocorre ampla diversidade química que se reflete no número de óleos essenciais obtidos comercialmente (Kokkini, 1992).

*Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq., conhecida como hortelã-limão ou hortelã-bergamota, é indevidamente denominada *Mentha citrata* (Harley & Brighthon, 1977), e produz óleo essencial contendo de 84-90% de linalol e acetato de linalila, componentes acíclicos característicos, em contraste com outras espécies do gênero *Mentha* que têm mentol, mentona, carvona, limoneno e pulegona como constituintes cíclicos majoritários (Murray & Lincoln, 1970). Ecologicamente, os óleos essenciais apresentam importante função na defesa da planta contra ataque de herbívoros e patógenos, além de exercerem papel na atração de polinizadores, como abelhas e mariposas, principalmente por meio dos constituintes linalol e 1-8-cineol (Croteau et al., 2000). Comercialmente, os óleos essenciais de *Mentha* e seus constituintes são amplamente empregados na indústria de alimentos, medicamentos, cosméticos, fragrâncias e tabaco.

A produção mundial de óleos essenciais é estimada em 110.000 a 120.000 toneladas ao ano (Khotari, 2005). Desta quantidade, 22.200 toneladas vêm de espécies de *Mentha*, sendo 20.000 para obtenção de óleos ricos em mentol e mentona, 2.000 para obtenção de óleo rico em carvona e 200 para obtenção de óleo rico em linalol e acetato de linalila (Sant Sanganeria, 2005). Linalol é um dos monoterpenos mais freqüentemente usados em fragrâncias e estima-se que esteja presente em 60-90% dos cosméticos existentes no mercado (Cal & Krzyzaniak, 2006).

Devido ao alto preço do linalol natural e à grande demanda por este tipo de aroma, a produção sintética mundial de linalol é de aproximadamente 6 mil toneladas por ano (Hanneguelle et al., 1992). No entanto, fontes naturais de linalol são mais interessantes à indústria de fragrâncias, pois o agradável odor do óleo essencial obtido de plantas é resultado de interações complexas entre os componentes desta mistura (Steffani et al., 2006). O óleo essencial do pau-rosa da Amazônia é o preferido por companhias de perfume da América do Norte, Grã-Bretanha, França e Alemanha, sendo obtido do tronco da planta e contém alta concentração de linalol (mais de 80%) na sua composição e rendimento entre 0,7 e

1,2%, sendo que a Amazônia brasileira é responsável por 90% da produção mundial desse óleo (Silva-Santos et al., 2004).

A hortelã-limão propaga-se facilmente por estolões, atingindo o ponto de colheita em três meses, enquanto o pau-rosa necessita pelo menos 20 anos para priorizar a extração do óleo. Como alternativa ao óleo extraído da madeira do pau-rosa, onde a derrubada de árvores leva ao extermínio das espécies amazônicas, encontra-se o cultivo de ervas no sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique), opção agrícola ecologicamente sustentável que, pelo manejo da solução nutritiva, possibilita ao produtor o desenvolvimento de matéria-prima de qualidade e em quantidade para minimizar a exploração dessas espécies potencialmente ameaçadas de extinção. A água enriquecida com nutrientes fornecida pela hidroponia, aliada ao ambiente controlado das casas de vegetação, permite crescimento mais rápido, encurtando o ciclo produtivo e aumentando a produtividade (Santos, 2000).

Dentre os nutrientes essenciais às plantas, encontra-se o potássio (K) que, apesar de ser abundante nos tecidos, não faz parte de nenhum composto orgânico, entretanto interfere em vários processos fisiológicos tais como: ativação enzimática, abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, extensão celular, translocação de fotossintatos para partes em crescimento, resistência a doenças e melhor eficiência no uso da água (Marschner, 1995). Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de matéria fresca de folhas, o teor e a qualidade do óleo essencial de *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq., testando quatro doses de potássio nas soluções hidropônicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de outubro a dezembro de 2004, na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, no Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH), utilizando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), em casa de vegetação do tipo arco pampeano, de 250 m<sup>2</sup> de área, com filme plástico de polivinilclorídrico (PVC) de 200 µm de espessura na cobertura e no fechamento das laterais e portas.

As mudas de *M. x piperita* var. *citrata* foram produzidas a partir de matrizes cultivadas em solo, sendo obtidas de estacas caulinares, com 4 cm de comprimento

e quatro folhas, enraizadas em espuma fenólica com dimensões de 2x2x2 cm, por 20 dias em berçário, quando foram transplantadas para bancadas de produção final, cujo espaçamento dentro dos canais de cultivo foi de 0,25 m e entre os canais foi de 0,40 m, correspondendo à densidade de 10 plantas m<sup>-2</sup>. Exsicata da espécie encontra-se depositada no Herbário da Universidade de Cruz Alta, RS (UNICRUZ), sob nº 1079, com a determinação feita pelo Dr. Ray Harley do Royal Botanic Gardens, Kew, Inglaterra.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram estudadas quatro doses de K (tratamentos) na solução hidropônica (276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup>). A solução nutritiva padrão de K (276 mg L<sup>-1</sup>) foi calculada a partir de dados obtidos com *M. arvensis* por Paulus et al. (2004). Na produção de mudas, essa solução foi diluída a 50%. Para seu preparo utilizaram-se as seguintes doses de nutrientes (mg L<sup>-1</sup>): K=276; N=211,4; P=30,35; Ca=71,34; Mg=32,56; S=40,72; Mn=6,084; Cu=0,075; Zn=0,431; B=2,884; Mo=0,088. Foi utilizado 0,5 L de Fe-EDTA obtido pela dissolução de 24,1 g de sulfato de ferro em 400 mL de água e 25,1 g de Na-EDTA em 400 mL de água, misturando-se as duas soluções e completando-se o volume para 1,0 L, após efetuando-se borbulhamento de ar por 12 h, no escuro, conforme recomendação de Furlani & Furlani (1988). Os micronutrientes foram fornecidos na forma de solução concentrada (cinco vezes) dos sais em 200 mL de água, completando-se o volume para 1 L após a diluição.

A condutividade elétrica (CE) inicial das soluções com 276, 414, 552 e 690 mg L<sup>-1</sup> de K foi respectivamente 2,38; 2,72; 3,30 e 3,87 mS cm<sup>-1</sup>. O controle da CE foi realizado a cada dois dias, sendo feita a reposição de 50% dos nutrientes sempre que esta atingia 50% do valor inicial. O pH foi corrigido a cada dois dias para 6,0 ± 0,2 após completar o volume dos reservatórios com água. O controle da circulação das soluções foi efetuado com auxílio de temporizador programado para acionar a moto-bomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos no período diurno (07:00-20:00h) e 15 minutos a cada intervalo de 2 h no período noturno.

A colheita das plantas foi realizada aos 56 dias após o transplante, em dezembro de 2004. As folhas retiradas e pesadas para determinação de sua matéria fresca foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em “freezer” até o momento da extração do óleo. Amostras de 100 g de folhas, em quatro repetições, foram usadas para hidrodestilação em aparelho de Clevenger por 2 h. O óleo



essencial obtido foi separado da água e seco com  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , sendo pesado para determinação do teor e rendimento estimado por planta e por hectare.

As análises de constituição química do óleo essencial foram realizadas em Cromatógrafo Gasoso acoplado a Espectrômetro de Massa (CG-EM Shimadzu, QP-5000), da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Foi utilizada coluna capilar de sílica fundida DB-5 (25m x 0,25 mm d.i., 0,25  $\mu\text{m}$  de espessura do filme); Hélio como gás carreador, fluxo de 1 ml/min com split. As temperaturas do injetor e do detector foram de 220 °C e 250 °C, respectivamente. A temperatura da coluna foi programada de 60 °C a 300°C a 3 °C/min, e os espectros de massa foram obtidos de 30 a 400  $m/z$ . A identificação dos constituintes foi efetuada por comparação de seus respectivos espectros de massas e índices de retenção com amostras autênticas e dados obtidos na literatura (Adams, 2001) e ainda por comparação com espectros de massas registrados em banco de dados como NIST 12 e NIST 62 (National Institute of Standards and Technology).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e interpretados por meio de análise de regressão, utilizando-se teste F a 1 e 5% de probabilidade para avaliação das equações polinomiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de K influenciaram significativamente a matéria fresca de folhas ( $P < 0,05$ ) e o teor de óleo essencial ( $P < 0,01$ ) em *M. x piperita* var. *citrata*, colhida aos 56 dias após o transplante (Tabela 1). Para obtenção da máxima produtividade de folhas frescas por planta, igual a 329 g, a dose estimada de K foi de 384  $\text{mg L}^{-1}$ , conforme a equação de regressão  $y = 246,70 + 0,4284x - 0,0006x^2$  ( $R^2 = 0,7756^*$ ). O teor de óleo essencial aumentou com o acréscimo de K na solução hidropônica, segundo a equação de regressão  $y = 0,4684 + 0,0010638x$  ( $R^2 = 0,9675^{**}$ ), alcançando 1,2 g para cada 100 g de folhas frescas na dose de 690  $\text{mg L}^{-1}$ . Essa dose ocasionou o menor rendimento de matéria fresca, que foi de 276,8  $\text{g planta}^{-1}$ . Os resultados do presente estudo concordam com Tuomi et al. (1991) que afirmam que a concentração de metabólitos secundários utilizados para defesa do vegetal tende a apresentar concentração inversa às taxas de crescimento e, segundo Croteau et al. (2000), existe relação direta entre fotossintatos como gliceraldeído-3-fosfato ou piruvato e a biossíntese dos terpenóides. As plantas

desviam substâncias do metabolismo primário, que poderiam gerar açúcares, proteínas e gorduras e que fornecem energia para o crescimento, a fim de produzir metabólitos secundários, como os terpenóides, em resposta a fatores externos, que neste caso foi a exposição da cultura a doses crescentes de K. Embora a dose de K de  $690 \text{ mg L}^{-1}$  tenha ocasionado redução no crescimento das plantas pelo menor acúmulo de matéria fresca de folhas, houve aumento no rendimento do óleo essencial de 35,5%, atingindo  $3,32 \text{ g planta}^{-1}$ , pelo estímulo à maior produção de óleo utilizado como defesa pela planta.

A larga utilização de óleos essenciais e seus constituintes têm motivado alguns estudos agrônômicos de espécies de *Mentha*. Em cultivo hidropônico de *M. arvensis* L., Paulus et al. (2004) conseguiram teor de óleo de 0,60%, em solução nutritiva contendo  $299 \text{ mg L}^{-1}$  de K, enquanto Maia et al. (2001) obtiveram o melhor teor (1,45%), em solução com  $468 \text{ mg L}^{-1}$  de K, evidenciando que as soluções nutritivas para a espécie devem ser mais concentradas em K, conforme constatado no presente estudo. Por outro lado, Valmorbidia (2003) encontrou teor médio de 1,33% de óleo essencial obtido em plantas de *M. x piperita* L., sem que houvesse efeito significativo com a variação nos diferentes níveis de K na solução nutritiva, pela redução de 50 e 75% de sua concentração.

Em experimentos a campo com *M. arvensis*, Srivastava et al. (2002) encontraram rendimento de matéria fresca de folhas de 16,5 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  e 114 kg de óleo essencial  $\text{ha}^{-1}$ . No presente trabalho, o máximo rendimento de matéria fresca de folhas foi equivalente a 32,9 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  e de óleo essencial 332 kg  $\text{ha}^{-1}$ , indicando ótima produtividade em hidroponia, inclusive superando os valores obtidos a campo por Ram et al. (1995) para a mesma espécie, cujo rendimento máximo de matéria fresca de parte aérea foi de 23,4 toneladas e de óleo essencial 134,2 kg  $\text{ha}^{-1}$ .

O processo de destilação das folhas de *M. x piperita* var. *citrata* permitiu a obtenção de óleos essenciais de coloração levemente amarelada, com intenso e agradável odor de lavanda e, pelas análises cromatográficas, proporcionou a identificação de 20 constituintes, que na média correspondem a 96,61% do total. Pela comparação dos dados da Tabela 2, verificam-se diferenças quantitativas ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) na composição química das amostras de óleo examinadas. Os componentes majoritários encontrados foram linalol com 44,97 a 53,47% e acetato de linalila com 28,07 a 33,86%. Outros componentes que apresentaram significância

foram mirceno (0,37-1,70%), limoneno (0,23-0,87%), 1,8-cineol (0,13-0,40%), (Z)-beta-ocimeno (0,40-1,63%), (E)-beta-ocimeno (0,30-1,23%), formato de linalila (0,40-0,93%), germacreno D (0,97-1,60%) e viridiflorol (1,23-2,90%).

O conteúdo de linalol e acetato de linalila no óleo foram menores nas plantas submetidas à maior concentração de K, conforme pode ser verificado pelas equações de regressão da Tabela 3. Todavia, para os componentes mirceno, limoneno, 1,8-cineol, (Z)-beta-ocimeno, (E)-beta-ocimeno, formato de linalila, germacreno D e viridiflorol, à medida que aumentou a concentração de K, houve também incremento nos seus conteúdos. Contudo, a máxima quantidade acumulada de linalol e acetato de linalila, associados ao rendimento de óleo essencial, foi igual a 2,51 g planta<sup>-1</sup>, obtida nas doses de 414 e 552 mg L<sup>-1</sup> de K. Tais resultados sugerem que o K tenha afetado a atividade de enzimas responsáveis pela biossíntese desses terpenos constituintes do óleo essencial de *M. x piperita* var. *citrata*.

Em estudo com *Mentha arvensis*, Maia et al. (2001) citam que a disponibilidade de nutrientes no meio pode induzir a atividade enzimática para os constituintes do óleo e, aumentar o teor de mentol e a qualidade do óleo essencial. Utilizando solução de Sarruge modificada, os autores obtiveram o maior conteúdo de mentol (82,70%) na solução mais concentrada em K com 468 mg L<sup>-1</sup>. No entanto, Valmorbidia (2003) testando a solução nº 2 de Hoagland e Arnon e variando o nível de K, pela redução de 50 e 75% da concentração, não observou efeito sobre a constituição química do óleo essencial de *M. x piperita*.

A biossíntese dos monoterpenos, principais constituintes do óleo essencial das mentas, ocorre especificamente em tricomas glandulares e está bem definida para *Mentha x piperita*, considerada planta modelo (Croteau et al., 2000). A taxa de biossíntese é fator determinante na produção dos monoterpenos e é estabelecida pela regulação das enzimas biossintéticas e seus substratos correspondentes (Turner et al., 2000), como foi constatado por Gershenzon et al. (2000) que verificaram a existência de correlação entre as atividades *in vitro* e *in vivo* para oito enzimas da biossíntese do mentol.

O primeiro composto precursor de outros monoterpenos em espécies de *Mentha* é o geranyl-difosfato (GPP), que se origina pela rota do ácido mevalônico a partir de uma série de reações do isopentenil difosfato e seu isômero dimetilalil difosfato (Croteau et al., 2000). GPP pode formar, por meio de várias reações

enzimáticas de sintases monoterpênicas, 1,8-cineol, linalol, acetato de linalila e limoneno (Figura 1). O limoneno é o precursor da carvona e, dependendo dos genes envolvidos, por sucessivas reações a partir da pulegona pode produzir mentona e mentol (Lincoln et al., 1986; Croteau et al., 2000). Apesar de haver controle genético na interconversão dos componentes de um a outro, determinado pela regulação da expressão gênica de quimiotipos, constatou-se que fatores agrônômicos, tais como manejo da solução nutritiva possibilita manipular as proporções dos constituintes do óleo essencial de um determinado quimiotipo, uma vez que a variação nas concentrações de K nas soluções hidropônicas favoreceu a formação dos compostos linalol e acetato de linalila em plantas de *M. x piperita* var. *citrata*.

Elevados conteúdos de linalol e acetato de linalila no óleo essencial são interessantes sob o ponto de vista econômico. Esses aromas entram na composição de produtos cosméticos, tais como: cremes faciais, loções para o corpo, fragrâncias em creme, desodorantes, perfumes, xampus, produtos de banho, géis, sabonetes e spray para cabelos. Podem ser usados também em produtos não-cosméticos como detergentes e produtos de limpeza de ambientes (Letizia et al., 2003a, 2003b) e em medicamentos. Recentes estudos *in vitro* e *in vivo* demonstraram que o linalol exerce atividade antiinflamatória, antinociceptiva, anti-hiperalgésica, anestésica e antioxidante (Peana et al., 2006). Além disso, é importante intermediário na produção de vitaminas A e E (Steffani et al., 2006). No entanto, a oxidação natural do linalol que ocorre quando o produto é manipulado e estocado pode levar à formação de hidroperóxidos indesejáveis, conforme constatado por Sköld et al. (2002) que, em estudos de sensibilização em cobaias, verificaram que o linalol de alta pureza não teve efeitos, enquanto o linalol que sofreu oxidação durante dez semanas apresentou efeito sensibilizante nos animais, ocasionando dermatite de contato. Assim, os autores recomendam adicionar antioxidantes na hora da produção de matéria-prima para fragrâncias, evitando-se a produção de substâncias alergênicas.

Uma vez que as folhas correspondem ao sítio ativo de síntese e acumulação do óleo essencial em espécies de *Mentha*, os incrementos do seu teor e da sua qualidade são aspectos interessantes economicamente, a fim de atender à crescente demanda mundial pelas indústrias de fragrâncias e medicamentos. As condições de aumento na concentração de potássio, a que foram submetidas plantas de *M. x piperita* var. *citrata*, podem ter provocado estimulação nas atividades

enzimáticas, alterando a composição dos óleos, sugerindo-se que o potássio esteja envolvido na síntese desses compostos aromáticos, pois para Marschner (1995), ele é ativador de várias enzimas, destacando-se as sintetases, oxirredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases.

## CONCLUSÃO

Portanto, a dose estimada para máximo rendimento de folhas frescas corresponde a 384 mg L<sup>-1</sup> de K. A dose máxima de K (690 mg L<sup>-1</sup>) proporciona aumento no teor e no rendimento total de óleo essencial por planta, porém diminui a quantidade de linalol e acetato de linalila. Para obtenção de maior rendimento de óleo essencial por planta associado ao acúmulo de linalol e acetato de linalila, recomendam-se concentrações de K entre 414 e 552 mg L<sup>-1</sup> na solução hidropônica.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oils components by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publ. Corp. Carol Stream, 2001. 469p.
- CAL, K.; KRZYZANIAK, M. Stratum corneum absorption and retention of linalool and terpinen-4-ol applied as gel or oily solution in humans. **Journal of Dermatological** v. 42, p.265-267, 2006.
- CROTEAU, R; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N.G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAM, B. B; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Eds). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p.1250-1318.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1988. 34p.
- GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v.122, p.205-213, 2000.

- HANNEGUELLE, S.; THIBAUT, J. N.; NORBERT, N.; MARTIN, G. Authentication of essential oils containing linalool and linalyl acetate by isotopic methods. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.40, p.81-87, 1992.
- HARLEY, R. M.; BRIGHTON, C. A. Chromosome numbers in the genus *Mentha* L. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.74, p.71-96, 1977.
- KOKKINI, S. Essential oils as taxonomic markers in *Mentha*. In: HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T. (Eds). **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.325-34.
- KOTHARI, R. The Indian essential oil industry. **Perfumer and flavorist**, v.30, p.46-50, 2005.
- LETIZIA, C. S. et al. Fragrance material review on linalol. **Food and Chemical Toxicology**, v.41, p.943-964, 2003a.
- LETIZIA, C. S. et al. Fragrance material review on linalyl acetate. **Food and Chemical Toxicology**, v.41, p.965-976, 2003b.
- LINCOLN, D. E.; MERRIT, J. M.; LAWRENCE, B. M. Chemical composition and genetic basis for the isopinocampone chemotype of *Mentha citrata* hybrids. **Phytochemistry**, v.25, p.1857-1863, 1986.
- MAIA, N. B. et al. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* L. grown in nutrient solutions. **Acta Horticulturae**, n.548, p.181-187, 2001
- MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press. 1995. 888p.
- MURRAY, M. J.; LINCOLN, D. E. The genetic basis of acyclic oil constituents in *Mentha citrata* Ehrh. **Genetics**, v.65, p.457-471, 1970.
- PAULUS, D. et al. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.1, p.34-42, 2004.
- PEANA, A. T. et al. (-)- Linalool inhibits in vitro NO formation: Probable involvement in the antinociceptive activity of this monoterpene compound. **Life Science**, v.78, p.719-723, 2006.
- RAM, M.; RAM, D.; SINGH, S. Irrigation and nitrogen requirements of bergamot mint on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. **Agricultural Water Management**, v.27, p.45-54, 1995.
- SANT SANGANERIA. Vibrant India. Opportunities for the flavor and fragrance industry. **Perfumer and flavorist**, v.30, p.24-34, 2005.

SANTOS, O. S. (Ed.). **Cultivo sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.

SILVA-SANTOS, A.; ANTUNES, A. M. S.; D'AVILA, L. A. New natural linalool sources. **Perfumer and flavorist**, v.29, p.38-43, 2004.

SKÖLD, M. et al. Studies on the autoxidation and sensitizing capacity of the fragrance chemical linalool, identifying a linalool hydroperoxide. **Contact Dermatitis**, v.46, 267-272, 2002.

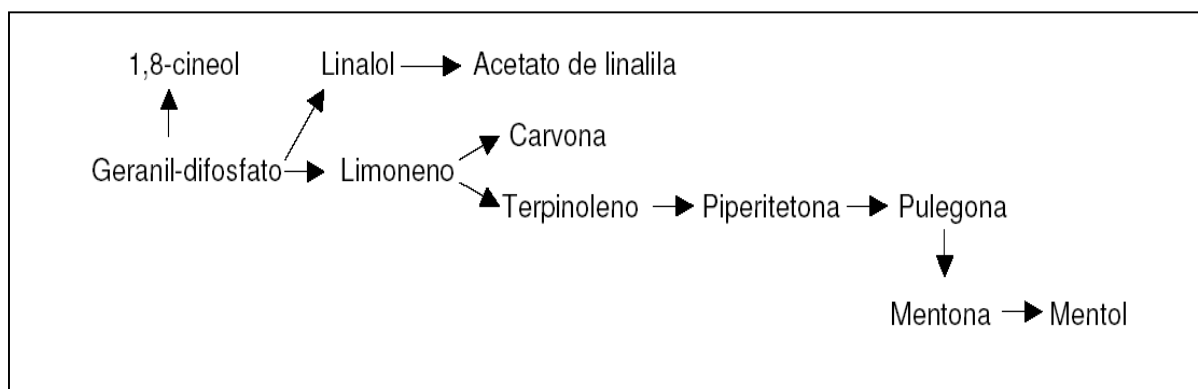
SRIVASTAVA, R. K. et al. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial crops and products**, v.15, p.189-198, 2002.

STEFFANI, E. et al. Extraction of ho-ho (*Cinnamomum camphora* Nees and Eberm var. *linaloolifera fujita*) essential oil with supercritical CO<sub>2</sub>: experiments and modeling. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.23, p.259-266, 2006.

TUOMI, J.; FAGERSTRÖM, T.; NIEMELÄ, P. Carbon allocation, phenotypic plasticity and induced defences. In: TALLAMY, D. W.; RAUPP, M. J. **Phytochemical induction by herbivores**. New York: John Wiley, 1991. p.85-104.

TURNER, G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v.124, p.655-663, 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 Agronomia/ Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.



**Figura 1-** Rota biossintética dos principais monoterpênicos do óleo essencial de espécies de *Mentha* (Croteau et al., 2000, com modificações).

**Tabela 1-** Rendimento de matéria fresca de folhas, teor e rendimento de óleo essencial de *Mentha x piperita* var. *citrata*, cultivada em diferentes concentrações de K na solução hidropônica. Santa Maria, UFSM, RS. 2004.

Concentração de K (mg L <sup>-1</sup> )	Matéria fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Óleo essencial*	
		Teor (%)	Rendimento (g planta <sup>-1</sup> )
276	322,5	0,76	2,45
414	328,5	0,91	2,99
552	313,3	1,05	3,29
690	276,8	1,20	3,32
CV (%)	8,86	7,90	

\*Extraído a partir de amostras de 100 g de folhas frescas.

**Tabela 2-** Composição química do óleo essencial (%) obtida em CG-EM, de *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq., cultivada em solução nutritiva com diferentes doses de potássio, colhida aos 56 dias após o transplante. <sup>1</sup>TR= tempo de retenção médio; <sup>2</sup>IK= Índice de Kovats; tr= traços (<0,1%).

Componente (%)	Dose de K (mg L <sup>-1</sup> )				Média	<sup>1</sup> TR (min.)	<sup>2</sup> IK
	276	414	552	690			
Mirceno**	0,37	0,50	1,17	1,70	0,93	6,055	979
Limoneno**	0,23	0,30	0,63	0,87	0,51	6,641	1017
1,8-cineol**	0,13	0,17	0,23	0,40	0,23	6,688	1020
(Z)-beta-ocimeno* *	0,40	0,47	0,93	1,63	0,86	6,731	1031
(E)-beta-ocimeno**	0,30	0,43	0,57	1,23	0,63	6,882	1039
Gama-terpineno	tr	tr	tr	tr	-	7,054	1050
Terpinoleno <sup>ns</sup>	0,13	0,13	0,17	0,27	0,17	7,467	1085
Linalol*	53,47	51,20	45,00	44,97	48,66	7,699	1093
N-nonanol <sup>ns</sup>	0,37	0,37	0,37	0,53	0,41	8,597	1165
Alfa-terpineol <sup>ns</sup>	3,57	3,63	4,20	4,70	4,02	8,793	1178
Formato de linalila*	0,40	0,50	0,70	0,93	0,63	9,186	1230
Acetato de linalila**	33,86	32,77	31,37	28,07	31,52	9,476	1257
Acetato de nerila <sup>ns</sup>	1,30	1,13	2,33	1,83	1,65	10,629	1368
Beta-cariofileno <sup>ns</sup>	1,83	1,63	2,60	2,57	2,16	11,279	1408
Alfa-humuleno <sup>ns</sup>	0,13	0,10	0,10	0,10	0,11	11,596	1439
Germacreno D*	0,97	0,77	1,47	1,60	1,20	11,843	1469
Elemol <sup>ns</sup>	0,37	0,37	0,33	0,63	0,42	12,409	1542
Viridiflorol*	1,23	1,73	2,87	2,90	2,18	12,877	1587
Gama-eudesmol <sup>ns</sup>	0,10	0,10	0,17	0,13	0,12	13,164	1622
Beta-eudesmol <sup>ns</sup>	0,10	0,10	0,37	0,37	0,23	13,359	1640
Total identificado	99,29	96,5	95,37	95,29	96,61		

\*, = significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente; <sup>ns</sup> = não significativo.

**Tabela 3-** Equações de regressão, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e coeficientes de variação (CV) para os componentes do óleo essencial de *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. que apresentaram significância pelo teste F.

Componente (%)	Equação	R <sup>2</sup>	CV (%)
Mirceno	y = -0,700 + 0,00338x	0,95	31,08
Limoneno	y = -0,273 + 0,00162x	0,95	13,91
1,8-cineol	y = -0,070 + 0,00063x	0,89	21,43
(Z)-beta-ocimeno	y = -0,600 + 0,00302x	0,89	10,09
(E)-beta-ocimeno	y = -0,393 + 0,00210x	0,83	7,89
Linalol	y = 59,753 - 0,02297x	0,89	5,29
Formato de linalila	y = 0,003 + 0,00130x	0,97	26,58
Acetato de linalila	y = 38,096 - 0,01362x	0,93	26,28
Germacreno D	y = 0,290 + 0,00188x	0,71	27,64
Viridiflorol	y = 0,036 + 0,00444x	0,90	31,81



## CAPÍTULO 5

### Composição mineral de três espécies de *Mentha* (Lamiaceae) cultivadas no sistema hidropônico NFT

#### RESUMO

O objetivo do estudo foi determinar o teor e a acumulação de nutrientes em três espécies de *Mentha* e testar o desempenho de solução nutritiva calculada para o cultivo de menta, no sistema hidropônico NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). O trabalho foi conduzido em casa de vegetação de 250m<sup>2</sup> do Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, no período de outubro a dezembro de 2004. Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Estacas de plantas matrizes foram enraizadas em espuma fenólica, por 20 dias em berçário e após foram transferidas para bancadas de produção final. As plantas foram colhidas aos 62 (*M. arvensis* fo. *piperascens*), 69 (*M. x gracilis*) e 76 dias após o plantio (*M. x piperita* var. *citrata*), separadas em partes (raízes, hastes, folhas) e secas em estufa a 70°C para determinação de matéria seca e análise de tecidos. Nitrogênio, cálcio e potássio foram os macronutrientes concentrados e extraídos em maior quantidade em todas as partes das plantas; os micronutrientes foram ferro, manganês e zinco. Houve maior acúmulo de macronutrientes nas folhas, depois nas hastes e raízes. Constatou-se que a solução nutritiva elaborada foi bastante eficiente para garantir boa produção de fitomassa, sem que as plantas apresentassem sinais visuais de deficiência ou toxicidade de macro e micronutrientes, podendo-se sugerir seu uso para o cultivo dessas espécies de menta.

**Palavras-chave:** *Mentha arvensis* fo. *piperascens*, *Mentha x gracilis*, *Mentha x piperita* var. *citrata*, hidroponia.

## Mineral composition of three species of *Mentha* (Lamiaceae) grown under the NFT hydroponic system

### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the content and accumulation of nutrients in three *Mentha* species and to test the performance of nutrient solution calculated for grown of mint, under the NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic system. The work was carried out at the Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia of the Universidade Federal de Santa Maria, RS, from October to December 2004. A completely randomized design was used with five replications. Stakes of matrix plants rooted in phenolic foam for 20 days in a nursery, being then transferred to final production benches. The plants were harvested at 62 (*M. arvensis* fo. *piperascens*), 69 (*M. x gracilis*) and 76 days after planting (*M. x piperita* var. *citrata*), separated in parts (roots, stems, leaves) and dried at 70°C for the determination of dry matter and tissue analysis. Nitrogen, calcium and potassium were the macronutrients concentrated and extracted in larger amounts in parts of plants; the micronutrients were iron, manganese and zinc. There was a higher accumulation of macronutrients in the leaves, followed by stems and roots. It was verified that the nutrient solution elaborated was very efficient to guarantee good phytomass production without the plants showing visual signals of deficiency or toxicity of macro and micronutrients, and thus it is concluded that it can be recommended for the cultivation of these mint species.

**Keywords:** *Mentha arvensis* fo. *piperascens*, *Mentha x gracilis*, *Mentha x piperita* var. *citrata*, hydropony.

### INTRODUÇÃO

O gênero *Mentha*, família Lamiaceae, compreende aproximadamente 25 espécies originárias do Velho Mundo e adventícias nas Américas (Harley & Brighthon, 1977), algumas foram introduzidas ainda na época do descobrimento do Brasil, enquanto outras vieram com japoneses e europeus no início do século XX. As

espécies são valorizadas pelo uso culinário e de chás medicinais, conhecidas principalmente pelo sabor característico e aroma refrescante. Dentre as mais populares destacam-se: hortelã-japonesa ou vique (*Mentha arvensis* L.), hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* var. *piperita* L.), hortelã-verde ou menta-dos-jardins (*Mentha spicata* L.), hortelã-rasteira ou hortelã-de-panela (*Mentha x villosa* Huds.), hortelã-limão (*Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.), menta-do-levante (*Mentha x gracilis* Sole) e hortelã-comum (*Mentha suaveolens* Ehrh.).

Os óleos essenciais das mentas são ricos em terpenóides de amplo interesse industrial, na composição de produtos farmacêuticos, alimentícios, cosméticos e aromatizantes do tabaco. A produção mundial estimada desses óleos é de 22.200 toneladas anuais (Sant Sanganeria, 2005). Índia, China, Brasil, Japão, França e Estados Unidos são os maiores produtores mundiais do óleo essencial rico em mentol, sendo que a Índia contribui com 70% do volume desta produção (Srivastava et al., 2002).

Os nutrientes minerais são fundamentais para o crescimento das plantas e produção de óleos essenciais em *Mentha* (Brown et al., 2003). Esses nutrientes podem ser fornecidos através das soluções nutritivas da hidroponia, permitindo rápido crescimento e produção de matéria-prima de qualidade. O fluxo laminar de nutrientes (NFT) é um sistema econômico quanto ao uso da água e dos elementos minerais contidos na solução, desde que haja monitoramento e ajuste da solução nutritiva para o controle de possíveis desordens nutricionais (Backes et al., 2004). O ambiente protegido possibilita o controle do desenvolvimento das plantas e da solução nutritiva durante o cultivo (Santos, 2000). Além disso, a ausência de solo e o cultivo protegido reduzem muito o uso de defensivos agrícolas, oferecendo ao consumidor produtos de melhor qualidade, conferindo vantagens ao uso da hidroponia, especialmente quando se cultivam plantas de emprego farmacêutico.

Poucas informações encontram-se disponíveis na literatura a respeito das exigências nutricionais e composição mineral de espécies medicinais e, em especial, de mentas (Maia, 1998a; Maia, 1998b; Rodrigues et al., 2004; Blank et al., 2006). A maior parte dos trabalhos em hidroponia está direcionada à avaliação nutricional de hortaliças folhosas, frutíferas, floríferas e ornamentais (Furlani et al., 1999). Verifica-se, portanto, a necessidade de estudos que envolvam aspectos nutricionais de plantas aromáticas e medicinais cultivadas em hidroponia, no sistema NFT. Assim, objetivou-se neste trabalho determinar o teor e a acumulação de nutrientes em três

espécies de *Mentha* e testar o desempenho de solução nutritiva calculada para o cultivo de menta no sistema hidropônico NFT.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação de 250m<sup>2</sup> coberta com polivinilclorídrico (PVC), com 200 µm de espessura, na área experimental do Núcleo de Pesquisas em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, no período de outubro a dezembro de 2004. Realizaram-se três experimentos simultâneos, no delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições, para as espécies *Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *Mentha x gracilis* Sole e *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.

As mudas das espécies de *Mentha* oriundas de matrizes cultivadas em solo foram obtidas a partir de estacas caulinares, de 4 cm de comprimento e com quatro folhas, enraizadas em espuma fenólica com dimensões de 2x2x2cm, conduzidas em berçário constituído por perfis de polipropileno, com 4 m de comprimento e 3 cm de largura, colocados sobre cavaletes com desnível de 2% para escoamento da solução nutritiva. As mudas permaneceram no berçário até o momento que apresentaram de oito a nove folhas desenvolvidas, aos 20 dias, quando foram transplantadas para as bancadas de produção final, constituídas por perfis de polipropileno com 6 m de comprimento por 10 cm de largura, sustentados por cavaletes com 0,80 m de altura e declividade de 2%. O espaçamento foi de 0,25 m nos perfis e 0,40 m entre perfis, correspondendo à densidade de 10 plantas m<sup>-2</sup>. Utilizou-se o sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), com a solução nutritiva distribuída nos perfis na vazão de 1,8 L s<sup>-1</sup>, através de conjunto moto-bomba de 0,5 HP e recolhida no final da bancada de cultivo através de calha coletora, retornando aos reservatórios de PVC, com capacidade de 500 L. A solução nutritiva foi calculada a partir dos dados de produção de matéria seca e da quantidade de nutrientes extraídos por *M. arvensis*, obtidos por Paulus et al. (2004). Na produção de mudas, essa solução foi diluída a 50%. Para seu preparo utilizaram-se as seguintes doses de nutrientes (mg L<sup>-1</sup>): K=276,00; N=211,40; P=30,35; Ca=71,34; Mg=32,56; S=40,72; Mn=6,084; Cu=0,075; Zn=0,431; B=2,884; Mo=0,0883. Foi utilizado 0,5 L de Fe-EDTA obtido pela dissolução de 24,1 g de sulfato de ferro em

400 mL de água e 25,1 g de Na-EDTA em 400 mL de água, misturando-se as duas soluções e completando-se o volume para 1,0 L, conforme recomendação de Furlani & Furlani (1988). A quantidade de ferro adicionada na solução nutritiva correspondeu a 2,5 mg L<sup>-1</sup>. Os demais micronutrientes foram fornecidos na forma de solução concentrada (cinco vezes) dos sais em 200 mL de água, completando-se o volume para 1 L, após completa diluição.

A condutividade elétrica (CE) inicial da solução foi 2,38 mS cm<sup>-1</sup>. Realizou-se controle a cada dois dias, com reposição de 50% dos nutrientes sempre que a CE atingia 50% do valor inicial. Corrigiu-se o pH a cada dois dias para o valor de 6,0 ± 0,2 após completar o volume dos reservatórios com água. Controlou-se a circulação das soluções por meio de temporizador programado para acionar a moto-bomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos, no período diurno (7:00-20:00h), e 15 minutos a cada intervalo de 2 h, durante o período noturno (20:00-7:00h).

As plantas foram colhidas aos 62 (*M. arvensis* fo. *piperascens*), 69 (*M. x gracilis*) e 76 dias após o plantio das estacas (*M. x piperita* var. *citrata*), no início da floração, exceto *M. x piperita* var. *citrata*, que floresceu apenas em março de 2005, conforme observado a campo. As plantas foram separadas em raízes, hastes e folhas, secas em estufa a 70°C, até massa constante, para determinação de matéria seca e análise de tecidos.

Os teores de macro e micronutrientes na matéria seca das raízes, hastes e folhas foram determinados no Laboratório de Ecologia Florestal da UFSM e extraídos da seguinte forma: N, por digestão sulfúrica; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, por digestão nítrica-perclórica e B, por digestão seca através de incineração em forno mufla. A determinação seguiu o método de Kjeldahl para N; espectrometria visível para P e B; fotometria de chama para K; turbidimetria para S e espectrofotometria de absorção atômica para Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn (Tedesco et al., 1995; Miyazawa et al, 1999). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de nutrientes das três espécies de *Mentha*, nas diversas partes das plantas, pode ser observado na Tabela 1. Nitrogênio, cálcio e potássio foram os

macronutrientes concentrados em maior quantidade em todas as partes das plantas de *Mentha*, concordando com dados de Malavolta (2006), para as principais culturas brasileiras de interesse econômico. Já, os micronutrientes de maior teor foram ferro, manganês e zinco.

O nitrogênio foi o macronutriente encontrado em maior teor nas folhas e raízes das três espécies, enquanto nas hastes de *M. arvensis* fo. *piperascens* e *M. x piperita* var. *citrata* foi o cálcio e nas hastes de *M. x gracilis* foi o potássio. O nitrogênio é, geralmente, o nutriente mais exigido pelas culturas, já que atua como componente estrutural nas moléculas de aminoácidos e proteínas, estimula o crescimento vegetativo, a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas (Marschner, 1995). Em casos de baixo suprimento de nitrogênio ocorre redução na produção de folhas, pois a assimilação do nitrato em proteína predomina nelas (Maffeis et al., 2000). O papel do cálcio é participar na síntese de parede celular, divisão e alongação celular (Taiz & Zeiger, 2004), proporcionando rigidez e estrutura às membranas celulares. Já o potássio auxilia na translocação de fotossintatos para partes em crescimento e na extensão celular (Marschner, 1995).

Os teores de ferro nas raízes são os que mais se destacam quando comparados aos das folhas. Os teores do nutriente nas raízes foram maiores de 40 a 50 vezes o das folhas. Borkert et al. (2001) comentam que faixas de concentração de ferro são bastante variáveis e grande número de plantas pode ser enquadrado dentro de valores entre 50 e 250 mg kg<sup>-1</sup>, como suficientes para boa nutrição; e, valores acima de 1000 mg kg<sup>-1</sup> (teores foliares) geralmente estão associados à fitotoxicidade. Embora abundante, o ferro pode se tornar insolúvel, ao se combinar com oxigênio e formar oxihidratos (Schmidt, 2003) que podem ficar adsorvidos no apoplasto das células radiculares, não ocasionando sintomas de toxicidade que seriam esperados se houvesse absorção em excesso.

Não foram observados sintomas visuais de deficiência ou toxicidade, podendo-se considerar que os nutrientes fornecidos pela solução hidropônica foram adequados ao crescimento das plantas, o que pode ser confirmado pela alta produção de matéria seca (Tabela 2).

A amplitude de variação nos teores foliares dos nutrientes (Tabela 1), em função das espécies de *Mentha*, corresponde a macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>): N= 39,69 a 43,43; P= 5,22 a 6,15; K= 11,87 a 15,95; Ca= 13,48 a 20,45; Mg= 6,95 a 10,35; S= 5,50 a 7,50; e micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>): B= 39,03 a 50,21; Cu= 17,37 a 28,99; Fe=

307,60 a 352,00; Mn= 133,27 a 203,20; Zn= 59,61 a 72,25. Nos teores da parte aérea, a amplitude foi: N= 27,10 a 28,80; P= 4,30 a 5,73; K= 14,30 a 16,85; Ca= 15,07 a 18,95; Mg= 5,90 a 7,87; S= 2,97 a 4,38; B= 31,40 a 39,07; Cu= 18,62 a 24,99; Fe= 248,97 a 268,00; Mn= 202,83 a 261,80 e Zn= 63,32 a 69,60.

Maia (1998a), ao cultivar plantas de *M. arvensis* em vasos contendo sílica e solução nutritiva descrita por Sarruge, obteve teores foliares de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>): N= 4,43; P= 0,37; K= 4,21; Ca= 1,49; Mg= 0,67; S= 0,19; e de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>): B= 51,00; Cu= 9,00; Fe= 432,00; Mn= 56,00 e Zn= 46,00. Em outro experimento também com *M. arvensis*, Maia (1998b) encontrou na parte aérea, teores de N= 10,88; P= 1,26; K= 9,89; Ca= 9,05; Mg= 2,27; S= 3,01; B= 22,00; Cu= 20,58; Fe= 158,50; Mn= 21,00 e Zn= 38,85. Comparando com os resultados do presente estudo, verifica-se que os teores dos nutrientes, tanto das folhas quanto da parte aérea das espécies de *Mentha*, foram bem superiores aos obtidos por Maia (1998a) e Maia (1998b), sendo que apenas os teores de ferro e boro para as folhas foram inferiores aos encontrados por Maia (1998a); e os teores de enxofre e cobre da parte aérea apresentaram valores semelhantes aos de Maia (1998b).

Em estudos, de nutrição em solo do Estado de Sergipe, com plantas de *M. x piperita*, Blank et al. (2006) encontraram nas folhas teores de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>): N= 46,20; P= 3,05; K= 24,56; Ca= 16,12; Mg= 9,34 e S= 3,21; e de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>): Fe= 938,58; Zn= 27,84; B= 54,01. Ao se comparar com a amplitude foliar do presente estudo, observa-se que para as três espécies somente os teores de fósforo e enxofre foram superiores aos de Blank et al. (2006). Esses autores comentam que em tratamentos com ausência de nutrientes, apenas a omissão de nitrogênio e ferro influenciou a produção de folhas, indicando que os teores de N= 34,60 g kg<sup>-1</sup> e Fe= 362,84 mg kg<sup>-1</sup> se encontravam em níveis abaixo do adequado.

Essas variações encontradas nos teores de nutrientes podem ser explicadas, segundo Malavolta (2006), pela influência de fatores externos e internos que interferem na absorção iônica. O abaixamento da tensão de O<sub>2</sub> na solução e da temperatura diminui a absorção de nutrientes, o que acarreta menor concentração no suco celular. O<sub>2</sub> dissolvido e calor são necessários para que se processe a respiração, fonte de ATP para a absorção ativa. Espécies e variedades apresentam capacidade diferente para absorver tanto macro quanto micronutrientes, o que pode estar relacionado com parâmetros cinéticos (concentração e velocidade de

absorção). O processo de absorção está sob controle genético havendo genes que se expressam mais ou menos fazendo variar a absorção. A concentração externa de cátions e de ânions, o pH, a intensidade transpiratória, a morfologia e o tamanho das raízes, além do nível de carboidratos e de sais presentes no protoplasto constituem também fatores que influenciam a absorção.

Deve-se considerar que, no caso do cultivo de espécies em soluções hidropônicas, a composição destas determina a quantidade e relação de nutrientes em torno das raízes, enquanto que no caso de soluções no substrato orgânico (solo) conforme utilizado por Blank et al. (2006), existe uma relação entre a fase sólida (partículas de solo) e a fase líquida (solução nutritiva efetivamente à disposição das raízes), de maneira que várias reações podem ocorrer entre as partículas sólidas e os íons que se encontram adsorvidos ou dispersos no meio, o que influencia a disponibilidade de nutrientes pela rizosfera, seja por acidificação ou alcalinização, mudanças nas condições de óxido-redução ou pela formação de complexos e quelados (Epstein & Bloom, 2006; Malavolta, 2006).

Embora Maia (1998b) comente que o sistema automático de irrigação em vasos possibilita maior aeração das raízes e produções mais próximas ao potencial máximo da espécie, em relação ao sistema convencional de cultivo (Maia, 1998a), constatou-se que, no sistema de cultivo NFT do presente estudo, as plantas tiveram melhor desempenho devido à maior frequência de irrigação, proporcionando maior aeração das raízes, disponibilidade de água e nutrientes, o que propicia melhor desenvolvimento e produção quando comparado ao cultivo em vasos. Marschner (1995) cita que reduções nas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio nas raízes de plantas cultivadas em solos alagados são devido à menor disponibilidade de O<sub>2</sub> no meio.

No sistema NFT, segundo Furlani (1995), o volume da solução nutritiva por planta cultivada não deve ser inferior a 1 L, quanto maior o volume por planta, menores alterações nas concentrações de nutrientes ocorrerão na solução nutritiva. No presente trabalho, o volume da solução no reservatório foi 4 L planta<sup>-1</sup>, sendo a água evapotranspirada repostada diariamente. As plantas têm grande capacidade de adaptação às diferentes condições nutritivas, no entanto o mau uso destas pode acarretar sérios prejuízos a elas (Martinez & Silva Filho, 2004). Um adequado fornecimento de nutrientes está diretamente relacionado ao volume de solução,



estádio de desenvolvimento, taxa de absorção de nutrientes e frequência de renovação e reposição de nutrientes na solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1950).

Ao longo do cultivo realizaram-se três reposições, sempre que a condutividade elétrica atingia o limite de 50% do valor inicial. Ao se realizar as reposições, observou-se redução do pH, indicando que a adição dos sais tende a acidificar o meio pela maior concentração de nutrientes presentes na solução nutritiva. Com a reposição diária da água, cujo pH era 6,4, o pH da solução tornava-se mais elevado, porém foi mantido dentro da faixa  $6,0 \pm 0,2$ , garantindo maior disponibilidade dos nutrientes. Marschner (1995) cita que as mudanças de pH na solução nutritiva são causadas por desbalanços na absorção de cátions e ânions. Quando a absorção de cátions excede a absorção de ânions, em base de carga equivalente, a solução é acidificada, enquanto a alcalinização ocorre quando a absorção de ânions é maior. Segundo Furlani et al (1999), muitas soluções nutritivas não têm capacidade tampão, assim o pH tende a variar continuamente, não se mantendo dentro de uma faixa ideal, variações entre 4,5 e 7,5 são toleráveis ao crescimento das plantas. Em valores de pH baixos, além dos efeitos tóxicos do cátion  $H^+$  sobre as células das raízes, há competição entre o cátion  $H^+$  e os cátions essenciais ( $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ) e em valores de pH elevados, além da redução da absorção dos ânions ( $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $Cl^-$ ,  $MoO_4^{-2}$ ), há precipitação de  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  e  $Zn^{+2}$  (Faquin et al., 1996). Com a elevação do pH a toxicidade do  $H^+$  pode ser eliminada e a ligação do  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  no apoplasto da raiz pode aumentar (Marschner, 1995).

Analisando o total de nutrientes fornecidos pela solução hidropônica utilizada, constatou-se que os valores estão adequados em relação aos referidos por Barry (1996) apud Furlani et al. (1999), com as seguintes faixas ( $mg L^{-1}$ ): N (70-250), P (15-80), K (150-400), Ca (70-200), Mg (15-80), S (20-200), Fe (0,8-6), Mn (0,5-2), B (0,1-0,6), Cu (0,05-0,3), Zn (0,1-0,5) e Mo (0,05-0,15).

Quando se procede à análise das exigências nutricionais de plantas, visando ao cultivo em solução nutritiva, segundo Furlani et al. (1999), deve-se focar as relações entre os nutrientes, pois essa é uma indicação da relação de extração do meio de crescimento. As relações entre os teores foliares de potássio e os demais macronutrientes ( $g kg^{-1}$ ) para *M. arvensis*, *M. x gracilis* e *M. x piperita* var. *citrata* foram, respectivamente, K:N (1:3,66; 1:2,60; 1:2,72), K:P (1:0,44; 1:0,38; 1:0,42), K:Ca (1:1,72; 1:0,85; 1:1), K:Mg (1:0,87; 1:0,44; 1:0,48) e K:S (1:0,49; 1:0,34;

1:0,51). Essas relações foram superiores às encontradas por Maia (1998a) e Maia (1998b), em hidroponia com substrato do tipo sílica, e por Blank et al. (2006), em solo. Verificou-se que as plantas de *M. arvensis* fo. *piperascens* absorvem maior quantidade de nitrogênio, cálcio e magnésio para cada unidade de potássio absorvido, do que as outras duas espécies. No entanto, fósforo e enxofre apresentaram relações semelhantes para as três espécies.

As relações entre os teores de potássio e demais macronutrientes devem ser consideradas com cautela, havendo a necessidade de outros estudos a fim de se definir padrões de relações entre macronutrientes em *Mentha*, visando a manutenção do equilíbrio eletroquímico, já que é grande a variação nas concentrações encontradas em outros experimentos (Maia, 1998a; Maia, 1998b; Blank et al., 2006).

Na Tabela 2, observam-se diferenças significativas na produção de matéria seca e conseqüentemente também nas quantidades de nutrientes extraídas pelas raízes e parte aérea das espécies de *Mentha*. Furlani (1997) também observou diferenças entre hortaliças folhosas cultivadas em NFT, principalmente quanto aos teores de macronutrientes, concluindo que plantas de agrião, couve e rúcula necessitam mais cálcio e magnésio do que as de alface e almeirão. Furlani et al. (1999), em estudos com plantas de alface, verificaram que as variações são devidas às cultivares e também à idade de colheita das plantas. Gupta (2001) cita que quanto maior a capacidade da planta em acumular um nutriente maior será a diferença na concentração desse nutriente, em resposta a taxas variáveis de adubação. Então, o conhecimento sobre as partes das plantas que mais acumulam nutrientes deve se destacar como um critério para delimitar os níveis de nutrientes, da suficiência à toxicidade.

No caso da *Mentha*, verifica-se que houve maior acúmulo de macronutrientes nas folhas, depois nas hastes e por último nas raízes. Nitrogênio, cálcio e potássio foram os nutrientes extraídos em maior quantidade na planta inteira. Para os micronutrientes foram ferro, manganês e zinco. A disposição dos nutrientes em ordem decrescente serve para indicar as quantidades requeridas pelas plantas e orientar seu fornecimento por meio da adubação ou solução nutritiva. A extração dos nutrientes pelas espécies de *Mentha* estudadas é indicada na seguinte ordem decrescente: N>Ca>K>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>Cu>B para *Mentha arvensis* fo. *piperascens*, N>K>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu para *Mentha x gracilis* e

N>Ca>K>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu para *Mentha x piperita* var. *citrata*. Esses resultados contrariam os de Rodrigues et al. (2004) que comentam que plantas de *M. x piperita* absorvem mais fósforo que magnésio durante o período de florescimento, pois neste período *M. arvensis* fo. *piperascens* e *M. x gracilis* acumularam mais magnésio que fósforo. Entretanto, *M. x piperita* var. *citrata* acumulou mais fósforo que magnésio e não floresceu. O florescimento desta planta a campo ocorreu aproximadamente 70 dias após a colheita neste experimento, devido à tendência em florescer quando os dias se tornam mais curtos.

Considerando a quantidade de nutrientes extraídos pela planta inteira (mg planta<sup>-1</sup>), em espécies de *Mentha* (Tabela 2), verifica-se que os valores foram superiores para todos os nutrientes quando comparados aos encontrados por Maia (1998a) e Maia (1998b). Os valores de matéria seca total obtidos por esses autores foram, respectivamente, 32,10 g e 89,44 g. No presente trabalho, destaca-se o alto rendimento de matéria seca total de 98,43 a 142,66 g planta<sup>-1</sup>, indicando ótimo desenvolvimento das espécies no sistema NFT.

## CONCLUSÃO

Nitrogênio, cálcio e potássio são os macronutrientes concentrados e extraídos em maior quantidade em todas as partes das plantas de *Mentha arvensis* fo. *piperascens*, *Mentha x gracilis* e *Mentha x piperita* var. *citrata*; os micronutrientes são ferro, manganês e zinco. Há maior acúmulo de macronutrientes nas folhas, depois nas hastes e raízes. Para o cultivo das três espécies de *Mentha*, no sistema hidropônico NFT e nas condições do presente estudo, a solução nutritiva elaborada é bastante eficiente e garante boa produção de fitomassa, sem que as plantas apresentem sinais visuais de deficiência ou toxicidade de nutrientes, podendo-se sugerir seu uso para o cultivo dessas espécies.

## REFERÊNCIAS

BACKES, F. A. A. L. et al. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. **Ciência Rural**, v.34, p.1407-1414, 2004.

- BLANK, A. F. et al. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.2, p.195-198, 2006.
- BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E. (Org.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/ POTAFOS, 2001. p.151-186.
- BROWN, B. et al. The critical role of nutrient management in mint production. **Better Crops**, v.87, n.4, p.9-11, 2003.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 86p.
- FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50p.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1988. 34p.
- FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1995. 18p. (Documentos IAC, 55).
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 30p. (Documentos IAC, 168).
- GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E. (Org.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: POTAFOS, 2001. p.13-42.
- HARLEY, R. M.; BRIGHTON, C. A. Chromosome numbers in the genus *Mentha* L. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.74, p.71-96, 1977.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32p. (Circular, 347).
- MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Florestalis**, n.57, p.87-98, 2000.
- MAIA, N. B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: MING, L. C. **Plantas**

**Medicinais Aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica.**

Botucatu: UNESP, 1998a. p.81-95.

MAIA, N. B. **Produção e qualidade do óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em soluções nutritivas.** 1998. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998b.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2004. 111p.

MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: EMBRAPA, 1999. p.171–223.

PAULUS, D. et al. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.7, n.1, p. 34-42, 2004.

RODRIGUES, C. R. et al. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.576-578, 2004.

SANT SANGANERIA. Vibrant India. Opportunities for the flavor and fragrance industry. **Perfumer and flavorist**, v.30, p.24-34, 2005.

SANTOS, O. S. (Ed.). **Hidroponia da alface.** Santa Maria: UFSM/Pró-Reitoria de Extensão, 2000. 160p.

SCHMIDT, W. Iron solutions: acquisition strategies and signaling pathways in plants. **Trends in Plant Science**, v.8, n.4, 188-193, 2003.

SRIVASTAVA, R. K. et al. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial crops and products**, v. 15, p. 189-198, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.95-113.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 144p. (Boletim Técnico, 5).

**Tabela 1-** Teor de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas diversas partes (folhas, hastes, raízes e média de parte aérea, PA) das plantas de *Mentha arvensis* fo. *piperascens* L., *Mentha x gracilis* Sole e *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. obtidos em cultivo hidropônico - NFT, UFSM, Santa Maria, RS, 2004.

Partes da planta	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g $\text{kg}^{-1}$ -----						----- mg $\text{kg}^{-1}$ -----				
<i>Mentha arvensis</i> fo. <i>piperascens</i> L.											
Folhas	43,43a	5,22b	11,87b	20,45a	10,35a	5,78a	41,94a	28,99b	347,27b	203,20a	72,25b
Hastes	14,17c	3,41c	16,68a	17,45a	5,39b	0,36c	20,86b	21,00b	150,67b	246,07a	54,40b
Raízes	33,16b	7,81a	17,79a	14,73b	5,87b	2,03b	42,98a	117,53a	14186,67a	199,20a	133,33a
Média (PA)	28,80	4,30	14,30	18,95	7,87	3,10	31,40	24,99	248,97	224,63	63,32
CV(%)	7,11	5,06	3,80	7,38	10,83	18,30	12,81	34,36	18,60	10,90	12,51
<i>Mentha x gracilis</i> Sole											
Folhas	41,40a	6,01b	15,95a	13,48a	6,97a	5,50a	39,03a	24,59b	352,00b	133,27b	64,93b
Hastes	14,69b	4,66c	17,75a	16,66a	5,05b	0,45b	24,55b	14,73b	184,00b	272,40a	67,67b
Raízes	37,29a	8,08a	15,38a	18,17a	6,34a	2,93a	41,89a	120,53a	13076,67a	143,73b	138,13a
Média (PA)	28,04	5,34	16,85	15,07	6,01	2,97	31,79	19,66	268,00	202,83	66,30
CV(%)	6,21	3,82	7,36	12,76	7,35	15,43	14,44	36,09	6,64	13,85	5,69
<i>Mentha x piperita</i> var. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq.											
Folhas	39,69a	6,15b	14,59a	14,59a	6,95a	7,50a	50,21a	17,37b	307,60b	167,80b	59,61b
Hastes	14,51b	5,32b	15,57a	18,39ab	4,86b	1,28b	27,93b	19,87b	190,60b	355,80a	79,59b
Raízes	37,92a	14,43a	12,16b	24,63a	7,42a	1,80b	33,42b	131,40a	15799,33a	251,00ab	155,60a
Média (PA)	27,10	5,73	15,08	16,49	5,90	4,38	39,07	18,62	249,10	261,80	69,60
CV(%)	3,80	24,42	6,36	16,64	6,07	13,26	13,57	37,74	24,97	25,66	21,74

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 2-** Produção de matéria seca e quantidade de nutrientes extraídos pelas diversas partes (folhas, hastes e raízes) e pela planta inteira (PI) de *Mentha arvensis* fo. *piperascens* L., *Mentha x gracilis* Sole e *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. obtidos em cultivo hidropônico - NFT, UFSM, Santa Maria, RS, 2004.

Partes da planta	Matéria seca (g)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg planta <sup>-1</sup> -----												
<i>Mentha arvensis</i> fo. <i>piperascens</i> L.												
Folhas	38,38b	1666,84a	200,34a	455,57b	785,00b	397,36a	221,71a	1,61a	1,11a	13,33b	7,80b	2,77a
Hastes	52,22a	739,78b	178,10b	870,85a	911,06a	281,28b	18,62b	1,09b	1,10a	7,87b	12,85a	2,84a
Raízes	7,83c	259,62c	61,18c	139,32c	115,31c	45,99c	15,87b	0,34c	0,92a	111,08a	1,56c	1,04b
PI	98,43	2666,24	439,62	1465,74	1811,37	724,63	256,20	3,04	3,13	132,28	22,21	6,65
CV(%)	9,63	9,22	5,18	2,37	6,82	9,17	11,67	18,60	15,15	16,60	13,40	5,30
<i>Mentha x gracilis</i> Sole												
Folhas	74,95a	3103,18a	449,70a	1195,70a	1010,33a	522,15a	412,22a	2,92a	1,84a	26,38b	9,99b	4,87a
Hastes	58,60a	860,83b	272,88b	1039,95b	976,28a	295,73b	26,56b	1,44b	0,86b	10,78c	15,96a	3,96b
Raízes	9,11b	339,74c	73,61c	140,08c	165,56b	57,76c	26,69b	0,38c	1,10b	119,13a	1,31c	1,26c
PI	142,66	4303,75	796,19	2375,73	2152,17	875,64	465,47	4,74	3,80	156,29	27,26	10,09
CV(%)	19,11	4,58	1,87	6,12	9,76	7,89	17,24	16,08	17,69	7,94	13,31	5,58
<i>Mentha x piperita</i> var. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq.												
Folhas	60,41a	2397,87a	371,52a	881,38b	881,18b	419,65a	452,87a	3,03a	1,05b	18,58b	10,14b	3,60b
Hastes	66,26a	961,43b	352,50a	1031,89a	1218,30a	322,02b	85,03b	1,85b	1,32ab	12,63b	23,57a	5,27a
Raízes	14,23b	539,60c	205,39b	172,99c	350,53c	105,59c	25,66c	0,47c	1,87a	224,82a	3,57b	2,21c
PI	140,90	3898,90	929,41	2086,26	2450,21	847,26	563,56	5,35	4,24	256,03	37,28	11,08
CV(%)	13,38	4,75	10,55	5,82	10,48	8,28	5,75	16,96	22,85	23,32	25,86	8,57

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do cultivo de espécies de *Mentha* está relacionada à produção de fitomassa e de óleo essencial. A fitomassa fresca e seca da parte aérea das espécies pode ser comercializada como condimento e para utilização de preparações medicinais. Os óleos essenciais e seus constituintes são empregados nas indústrias de alimentos, cosméticos, medicamentos, perfumes e do tabaco.

O cultivo das mentas (*Mentha arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes, *Mentha x gracilis* Sole e *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.) em hidroponia, com adequada manipulação da solução nutritiva, favorece o desenvolvimento da cultura, cujas plantas incrementam a produção de massa e a quantidade e qualidade do óleo essencial. Esse tipo de cultivo proporciona a oferta de matéria-prima de qualidade e alto estado fitossanitário, para atender a constante demanda do mercado consumidor.

A solução nutritiva padrão (276 mg L<sup>-1</sup> de K) foi desenvolvida para o cultivo de menta, destacando-se pelo seu excelente desempenho. Para avaliação da influência do potássio no desenvolvimento das mentas, utilizou-se a referida solução com variação da concentração desse nutriente, aumentando a quantidade de potássio. O valor máximo da concentração de K (690 mg L<sup>-1</sup>) nas soluções hidropônicas afeta negativamente o crescimento e a acumulação de fitomassa nas plantas, porém proporciona aumento no teor de óleo essencial por planta. As concentrações de K sugeridas para o bom crescimento das espécies de *Mentha* encontram-se na faixa entre 276 e 414 mg L<sup>-1</sup>.

Cada espécie de *Mentha* tem seu óleo rico em metabólitos distintos, assim de acordo com o componente majoritário desejado deve ser escolhida a solução com a variação de K mais adequada à obtenção do mesmo.

Os teores de óleo essencial e de mentol, em *M. arvensis* L. fo. *piperascens* Holmes aumentam com o acréscimo de K na solução nutritiva. A dose de 552 mg L<sup>-1</sup> de K proporciona maior rendimento de óleo em g planta<sup>-1</sup>, porém a melhor composição química e conteúdo de mentol são proporcionados pela dose de 690 mg L<sup>-1</sup> de K. Então se esse for o objetivo de interesse, essa dose pode ser recomendada para o cultivo de *M. arvensis* em hidroponia.

O rendimento do óleo essencial por planta e a quantidade de linalol, em *M. x gracilis* Sole, são reduzidos com a dose máxima de K. A concentração de K sugerida



para obtenção de maior rendimento de *M. x gracilis*, em cultivo hidropônico, não deve ultrapassar 276 mg L<sup>-1</sup> na solução nutritiva.

O teor e o rendimento total de óleo essencial por planta, em *M. x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. aumentam na dose máxima de K, porém nessa dose há diminuição na quantidade de linalol e acetato de linalila. Para obtenção de maior rendimento de óleo essencial por planta de *M. x piperita* var. *citrata*, associado ao acúmulo de linalol e acetato de linalila, recomendam-se concentrações de K entre 414 e 552 mg L<sup>-1</sup> na solução hidropônica.

Com relação à composição mineral das espécies de *Mentha* estudadas, verifica-se que nitrogênio, cálcio e potássio são os macronutrientes concentrados e extraídos em maior quantidade em todas as partes das plantas (folhas, hastes e raízes) de *M. arvensis* fo. *piperascens*, *M. x gracilis* e *M. x piperita* var. *citrata*; da mesma forma, os micronutrientes são ferro, manganês e zinco. O maior acúmulo de macronutrientes ocorre nas folhas, depois nas hastes e por último nas raízes. Para o cultivo dessas três espécies, no sistema hidropônico NFT, a solução nutritiva elaborada com 276 mg L<sup>-1</sup> de K é bastante eficiente e garante boa produção de fitomassa, sem que as plantas apresentem sinais visuais de deficiência ou toxicidade de nutrientes.

Baseado nessas observações verifica-se que o cultivo hidropônico de espécies de *Mentha*, no sistema NFT, juntamente com a variação de K na solução nutritiva, poderá ser explorado de várias maneiras. Primeiro, na produção de matéria-prima uniforme em quantidade e qualidade necessárias para comercialização e processamento industrial, em menor espaço de tempo, em relação a cultivos convencionais. Segundo, a facilidade de propagação vegetativa e manejo de mentas em hidroponia constituem uma alternativa econômica viável para o emprego em pequenas áreas de cultivo. Terceiro, a possibilidade de produzir óleos essenciais, com constituintes químicos majoritários de interesse, fornece subsídios para estudos biossintéticos que possam avaliar o papel do K na atividade de enzimas que efetuam a conversão de um composto a outro. Quarto, novos experimentos devem ser desenvolvidos com outras espécies, híbridos ou variedades de *Mentha*, bem como com outras espécies medicinais aromáticas da família Lamiaceae, com amplo potencial econômico e farmacológico.

## REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C. Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2, 2004, São Pedro, SP. **Anais...**Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005.
- BERNÁTH, J. Production ecology of secondary plant products. In: CRACKER, L.; SIMON, J. E. (Eds.). **Herbs, spices and medicinal plants. Recent advances in Botany, Horticulturae and Pharmacology**. New York: The Haworth Press, Inc., v.1, 1992. p.185-234.
- BLANK, A. F. et al. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.2, p.195-198, 2006.
- CARVALHO, C. C. R.; FONSECA, M. M. R. Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. **Food Chemistry**, v.95, p.413-422, 2006.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo – hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.
- CHAMBERS, H. L. *Mentha*. **Lamiales Newsletter**, v.1, p. 3-4, 1992.
- CHARLES, D. J.; JOLY, R. L.; SIMON, J. E. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. **Phytochemistry**, v.29, n.9, p.2837-2840, 1990.
- COLE, M. D. The significance of the terpenoids in the Labiatae. In: HARLEY, R.M.; REYNOLDS, T. (Eds.) **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.315-324.
- CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.101-102.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262p.
- CROTEAU, R.; KUTCHAN, T.M.; LEWIS, N.G. Natural products (secondary metabolites). In: Buchanam, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Eds.). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000, p.1250-1318.
- CZEPACK, M. P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita de menta (*Mentha arvensis* L.). In: MING, L. C. **Plantas Medicinais**

- Aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica.** Botucatu: UNESP, 1998, p. 53-80.
- DIMITRI, M. J. **Enciclopedia Argentina de agricultura e jardineria.** Buenos Aires: ACME, 1980. p.929-930.
- DURIYAPRAPAN, S. B, BRITTEN, E. J.; BASFORD, K. E. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of Japanese mint. **Annals of Botany**, v. 58, n. 5, p. 729-736, 1986.
- FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, N. S.; SANGWAN, R. S. Effect of different photoperiodic regimes on growth, flowering and essential oil in *Mentha* species. **Plant Growth Regulation**, v. 29, p. 181-187, 1999.
- FRANÇA, S. C. Abordagens biotecnológicas para a obtenção de substâncias ativas. In: SIMÕES, C. M. O. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 5. ed. Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2003, cap. 7, p.123-146.
- FREITAS, M. S.; MARTINS, M. A.; VIEIRA, I. J. C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.887-894, 2004.
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 30p. (Documentos IAC, 168).
- GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p.205-213, 2000.
- GIL, E. S. et al. **Controle físico-químico de qualidade de medicamentos.** Campo Grande: UNIDERP, 2005. 438 p.
- GUPTA, M.L. et al. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. **Bioresource Technology**, v.81, p.77-79, 2002.
- HARLEY, R. M.; BRIGHTON, C. A. Chromosome numbers in the genus *Mentha*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.74, p.71-96, 1977.
- HOSTETTMAN, K.; QUEIROS, E. F.; VIEIRA, P. C. **Princípios ativos de plantas superiores.** São Carlos: EDUFSCAR, 2003. 152p.

- JONES, J. B. Hidroponics: its history and use in plant nutrition studies. **Journal of Plant Nutrition**, v.5, n.8, p.1003-1030,1982.
- KALRA, A. et al. The effect of leaf spot, rust and powdery mildew on yield components on nine Japanese mint (*Mentha arvensis*) genotypes. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.76, n.5, p.546-548, 2001.
- KAROUSOU, R. et al. Effects of enhanced UV-B radiation on *Mentha spicata* essential oils. **Phytochemistry**, v. 49, n. 8, p. 2273-2277, 1998.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- KOCHIAN, L. V. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p.1204-1249.
- KOKKINI, S. Essential oils as taxonomic markers in *Mentha*. In: HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T. (Eds.) **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.325-34.
- KOTHARI, S. K.; SINGH, V.; SINGH, K. Effect of rates and methods of phosphorus application on herb and oil yields and nutrient concentrations in japanese mint (*Mentha arvensis* L.). **Journal of Agricultural Science**, v.108, p.691-693, 1987.
- LAWRENCE, B. M. Chemical components of Labiatae oils and their exploitation. In: HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T. (Eds.) **Advances in Labiatae Science**, Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p.399-436.
- LETIZIA C. S. et al. Fragrance material review on linalol. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, p. 943-964, 2003a.
- LETIZIA C. S. et al. Fragrance material review on linalyl acetate. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, p. 965-976, 2003b.
- LONDERO, F. A. et al. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1407-1414, 2004.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. p.246-251.
- MADYASTHA, K. M.; RAJ, C. P. **Toxicology**, v.89, p.119, 1994.
- MAHMOUD, S. S.; WILLIAMS, M.; CROTEAU, R. Cosuppression of limonene-3-hydroxylase in peppermint promotes accumulation of limonene in the essential oil. **Phytochemistry**, v.65, p.547-554, 2004.

- MAIA, N. B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: MING, L. C. **Plantas Medicinais Aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, 1998a, p.81-95.
- MAIA, N. B. **Produção e qualidade do óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em soluções nutritivas**. 1998. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998b.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.
- MARSCHNER, H.; ÇAKMAK, I. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zk, potassium and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. **Journal of Plant Physiology**, v.134, p.308-315,1989.
- MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 1997. 37p. (Cadernos didáticos, 1).
- MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2004. 111p.
- MARTINS, M. A. et al. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares associados a compostos fenólicos, no crescimento de mudas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1465-1471, 2000.
- McCASKILL, D.; CROTEAU, R. Monoterpen and sesquiterpene biosynthesis in glandular trichomes of peppermint (*Mentha x piperita*) rely exclusively on plastid-derived isopentenyl diphosphate. **Planta**, v. 197, p.49-56, 1995.
- McCONKEY, M. E.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Developmental regulation of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of peppermint. **Plant Physiology**, v.122, p.215-223, 2000.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Switzerland: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MITCHELL, A. R.; YANG, C. L. Irrigation of peppermint for optimal yield. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, p.1405-1409, 1998a.

- MITCHELL, A. R.; YANG, C. L. Alternating furrow irrigation of peppermint (*Mentha piperita*). **HortScience**, v. 33, n.2, p.266-269, 1998b.
- OCAMPOS, R. K. et al. Efeito de diferentes formas de adubação em hortelã rasteira: biomassa e teor de óleo essencial. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, Suplemento 2, CD ROM, julho 2002.
- OKSMAN-CALDENTY, K.; INZÉ, D. Plant cell factories in the post-genomic era: new ways to produce designer secondary metabolites. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 9, p. 433-440, 2004.
- PAULUS, D. et al. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.1, p. 34-42, 2004.
- PEANA, A. T. et al. (-)- Linalool inhibits in vitro NO formation: Probable involvement in the antinociceptive activity of this monoterpene compound. **Life Science**, v.78, p.719-723, 2006.
- PHATAK, S.; HEBLE, M. R. Organogenesis and terpenoid synthesis in *Mentha arvensis*. **Fitoterapia**, v.73, p.32-39, 2002.
- PICCAGLIA, R. et al. Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Acta Horticulturae**, v.344, p.29-40., 1993.
- PRAZNA, F.; BERNÁTH, J. Correlations between the limited level of nutrition and essential oil production of peppermint. **Acta Horticulturae**, n.344, p.278-289, 1993.
- RAJPUT, D. K.; RAO, B. R. R.; SRIVASTAVA, P. C. Response of cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinv. ex Holmes) to micronutrients. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.77, n.4, p.438-440, 2002.
- RESH, H. M. **Cultivos hidroponicos**. Madri: Mundi-Prensa, 1997. 509p.
- ROBBERS, J. E; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e Farmacobiocologia**. São Paulo: Premier, 1997. 372p.
- RODRIGUES, C. R. et al. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.576-578, 2004.
- SANTOS, O. S. (Ed.). **Cultivo sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.

- SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. (Org.). **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2003, cap.16, p.403-434.
- SCAVRONI, J. et al. Yield and composition of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) grown with biosolid. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.4, p.345-352, 2005.
- SHARMA, S.N.; SINGH, A. Response of japanese mint to nitrogen, phosphorus and potassium, **Indian Journal of Agronomy**, v.25, n.3, p.428-32, 1980.
- SILVEIRA, R. L. V.; GAVA, J. L.; MALAVOLTA, E. Potássio na cultura do eucalipto. In: YAMADA, T; ROBERTS, T. L. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2, 2004, São Pedro, SP. **Anais...**Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005.
- SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. (Org.). **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2003, cap.18, p.467-495.
- SINGH. V. P. et al. Response of mint species to nitrogen fertilization. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 113, p.267-271, 1989.
- SINHA, N. C.; SINGH, J. N. Influence of potassium deficiency on phosphorus metabolism, respiration, foliage growth and essential oil content. **Plant and Soil**, v.66, n.1, p.283-290, 1982.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, p.310-334.
- TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.
- TELCI, I. et al. Agronomical and chemical characterization of spearmint (*Mentha spicata* L.) originating in Turkey. **Economic Botany**, v.58, n.4, p.721-728, 2004.
- TESKE, M.; TRENTINI, M. M. **Herbarium compêndio de fitoterapia**. 3. ed. Curitiba: Herbarium, 1997. p.182-184.
- THE MERCK INDEX. 12. ed. Whitehouse Station, NJ: Merck and Company Incorporation, p.996. 1996.
- TURNER, G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v.124, p.655-663, 2000.

YUNES, R. A.; CALIXTO, J. B. **Plantas medicinais sob a ótica da moderna química industrial**. Chapecó: Argos, 2001. 500 p.

ZHELJASKOV, V.; MARGINA, A. Effect of increasing doses of fertilizer application on qualitative and qualitative characteres of mint. **Acta Horticulturae**, v. 426, p. 579-592, 1996.



## ANEXO

### Espécimes de *Mentha* de Cruz Alta, determinadas por R.M. Harley. 14. III.2005

1. *Mentha arvensis* L. forma *piperascens* Holmes
2. *Mentha* x *gracilis* Sole (*M. arvensis* x *spicata*)
3. *Mentha* x *piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq.
4. *Mentha spicata* L. - uma das formas pilosas.
5. *Mentha suaveolens* Ehrh. (antigamente esta espécie chamada *M. rotundifolia*)
6. *Mentha* cf. *suaveolens* Ehrh.
7. *Mentha* x *villosa* Huds. (*M. spicata* x *suaveolens*). Uma forma glabra.
8. *Mentha* x *villosa* Huds. (*M. spicata* x *suaveolens*). Uma forma glabra.
9. *Mentha* ? *arvensis* L. forma *piperascens* Holmes ou um híbrido derivado dela.
10. *Mentha* x *piperita* L. var. *piperita*. (*M. aquatica* x *spicata*).

Prezada Tânea

A identificação de *Mentha* é muito complicada devido uma história longa de cultivo de mais de quatro mil anos! Formas cultivadas são conhecidas em decorações e artefatos descobertos em Egito da época faraônica. Durante muitos anos formas têm sido selecionadas para temperas na comida e como perfumes. Vários híbridos e formas que são cultivados hoje, foram cultivados (muitos como clones propagados por rizomas) para séculos, e seus origens estão muito difícil estabelecer. Mesmo assim, híbridos podem também freqüentemente ocorrem espontaneamente em cultivo. *Mentha spicata* é de origem híbrido e é muito variável, a progenia segregando caracteres das espécies parentais. A química, também, desta espécie, é muito variável e híbridos formado por ela pode ser glabros ou pilosos e com componentes terpenóides de “carvone” ou de “menthone”. See Harley & Brighton (1977). Chromosomes in the genus *Mentha*. Bot. J. Linn. Soc. 74: 71—96. *Mentha arvensis* é uma outra problema. Tem duas raças cromosômicas: um hexaploide, principalmente em Europa e um octoploide que ocorre em Ásia e América do Norte. O primeiro inclui o tipo que tem óleos essências desagradável (?cineole), e o segundo, inclui “*M. arvensis*” cultivado de origem japonês (*M. arvensis* forma *piperascens*) com alto teor de menthol. Recentemente foi proposto considerar o segundo como uma espécie diferente com o nome *Mentha canadensis* L.

Outras problemas: *Mentha* x *gracilis* Sole (antigamente conhecida como *M. x gentilis*) é derivada da forma europeia (6x) de *M. arvensis*. O nome *M. rotundifolia* não pode ser usado mais para a espécie agora conhecida como *M. suaveolens*. O tipo de *rotundifolia* é um híbrido!

Espero minhas anotações vem ajudar seus estudos. Estou indo para Inglaterra na semana que vem. Meu contato eletrônico lá é: r.harley@rbgkew.org.uk

Um abraço  
Atenciosamente

Ray Harley

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)