



Efeito do cálcio, boro e potássio no crescimento inicial de hortelã-verde (*Mentha spicata* L.) em solução nutritiva. Effect of calcium, boron and potassium on the initial growth of *Mentha spicata* (L.) in nutrient solution.

Cleiton Vinicius Rios¹, Gabriel Vitor Dias Souza¹, Elaine Pereira de Brito¹, Frida Maciel Pagliosa², [Cristiano Pereira da Silva](#)^{2*}

¹ Acadêmicos Bolsistas de Iniciação Científica.

² Docentes Doutores. Faculdade Unigran Capital, Rua Abrão Júlio Rahe, 325 - Centro, Campo Grande - MS, Cep. 79010-010 Campo Grande - MS. *E-mail: cpsilva.cetec@gmail.com

Resumo

O cálcio, boro e potássio são nutrientes importantes no crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuindo na divisão celular, revestimento da parede celular, transportes de nutrientes via membrana plasmática, ativação enzimática, translocação de nutrientes e metabólicos via xilema e floema, biossíntese e metabolismo de carboidratos, pigmentos, cromoproteínas dentre outros efeitos. O objetivo deste trabalho foi demonstrar os efeitos fisiológicos do Ca, B, e K no crescimento inicial de *Mentha spicata* (L.). Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada pesquisa e revisão bibliográfica com ensaios preliminares executados em 2017/2018 nos laboratórios Multidisciplinares de Química e Bioquímica nas dependências da Faculdade Unigran Capital, Campo Grande - MS. Utilizou-se *Mentha spicata* L. na investigação dos efeitos do Ca, B e K, para a altura das plântulas, diâmetro caulinares das plântulas, análise dos tecidos vegetais, área foliar e clorofila, número de estômatos e peso fresco das plântulas. Dentre os resultados obtidos destaca-se que a solução nutritiva nas concentrações de 0,75% e 1% contribuíram para o aumento das plântulas, comprimento médio das raízes, brotações, área foliar e massa fresca. Verificada o rendimento do óleo essencial nas folhas e caules não tiveram diferenças significativa nos tratamentos.

Palavras-chave: Fisiologia. Desenvolvimento. Macro e micronutrientes.

Abstract

Calcium, boron and potassium are important nutrients in plant growth and development, contributing to cell division, cell wall lining, nutrient transport via the plasma membrane, enzymatic activation, nutrient and metabolic translocation via xylem and phloem, biosynthesis and metabolism of carbohydrates, pigments, chromoproteins among other effects. The objective of this work was to demonstrate the physiological effects of Ca, B, and K on the initial growth of *Mentha spicata* (L.). For the development of this work, a research and bibliographic review was carried out with preliminary tests carried out in 2017/2018 in the Multidisciplinary laboratories of Chemistry, Biochemistry in the premises of the Unigran Capital Faculty, Campo Grande - MS. *Mentha spicata* (L.) was used to investigate the effects of Ca, B and K, for seedling height, seedling stem diameter, plant tissue analysis, leaf area and chlorophyll, number of stomata and seedling fresh weight. Among the results obtained, it is highlighted that the nutrient solution at concentrations of 0.75% and 1% contributed to the increase in seedlings, average length of roots, shoots, leaf area and fresh mass. Verifying the essential oil yield in the leaves and stems there were no significant differences in the treatments.

Keywords: Physiology. Development. Macro and micronutrients.

Introdução

O gênero *Mentha*, família Lamiaceae, compreende aproximadamente 25 espécies originárias do Velho Mundo e adventícias nas Américas (GARLET e SANTOS, 2008). Entre 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.) citado por Masiero et al. (2020).

São poucos os trabalhos com nutrição de plantas medicinais, tem-se estudado muito pouco os mecanismos relacionados à produção e nutrição, sob os aspectos quantitativos e qualitativos, de substâncias e aos processos bioquímicos que conduzem a planta à produção desses metabólitos secundários. Segundo os mesmos autores no desenvolvimento vegetativo, as plantas de hortelã apresentaram crescimento contínuo, com ganho de massa progressivo. Aos 29 DAT as plantas apresentaram 511,0 g de massa fresca e 62,2 g de massa seca (g/5 plantas); aos 49 DAT este valor dobrou e aos 64 DAT o ganho de massa fresca e seca foi três vezes superior à primeira colheita (29 DAT). Este comportamento comprova que a hortelã apresenta características de planta perene, com tendências ao ganho de peso mesmo após a floração, que ocorreu entre a segunda e a terceira colheita.

As mentas ou hortelãs, como são conhecidos popularmente, são plantas aromáticas, com folhas e inflorescências ricas em óleo essencial, tendo o mentol como o seu principal e mais abundante componente. Na medicina popular a menta é utilizada no tratamento de distúrbios digestivos e de verminoses. O Brasil foi considerado como o principal produtor de óleos essenciais de menta até o final da década de 70, quando ocorreu uma redução drástica da sua produção a campo, devido ao monocultivo, o que desencadeou em problemas de fertilidade, como baixo teor de matéria orgânica, deficiência nutricional de macro e micronutrientes (PAULUS et al., 2008).

A Menta é uma espécie da família Lamiaceae que produz óleo essencial amplamente utilizado como aditivo de alimentos, em produtos de higiene bucal e em preparações farmacêuticas. O óleo essencial da espécie possui propriedades antioxidantes e antibacterianas (GONÇALVES, 2017). Em relação a produção de mudas de hortelã, Chagas et al. (2008) trabalhando com produção de mudas por estaquia, destacam que a espécie pode ser propagada tanto pelas estacas da parte aérea como por estacas retiradas dos estolões. Porém, estacas apicais retiradas da parte aérea demonstraram maior vigor e sobrevivência, estando aptas ao transplântio para o campo aos 25 dias de enraizamento.

Ainda segundo os autores, as plantas são de fácil enraizamento, tendo uma ótima brotação, crescimento e número radicular, acúmulo de massa fresca e seca, principalmente se for bem acondicionadas em substratos férteis em sistema de irrigação ou nebulização. Segundo Moraes et al. (2014) citam que a espécie pode ser produzida pela propagação sexuada e outros métodos de propagação, no entanto, destacam em relação a demanda mais tempo, época do ano e outros entraves, além da multiplicação via semente apresentar variabilidade genética, o que pode comprometer a composição química do óleo a ser extraído, com isso, esta técnica se torna desinteressante para usos farmacêuticos. Portanto os métodos assexuados como estaquia, cultivo in vitro e em solução nutritiva seria vantajoso.

Para se obter mudas de boa qualidade e vigor, o estado nutricional das plantas são de extrema importância na promoção do desenvolvimento na fase vegetativa (MALAVOLTA et al., 1997; PRADO et al., 2006). Dentre os micronutrientes destaca-se o boro, como um elemento importante nos processos de divisão celular e ativação metabólicas, atuando diretamente no crescimento radicular, diferenciação vascular, principalmente em relação ao floema e ativação das regiões meristemáticas dos ápices radiculares. A deficiência de boro nas diversas plantas, incluem inibição do crescimento radicular, ausência ou má formação celular, diferenciação vascular (xilema e floema), além de levar a necrose das regiões meristemáticas radiculares. Destacamos também a redução do crescimento das raízes que não recebem quantidade suficiente de fotoassimilados resultado do metabolismo primário (fotossíntese), e, finalmente, a absorção de água e de nutrientes. (PRADO et al., 2006).

São necessárias mais pesquisas para uma recomendação mais precisa da adubação boratada nas diferentes culturas. Prado et al. (2006) trabalhando na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora alata* L.) destacam informações relacionadas ao efeito sinérgicos nas unidade celulares, teciduais e membranas plasmáticas, além da mobilidade de alguns macro e micronutrientes nas mudas. Segundo os mesmos autores, a aplicação de B não alterou significativamente os teores de N, K e S na parte aérea e nas raízes de N, K, Mg, S e Zn. No entanto, a aplicação de B diminui os teores de P, Ca, Mg, Cu e M, e os de Fe e Zn. Nas raízes, os teores de Ca, Cu, P e Mn, diminuíram na presença de B.

Vale destacar que, com o aumento das doses de B, houve redução do índice de translocação do B, nos tecidos vasculares das plantas, tendo maior acumulação de B nas raízes quando comparado da parte aérea. Assim, as plantas deficientes em B apresentaram maior habilidade no transporte do B das raízes para a parte aérea. Sabe-se que está maior mobilização do B na planta pode-se relacionar na contribuição do Ca vindo das calagens e correções do solo.

De todos os nutrientes, as funções fisiológicas do B são as mais desconhecidas, sendo necessários estudos dos efeitos da adubação boratada. O que se conhece sobre a exigência deste nutriente provém dos estudos sobre o que acontece na planta na ausência de B (MARSCHNER, 1995). O B está relacionado a uma série de processos fisiológicos das plantas tais como, o transporte de açúcares e carboidratos; sínteses e formação das paredes celulares; lignificação da parede celular e estrutura da parede celular; respiração celular; ativação do metabolismo de carboidratos; metabolismo de RNA; metabolismo de ácido indolacético e outros grupos de auxinas endógenas; metabolismo de compostos fenólicos e ascorbato; fixação de nitrogênio e a diminuição da toxicidade de alumínio.

Veloso et al. (2015) trabalhando com produção de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) verificaram que a aplicação de potássio na ausência de boro reduziram as altura das plantas, com um ano de idade a partir da concentração de 42 g.planta⁻¹. Isso mostra que a ausência de B e aplicação de potássio não contribuiu no desenvolvimento da mudas. Os maiores resultados para altura das plantas com um ano de idade foi de 95,6 cm obtida com a aplicação de 10 g.planta⁻¹ de boro aliada a 128 g.planta⁻¹ de potássio. Segundo os mesmos autores, isso demonstra que a deficiência e altos teores de boro geram danos ao açaizeiro, sendo necessário as aplicações de potássio e boro em equilíbrio, ajustadas às condições do solo local.

O boro (B) têm efeito fisiológico favorável para o desenvolvimento de diferentes espécies e variedades de plantas, quando associados a outros elementos em níveis equilibrados. Determinados níveis de boro podem facilmente tornar-se tóxico e elevados teores de boro podem diminuir o crescimento das raízes em razão da abundância desse elemento e a não necessidade de expansão

radicular em virtude do aumento da superfície de contato para busca do mineral (MIWA & FUJIWARA, 2010).

Araújo e Silva (2012), ao avaliarem os efeitos das concentrações de boro no desenvolvimento de plantas do algodoeiro, relatam um aumento linear nas variáveis altura e diâmetro do caule na medida que aumentava as concentrações de boro. Este efeito na altura e diâmetro caulinar, pode estar associado ao efeito sinérgico do boro em estimular ou inibir a absorção de outros elementos químicos e as interações entre nutrientes que interferem na composição mineral das plantas (MARSCHNER, 2012; XAVIER e NATALE, 2017), levando em consideração o crescimento das plantas e os teores do boro nos tecidos das plantas (XAVIER e NATALE, 2017).

Trautmann et al. (2014) trabalhando com estresse hídrico em plantas de soja descrevem a umidade em 65 % da CC (-0,1 MPa), as doses de B proporcionaram incrementos lineares positivos no teor relativo de água nas folhas de soja, de modo que houve redução de perda de água de 4,3 % para cada mg dm^{-3} de B aplicado ao solo. Segundo os mesmos autores, esses resultados demonstraram que a aplicação de B proporcionou menores perdas de água pelas folhas de soja, estando este fato atribuído à função do B, relacionada à síntese de parede celular e à integridade da membrana plasmática discutido na fisiologia vegetal. Outro fato descrito no trabalho destaca-se que houve aumento de 49 % na produção de matéria seca do sistema radicular da soja, quando se comparou os valores obtidos sob CC (-0,01 MPa) e com 65 % de umidade do solo (-0,1 MPa) com a presença do B evidenciando que houve interação significativa entre fontes e doses de B aplicadas para as variáveis produção de matéria seca de raiz e volume radicular.

Diante das vantagens da aplicação de B muitos produtores esquecem da facilidade que este elemento têm de ocasionar toxidez nas plantas, neste sentido, vale ressaltar que Trautmann et al. (2014) destacam este efeito na plantas de soja, segundo os mesmos autores, foram observados neste estudo sintomas típicos de toxidez de B na dose máxima utilizada (2 mg dm^{-3}), em que os teores de B no tecido foliar da soja variaram de 135 a 176 mg kg^{-1} , com média de 155 mg kg^{-1} . Neste sentido reforçamos que por causa da imobilidade do B no floema sua translocação é quase que inexistente e, portanto, como seu teor é maior nas folhas mais velhas, os sintomas típicos de toxidez na soja se manifestam nas folhas mais velhas, sendo que na maioria das espécies é a queima das folhas, ou seja, clorose e necrose, frequentemente nas bordas e pontas das folhas mais velhas.

Ainda em relação aos efeitos do B nas plantas Kappes et al. (2008) destacam que tanto as épocas como as doses utilizadas não influenciaram de maneira significativa a altura de inserção da primeira vagem, De acordo com os autores, a não ocorrência dessa diferença na formação da primeira vagem, mostra que esta característica não é afetada pelo fornecimento de B, com altura média de inserção de vagens de 14 cm. No trabalho os autores relatam o não efeito do B no crescimento radicular, justificando que o fornecimento do elemento às plantas foram através de pulverização foliar, o que pode ter acontecido, foi a não atuação do B nos tecidos meristemáticos do sistema radicular das plantas, não participando assim, significativamente nos processos de divisão e alongação das células radiculares. As doses e épocas de aplicação de B não influenciaram a produtividade da cultura da soja.

Em relação aos efeitos fisiológicos do cálcio nas plantas Prado e Natale (2004) trabalhando com a calagem na adubação de cálcio no desenvolvimento do sistema radicular de plantas da goiabeira, destacam como os nutrientes mais estudados no desenvolvimento radicular das plantas, o alumínio (Al) e ao cálcio (Ca). O Al por ser tóxico reduz o crescimento radicular, especialmente a região do ápice das raízes e o Ca, por sua vez, é um nutriente com papel preponderante no

crescimento radicular das plantas, indicando que na condição de saturação de Ca no complexo de troca é inferior a 20%, há forte limitação ao crescimento das raízes no solo, na maioria das espécies cultivadas. Prado e Natale (2004) descrevem que a aplicação de calcário aumentou o pH, as concentrações de Ca e o índice de saturação por bases nas diferentes amostragens realizadas na linha da goiabeira, promovendo melhoria da reação do solo e aumento do Ca até 40 cm de profundidade, aumento de forma linear a massa radicular da goiabeira.

Segundo alguns autores, como Pavan et al. (1982) e Quaggio (2000), citado por Prado e Natale (2004), a absorção de Ca ocorre apenas nas partes mais novas, ainda não suberizadas das raízes, havendo assim necessidade de absorção contínua desse nutriente para assegurar o desenvolvimento do sistema radicular, o que implica que o Ca deve estar distribuído adequadamente no solo. É importante acrescentar a importância do Ca e demais nutrientes na formação e o crescimento radicular, além disso, sucessivas aplicações de fertilizantes de reação ácida, como os adubos nitrogenados, causam forte acidificação dos solos de pomares de fruteiras, especialmente na projeção da copa.

Romero et al. (2003) trabalhando com plantas de milho BRS-4154 em condições de alagamento, destacam que o cálcio, além da sua função como elemento estrutural constituinte da parede celular, tem também importante participação como mensageiro secundário, em resposta às mais diferentes condições de estresse. Em condições de deficiência de oxigênio, a variação na concentração desse cátion precede a expressão de genes que codificam peptídeos anaeróbicos. O cálcio atua diretamente no metabolismo de parede celular, resistência na parede celular, atuação diretamente no desenvolvimento da área foliar e na condutância estomática, não interferindo na presença do K, Mg, N e P.

Silva et al. (2015) trabalhando no cultivo de melancia destacam que a adubação de nitrogênio (N) e potássio (K) apresentaram efeitos significativos das doses de para as variáveis estudadas, como massa do fruto, diâmetro do fruto, sólidos solúveis totais, produção por plantas, com exceção do número de frutos por planta (NFP). Segundo os mesmos autores, a resposta não significativa à aplicação de potássio e sua interação com o nitrogênio pode ter sido ocasionada pela época de cultivo, que se caracteriza por baixa pluviosidade no período. A menor precipitação compreendida de agosto a novembro proporcionou pouca umidade do solo, provocando a redução da absorção de K⁺ pela diminuição da mobilidade deste nutriente, não ocasionando com a mesma intensidade a absorção de N, haja vista, o processo de absorção de ambos, sendo o K⁺ por difusão e N fluxo de massa. A baixa absorção de potássio pela planta limita a absorção de nitrogênio, mesmo esse em teores adequados para uma elevada produção.

O potássio (K) é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois desempenha papel vital nas células vegetais, incluindo osmorregulação, fotossíntese, ativação enzimática e a formação de proteínas (KUMAR et al., 2007). Souza et al. (2007) trabalhando com produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo observou-se uma diminuição gradual no rendimento de óleo essencial ao longo do ciclo da planta e uma relação inversa entre o peso de folhas e o rendimento de óleo. Os resultados deste trabalho mostram que aos 29 DAT em cultivo hidropônico as plantas de hortelã estão aptas para serem colhidas, com o objetivo de produção de óleo essencial, o que significa redução no tempo de colheita e economia no processo de produção.

Paulus et al. (2007) trabalhando com solução nutritiva para produção de menta em hidroponia destacam-se que o potássio, nitrogênio e cálcio foram os macronutrientes extraídos em maior quantidade tanto nas folhas como nas hastes e raízes, provavelmente os efeito da nutrição

mineral sobre a composição de mentol no óleo essencial foram positivas para os elementos como N, P, Ca. Segundo os mesmos autores, em solução nutritiva, em sistema hidropônico, alterou o rendimento vegetal de fitomassa e de óleo, bem como a duração do ciclo produtivo permitindo que se fizesse um maior número de colheitas por ano quando comparado com o cultivo em solo.

Garlet e Santos (2008) trabalhando com solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico, verificaram que o nitrogênio, cálcio e potássio são os macronutrientes de maior concentração em todas as partes das plantas de *Mentha arvensis*, *Mentha x gracilis* e *Mentha x piperita* var. citrata; os micronutrientes são ferro, manganês e zinco. Ocorre maior acúmulo de macronutrientes nas folhas, seguidas pelas hastes e raízes. Para o cultivo das três espécies de *Mentha*, no sistema hidropônico NFT, a solução nutritiva elaborada garante elevada produção de fitomassa, sem que as plantas apresentem sintomas visuais de deficiência ou toxicidade de nutrientes.

Em relação aos efeitos do potássio nas plantas, Oliveira Filho et al. (2018), destacam que o K no cultivo do pimentão, proporcionou melhorias na qualidade dos frutos, em razão do processo de transpiração e síntese de carboidratos. Além disto, os autores destacam que o K proporcionou diferença significativa na maior taxa de crescimento absoluta média, altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar e número de folhas, apresentando efeito significativo para os quatro tipos de pimentão avaliados, influenciados pelas características genéticas de cada variedade das plantas.

Cordeiro et al. (2019) trabalhando como solução nutritiva salinizada enriquecida de nitrato de potássio no cultivo de rúcula, destacam que o potássio contribuiu de forma significativa na área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), suculência foliar (SF), altura de plantas (ALT), número de folhas (NF). Mesmo em condições de salinidade, o potássio demonstrou efeito significativo, pois em condições de estresse salino, ocorre a redução da área foliar e número de folhas sendo um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas sob excesso de sais e estresse hídrico, visto que, sob tais condições, é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de íons de Na⁺ e Cl⁻ no xilema e conservação da água nos tecidos das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Resposta positiva da adubação extra com KNO₃ sobre a produção de rúcula ocorreu porque, segundo Viana e Kiehl (2010) o potássio estimula o aproveitamento do nitrogênio possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente a sua produtividade, sejam aumentadas. Nurzynska-Wierdak (2009) também observou, em rúculas, que o aumento das doses de potássio contribuiu para o aumento significativo da produção de matéria fresca. Isso demonstra que o K pode contribuir no desenvolvimento vegetativo mesmo em condições de estresse salino.

Cavalcante et al. (2019) trabalhando com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira 'Paluma', descrevem que a cultura da goiabeira é muito exigente em potássio, sendo este o nutriente muito exportado para os frutos (NATALE et al., 2009; SOUZA et al., 2012). Já o cálcio, apesar de exportado em menores quantidades, melhora e muito a qualidade do fruto, contribuindo para a firmeza da casca e redução das perdas após a colheita (NATALE et al., 2005), o que torna imprescindível a fertilização da goiabeira com esses nutrientes.

Segundo os mesmos autores, a adubação potássica, aplicada juntamente com o Ca, não altera os teores foliares de macro e micronutrientes, exceto do enxofre que foi reduzido com o aumento das doses, já a adubação com cálcio promove aumento dos teores foliares de fósforo, potássio, cálcio, enxofre, boro, manganês e zinco. A adição de cálcio juntamente com a adubação potássica reduziu a capacidade produtiva das plantas, visto que a máxima capacidade produtiva das

plantas de goiabeira 'Paluma' foi obtida sob adubação potássica, com doses variando entre 101 e 143 g planta⁻¹ ano⁻¹ K₂O, sem aplicação de cálcio.

Diante do que foi exposto o presente trabalho tem como objetivo verificar o efeito do cálcio, boro e potássio no crescimento vegetativo da hortelã-verde (*Mentha spicata* L.) em solução nutritiva.

Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido entre os anos de 2017 e 2018 na Faculdade Unigran Capital, como parte da iniciação científica dos acadêmicos do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e Biomedicina. Foram realizadas pesquisas em referências bibliográficas para adaptarmos as metodologias, experimentos e as instalações da faculdade. Optou-se em trabalhar com plantas medicinais, como a hortelã-verde (*Mentha spicata* L.) de fácil cultivo, manuseio e testes experimentais nos Laboratórios de Químicas e Bioquímica. Diversos autores recomendaram em seus trabalhos que as folhas e caules sejam acondicionadas em recipientes de polietilenos, com capacidade de 200ml na proporção de 1:1 da mistura de gel hidrofílico semelhante a meio de culturas, enriquecido por soluções nutritivas. As soluções nutritivas são preparadas e diluídas nas seguintes concentrações: T1 – (0%); T2 – (0,25%), T3 – (0,50%), T4 – (0,75%) e T5 – (1%). A solução desenvolvida no laboratório multidisciplinar, foram constituídas pelas seguintes doses de íons macronutrientes (mmol L⁻¹): K⁺=8,08 e Ca⁺²=1,98; e de micronutrientes (mg L⁻¹): B = 2,744. Para complementar a solução nutritiva são adicionados NH₄⁺=2,82; P₂O₅= 2,13; Zn=0,431. Recomenda-se que a renovação da solução nutritiva ocorreu por três vezes, durante o período experimental. Corrigiu-se o pH a cada dois dias para o valor de 6,0 ± 0,8, utilizando-se base (NaOH) 0,1 M para elevar o pH ou ácido (H₂SO₄) 0,1M para diminuir o pH. Para o rendimento total bruto do óleo essencial, foram estudadas as metodologias de Costa et al. (2012) e Gasparin et al. (2014) de forma adaptada apenas para a extração total bruta.

Resultados e discussão

Na tabela 1 são apresentados os resultados obtidos nos 05 tratamentos onde se utilizou diferentes concentrações de solução nutritiva contendo Ca, B e K. Dentre os melhores resultados destacam-se os tratamentos com concentrações entre 0,50% e 1%, sendo que para a maioria das variáveis como altura da planta, comprimento médio das raiz, número de brotação, área foliar, e massa fresca da planta. O tratamento com 0,75% e 1% não apresentaram diferença estatística significativa entre as médias sendo estes os melhores resultados.

De acordo com os resultados na Tabela 1 a solução de 0,75% de concentração do cálcio, boro e potássio, favoreceu na altura, comprimento médio das raízes, número de brotações, teor de clorofila e massa fresca das plântulas, demonstrando o efeito positivo destes três elementos, no desenvolvimento e crescimento das plântulas, na formação de novos tecidos, promovido pelas divisões celulares nas regiões meristemáticas. Cálcio promove síntese de hemicelulose e celulose, aumenta a divisão celular, promove a integridade celular (DANNER et al., 2009). Segundo os mesmos autores o cálcio no cultivo da uva promoveram aumento do peso médio de bagas, reduziram a perda de peso, o degrane e a incidência de podridões dos frutos em pós-colheita. Segundo Monteiro e Silveira (2011) O cálcio (Ca²⁺) está envolvido na divisão celular e, o não

atendimento das exigências desse mineral nas plantas provoca inibição da extensão celular, sobretudo as radiculares, que são as primeiras a cessar o crescimento.

Na planta, o Ca é importante para o crescimento das raízes e dos brotos e aumenta a tolerância ao estresse por calor, vento e frio. Até 90% do total de Ca está localizado na parede celular, ou mais especificamente na lamela média, onde é o “cimento” que une as células, constituindo uma barreira física contra o ataque de patógenos. O Ca melhora a estrutura, a permeabilidade e a infiltração de água e ajuda a planta a suportar o estresse por salinidade. Por isso, é sempre importante manter o equilíbrio do Ca com os outros cátions para evitar o antagonismo e a competição. Em termos de absorção pelas plantas, o Ca compete com outros cátions, como N, K⁺, Mg²⁺, NH⁴⁺, Fe²⁺ e Al³⁺.

Tabela 1 - Efeito do Ca, B e K, no crescimento inicial de *Mentha spicata* (L) acondicionada em solução nutritiva.

Tratamentos	ALT	CMR	NB	AF	TC	MF
T1: Testemunha	6,32 b	3,33 c	3,75 c	055,0 b	224,78 c	0,57 c
T2: 0,25% solução	7,93 a	5,73 bc	6,25 b	075,5 a	360,40 b	0,68 bc
T3: 0,50% solução	8,50 a	6,43 b	6,00 b	071,5 a	384,90 b	0,78 b
T4: 0,75% solução	8,60 a	6,20 b	8,00 a	077,5 a	450,54 b	0,90 a
T5: 1% solução	8,15 a	7,53 a	8,00 a	080,7 a	450,54 b	0,98 a
CV (%)	11,16	24,84	27,36	14,99	35,82	19,76

Médias seguidas de mesma letra NÃO diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Legenda: (ALT = altura; DC = diâmetro do caule; CMR = comprimento médio das raízes; NBF = número de brotos e folhas; AF = Área foliar; TC = Teor de clorofila; MF = Massa fresca). Unidades: ALT, DC, AF (cm), NBF (média pontual) e TC (mg.kg⁻¹), MF (g).

Em relação aos efeitos do boro nas plantas Souza e Roman (2018) descrevem que este micronutriente é essencial e que está relacionado a vários processos fisiológicos da planta como lignificação, metabolismo de RNA, metabolismo fenólico, respiração celular e integridade da membrana plasmática, além de atuar na divisão e alongação celular, na germinação do pólen, alongação do tubo polínico e fecundação, garantindo a formação do fruto ou semente.

Goldberg et al. (2005) descrevem que a adsorção de B aumenta conforme a elevação do pH, no entanto decresce a partir de pH 9,0. Este fato foi observado no presente trabalho com hortelã, pois os meio nutritivos com pH mais baixo na parte aérea das plântulas não se desenvolveram quando comparado com a parte radicular com pH mais elevado. O boro é um nutriente que possui baixa mobilidade nos tecidos das plantas, e como consequência, os primeiros sintomas da falta do boro são plantas com deformações nas regiões meristemáticas ou meristemas, que são regiões de crescimento nas plantas.

As plantas necessitam de Boro, nas várias reações metabólicas que estão associadas as etapas de desenvolvimento, como o crescimento, divisão celular e metabolismo do ácido nucleico, germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico e além disso, síntese de proteínas e

aminoácidos, e no transporte interno de açúcares amidos, como nitrogênio (N) e fósforo (P) (MASCARENHAS et al., 2014; SOUZA e ROMAN, 2018). São poucos os trabalhos com o boro em hortaliças e plantas medicinais e terapêuticas, sendo de grande importância trabalhos que mostram seus efeitos.

Souza e Roman (2018) descrevem que o boro apresenta efeito positivo no crescimento radicular, pois promove o aumento dos processos de divisão e expansão celular, e caso a planta tenha deficiência acaba inibindo o desenvolvimento radicular, dificultando assim a capacidade da planta em penetrar camadas mais profundas em busca de água e nutrientes (TRAUTMANN, 2014). Segundo os mesmos autores, a absorção do nutriente é feita por difusão e fluxo de massa, a carência de água pode limitar seu contato com a superfície radicular e conseqüentemente reduzir a absorção. Fato verificado neste trabalho, pois as maiores concentrações de Ca^{2+} , B^+ e K^+ , proporcionaram maiores comprimentos das raízes.

Em relação ao potássio (K^+) Santos et al. (2001) estudaram as relações N e K em maracujazeiro e observaram maior desenvolvimento vegetativo quando se aplicaram 3 vezes mais potássio que nitrogênio. Entretanto, os autores acrescentam que altas doses de K podem provocar toxidez de Cl nas plantas, quando se usa cloreto de potássio. Além disto, destacamos a importância do potássio, no controle estomático, fechamento e abertura, controlando a entrada e saída de água, evapotranspiração das plantas, está associado indiretamente no acúmulo e transporte de carboidratos e lipídeos nas plantas, neste caso é essencial a presença do potássio na produção de hortelã, visto que os óleos essenciais são grupos lipídicos.

O potássio, absorvido como íon cátion (K^+), é um nutriente que de forma livre transportado no tecidos vasculares das plantas, regulando e participando de muitos processos essenciais, tais como, fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, absorção de água do solo, atividades enzimáticas, formação de amido e síntese proteica. Em relação do rendimento total bruto do óleo essencial (caule e folhas) a Tabela 2 demonstra que aos macro e micronutrientes não interferem na produção.

Tabela 2 - Rendimento total bruto de óleo essencial ($\mu\text{L } 100 \text{ g}^{-1}$) de *Mentha spicata* (L).

	Tratamentos				
	0%	0,25%	0,50%	0,75%	1%
Teor total	0,04 a	0,04 a	0,08 a	0,09 a	0,09 a
CV (%)	4,33	6,85	7,51	3,10	1,23

Médias seguidas de mesma letra NÃO diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusão

De acordo com os resultados o cálcio, boro e potássio contribuíram no desenvolvimento inicial das plântulas de *Mentha spicata* (L.). Os melhores tratamentos foram nas soluções com concentrações de 0,75% a 1%.

Conflitos de interesse

Não houve conflito de interesses dos autores deste artigo.

Contribuição dos autores

Cleiton Vinicius Rios - avaliações laboratoriais e redação do artigo científico; Gabriel Vitor Dias Souza - avaliações laboratoriais e redação do artigo científico; Eliane Pereira de Brito - avaliações laboratoriais e redação do artigo científico; Frida Maciel Pagliosa - planejamento do experimento e revisão final; Cristiano Pereira da Silva - redação do artigo científico, avaliações laboratoriais e redação do artigo científico.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, É. O.; SILVA, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, supl., p. 720-727, 2012. <https://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v7isa1848>
- CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, L. F.; BERTINO, A. M. P.; CAVALCANTE, A. G.; LIMA NETO, A. J.; FERREIRA, N. M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira ‘Paluma’. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 54-62, 2019. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201966010008>
- CORDEIRO, C. J. X.; SOUZA NETO, J. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, F. A. T.; MIRANDA, F. A. C.; OLIVEIRA, F. A. Cultivo de rúcula em fibra de coco utilizando solução nutritiva salinizada enriquecida com nitrato de potássio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 1, p. 3212-3225, 2019. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V13N100960>
- COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 534-540, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000400009>
- CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; NALON, F. H. Produção de mudas de hortelã-japonesa em função da idade e de diferentes tipos de estaca. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2157-2163, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800011>
- DANNER, M. A.; CITADIN, I.; SASSO, S. A. Z.; ZARTH, N. A.; MAZARO, S. M. Fontes de cálcio aplicadas no solo e sua relação com a qualidade da uva ‘Vênus’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 881-889, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300035>
- GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S. Solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1233-1239, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000500005>
- GASPARIN, P. P.; ALVES, N. C. C.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, supl. I, p. 337-344, 2014. https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_003
- GOLDBERG, S.; CORWIN, D. L.; AHOUSE, P. J.; SUAREZ, D. L. Prediction of boron adsorption by field samples of diverse textures. **Soil Science Society of America Journal**, v. 69, n. 5, p. 1379-1388, 2005. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0354>
- GONÇALVES, F. C. de M. **Menta (*Mentha x piperita* L.) cultivada com aplicação de ácido salicílico: avaliações fotossintéticas e bioquímicas**. 129p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/150459>

- KAPPES, C; GOLO, A. L; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 291-297, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i3.11563>
- KUMAR, P.; PANDEY, S. K.; SINGH, B. P.; SINGH, S. V.; KUMAR, E. D. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. **Potato Research**, 50, 1-13, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11540-007-9023-8>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Editora Piracicaba: POTAFÓS, 1997, 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1995, 902p.
- MARSCHNER P. **Marchner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. New York, Academic Press, 2012, 651p.
- MASIERO, M. A.; VIANA, C. M. S. S.; LIMA, D. M.; SILVA, E. C.; TALAKOSKI, J.; FELICETI, M. L.; ALMEIDA, J. S.; PINHEIRO, J. F. Substratos no enraizamento de estacas de *Mentha piperita* L. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 234-240, 2020. <https://doi.org/10.21206/rbas.v10i1.9882>
- MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. de F.; WUTKE, E. B.; GALLO, P. B. Micronutrients in Soybeans in the State of São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 1, p. 131-149, 2014. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1102>
- MIWA, K.; FUJIWARA, T. Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. **Annals of Botany**, v. 105, n. 7, p. 1103-1108, 2010. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq044>
- MORAIS, T. P.; ASMAR, S. A.; LUZ, J. M. Q. Reguladores de crescimento vegetal no cultivo in vitro de *Mentha x piperita* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, supl. 1, p. 350-355, 2014. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_017
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; MORO, F. V. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1239-1242, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200012>
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D. Goiabeira. In: NAUMOV, A.; CRISÓSTO, L. A.; (Ed.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Horgen: Instituto Internacional de Potassa, 2009.
- NURZYNSKA-WIERDAK, R. Growth and yield of garden rocket (*Eruca sativa* Mill.) affected by nitrogen and potassium fertilization. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus**, v. 8, n. 4, p. 23-33, 2009. https://www.researchgate.net/publication/267935074_Growth_and_yield_of_garden_rocket_Eruca_sativa_Mill_affected_by_nitrogen_and_potassium_fertilization
- OLIVEIRA FILHO, P.; VALNIR JUNIOR, M.; COSTA, J. N.; ALMEIDA, C. L.; LIMA, J. S.; ROCHA, J. P. A. O efeito do potássio sobre o desenvolvimento inicial de variedades de pimentão. In: V Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação – WINOTEC – o Semiárido Brasileiro - Realidades e Perspectivas, v. 1, p. 1-5, 2018.
- PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; PAULUS, E. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia, **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 61-67, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000100012>
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Toxicity of aluminium to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO₃, MgCO₃ and CaSO₄. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, n. 6, p. 1201-1207, 1982. <https://doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600060017x>

- PRADO, R. M; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 1007-1012, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001000008>
- PRADO, R. M; NATALE, W; ROZANE, D. E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 305-309, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200034>
- QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000, 111p.
- ROMERO, J. R.; MAGALHÃES, P. C.; ALVES, J. D.; DURÃES, F. O. M.; VASCONCELLOS, C. A.; Efeito do cálcio sobre algumas características biofísicas e morfológicas de plantas de milho brs-4154 submetidas ao alagamento do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 21-33, 2003. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v2n03p%25p>
- SANTOS, J. B. P.; CAVALCANTE, L. F.; FEITOSA FILHO, J. C.; LIMA, E. M.; SANTOS, C. J. O.; SILVA, A. P. P.; CAVALCANTE, I. H. L.; ALVES, G. S. Desenvolvimento vegetativo do maracujazeiro-amarelo em função das relações nitrogênio: potássio e cálcio magnésio aplicadas ao solo. **Anais do Curso de Pós-Graduação em manejo de solo e água**, v. 23, p. 1-11, 2001.
- SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Influência da adubação com nitrogênio e cálcio nas características morfológicas e produtivas das raízes de capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 47-52, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000100007>
- SILVA, V. F. A.; MELO, N. C.; GALVÃO, J. R.; SILVA, D. R.; PEREIRA, W. V. S.; RODRIGUES, F. H. S. Produção de melancia e teores de sólidos solúveis totais em resposta a adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 136-144, 2015. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V9N300299>
- SOUZA, M. A. A.; ARAUJO, O. J. L.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 41-48, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100009>
- SOUZA, H. A; ROZANE, D. E; ROMUALDO, L. M; NATALE, W. Efeitos de diferentes tipos de poda nos teores de nutrientes em flores e frutos de goiabeira. **Idesia**, v. 30, n. 2, p. 45-51, 2012. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000200006>
- SOUZA, E. S; ROMAN, M. S. **Adubação foliar com boro em diferentes estádios fenológicos da soja**. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018. <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2785>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954p.
- TRAUTMANN, R. R; LANA, M. C; GUIMARÃES, V. F; GONÇALVES JUNIOR, A. C; STEINER, F. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, n. 1, p. 240-251, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100024>
- VELOSO, C. A. C; SILVA, A. R; SALES, A. efeito do boro e potássio na formação do açaizeiro em latossolo amarelo do Nordeste Paraense. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 22, p. 1059-1066, 2015. http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_142
- VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400024>

XAVIER, C. V; NATALE, W. Influência do boro no teor, acúmulo e eficiência nutricional em porta-enxertos de caramboleira. **Agrária**, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2017. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5409>

Recebido em 20 de julho de 2022

Retornado para ajustes em 6 de outubro de 2022

Recebido com ajustes em 13 de outubro de 2022

Aceito em 14 de outubro de 2022