

## Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris

Anderson Lange<sup>(1)</sup>, Alexandre Martin Martines<sup>(2)</sup>, Marcos Antonio Camacho da Silva<sup>(3)</sup>,  
Maria Claudia Medes Sorreano<sup>(2)</sup>, Cleusa Pereira Cabral<sup>(1)</sup> e Eurípedes Malavolta<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade de São Paulo (USP), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP. E-mail: alange@cena.usp.br, mala@cena.usp.br <sup>(2)</sup>USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: martines@esalq.usp.br, msmsorre@esalq.usp.br. <sup>(3)</sup>Universidade Estadual Paulista, Fac. de Ciências e Veterinárias, Dep. de Solos e Adubos, CEP 14000-000 Jaboticabal, SP. E-mail: macsilva@fcav.unesp.br

Resumo – Os objetivos deste trabalho foram caracterizar os sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e avaliar efeitos desses micronutrientes no estado nutricional da mamoneira. O experimento foi realizado em casa de vegetação utilizando-se solução nutritiva, de fevereiro a junho de 2003. Foram utilizadas plantas de mamoneira (*Ricinus communis* L.) do híbrido comercial Íris. Os tratamentos foram: completo, omissão de B, omissão de Cu, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de Mo e omissão de Zn. A omissão de B, Fe e Mn resultou em sintomas característicos de deficiência. Os sintomas se desenvolveram primeiramente em plantas deficientes em Fe ou Mn, seguidas das deficientes em boro. A produção de matéria seca foi afetada na seguinte ordem: Fe>Mn>B. Tanto as folhas superiores como as inferiores refletem o estado nutricional da mamoneira em relação a B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. O teor de clorofila nas folhas, medido em unidades SPAD, foi influenciado pela omissão dos micronutrientes.

Termos para indexação: *Ricinus communis*, nutrição, solução nutritiva.

### Micronutrient deficiency effect on the nutritional status of the castor bean cultivar Iris

Abstract – The objectives of this work were to characterize the visual symptoms of micronutrient deficiencies, and their effects on nutritional status of castor beans. A greenhouse experiment with nutrient solutions was carried out from February to June, 2003. The commercial hybrid “Iris” was used. Treatments were as follows: complete, minus B, minus Cu, minus Fe, minus Mn, minus Mo, and minus Zn. Symptoms of deficiency were observed in the treatments with omission of B, Fe, and Mn. The symptoms firstly developed when either Fe or Mn was deficient, and they were followed by those deficient in boron. Dry matter yield was affected in the decreasing order: Fe>Mn>B. Both upper and lower leaves reflect the nutritional status of the castor bean with respect to B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn. Leaf chlorophyll, as measured in units SPAD, was influenced by the treatments.

Index terms: *Ricinus communis*, nutrition, nutrient solutions.

### Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), pertencente à família Euphorbiaceae, engloba grande número de plantas nativas da região tropical. É uma planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos. Seus frutos possuem espinho e não oferecem resistência mecânica. As sementes apresentam diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração, sendo uma fonte praticamente pura de ácido ricinoléico. Esse ácido apresenta ampla gama de aplicações industriais, podendo também ser utilizado como fonte alternativa de combustível na fabricação do biodiesel, o que torna a cultura importante sob o ponto

de vista econômico e estratégico para o País (Savy Filho, 1998).

Nos últimos anos a ricinocultura vem se desenvolvendo na região do Cerrado, e seu desempenho como espécie alternativa na rotação de culturas no sistema semeadura direta se destaca, em virtude da produção de matéria verde, rica em N (50 a 60 g kg<sup>-1</sup>), P, K e micronutrientes (Beltrão et al., 2002).

No Brasil, são poucos os estudos envolvendo nutrição mineral da mamoneira. No caso dos macronutrientes, trabalhos já foram desenvolvidos no intuito de caracterizar deficiências e teores adequados na planta (Canecchio Filho & Freire, 1958; Rojas & Neptune, 1971; Nakagawa et al., 1974). Quanto aos micronutrientes,

alguns trabalhos também já foram conduzidos (Rojas & Neptune, 1971; Hocking, 1982; Nakagawa et al., 1986; Paulo et al., 1989; Souza & Natale, 1997). Em estudos realizados no campo por Souza & Natale (1997), foram observadas concentrações de B, nas folhas da mamoneira, variando de 35 a 91 mg kg<sup>-1</sup>, e não foi observado sintoma de deficiência ou de excesso. Paulo et al. (1989) verificaram, em plantas no campo, necrose progressiva do ápice para a base, superbrotamento e queda de folhas, julgando tais sintomas como característicos de deficiência de boro.

Quanto ao Zn, os teores foliares variam de 14 mg kg<sup>-1</sup> (Hocking, 1982), em plantas desenvolvidas em solo de baixa fertilidade, a 43 mg kg<sup>-1</sup> (Souza & Natale, 1997), em solo fértil. Esta variação pode ser atribuída a diferentes épocas de coleta, tipo de amostragem e variedade. Paulo et al. (1989) observaram teores de Cu, Fe e Mn nas folhas de 7,8 mg kg<sup>-1</sup>, 67 mg kg<sup>-1</sup> e 272 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, em plantas sadias desenvolvidas em solo.

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar os sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e avaliar seus efeitos no estado nutricional da mamoneira.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, CENA, Piracicaba, SP, de fevereiro a junho de 2003. Foram utilizadas plantas de mamoneira (*Ricinus communis* L.) do híbrido comercial Íris, selecionado para condições de cerrado.

As sementes foram germinadas em bandejas contendo vermiculita, umedecidas com solução de CaSO<sub>4</sub> (0,0001 mol L<sup>-1</sup>). Cinco dias após a emergência, por ocasião do aparecimento da folhas cotiledonares, as plântulas foram transplantadas para bandeja de 40 L, contendo solução nutritiva de Johnson et al. (1957), modificada e diluída a 1/5. Aos 28 dias da instalação do experimento, cada vaso (1,5 L) recebeu uma planta e solução nutritiva, de acordo com o tratamento.

A solução nutritiva completa apresentou a seguinte composição: 6,0 mL de KNO<sub>3</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>; 4,0 mL de Ca(NO<sub>3</sub>).4H<sub>2</sub>O 1 mol L<sup>-1</sup>; 2,0 mL de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 1 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de Fe-EDTA 0,2 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de KCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0,02 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O 0,002 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,002 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,0005 mol L<sup>-1</sup>; 1,0 mL de H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>(85% MoO<sub>3</sub>) 0,0005 mol L<sup>-1</sup>. Na solução dos tratamentos com

omissão de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), as concentrações foram idênticas à solução completa, exceto quanto ao nutriente omitido. As soluções nutritivas foram trocadas a cada 15 dias, continuamente aeradas, completando-se diariamente o nível com água desionizada, e o pH mantido em torno de 5,5.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos – completo, omissão de B, omissão de Cu, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de Mo e omissão de Zn – e quatro repetições. Cada planta foi considerada uma unidade experimental.

Semanalmente, avaliou-se o teor de clorofila com base na correlação com unidades SPAD (Markwell et al., 1995; Zotarelli et al., 2003), no lóbulo mediano da terceira folha superior recém-madura, usando-se o clorofilômetro (Minolta Camera Company, 1989).

As plantas foram colhidas à medida que as deficiências se acentuaram, conforme o micronutriente omitido. O primeiro tratamento a ser colhido foi o de omissão de Fe, aos 63 dias após o início do ensaio, seguido pelos tratamentos com omissão de Mn e de B, os quais foram encerrados aos 77 dias. Aos 84 dias, colheram-se as plantas dos demais tratamentos. Na colheita, as plantas foram divididas em raízes, caule, folhas (limbo e pecíolo) inferiores e superiores e frutos. O material vegetal coletado foi identificado, acondicionado em sacos de papel, secado em estufa a 65°C, durante 72 horas, pesado, triturado em moinho tipo Wiley (peneira com diâmetro de malha de 1 mm) e submetido à análise química de acordo com Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação das médias dos tratamentos, realizadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em relação aos valores de SPAD, após análise de variância considerando o modelo de parcelas subdivididas no tempo, procedeu-se ao estudo de regressão de cada tratamento em função do tempo de avaliação. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System).

### Resultados e Discussão

Os primeiros sintomas de deficiência ocorreram nas plantas do tratamento com omissão de Fe e Mn, 14 dias após o início dos tratamentos, seguindo-se os sintomas de falta de B aos 63 dias (Figura 1).

No tratamento com omissão de B, as folhas mais novas apresentaram-se encarquilhadas e espessas, e, em alguns casos, enrolaram-se para baixo. Furlani et al.

(2001) observaram que plantas de soja deficientes em B apresentaram sintomas semelhantes. As folhas com sintomas de deficiência de B tinham como característica a deformação no tecido, na região de junção dos lóbulos. Essa deformação migrou no sentido da nervura central, dando ao limbo um formato arredondado. No final do desenvolvimento, a deficiência de B causou perda da dominância em razão da morte da gema apical.

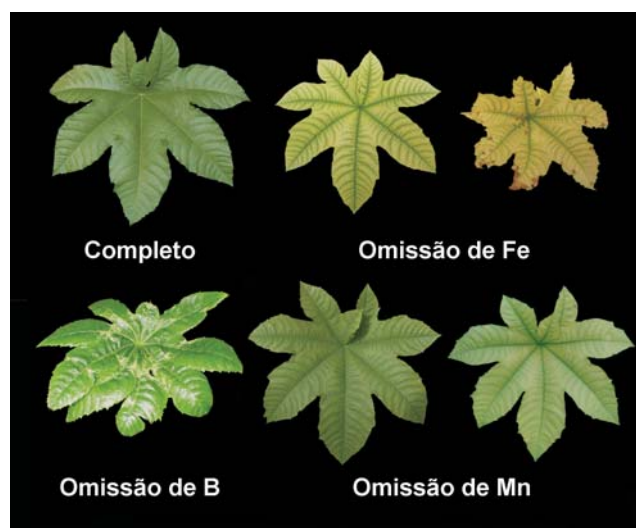
A degradação dos tecidos meristemáticos pode estar relacionada com a anomalia que ocorre no processo da divisão celular, causando redução no alongamento da célula, em função de mudanças na direção da divisão, que passa a ser radial ao invés de longitudinal. O aumento do teor de ácido indolilacético pode ter relação com a redução da atividade da oxidase da auxina, inibida pelos compostos fenólicos acumulados (Marschner, 1995). Determinados compostos fenólicos, como a cumarina, poderiam do mesmo modo induzir as mudanças citadas (Dietrich, 1985).

No tratamento com omissão de Fe, as folhas jovens deficientes apresentaram redução do crescimento, clorose internerval com aparência de reticulado fino, ou seja, nervuras com coloração verde-escura, enquanto o restante do limbo foliar apresentava-se amarelado. No estágio final de desenvolvimento, as folhas manifestaram necrose na ponta do limbo e nas margens. A necrose evoluiu para a região central da folha, provocando, em alguns casos, a queda das folhas. Pon-

tuações necróticas também foram verificadas no centro do limbo foliar de algumas plantas. Esses mesmos sintomas foram observados por Rojas & Neptune (1971). A clorose provocada pela deficiência de Fe foi provavelmente causada pela baixa produção de clorofila (Malavolta et al., 1997).

As folhas mais novas do tratamento com omissão de Mn apresentaram clorose internerval com aparência de reticulado grosso, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes tornaram-se verde-escuras, enquanto o restante do limbo foliar apresentava-se amarelado. Rosolem & Ferelli (2000) observaram sintomas semelhantes em plantas de algodão. Os sintomas de clorose podem ter sido causados por um distúrbio na estrutura do cloroplasto, como consequência da inibição na síntese de lipídios (Romheld, 2001).

Nos demais tratamentos – completo, omissão de Cu, omissão de Mo e omissão de Zn – não foram observados sintomas de deficiência. A omissão de Cu, Mo e Zn na solução apenas reduziu suas concentrações nos tecidos, quando comparados com o tratamento completo (Tabela 1). A aparente ausência de sintomas visuais de deficiência deve-se, provavelmente, ao fato de as plantas serem mantidas inicialmente (23 dias) em solução completa, podendo assim ter acumulado quantidade su-



**Figura 1.** Sintomatologia das deficiências na mamoneira cv. Iris, desenvolvidas em soluções nutritivas completa e com omissão de Fe, omissão de B e omissão de Mn, respectivamente.

**Tabela 1.** Concentração de micronutrientes nas diferentes partes da mamoneira, cv. Iris, desenvolvida em soluções nutritivas completa e com omissão de B, Cu, Mo e Zn, respectivamente<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Pecíolo inferior	Limbo inferior	Pecíolo superior	Limbo superior
Concentração de B (mg kg <sup>-1</sup> )				
Completo	25Aa	21Aa	15Aa	16Aa
Omissão de B	11Ab	13Ab	9Ab	10Ab
CV (%)	26,31	24,63	15,14	12,22
Concentração de Cu (mg kg <sup>-1</sup> )				
Completo	3Ba	4Ba	4Ba	6Aa
Omissão de Cu	3Aa	3Ab	3Aa	3Ab
CV (%)	20,57	23,50	17,28	16,64
Concentração de Mo (mg kg <sup>-1</sup> )				
Completo	1,8Ba	3,4Aa	1,4Ba	1,7Ba
Omissão de Mo	0,4Ab	0,4Ab	0,3Ab	0,4Ab
CV (%)	66,45	87,52	48,46	66,65
Concentração de Zn (mg kg <sup>-1</sup> )				
Completo	5Ba	9Aa	6Ba	9Aa
Omissão de Zn	3Bb	6Ab	2Bb	3Bb
CV (%)	22,53	14,91	8,57	5,77

<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ficiente desses nutrientes. Além disso, ocorreu também a absorção dos nutrientes contidos nas sementes, o que pode ter colaborado para o não aparecimento de sintomas visuais. Segundo Hocking (1982), plantas cultivadas em solos de baixa fertilidade conseguem redistribuir esses nutrientes durante seu ciclo.

A omissão do Fe, Mn e B reduziu a produção de matéria seca em 51%, 29% e 29%, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 2). As omissões de Fe, Mn e Cu diminuíram a massa de matéria seca do sistema radicular em 63%, 46% e 26%, respectivamente, em relação ao tratamento completo. Nos tratamentos nos quais se omitiu Cu, Mo e Zn, a produção de matéria seca total não foi afetada, o que condiz com os resultados da diagnose visual.

Na maioria dos tratamentos, houve tendência inicial de evolução dos teores de clorofila em função do tempo decorrido, exceção feita ao Fe; o Mn não apresentou ajuste significativo (Figura 2). As diferenças encontradas nos tratamentos provavelmente estão associadas à biossíntese de clorofila, influenciada pelos micronutrientes (Rajcan et al., 1999).

Nos tratamentos com ausência de Fe e Zn, as tendências ajustadas foram lineares, porém, no Fe, a correlação foi negativa, enquanto no Zn foi positiva, o que condiz com observações visuais (Figura 2).

O tratamento com omissão de Fe apresentou sintoma de redução nos teores de clorofila no início do estudo, tendo comportamento linear ao longo do tempo, tendendo a diminuir os teores de clorofila durante todo o ciclo da planta. Já quanto ao B, houve aumento nos va-

**Tabela 2.** Produção de matéria seca da parte aérea, de raízes e total (parte aérea mais raiz) da mamoneira, cv. Iris, desenvolvida em soluções nutritivas completa e com omissão de B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente<sup>(1)</sup>.

Treatmento	Raiz	Parte aérea	Total
	----- (g/planta) -----		
Completo	13,5a	23,3a	36,8a
Omissão de B	10,6ab	16,5bc	27,1bc
Omissão de Cu	9,9bc	20,0ab	30,0abc
Omissão de Fe	5,0d	11,4c	16,4d
Omissão de Mn	7,2cd	16,6bc	23,8cd
Omissão de Mo	12,6ab	22,1ab	34,7ab
Omissão de Zn	11,9ab	18,5ab	30,4abc
CV (%)	12,7	13,3	11,8

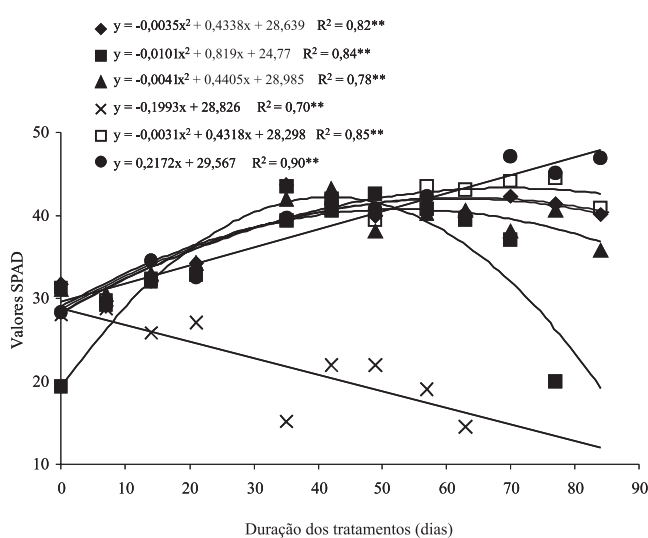
<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

lores SPAD no início, seguido de um declínio após 49 dias (Figura 2).

Os tratamentos com omissão de Mo e Cu não refletiram diferenças entre o teor de clorofila, quando comparados ao tratamento completo, durante o período de avaliação. Esse fato pode ser explicado pela eficiência da planta na utilização destes nutrientes, conforme mencionado.

Houve diferenças significativas nos teores de B entre o tratamento com omissão de B e o completo. Entretanto, não houve diferença significativa no teor de B das diversas partes da planta (Tabela 1). Os teores de B no limbo superior são semelhantes aos relatados por Mascarenhas et al. (1988) em folhas de plantas de soja e próximos aos considerados ideais na folha da mamoneira por Oliveira (2004). A redução acentuada na concentração de B no pecíolo inferior pode ser explicada por sua redistribuição nos tecidos superiores da planta. Segundo Dordas et al. (2001), a remobilização do B, observada em algumas espécies, depende do nível de seu suprimento, podendo tornar-se mais evidente em plantas mantidas em meio continuamente deficiente.

A deficiência de B reduz a atividade da ATPase e, conseqüentemente, a disponibilidade de energia necessária à absorção iônica ativa, podendo reduzir a absor-



**Figura 2.** Determinação indireta do teor de clorofila, em valores SPAD, na mamoneira cv. Iris desenvolvida em soluções nutritivas completa (◆) e com omissão de B (■), omissão de Cu (▲), omissão de Fe (x), omissão de Mo (□) e omissão de Zn (●), respectivamente, de acordo com a duração dos tratamentos. Significativo a 1% de probabilidade.

ção de cálcio (Malavolta et al., 1997). A interação entre omissão de B e redução nos teores de Ca deve estar baseada no fato de que ambos os nutrientes exercem função estrutural nas membranas e na parede celular (Marschner, 1995). Por isso, analisaram-se os teores de Ca das plantas do tratamento com omissão de boro. Não houve diferença significativa nos teores de Ca nas várias partes das plantas (Tabela 3).

Comparando-se teores médios de Ca entre tratamentos com omissão de B e completo, estes apresentaram diferença significativa, ou seja, a omissão de B interferiu nos teores de Ca nos tecidos analisados. Resultados semelhantes foram observados por Salvador et al. (1999) em plantas de goiabeira.

Os teores de Cu no limbo superior e inferior das plantas com omissão deste nutriente foram menores quando comparados aos do tratamento completo, que apresentou valores entre 4–6 mg kg<sup>-1</sup>, considerados como adequados por Oliveira (2004) (Tabela 1). O limbo superior apresentou redução de 50% na concentração de Cu em relação ao tratamento completo, em virtude da omissão desse micronutriente. Teores foliares de Cu semelhantes, também em mamoneira, foram observados por Hocking (1982). De acordo com Dordas et al. (2001), o Cu é pouco móvel nesta espécie.

Plantas cultivadas em solução com omissão de Mo apresentaram redução na concentração, em média, de 80%, em relação às plantas cultivadas em solução contendo o micronutriente (Tabela 1). Segundo Rosolem et al. (2001), para a cultura de soja, concentrações superiores a 1,0 mg kg<sup>-1</sup> são normalmente consideradas adequadas, já para a cultura do algodão estes valores podem ser superiores a 3,0 mg kg<sup>-1</sup>.

A omissão de Zn reduziu os teores do micronutriente em todas as partes analisadas das plantas, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

**Tabela 3.** Concentração de Ca nas diferentes partes da mamoneira, cv. Iris, desenvolvida em soluções nutritivas completa e com omissão de boro<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Pecíolo inferior	Limbo inferior	Pecíolo superior	Limbo superior
Concentração de Ca (g kg <sup>-1</sup> )				
Completo	16Aa	16AB	13Bb	13ABa
Omissão de B	5Ab	7Ab	3Ab	5Ab
CV (%)	15,33	9,03	16,45	29,99

<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Oliveira (2004) considera como adequados teores de Zn no limbo entre 15–40 mg kg<sup>-1</sup>, superiores aos observados no tratamento completo, que apresentou teores no limbo próximos a 9 mg kg<sup>-1</sup>. O Zn parece não ter sido redistribuído dos órgãos inferiores para os superiores nas plantas deficientes, uma vez que sua concentração foi 67% menor no limbo e pecíolo superiores em relação aos outros tecidos analisados. Souza & Natale (1997) observaram, em estudo realizado no campo com mamoneira, que os teores foliares de Zn variaram de 39 a 43 mg kg<sup>-1</sup> nas folhas sadias. Já Hocking (1982) encontrou teores foliares menores, variando de 14 a 25 mg kg<sup>-1</sup>, em folhas adjacentes à inflorescência.

A omissão de Fe ou de Mn reduziu significativamente os teores de Fe em todas as partes da planta analisadas, em relação ao tratamento completo (Tabela 4). A discussão destes dois elementos em conjunto justifica-se porque a omissão de Mn pode aumentar a absorção de Fe (Malavolta et al., 1997). Entretanto, isto não foi observado no limbo inferior, que apresentou redução nos teores de Fe quando a planta foi cultivada sob omissão de Mn. Este resultado não se confirmou em outros tecidos analisados.

A concentração de Mn foi maior no limbo inferior, independentemente dos tratamentos (Tabela 4). A omissão de Fe na solução induziu maior teor de Mn em todas as partes analisadas das plantas, com exceção do limbo inferior, que apresentou valor similar ao encontrado nas plantas cultivadas no tratamento completo. Esta diferença de concentração é esperada, pois esses nutrientes apresentam inibição competitiva (Malavolta et al., 1997).

**Tabela 4.** Concentração de Fe e Mn nas diferentes partes da mamoneira, cv. Iris, desenvolvida em soluções nutritivas completa e com omissão de Fe e Mn, respectivamente<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Pecíolo inferior	Limbo inferior	Pecíolo superior	Limbo superior
Concentração de Fe (mg kg <sup>-1</sup> )				
Completo	19Ca	44Aa	20Ca	32Ba
Omissão de Fe	6Bb	12Ab	6Bb	7Bb
Omissão de Mn	5Bb	9Ac	5Bb	8ABb
CV (%)	13,94	12,23	9,20	9,25
Concentração de Mn (mg kg <sup>-1</sup> )				
Completo	3Cb	27Aa	3Cb	12Bb
Omissão de Fe	9Ca	30Aa	8Ca	16Ba
Omissão de Mn	6Bab	14Ab	3Bb	6Bc
CV (%)	38,34	20,81	43,79	12,31

<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Conclusões

1. A omissão de B resulta em deformações no limbo foliar e perda da dominância apical; a omissão de Fe ocasiona redução do crescimento e clorose generalizada das folhas jovens e a omissão de Mn resulta em clorose internerval, com aparência de reticulado grosso, sendo Fe e Mn os primeiros nutrientes cuja omissão resulta em sintomas de deficiência, seguidos pelo boro.

2. A omissão de Cu, Mo e Zn não provocou sintomas visuais de deficiência e nem redução na produção de matéria seca total nas plantas; a omissão de Fe é a que mais limita a produção de matéria seca da mamoneira, seguida pela de Mn e boro.

3. A composição mineral tanto das folhas superiores como das inferiores reflete o estado nutricional da mamoneira para B, Cu, Fe, Mn, Mo e zinco.

4. Os tratamentos influenciaram de modo diferente o teor de clorofila medido em unidades SPAD ao longo do período experimental.

5. A omissão de Mn reduz a concentração de Fe nos tecidos foliares; a omissão de Fe eleva a concentração de Mn e a omissão de B reduz a concentração de Ca nos tecidos.

### Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa concedida a Eurípedes Malavolta; a Cristiano Elemar Voll, aluno de Pós-graduação em Produção Vegetal - USP/Esalq, pela ajuda na edição da fotografia.

### Referências

BELTRÃO, M.E.M.; SILVA, L.C.; MELO, F.B. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. *Bahia Agrícola*, v.5, p.34-37, 2002.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: I. Experiências preliminares. *Bragantia*, v.17, p.243-259, 1958.

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.

DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P.H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq; Fapesp; Potafos, 2001. p.43-69.

FURLANI, A.M.C.; TANAKA, R.T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M.F.; MASCARENHAS, H.A.A. Exigência a boro em cultivares de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.929-937, 2001.

HOCKING, P.J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.) *Annals of Botany*, v.49, p.51-62, 1982.

JOHNSON, C.M.; STOUTS, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirements of different plants species. *Plant and Soil*, v.8, p.337-353, 1957.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, v.46, p.467-472, 1995.

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

MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; BATAGLIA, O.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; TANAKA, R.T. Deficiência de boro em soja. *Bragantia*, v.47, p.325-331, 1988.

MINOLTA CAMERA COMPANY. *Manual for chlorophyll meter Spad-502*. Osaka, 1989. 22p.

NAKAGAWA, J.; LEVORATO, E.; BOARETTO, A.E. Efeito de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamona (*Ricinus cummunis* L.). *Científica*, v.14, p.55-64, 1986.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L.; JAEHN, A. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio em mamoneira (*Ricinus cummunis* L.), cultivares IAC-38 e Campinas. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v.31, p.233-241, 1974.

OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: Correção do solo e adubação*. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.245-256.

PAULO, E.M.; BATAGLIA, O.C.; KASAI, F.S.; CAVICHIOLI, J.C. Deficiência de boro em mamona. *Bragantia*, v.48, p.241-247, 1989.

RAJCAN, I.; DWYER, L.M.; TOLLENAAR, M. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. *Field Crops Research*, v.63, p.13-17, 1999.

ROJAS, A.I.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos dos macronutrientes e do ferro no crescimento e composição química da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivada em solução de nutrientes. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v.28, p.31-67, 1971.

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

ROSOLEM, C.A.; FERELLI, L. Resposta diferencial de cultivares de algodão ao manganês em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.355-361, 2000.

ROSOLEM, C.A.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq; Fapesp; Potafos, 2001. p.319-354.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1655-1662, 1999.

SAVY FILHO, A. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P. de; PIZZINATO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T. de; DEMARIA, I.C.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Instrumentações agrícolas para as principais culturas**

**econômicas**. 6.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 396p. (Boletim, 200).

SOUZA, E.C.A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, v.2, p.327-333, 1997.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCININ, J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; TORRES, E.; ALVES, B.J.R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio no milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1117-1122, 2003.

---

Recebido em 2 de março de 2004 e aprovado em 16 de setembro de 2004