

CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM IPECA¹

ISMAEL DE JESUS MATOS VIEGAS², JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO^{3*}, MÁRIO LOPES DA SILVA JÚNIOR⁴, NILVAN CARVALHO MELO⁵, MIRIAM SARMENTO DE OLIVEIRA⁶

RESUMO - O objetivo foi avaliar o efeito da omissão de macronutrientes e do micronutriente boro na produção de matéria seca, na caracterização dos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em plantas de ipeca; Foi realizado um experimento em condições de casa de vegetação, mediante a técnica do elemento faltante e diagnose visual. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e oito tratamentos, sendo completo (N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes) e com omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S e B. Os resultados mostraram que a produção de matéria seca foi afetada por todos os tratamentos com a omissão de nutrientes e que as plantas de ipeca apresentaram sintomas característicos de deficiências nutricionais em decorrência das omissões de N, P, K, Ca, Mg, S e B e os teores de macronutrientes e do micronutriente boro nas diferentes partes da planta de ipeca variaram quando um determinado nutriente foi omitido na solução.

Palavras-chave: *Psychotria ipecacuanha*. Nutrição mineral. Produção de matéria seca. Teores de nutrientes.

GROWTH, MINERAL COMPOSITION AND SYMPTOMS OF VISUAL IMPAIRMENT IN NUTRITION IPECA

ABSTRACT - The objective was to evaluate the effect of the omission of macronutrient and micronutrient boron in dry matter production, the characterization of the symptoms of nutritional deficiencies and mineral composition in plants of ipeca, an experiment was conducted in greenhouse conditions by the technique the missing element and visual diagnosis. A randomized block experimental design with four repetitions and the treatments were: complete and omissions of N, P, K, Ca, Mg, S and B. The analytical results demonstrated that the production of dry matter was affected in all of the treatments with omission of nutrients and that the ipeca plants presented characteristic symptoms of nutritional deficiencies due to the omissions of N, P, K, Ca, Mg, S and B and the concentrations of the macronutrients and of the micronutrient boron in the different parts of the ipeca plant varied when a certain nutrient was omitted in the solution.

Keywords: *Psychotria ipecacuanha*. Mineral nutrition. Production of dry matter. Levels of nutrients.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 04/07/2013; aceito em 24/03/2014

²Doutor em Agronomia, UFRA, Capanema-Pará, ismael.viegas@ufra.edu.br.

³Doutor em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias/UFRA, caixa postal 917, CEP: 66077580 jessigalvao@bol.com.br

⁴Doutor em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias/UFRA, caixa postal 917, CEP: 66077580 mario.silva@ufra.edu.br,

⁵Doutorando em solos e nutrição de plantas, UNESP, Jaboticabal; nilvan.melo@yahoo.com.br

⁶Engenheiro Florestal, Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), CEP: 66095770, Belém/Pará. miriam.oliveira@ufra.edu.br.

INTRODUÇÃO

A ipeca [*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes] é uma planta medicinal nativa da Amazônia, da família Rubiaceae, herbácea, perene, de pequeno porte, atingindo altura entre 30 a 40 cm, pouco tolerante a luz solar e com grande potencial econômico. É bastante requerida pela indústria farmacêutica, devido possuir em suas raízes a formação de alguns alcalóides, como a emetina e a cefalina que conferem à ipeca seu poder emético (vomitivo), amebicida, antiasmático, expectorante, adstringente e anti-inflamatório (TEIXEIRA et al., 2012). Relatam ainda esses autores, que a população do município de Cáceres, Mato Grosso, utiliza a ipeca na alimentação humana, misturada com sal para a alimentação do gado bovino, assim como no uso das folhas para diminuir a dor na cabeça. Pelo fato de possuir os teores mais elevados de emetina a ipeca brasileira é considerada a mais valiosa (SANTIAGO et al., 2000).

Sua ocorrência natural é na América Central (Nicarágua, Costa Rica e Panamá) e América do Sul (Colômbia e Brasil), sendo que no Brasil as populações ocorrem em alguns estados como: Pará, Amazonas, Rondônia, Mato Grosso, Espírito Santo, Bahia, Pernambuco e Rio de Janeiro. A ipeca é uma planta medicinal de grande demanda em exportação, principalmente pelos países industrializados como Inglaterra, Estados Unidos e Canadá e a comercialização de seu produto se dá através das raízes secas ou extrato líquido por meio dos produtores e dos grandes laboratórios farmacêuticos do país, sendo seu potencial de mercado estimado em U\$ 5 milhões (LAMEIRA, 2002).

A grande demanda da ipeca, mas precisamente pelos alcalóides encontrados em suas raízes, têm causado acelerado processo de extrativismo indiscriminado nas áreas de sua ocorrência natural, colocando em risco a sobrevivência da espécie (REIS et al., 2004). Deste modo, torna-se imprescindível a domesticação da ipeca, através do desenvolvimento de várias ações de pesquisas, dentre as quais, a nutrição mineral com vista à formação de um sistema de produção sustentável, pois pouco se conhece a respeito dos estudos agrônômicos, já que a maioria das pesquisas realizadas é de natureza química, farmacêutica, com ênfase especial aos estudos de identificação das substâncias componentes das raízes.

A respeito das suas exigências nutricionais pouco se conhece. Pesquisa realizada por Martins et al. (2009) coletando dados ecogeográficos da ipeca [*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes] em 13 populações nos estados de Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, constaram que a melhoria na fertilidade do solo favoreceu a ocorrência de reboleiras maiores, porém com tendência de redução no teor de emetina nas raízes. Esses resultados indicam a importância dos nutrientes na formação desse alcaloide e da necessidade de realizar pesquisas para comprovação dessa interação.

O objetivo foi avaliar o crescimento, caracterizar a sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do micronutriente boro, assim como a composição mineral de plantas de ipeca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no período de março de 2011 a março de 2012, em área da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém (PA), Brasil.

As mudas de ipeca foram adquiridas no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa, através do processo de micropropagação *in vitro* e transplantadas para bandejas contendo mistura de terra preta e serragem, na proporção 1:1 (v:v). Ao atingirem a altura aproximada de 5 cm, trinta dias após a germinação, as plantas foram selecionadas e transplantadas para vasos de plástico, com capacidade de 2 L, tendo como substrato inerte, sílica do tipo zero grossa.

Esse material passou por um processo de esterilização, onde se utilizou a solução de hipoclorito a 10%, sendo posteriormente lavado com água destilada. Os vasos foram pintados externamente com tinta metálica aluminizada para diminuir a passagem da luz intensa e assim evitar a proliferação de algas. A solução nutritiva utilizada foi a de Bolle-Jones (1954) na proporção de 1:15, testada inicialmente, pois na proporção 1:1 a ipeca se mostrou muito sensível à adição de sais para análise (PA) utilizados na solução nutritiva.

A solução nutritiva foi fornecida diariamente por percolação nos vasos. Diariamente a solução era fornecida pela manhã e drenada no final da tarde, passando 9 h irrigadas e 15 h drenadas, renovada em intervalos de quinze dias e mantidas em pH $5,5 \pm 0,5$. Os tratamentos só foram iniciados seis meses após o transplantio, devido à ipeca apresentar crescimento lento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos (deficiências de N, P, K, Ca, Mg, S e B, e controle), e 4 repetições. Estes tratamentos foram compostos por solução nutritiva completa para controle e omissões de nutrientes individuais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro.

A evolução dos sintomas de deficiências foi acompanhada e descrita desde o início até a completa definição, fotografadas, quando então se procedeu a coleta das plantas, que foram separadas em raízes e parte aérea. As partes foram lavadas com água destilada e colocadas em estufa a 70 °C com circulação forçada de ar até a obtenção de peso constante.

Após a determinação da matéria seca foi realizada a moagem do material em moinho tipo Willey, para posterior análise química dos tecidos vegetais. Foram determinados os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B), segundo metodologia

descrita por Malavolta et al. (1997), produção de matéria seca e o crescimento relativo que foi determinado de acordo com a expressão: $CR (\%) = (MSON/MSTC) \times 100$, onde: MSON = massa da matéria seca da planta inteira obtida em cada omissão de nutrientes e MSTC = massa da matéria seca total obtida no tratamento completo.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo programa de computador software-STAT, para análise de variância teste F, e obtida à significância, realizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias entre os tratamentos, em cada variável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com omissão de N, P, K, Ca, Mg, S e B, nas raízes e parte aérea da ipeca, afetaram

Tabela 1. Produção de massa da matéria seca na parte aérea (PMSPA), nas raízes (PMSR), relação parte aérea/raízes (PA/Ra), total e crescimento relativo (CR) de ipeca, em função dos tratamentos.

Tratamento	PMSPA	PMSR	Total
	----- g planta -----		
Completo	6,31 a	2,30 a	8,61 a
Omissão de N	1,91 c	1,57 b	3,48 c
Omissão de P	2,50 c	1,40 b	3,91 c
Omissão de K	4,36 b	1,58 b	5,94 b
Omissão de Ca	5,00 b	1,62 b	6,62 b
Omissão de Mg	1,39 c	0,62 c	2,02 d
Omissão de S	1,28 c	1,58 b	3,57 c
Omissão de B	2,03 c	1,66 b	3,69 c
CV %	15,7	15,8	12,3

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O tratamento com omissão de magnésio (Mg) foi o mais limitante para a produção de massa da matéria seca das raízes e na planta inteira, mostrando a importância desse nutriente para ipeca (Figura 1). Essa limitação pode ser justificada pelo fato do Mg ser componente da molécula de clorofila, de ativar mais enzimas do que qualquer outro elemento e de ser “carregador” do fósforo. A omissão de Mg provoca alteração no metabolismo dos vegetais com consequências no crescimento (MALAVOLTA, 2006).

A produção de massa da matéria seca da parte aérea foi mais afetada pela omissão de nutrientes do que a produção do sistema radicular (Figura 1). A omissão de Mg provocou maior redução na produção de massa da matéria seca de plantas de ipeca, tanto para a parte aérea como para o sistema radicular. Entretanto, para a parte aérea, além da omissão de Mg, a ausência de N e S provocaram reduções elevadas (> 70%) na produção de massa da matéria seca.

O crescimento relativo com base na produção de massa seca total obedeceu à seguinte ordem decrescente: Completo > Ca > K > P > B > S > N > Mg, deduzindo-se, que o desenvolvimento da planta,

a produção de massa da matéria seca, quando comparados com o tratamento completo (Tabela 1). Essa maior produção de massa da matéria seca na parte aérea e raízes de ipeca, proporcionado pelo tratamento completo demonstra a importância dos nutrientes em promover maior ganho de biomassa durante o desenvolvimento da planta. A produção de massa da matéria seca na parte aérea do tratamento completo foi de 6,31 g planta, sendo 50,2% superior a obtida por Costa et al. (2000) ao estudar o crescimento de ipeca aos 12 meses em solução nutritiva. Por outro lado, a produção de massa da matéria seca nas raízes de 2,30 g planta é 53,4% inferior à obtida pelos mesmos autores. Entretanto, como as raízes representam a parte comercial da planta, devido à presença dos alcaloides, os resultados merecem destaques.

foi menos afetado pela carência de Ca, com redução de 23% da massa seca total, e mais afetado pelo Mg, com redução de 77%.

O Nitrogênio (N) primeiro nutriente a manifestar os sintomas de deficiência, 60 dias de iniciados os tratamentos, mostrando que plantas de ipeca são sensíveis a este nutriente. Inicialmente ocorreu coloração verde-pálida nas folhas mais velhas e com a intensidade da deficiência, essas folhas assumiram uma tonalidade verde-amarela, e com 90 dias, tornaram-se totalmente amareladas e posteriormente necrosadas (Figura 2). Observou-se também que com a omissão de N, as plantas de ipeca exibiram folhagem reduzida e o crescimento radicular foi menor em relação ao tratamento completo. A coloração amarelada pode ser explicada devido ao colapso nos cloroplastos causado pelo aumento da proteólise, ocasionando um decréscimo no conteúdo de clorofila proporcionando o amarelecimento das folhas.

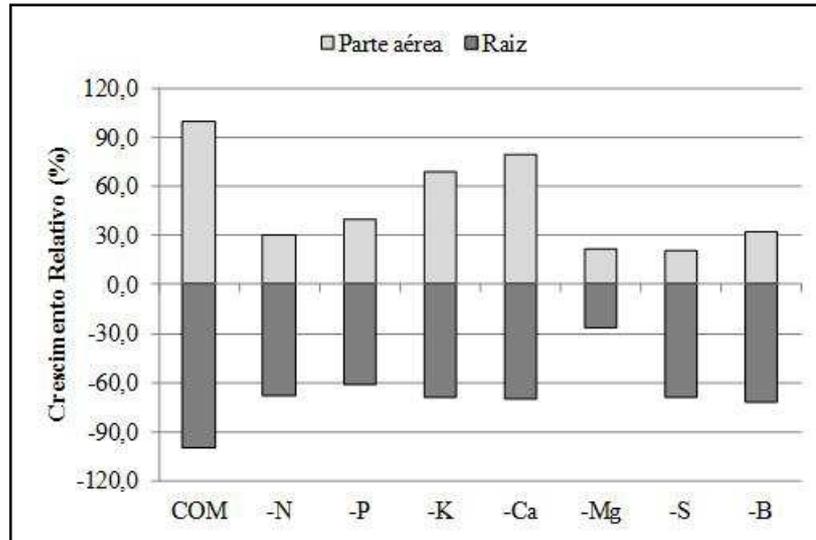


Figura 1. Crescimento relativo em massa da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular de plantas de ipeca, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes.



Figura 2. Sintomas de deficiências de nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S) e boro (-B) em plantas e folhas de ipeca em comparação com as plantas e folhas adequadamente nutridas sem sintomas de deficiência (-C).

Segundo Taiz e Zeiger (2009), a ausência do nutriente afeta diretamente o desempenho do elemento no metabolismo da planta, já que o N é um constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos, inibindo rapidamente o desenvolvimento do vegetal. Sintomas semelhantes de deficiência de N foram observados na planta medicinal espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) por Benedetti et al. (2009).

Os sintomas de deficiência de Fósforo (P) se manifestaram nas folhas mais velhas, com coloração verde-escura brilhosa (Figura 2). Sintomas semelhantes foram observados em plantas medicinais de fáfia (*Pfaffia glomerata* Spreng.) por Skrebsky et al. (2008) e em pariri (*Arrabidaea chica*) por Silva Junior et al. (2007).

Segundo Coelho et al. (2011) a coloração verde escura aparece devido ao decréscimo da síntese de proteína, quando o P está deficiente resultando no aumento da quantidade de açúcares nos órgãos vegetativos da planta, favorecendo a síntese de antocianina nas folhas que produz a coloração. Afirmam ainda, que planta deficiente em P tem o crescimento reduzido por ter vários processos afetados como síntese proteica, ácidos nucleicos, menor perfilhamento, atraso no florescimento e crescimento, gemas laterais dormentes, número reduzido de frutos e sementes.

O crescimento reduzido, que é comum a muitas espécies com deficiência de P, pode também ser explicado devido à redução das divisões celulares (SILVA JUNIOR et al., 2007).

A deficiência de Potássio (K) se caracterizou inicialmente pela clorose nas folhas mais velhas, surgindo posteriormente necroses ao longo das margens das folhas, com tecido ondulado e distorcido na região das nervuras (Figura 2).

Por ser o K essencial nos processos osmóticos, na síntese de proteínas, translocação de açúcares, na permeabilidade da membrana, nas atividades de várias enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, necessário para os processos de abertura e fechamento de estômatos, a sua deficiência acarreta distúrbios no metabolismo da planta. Clorose nas folhas mais velhas seguida de necrose nas margens e pontas das folhas foram descritos por Sorreano et al. (2011) na planta medicinal conhecida por sangra d'água (*Croton urucurana*), quanto o K foi omitido na solução nutritiva.

Os sintomas típicos de deficiência de K, clorose e posterior necrose dos ápices e margens das folhas mais velhas podem também ser explicados ao acúmulo de putrescina tetrametilenodiamina (PULGA et al., 2010).

A omissão de Cálcio (Ca) promoveu deformações, com folhas novas enroladas para a face inferior em forma de concha (Figura 2). Essas deformações devem-se principalmente a função estrutural do Ca (integrante da parede celular). A maior proporção de Ca na planta encontra-se em formas não solúveis em água, o que explica em parte a falta de redistribuição

em condições de deficiência, o que provoca o aparecimento de sintomas nas partes mais novas.

O Ca é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares e quando há deficiência as membranas começam a “vazar”, a compartimentação celular é rompida e a ligação do Ca com a pectina da parede celular é afetada (MALAVOLTA, 2006), provocando a desestruturação das plantas deficientes. Redução no crescimento das plantas pela paralisação do desenvolvimento apical, também foram observados por Souza et al. (2012) em plantas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* [Jacq.] Baill) submetido à omissão de nutrientes.

Os primeiros sintomas de deficiência de Mg se caracterizaram por uma leve clorose, entre as nervuras secundárias das folhas mais velhas, pois o Mg é móvel no floema e, portanto, redistribui-se facilmente nas folhas e tecidos mais velhos para regiões de maiores exigências, como os meristemas e órgãos de reserva.

Com a intensidade da deficiência, a clorose internerval nas folhas velhas de ipeca se acentuou, porém as nervuras secundárias permaneceram verdes, a semelhança de uma espinha de peixe (Figura 2). Esse padrão de clorose, segundo Taiz e Zeiger (2009), ocorre porque a clorofila nos feixes vasculares permanece inalterada por períodos mais longos do que a clorofila nas células entre os feixes, e se a deficiência é intensa, as folhas podem tornar-se amareladas ou brancas, seguidas de necrose.

A coloração amarelada está associada com a menor produção de clorofila, que contém o Mg mantido num anel de porfirina contendo N. A deficiência de Mg foi a que mais afetou a produção de matéria seca das raízes. Os sintomas de deficiência de Mg foram caracterizados por clorose entre as nervuras secundárias das folhas mais velhas e necrose no ápice foliar. Sintomas semelhantes também foram observados por Viegas et al., (2013) em plantas de pimenta longa trabalhando com omissão de nutrientes.

As plantas de ipeca submetidas a omissão de Enxofre (S) na solução nutritiva apresentaram coloração verde-clara nas folhas mais novas (Figura 2). Ocorreu redução no tamanho das folhas, posteriormente, com a intensidade da deficiência, clorose generalizada, evoluindo para necrose e desfolhamento. Como o S é um constituinte essencial das proteínas, a deficiência desse elemento resulta na inibição da síntese de proteínas e aminoácidos, que contém esse elemento, como, por exemplo, a metionina e a cisteína (MARSCHNER, 1995).

Em folhas verdes, a maioria das proteínas está localizada nos cloroplastos e nas moléculas da clorofila, portanto, plantas deficientes em S apresentam menor teor de clorofila, e conseqüentemente, uma coloração verde pálida. O S é absorvido pelas plantas, na forma SO_4^{2-} , e transportado da base da planta para cima, em direção acrópeta, com pouca mobilidade, sendo por isso observado primeiro em

órgãos mais novos, como folhas superiores (MALAVOLTA, 2006). No entanto, em muitas espécies vegetais, a clorose devido a deficiência de S pode ocorrer simultaneamente em todas as folhas ou até mesmo iniciar nas folhas mais velhas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

De acordo com Marschner (1995), a ocorrência de sintomas de deficiências de S nas folhas novas e velhas depende do estado nutricional em N, ou seja, plantas com adequado teor de N os sintomas surgem inicialmente nas folhas novas e no caso de plantas com quantidades inadequadas de nitrogênio, os sintomas ocorrem primeiro nas folhas novas.

Em plantas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) a deficiência de S também se caracterizou com coloração verde amarelada nas folhas mais novas e posteriormente com a intensidade da deficiência, com o enrolamento das margens, seguida de clorose e queda das mesmas (SORREANO et al., 2011).

As plantas de ipeca com deficiência de B apresentaram folhas novas verde-pálida, reduzidas com deformações e engrossamento do limbo foliar e morte da gema apical (Figura 2). O B é considerado imóvel no floema para as espécies que produzem quantidades significativas de polióis, como sorbitol,

manitol edulcitol, como ocorre em membros das famílias Rosaceae, Rubiaceae e Celastraceae (HU et al., 1997). Nestes casos, o B não é retranslocável para as partes mais jovens da planta, locais onde normalmente aparecem os sintomas de deficiência deste nutriente. Em girassol (*Helianthus annuus*) planta sensível a deficiência de boro, as folhas tornam-se endurecidas, malformadas, necróticas e pode apresentar coloração bronzeada e quando a deficiência é severa as plantas não se desenvolvem além dos cotilédones (SOUZA et al., 2004).

As omissões individuais de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e do micronutriente B reduziram o teor foliar desses nutrientes, quando comparados ao completo (Tabela 2).

Os teores foliares de macronutrientes com base no tratamento completo obedeceram à seguinte ordem: N > K > Ca > Mg > P > S. Com base no teor foliar dos macronutrientes (g kg^{-1}) e do micronutriente B (mg kg^{-1}) em ipeca infere-se em uma primeira aproximação os valores normais (completo) sem deficiência sendo: N 17,4; P 2,75; K 6,38; Ca 6,20; Mg 2,80; S 2,12; B 53,54 e com deficiência (omissão) de N 10,90; P 0,97; K 1,22; Ca 4,07; Mg 1,67; S 1,72 e B 36,97.

Tabela 2. Teores foliares de macronutrientes (g kg^{-1}) e de boro (mg kg^{-1}) em ipeca em função dos tratamentos.

Tratamentos	N	P	K	g kg^{-1}			S	B mg kg^{-1}
				Ca	Mg			
Completo	17,40 bc	2,75 cd	6,38 e	6,20 c	2,80 bc	2,12 d	53,54 c	
Omissão de N	10,90 e	5,42 a	12,98 a	9,32 ab	3,22 b	5,20 a	103,99 a	
Omissão de P	15,37 cd	0,97 e	9,28 c	8,62 b	3,12 bc	3,60 c	80,58 b	
Omissão de K	17,25 bc	3,42 b	1,22 f	9,47 a	4,35 a	4,15 b	42,23 de	
Omissão de Ca	18,47 b	2,80 cd	10,60 b	4,07 d	3,27 b	5,30 a	46,82 cd	
Omissão de Mg	13,74 de	2,27 d	7,59 d	6,47 c	1,67 d	1,65 e	85,87 b	
Omissão de S	14,12 d	2,42 d	6,41 e	5,77 c	2,77 bc	1,72 e	85,20 b	
Omissão de B	23,67 a	3,10 bc	6,28 e	5,77 c	2,65 c	2,32 d	36,97 e	
CV (%)	7,8	8,4	6,2	4,2	7,8	4,4	6,2	

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

CONCLUSÕES

As omissões individuais dos macronutrientes e do micronutriente B reduzem a produção de massa seca na parte aérea, raízes e total, quando comparadas ao tratamento completo, sendo a de magnésio a mais limitante;

A omissão de N, P, K, Ca, Mg, S e B na solução nutritiva promove a ocorrência de sintomas visuais característicos de deficiência em plantas de ipeca com redução no teor foliar desses nutrientes;

Em solução nutritiva, os sintomas visuais de deficiência dos macronutrientes (g kg^{-1}) e do micronutriente B (mg kg^{-1}) se manifestam com os seguintes teores foliares: N 10,90; Ca 4,07; S 1,72; Mg 1,67; K 1,22; P 0,97; e B 36,97.

REFERÊNCIA

- BENEDETTI, E. L. et al. Crescimento e sintomas em mudas de espinheira-santa com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 335-343, 2009.
- BOLLE-JONES, E. W. Copper, its effects on the growth of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). **Plant and Soil**, The Hague, v. 9, n. 2, p. 160-178, 1957.
- COELHO, L. C. et al. Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. Visual symptoms characterization, growth and development parameters of *Tagetes erecta* under nutritio-

- nal deficiências. *Revista Agraria, Dourados*, v. 4, n. 12, p. 113-122, 2011.
- COSTA, M. P. et al. Crescimento e teor de emetina em plantas de ipeca (*Cephaelis ipecacuanha* A. Richard.) obtidas in vitro e submetidas às condições de soluções nutritivas em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 46-53, 2000.
- HU, H. et al. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants: the mechanism of phloem mobility of boron. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 113, n. 2, p. 649-655, 1997.
- LAMEIRA, O. A. **Cultivo da Ipecacuanha [Psychotria ipecacuanha (Brot.) Stokes]**. Belém: Embrapa, 2002. 4 p. (Circular técnica, 28).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2th. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARTINS, E. R. et al. Estudo ecogeográfico da poaia [*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 24-32, 2009.
- PULGA, A. P. et al. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da chicória cultivada em solução nutritiva. *Revista Agrarian, Dourados*, v. 3, n. 7, p. 56-62, 2010.
- REIS, É. S. et al. Tamanhos e posições de explantes e volumes de meio de cultivo na multiplicação de ipeca (*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes) in vitro. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 28, n. 3, p. 703-709, 2004.
- SANTIAGO, E. J. A. et al. Indução de brotações em rizomas de ipeca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 971-972, 2000. Suplemento.
- SILVA JÚNIOR, M. L. et al. Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiências de pariri cultivado sob omissão de macronutrientes. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 48, n. 2, p. 85-98, 2007.
- SKREBSKY, E. C. et al. Caracterização das exigências nutricionais de mudas de *Pfaffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. *Ciência Rural*, v. 38, n. 4, p.989-996. 2008.
- SORREANO, M. C. M. et al. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'agua (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 347-352, 2011.
- SOUZA, A. et al. The boron on sunflower crop. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 25, 3 n. 1, p. 27-34, 2004.
- SOUZA, A. et al. The boron on sunflower crop. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004. [Jacq.] Baill) cultivadas em solução nutritiva. *Agronomía Colombiana*, v. 30, n. 1, p. 41-45, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009. 819 p.
- TEIXEIRA, V. A. et al. Poaia [*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes]: aspectos da memória cultural dos poaieiros de Cáceres-Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 335-343, 2012.
- VIEGAS, I. de J. M. et al. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências denutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). *Acta Amazônica, Manaus*, v. 43, n. 1, p. 43-50, 2013.