DEFICIÊNCIA DE MICRONUTRIENTES EM MUDAS DE SANGRA D'ÁGUA (*Croton urucurana,* Baill.)

Maria Claudia Mendes Sorreano[1], Eurípedes Malavolta[2], Denis Herisson da Silva[3],
Cleusa Pereira Cabral[4], Ricardo Ribeiro Rodrigues[5]

(recebido: 30 de julho de 2007; aceito: 29 de fevereiro de 2008)

RESUMO: Objetivou-se, no presente trabalho, descrever os sintomas de deficiência de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e avaliar seu efeito na composição mineral das folhas e no crescimento de mudas de sangra d'água. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, em blocos ao acaso, com três repetições e sete tratamentos, empregando-se a técnica da diagnose por subtração. Concluiu-se que: 1) a omissão dos micronutrientes resultou em alterações morfológicas traduzidas em anormalidades visíveis, sendo que, Cu, Mn e Zn, quando omitidos, foram os primeiros a mostrar sintomas, seguindo-se o B, Fe e Mo; 2) a omissão de B, Mn e Zn provocou a maior redução no desenvolvimento, em altura e diâmetro do colo.

Palavras-chave: Diagnose foliar, espécie nativa, nutrição mineral.

DEFICIENCY OF MICRONUTRIENTS IN YOUNG PLANTS OF SANGRA D'ÁGUA (*Croton urucurana,* Baill.)

ABSTRACT: *This study had the following objectives: to induce and describe symptoms of deficiency of boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo) and zinc (Zn), determining the effect on the mineral composition of leaves. The experiment was developed in a green house and used diagnosis technique by subtraction. The experimental design usedn was a randomized blocks, with seven treatments and three replicates. It was verified that micronutrient omission led to morphological alterations which, in turn, caused visual symptoms. The symptoms caused by the omission of Cu, Mn and Zn were the first to appear, and were followed by those of B, Fe and Mo. The omission of B, Mn and Zn was responsible for the more pronounced reduction in height and stem diameter.*

Key words: Ofoliar diagnosis, native species, mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Croton urucurana* Baill. (sangra d'água) pertence à família Euphorbiacea, é árvore de 7-14 m, com tronco de 25-35 cm de diâmetro; possui folhas simples, de 9-18 cm de comprimento, pubescentes e prateadas na face inferior. (LORENZI, 1992).

Árvore pioneira, de pequeno a médio porte, heliófita, de crescimento rápido e ciclo de vida curto, é abundante em diversas formações florestais brasileiras, especialmente na floresta estacional semidecídua. Tolera encharcamento e inundações, formando maciços quase puros em terrenos instáveis e aluviões às margens dos rios, mas ocorre também em clareiras e bordas de mata em terrenos secos de encosta, sendo resistente a geadas fracas (DURIGAN et al., 2002).

A espécie *Croton urrucurana* é empregada como medicinal, na tradição popular, que lhe atribui propriedades antibacterianas, anti-hemorrágicas, antiinflamatórias, anti-sépticas, antivirais e cicatrizantes (LORENZI, 1992). A grande importância dessa espécie está, porém, na sua utilização em reflorestamentos protetivos, como sombreadora de espécies mais tardias, especialmente na composição de matas ciliares, em solos secos, mesmo em regiões de cerradão.

Informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais nativas, em especial de *Croton urrucurana*, são escassas na literatura. Contudo, deficiências minerais e distúrbios de crescimento são comuns (DRESCHEL & ZECH, 1991).

A produtividade das espécies arbóreas com alto potencial de crescimento é freqüentemente limitada por

[1]Universidade de São Paulo-USP – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/CENA – Cx. P. 96 – 13400-970 – Piracicaba, SP – mcmsorre@esalq.usp.br
[2]Pesquisador da Universidade de São Paulo/USP – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/CENA – Cx. P. 96 – 13400-970 – Piracicaba, SP – Bolsista CNPq – mala@cena.usp.br
[3]Doutorando na Universidade de São Paulo/USP – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/CENA – Cx. P. 96 – 13400-970 – Piracicaba, SP – dhsilva@cena.usp.br
[4]Bióloga, Universidade de São Paulo/USP – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/CENA – Cx. P. 96 – 13400-970 – Piracicaba, SP – cabral@cena.usp.br
[5]Professor da USP/ESALQ, Departamento de Ciências Biológicas – Cx. P. 9 – 13418-900 – Piracicaba, SP – rrr@esalq.usp.br

restrições nutricionais e hídricas, tornando necessário, para o êxito da implantação dessas espécies em solos marginais, o conhecimento de suas necessidades nutricionais, o que ajudará na escolha de espécies adequadas a ambientes de baixa fertilidade (SANGINGA et al., 1991).

A probabilidade de ocorrer deficiência de um micronutriente é menor que a de macronutrientes (RAIJ, 1991). Entretanto, Cantarella (1996) afirma que, das amostras de solo analisadas em São Paulo, 30% a 40% apresentaram baixos teores de B e Zn. As deficiências desses elementos são as mais freqüentes nas culturas brasileiras. Malavolta (2006) afirma ainda que o Zn disputa com o B a posição de "micronutriente mais freqüentemente deficiente em solos brasileiros".

A deficiência de micronutrientes pode muitas vezes ser induzido por erros de adubação ou de manejo do solo. Por exemplo, pode ocorrer a deficiência induzida de Mn devido ao excesso de Mg, a deficiência de Mo pela inibição da absorção devido ao S-SO_4^{2-} (BENTON, 2002). A deficiência de Fe pode aparecer devido à calagem excessiva, ou mesmo pela inibição competitiva por metais como Mn, Cu e Zn (MALAVOLTA, 2006). Deficiência de Cu, além de ocorrer em solos arenosos, pode ocorrer também naqueles ricos em matéria orgânica (MALAVOLTA, 2006) ou ainda ser induzida pela toxicidade por alumínio (BENTON, 2002).

Tendo em vista a importância da sandra d´água *(Croton urucurana,* Baill.*)*, e a falta de informações nutricionais sobre a mesma, objetivou-se, no presente trabalho, induzir e descrever os sintomas da deficiência de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, avaliando os efeitos dessas deficiências na composição mineral do tecido foliar e sua interferência no desenvolvimento dessas plantas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, definida geograficamente pelas coordenadas 22º 42´30´´ de latitude sul, 47º 38´00´´ de longitude oeste e a 546 m de altitude, sendo o clima da região classificado segundo Koeppen como CWA, como subtropical, com inverno seco, temperatura do mês mais quente > 22ºC (OMETTO, 1991). As mudas permaneceram na casa de vegetação, por um período de 4 meses (fevereiro a maio de 2004).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete tratamentos e três repetições. As mudas com 60 dias de idade foram transplantadas em vasos com capacidade para 2 litros, onde permaneceram por três semanas, em solução de Johnson et al. (1957), modificada com a metade da concentração da solução original. Após esse procedimento, as mudas foram transplantadas para vasos com as soluções correpondentes aos tratamentos, a saber: completo (todos os macro e micronutrientes); omissão de B, omissão de Cu, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de Mo e omissão de Zn. Em todos esses tratamentos foram fornecidos os macronutrientes.

A solução nutritiva completa tinha a seguinte composição: 3,0 mL de KNO_3 1 mol L^{-1}; 2,0 mL de $Ca(NO_3).4H_2O$ 1 mol L^{-1}; 1,0 mL de $NH_4H_2PO_4$ 1 mol L^{-1}; 0,5 mL de $MgSO_4.7H_2O$ 1 mol L^{-1}; 0,5 mL de Fe-EDTA 0,2 mol L^{-1}; 0,5 mL de KCl 0,05 mol L^{-1}; 0,5 mL de H_3BO_3 0,02 mol L^{-1}; 0,5 mL de $MnSO_4.H_2O$ 0,002 mol L^{-1}; 0,5 mL de $ZnSO_4.7H_2O$ 0,002 mol L^{-1}; 0,5 mL $CuSO_4.5H_2O$ 0,0005 mol L^{-1}; 0,5 mL H_2MoO_4(85% MoO_3) 0,0005 mol L^{-1} por litro. Nas soluções dos demais tratamentos as concentrações foram idênticas às da solução completa, exceto quanto ao nutriente omitido. O pH foi mantido em torno de 5,5.

A cada três semanas foram realizadas as trocas das soluções nutritivas e os levantamentos dos atributos biométricos (altura total, diâmetro do caule, número de folhas e ramos). As mudas permaneceram na casa de vegetação até apresentarem sintomas visuais de deficiência bem acentuados, quando foram colhidas, separando-as em parte aérea (folhas + ramos + caule) e raízes.

As diferentes partes foram lavadas em água deionizada e secas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura variando de 65ºC a 70ºC, até atingir massa constante. Após a secagem foi determinada a massa da matéria seca da parte aérea (folhas + ramos + caule) e raiz, que em seguida foram moidas em moinho tipo Willey, para serem analisadas quimicamente. O preparo do extrato e a determinação analítica dos nutrientes na massa do material vegetal foram realizados segundo Malavolta et al. (1997).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiências

As plantas em solução, com omissão dos micronutrientes, manifestaram sintomas visuais de deficiência, em épocas diferentes. Os primeiros ocorreram nas plantas com falta de Cu, Zn e Mn aos 40 dias após início dos tratamentos, seguindo-se aqueles com falta de B, Fe e Mo aos 60 dias (Figura 1). As mudas permaneceram na casa de vegetação por um período de 4 meses.

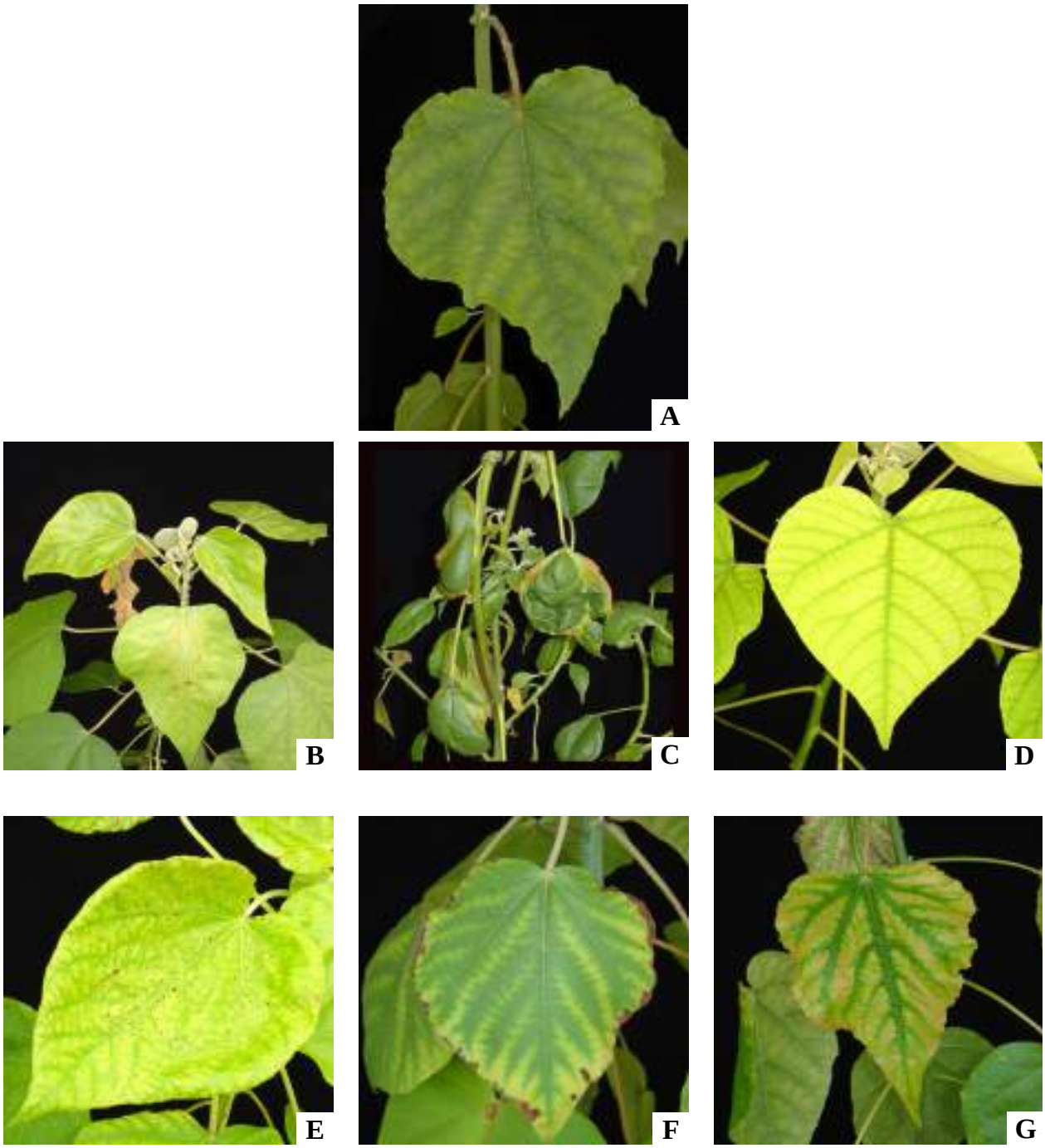

Figura 1 – Sintomatologia das deficiências em *Croton urucurana*, cultivadas em solução nutritiva completa (A), e omissão de boro (B), cobre (C), ferro (D), manganês (E), molibdênio (F) e zinco (G).

Figure 1 – *Sintomatology of the deficiencies in Croton urucurana, cultivated in complete nutritive solution (A), boron omission (B), cupper (C), Iiron (D), manganese (E), molibdene (F) and zinc (G).*

Boro (B) - As plantas deficientes apresentaram clorose irregular das folhas mais novas, que, eram pequenas, mais grossas e quebradiças, com nervuras suberificadas e salientes. Constatou-se a morte do meristema apical do caule, aos 90 dias do início dos tratamentos, por causa da inibição da divisão celular, ocorrendo emissão de gemas axilares (galhos em leque).

A conseqüente degradação dos tecidos meristemáticos pode estar relacionada com anomalia no processo da divisão celular, com mudanças na direção da divisão, que passa a ser radial em vez de longitudinal. O aumento do teor de ácido indolil acético, pode ter relação com a redução da atividade da oxidase da auxina, inibida pelos compostos fenólicos acumulados (MARSCHNER, 1995). Por outro lado, certos compostos fenólicos, como a cumarina, podem diretamente induzir as mudanças acima citadas (DIETRICH, 1985).

A presença de nervuras salientes se deve ao aumento da lignina. Em plantas deficientes em B, há uma menor complexação dos íons borato com fenóis, particularmente ácido caféico, aumentando a produção dos álcoois fenólicos, que fazem parte da estrutura da lignina (PILBEAN & KIRKBY, 1983).

Os teores foliares de B encontrados tanto nos tratamentos completos (65,1 mg kg^{-1}), como sob omissão (32,4 mg kg^{-1}), foram semelhantes aos encontrados por Marques et al. (2004) para *Schizolobium amazonicum*, com teores entre 63,2 mg kg^{-1} e 31,2 mg kg^{-1} por Duboc (1994) para *Hymenaea courbaril*,com teores entre 77,1 mg kg^{-1} e 32,4 mg kg^{-1} e por Sorreano (2006) em *Acacia polyphylla*,com teores entre 60,2 mg kg^{-1} e 32,4 mg kg^{-1} e *Cytharexyllum myrianthum*, com teores entre 65,3 mg kg^{-1} e 33,9 mg kg^{-1} .

Cobre (Cu) – As plantas deficientes apresentaram coloração verde-azulada das folhas mais novas, tornando-se cloróticas (pontas e margens), com posterior necrose. As manchas necróticas apareceram primeiro nos ápices das folhas jovens e se estenderam em direção à base da folha, ao longo das margens. Com a intensificação dos sintomas, aos 90 dias do inicio dos tratamentos, as nervuras tornaram-se muito salientes provocando o encurvamento e a deformação das folhas; formaram-se gemas múltiplas; caules e ramos tortuosos; perda de lignificação, com ramos ficando com o aspecto de "caído".

Cloroses e necroses podem estar associadas à destruição das moléculas de clorofila, ou mesmo do tecido, pois a deficiência de Cu afeta o metabolismo celular, limitando a atividade de várias enzimas, como a ascorbato oxidase, fenolase, citocromo, plastocianinas e superóxido dismutase. Dessa forma, peróxidos, superóxidos e outros radicais se acumulam, danificando as células (MEHDY, 1994).

Outras classes de proteínas auxiliares (chaperonas) são compostas por Cu, que tem a função de evitar o acúmulo de proteínas mal-formadas (CHU et al., 2005).

A inibição da lignificação, em tecidos deficientes em Cu, está relacionada com uma função direta em no mínimo, duas enzimas contendo esse elemento na biossíntese da lignina, sendo elas, a polifenol oxidase e diamina oxidase (MARSCHNER, 1995).

Os teores foliares de Cu, encontrados tanto nos tratamentos completos (2,1 mg kg^{-1}) como sob omissão (0,6 mg kg^{-1}), foram semelhantes aos encontrados por Sorreano (2006) para *Enterolobium contortisiliquum*,com teores entre 2,6 mg kg^{-1} e 0,7 mg kg^{-1}.

Ferro (Fe) – As plantas deficientes apresentaram clorose internerval com aparência de um retículo fino, ou seja, as nervuras ficaram verde-escuras, enquanto o limbo verde-claro das folhas mais novas era amarelado, aos 60 dias do inicio dos tratamentos.

As folhas tornam-se cloróticas porque o Fe é necessário para a síntese de alguns dos complexos clorofila-proteínas no cloroplasto. A baixa mobilidade de Fe deve-se, provavelmente, à sua precipitação nas folhas mais velhas na forma de óxidos ou fosfatos insolúveis ou à formação de complexos com fitoferritina, uma proteína de ligação de ferro encontrada na folha e em outras partes das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os teores foliares de Fé, encontrados tanto nos tratamentos completos (168,0 mg kg^{-1}) como sob omissão (45,2 mg kg^{-1}), foram semelhantes aos encontrados por Sorreano (2006) para *Acacia polyphylla*, com teores entre 148,6 mg kg^{-1} e 51,0 mg kg^{-1}.

Manganês (Mn) – As plantas deficientes apresentaram clorose internerval com aparência de um reticulo grosso, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes ficaram verde-escuras, ficando o limbo verde-claro nas folhas mais novas. Com a intensificação dos sintomas, aos 75 dias do início dos tratamentos ocorreu o aparecimento de pontuações necróticas por todo limbo.

Os sintomas de clorose podem ser causados por um distúrbio na estrutura do cloroplasto como conseqüência de uma inibição da síntese de lipídeos. Já o aparecimento de pontuações necróticas podem aparecer por causa do aumento na formação de radicais de oxigênio, como conseqüência da inibição da reação de Hill, sob alta intensidade de luz (RÖMHELD, 2001).

Os teores foliares de Mn encontrados, tanto nos tratamentos completos (39,4 mg kg^{-1}) como sob omissão (7,9 mg kg^{-1}), foram semelhantes aos encontrados por Sorreano (2006) para *Acacia polyphylla*, com teores entre 59,1 mg kg^{-1} e 11,7 mg kg^{-1}.

Molibdênio (Mo) – As plantas deficientes apresentaram clorose internerval (manchas amarelo-esverdeadas) nas folhas mais velhas; murchamento das margens com encurvamento do limbo para baixo, seguindo-se de necrose nas pontas e margens, aos 60 dias do início dos tratamentos. A necrose das folhas mais velhas pode estar associada à inibição da atividade nitrato redutase e conseqüente acúmulo de nitrato (BERGMANN, 1992).

Os teores foliares de Mo, encontrados tanto nos tratamentos completos (1,7 mg kg^{-1}) como sob omissão (0,2 mg kg^{-1}), foram semelhantes aos encontrados por Sorreano (2006) para *Ceiba speciosa*, com teores de 1,4 mg kg^{-1} entre 0,1 mg kg^{-1}.

Zinco (Zn) – As plantas deficientes apresentaram internódios curtos, com formação de tufos terminais. As espécies perderam a dominância apical aos 90 dias do início dos tratamentos, acarretando uma redução no crescimento (plantas anãs). As folhas mais novas mostraram-se pequenas, estreitas e lanceoladas, com clorose internerval. A clorose que ocorre nas folhas mais novas é devido a distúrbios na formação de cloroplastos e degradação de clorofila em alta intensidade de luz, como conseqüência da grande formação e da inibição de radicais tóxicos de oxigênio (CAKMAK & MARSCHNER, 1988). Já a causa da redução do crescimento em expansão das folhas pode ser o envolvimento do zinco na síntese de proteínas e ácido indol acético (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os teores foliares de Zn encontrados, tanto nos tratamentos completos (31,5 mg kg^{-1}) como sob omissão (13,3 mg kg^{-1}), foram semelhantes aos encontrados por Duboc (1994) para *Hymenaea courbaril*, com teores entre 30,8 mg kg^{-1} e 15,1 mg kg^{-1} e por Sorreano (2004) para *Ceiba speciosa*, com teores entre 36,1 mg kg^{-1} e 14,5 mg kg^{-1}.

Variáveis Biométricas e Produção de Biomassa

As mudas de *Croton urucurana* (sangra d' água) apresentaram diferenças significativas (Pe$\geq$ 0,05), nas variáveis biométricas devida à omissão de micronutrientes (Tabela 1), sendo que, B, Mn e Zn foram os que mais influenciaram negativamente o desenvolvimento da espécie, aos 60 dias do início dos tratamentos.

As mudas de sangra d'água apresentaram maior desenvolvimento em altura nos tratamentos completos, porém, esse não diferiu significativamente dos tratamentos com omissão de Fe e Mo. Em alguns casos,

Tabela 1 – Altura, diâmetro do colo, número de ramos e folhas nos tratamentos, com omissão de micronutrientes em *Croton urucurana* (sangra d'água).

***Table 1** – Height, stem diameter, number of leaves and branches in treatments with omission of micronutrients in Croton urucurana (sangra d'água).*

Tratamento	Altura	Diâmetro do colo	Nº Ramos	Nº Folhas
	-----cm-----	-----mm-----		
Completo	71,17a	10,85a	1,0a	17,16b
Omissão de B	44,56cd	7,26cd	1,12a	19,43ab
Omissão de Cu	57,20bc	8,34bc	1,38a	15,00b
Omissão de Fe	59,50ab	8,93b	1,75a	24,93a
Omissão de Mn	45,41bcd	7,09cd	1,25a	13,66b
Omissão de Mo	57,5abc	8,33bc	1,28a	15,35b
Omissão de Zn	37,16d	6,83cd	1,75a	16,83b
CV (%)	23,87	17,86	68,48	41,95
Média	54,36	8,53	1,34	17,77
Valor de F[(2)]	4,77*	2,29*	$1,62^{NS}$	2,34*

[(1)]Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não apresentam diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e NS: significativo ao nível de 5% e não significativo.

especialmente para os micronutrientes como Fe e Mo, a reserva interna da semente é suficiente para que a planta originada dessa possa crescer sem dependência externa (JACOB-NETO & ROSSETTO, 1998). Além disso, o tempo de duração do experimento (120 dias) pode ter colaborado para esse resultado.

Os tratamentos com omissão de B e Zn apresentaram menor desenvolvimento em altura e diâmetro do colo, quando comparados ao tratamento completo. Os resultados podem estar relacionados com a quebra de dominância apical que são sintomas típicos da deficiência de B e Zn (EPSTEIN & BLOOM, 2005; MALAVOLTA et al., 1997; TAIZ & ZEIGER, 2004).

A maior produção de folhas foi observada no tratamento com omissão de Fe, diferindo significativamente dos demais tratamentos, com exceção do B. Comportamento semelhante foi observado por Sorreano (2006), em mudas de *Astronium graveolens* (guarita) e *Ceiba speciosa* (paineira).

A produção de biomassa das mudas de sangra d'água, não foi significativamente influenciada pelos diferentes tratamentos (Tabela 2).

O pequeno número de repetições, o alto coeficiente de variação e o tempo de duração do experimento (120 dias) podem ter contribuído para esse resultado. Comportamento semelhante foi observado por Duboc (1994) e Sorreano (2006), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var.), onde a produção de matéria seca não apresentou diferença significativa.

4 CONCLUSÕES

A omissão dos micronutrientes resultou em alterações morfológicas traduzidas em anormalidades visíveis, sendo que, Cu, Mn e Zn quando faltantes, causam os primeiros sintomas, seguido pelo B, Fe e Mo;

A omissão de B, Mn e Zn provocou a maior redução no desenvolvimento em altura e diâmetro do colo.

5 AGRADECIMENTO

À Fundação de Amaparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão de auxílio pesquisa bolsa de estudos (processo n° 0213193-7; 0213197-3)

Tabela 2 – Produção de matéria seca total (MST), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e relação MSSR/MSPA, nos diferentes tratamentos com omissão de micronutrientes em *Croton urucurana* (sangra d'água).

***Table 2** – Total dry matter production, dry matter of aerial part , dry matter of roots and MSSR/MSPA of treatments with omissions of micronutrients in Croton urucurana (sangra d'água).*

Tratamento	MS Total	MSPA	MSSR	MSSR/MSPA
	----------g/planta----------			
Completo	53,27a[(1)]	40,24a	13,03a	0,31a
Omissão de B	48,80a	37,96a	10,84a	0,29a
Omissão de Cu	23,47a	18,06a	5,40a	0,31a
Omissão de Fe	43,88a	34,17a	9,71a	0,29a
Omissão de Mn	22,64a	18,19a	4,45a	0,27a
Omissão de Mo	43,89a	35,47a	8,42a	0,34a
Omissão de Zn	12,95a	8,38a	4,56a	0,63a
CV (%)	54,57	56,80	54,31	44,00
Média	35,88	27,92	7,95	0,34
Valor de F[(2)]	1,39 [NS]	1,36 [NS]	1,28 [NS]	1,16 [NS]

[(1)]Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não apresentam diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NS: não significativo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTON, J. **Agronomic handbook management of crops, soils, and their fertility**. Boca Raton: CRC, 2002. 450 p.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. 3. ed. Jena: G. F. Verlag, 1992. 741 p.

CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc deficient plants. **Journal of Experimental Botany**, Otawa, v. 39, p. 1449-1460, 1988.

CANTARELLA, H. Metodologias e tabelas para uma adubação eficaz. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 12, 1996. Disponível em: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=127&bd=1&pg=2&lg>. Acesso em: 15 fev. 2000.

CHU, C. C.; LEE, W. C.; GUO, W. Y.; PAN, S. M.; CHEN, L. J.; LI, H. M.; JINN, T. L. A copper chaperone for superoxide dismutase that confers three types of copper/zinc superoxide dismutase activity in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Washington, v. 139, n. 1, p. 425-436, 2005.

DIETRICH, S. M. de C. Inibidores de crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. v. 2, cap. 7, p. 193-212.

DRESCHEL, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. **Plant and soil**, Netherlands, v. 131, p. 29-46, 1991.

DUBOC, E. **Enriquecimento nutricionais de espécies florestais nativas**: *Hymenaea courbaril, Copaifera langsdorffii* e *Peltophorum dubium.* 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 65 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants**: principles and perspectives. 2. ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 400 p.

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 171-183, 1998.

JOHNSON, C. M.; STOUT, P. R.; BROYER, T. C.; CARTON, A. B. Comparative chlorine requirements of different plant especies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 8, p. 337-353, 1957.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARQUES, T. C. L. L. M.; CARVALHO, G. de; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. da. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 167-183, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MEHDY, M. C. Active oxygen species in plant defense against pathogens. **Plant Physiology**, Washington, v. 105, p. 467-472, 1994.

OMETTO, J. C. **Registros e estimativas dos parâmetros meteorológicos da região de Piracicaba, SP**. Piracicaba: Fealq, 1991. 76 p.

PILBEAN, D. J.; KIRKBY, E. A. The physiological role of boron in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 6, n. 7, p. 563-582, 1983.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. cap. 4, p. 71-85.

SANGINGA, N.; GWAJE, D.; SWIFT, M. J. Nutrient requeriments of exotic tree species in Zimbabwe. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 132, p. 197-205, 1991.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.