

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS E
ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM MAMONEIRA
(*Ricinus communis* L.) cv. GUARANI SOB
DEFICIÊNCIAS SIMPLES E MÚLTIPLAS DE
NUTRIENTES**

GUILHERME AMARAL DE SOUZA

2009

GUILHERME AMARAL DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS E ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM
MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) cv. GUARANI SOB
DEFICIÊNCIAS SIMPLES E MÚLTIPLAS DE NUTRIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Guilherme Amaral de.

Caracterização de sintomas e alterações químicas em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. Guarani sob deficiências simples e múltiplas de nutrientes / Guilherme Amaral de Souza - Lavras : UFLA, 2009.

100 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Janice Guedes de Carvalho.

Bibliografia.

1. Nutrição mineral de plantas. 2. Biodiesel. 3. Mamona. 4. Solução nutritiva. 5. Teor e acúmulo de nutrientes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 665.353

GUILHERME AMARAL DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS E ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM
MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) cv. GUARANI SOB
DEFICIÊNCIAS SIMPLES E MÚLTIPLAS DE NUTRIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 30 de julho de 2009.

Pesq. Dr. Paulo Jorge de Pinho UFLA

Prof. Dr. Élberis Pereira Botrel UFLA

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A minha avó, Maria Amaral Lourenço.

Aos meus pais. Vanderli e Helena.

A minha irmã, Ariane.

E a todos que me apoiaram,

Ofereço.

A Fernanda, pelo carinho, paciência, amor e carinho

Dedico.

“As grandes obras são sonhadas pelos gênios, executadas pelos lutadores, desfrutadas pelos felizes e criticadas pelos inúteis crônicos”.

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade de cursar a pós-graduação.

À Professora Doutora Janice Guedes de Carvalho, pelo apoio, orientação, amizade, incentivo e valiosos ensinamentos ao longo dos cursos de graduação e de pós-graduação.

Ao pesquisador doutor e amigo Paulo Jorge de Pinho, pela amizade, por todas as orientações e sugestões.

À pesquisadora doutora e amiga Ana Rosa Ribeiro Bastos, pela amizade, por todas as orientações e sugestões.

Ao professor doutor Élberis Pereira Botrel, pelas sugestões e por ter prontamente atendido ao convite para participar da banca de defesa.

A todos os funcionários do DCS, em especial ao grande amigo Adalberto Ribeiro (Dal), pela amizade e realização das análises foliares.

À minha namorada, Fernanda M. S. Onuma, pela compreensão, amor e carinho.

Aos amigos que fiz durante meu curso de Graduação e Pós-Graduação nessa Universidade, em especial meu amigo e “irmão” Léo Shigueto Kawamoto.

Ao meu “pai” e “tios (as)” orientados da professora Janice, Paulo (Paulinho), Leilson (Baixinho), Jussara (Juju), Núbia, Cleber, Rodrigo, Henrique, Nilma, Eric, Lívia, Viviane, Alisson, Gabriel e Inez.

Aos colegas de República: André, Paulo (Sussuca) e Thiago (Onça) e a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a conclusão do trabalho.

MEU MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	ii
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral	2
2 Referencial Teórico.....	4
2.1 Aspectos gerais da cultura da mamona.....	4
2.2 O agronegócio da ricinocultura no Brasil	5
2.3 Biodiesel: mamona e outras oleaginosas	7
2.4 Diagnose do estado nutricional de plantas.....	14
3 Referências Bibliográficas	17
CAPÍTULO 2 Caracterização de Sintomas Visuais de Deficiências Nutricionais em Mamoneira Sob Omissão de Nutrientes.....	23
Resumo	24
Abstract.....	25
1 Introdução	26
2 Material e Métodos	28
3 Resultados e Discussão	30
3.1 Deficiência de cálcio.....	30
3.2 Deficiência de ferro	31
3.3 Deficiência de manganês	33
3.4 Deficiência de boro.....	36
3.5 Deficiência de zinco.....	38
3.6 Deficiência de cálcio e boro.....	39
3.7 Deficiência de ferro e boro	40
3.8 Deficiência de ferro e zinco	42
3.9 Deficiência de manganês e boro	43
3.10 Deficiência de manganês e zinco.....	45
3.11 Deficiência de boro e zinco	46
4 Conclusões.....	49
5 Referências Bibliográficas	50
CAPÍTULO 3 Deficiências Nutricionais em Mamoneira: Parâmetros de Crescimento, Teor e Acúmulo de Nutrientes.....	53
Resumo	54
Abstract.....	55
1 Introdução	56

2 Material e Métodos	58
3 Resultados e Discussão	61
3.1 Parâmetros de crescimento e produções de matéria seca.....	61
3.1.1 Parâmetros de crescimento	62
3.1.1.1 Altura das plantas.....	62
3.1.1.2 Diâmetro do colo	63
3.1.2 Produção de matéria seca folhas + pecíolos	63
3.1.3 Produção de matéria seca de caule.....	65
3.1.4 Produção de matéria seca de raiz.....	65
3.1.5 Relação raiz/parte aérea	66
3.2 Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea.....	69
3.2.1 Teor e acúmulo de macronutrientes.....	70
3.2.1.1 Teor e acúmulo de nitrogênio	70
3.2.1.2 Teor e acúmulo de fósforo	72
3.2.1.3 Teor e acúmulo de potássio	75
3.2.1.4 Teor e acúmulo de cálcio	77
3.2.1.5 Teor e acúmulo de magnésio	80
3.2.1.6 Teor e acúmulo de enxofre	82
3.2.2 Teor e acúmulo de micronutrientes.....	85
3.2.2.1 Teor e acúmulo de boro	85
3.2.2.2 Teor e acúmulo de cobre.....	87
3.2.2.3 Teor e acúmulo de ferro.....	90
3.2.2.4 Teor e acúmulo de manganês.....	92
3.2.2.5 Teor e acúmulo de zinco	94
4 Conclusões.....	97
5 Referências Bibliográficas	98

RESUMO GERAL

SOUZA, Guilherme Amaral de. **Caracterização de sintomas e alterações químicas em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. Guarani sob deficiências simples e múltiplas de nutrientes**. 2009. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.¹

O cultivo de plantas oleaginosas tem sido cada vez mais difundido no mundo. A matriz energética para biodiesel, como meio de reduzir a emissão de poluentes derivados de combustíveis fósseis e atender, assim, às exigências do Protocolo de Quioto, demanda, atualmente, várias pesquisas com plantas potencialmente produtoras de óleo, dentre elas, a mamona. A diagnose do estado nutricional pela análise visual, determinada por meio direto, consiste meramente em comparar o aspecto da amostra com o do padrão. Entretanto, é de conhecimento geral que algumas espécies demonstram sintomas de deficiências nutricionais com algumas peculiaridades, às vezes não sendo uma regra um sintoma descrito, para a maioria das plantas. No Brasil, são poucos os estudos envolvendo nutrição mineral da mamoneira, existindo, assim, ainda, muitas lacunas, principalmente no tocante à concentração dos nutrientes nas plantas. Devido à escassez de informações quanto ao efeito dos nutrientes nesta planta, este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais e verificar os seus efeitos no crescimento, nos teores e acúmulos nas diferentes partes de mamoneira da cv. Guarani, cultivada em solução nutritiva sob deficiências simples e múltiplas.

¹ Comitê Orientador: Janice Guedes de Carvalho -UFLA (Orientadora), Paulo Jorge de Pinho - UFLA e Élberis Pereira Botrel - UFLA.

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, Guilherme Amaral de. **Symptoms characterization and chemical alteration in castor bean (*Ricinus communis* L.) cv. Guarani under simple and multiple nutrients omissions**. 2009. 100 p. Dissertation (Master in Soil Science) - Federal University of Lavras, Lavras.²

Oleaginous plants cultivation has been diffused more and more in the world. Energy source for biodiesel, as way of reducing the emission of pollutant derived of fossil fuels and to assist, like this, the demands of the Protocol of Kyoto, it demands several researches now potentially with plants producing of oil, among those the castor oil plant. The diagnosis of the nutritional state by the visual analysis, determined by direct way, it consists merely in comparing the aspect between simple and standard. However, it is of general knowledge that some species demonstrate nutritional deficiency symptoms with some peculiarities, sometimes not being a rule a described symptom, for the majority species. In Brazil they are few studies involving mineral nutrition of the castor bean, existing like this, still a lot of gaps, mainly concerning the concentration of the nutrients in plants. Due to the shortage of information as the effect of the nutrients in this plant the objective of this work was to characterize the visual symptoms and to verify their effects in the growth, in the concentration and accumulation in the different parts of castor bean cv. Guarani cultivated in culture solution under deficiency simple and multiple.

² Guidance Committee: Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Adviser), Paulo Jorge de Pinho - UFLA and Élberis Pereira Botrel - UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de plantas oleaginosas tem sido cada vez mais difundido no mundo. O Brasil é um país privilegiado, devido à sua grande diversidade de climas e solos, além das plantas acumuladoras de óleo, nativas ou exóticas, cujos frutos e/ou sementes produzem óleo para a produção de biodiesel, podendo assim, se tornar um grande produtor de óleos vegetais para atender aos mercados, interno e externo (Melo, 2009).

A matriz energética para biodiesel, como meio de reduzir a emissão de poluentes derivados de combustíveis fósseis e atender, assim, às exigências do Protocolo de Quioto, demanda, atualmente, várias pesquisas com plantas potencialmente produtoras de óleo. Entre elas, podem ser citadas a mamoneira e o pinhão-manso (Pacheco et al., 2005).

A mamoneira vem sendo estudada pela Embrapa Algodão há mais de 22 anos. Esta instituição já desenvolveu cultivares, além de várias tecnologias que melhoram esse sistema de produção. O fácil cultivo e boa resistência à seca fazem da mamoneira uma importante alternativa econômica para a região nordeste. A consolidação dessa cultura para um programa nacional de biodiesel passa, necessariamente, pelo sucesso na implantação de programas estaduais de incentivo ao cultivo dessa oleaginosa. Alguns dos estados brasileiros já iniciaram a execução de programas para o desenvolvimento da mamoneira (Oliveira, 2004).

A Lei 11.097/05 (Brasil, 2005) estabeleceu que, em janeiro de 2008, todo óleo diesel comercializado no Brasil deveria conter 2% de biodiesel; assim, a produção estimada, em 2008, seria de 889.157,66 m³ ano⁻¹. No entanto, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) antecipou a adição de 3% de biodiesel ao óleo diesel (Brasil, 2008), a partir de 1º de julho de 2008 e o consumo estimado de biodiesel passou a ser de 1.118.943,32 m³ ano⁻¹ ou 1,118

bilhão de litros (Freitas & Nachiluk, 2009). As mesmas autoras relatam, ainda, que, mesmo com diversos estados apresentando taxas negativas de crescimento, o Brasil foi capaz de produzir 1.164.332,00 m³ ano⁻¹ de biodiesel, equiparando a oferta à demanda.

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). Assim como para micronutrientes, alguns trabalhos também já foram conduzidos (Rojas & Neptune, 1971; Hocking, 1982; Nakagawa et al., 1986; Paulo et al., 1989; Souza & Natale, 1997).

Devido à escassez de informações quanto ao efeito dos nutrientes nesta planta, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais e verificar os seus efeitos no crescimento e nos teores e acúmulos nas diferentes partes da mamoneira, cv. Guarani, cultivada em solução nutritiva sob deficiências simples e múltiplas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura da mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é também conhecida como carrapateira, palma-cristi e rícino (Beltrão et al., 2001). Pertence à família Euphorbiaceae, é uma planta heliófita, de hábito arbustivo, com variações de cores do caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e no pecíolo. O sistema radicular tem capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo que, normalmente, não são atingidas por outras culturas anuais, como soja, milho e feijão, promovendo o aumento da aeração e da capacidade de exploração da água no solo. As sementes apresentam-se de diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração (Lange et al., 2005). Possivelmente originária da África, na região da antiga Abissínia, onde atualmente localiza-se a Etiópia, a mamoneira foi introduzida no Brasil há alguns séculos (Joly, 2002).

Considerada uma planta de fácil cultivo e tolerante à relativa escassez de água é, por isso, largamente adaptada às mais variadas condições edafoclimáticas. É encontrada vegetando livremente em áreas rurais, margens de estradas, depósitos de lixo, terrenos baldios, nas várzeas dos rios, em áreas não inundáveis e em solos argilosos ou arenosos (Silva, 2007).

Segundo dados da Food Agricultural Organization Statistics - FAO Statistics (2009) sobre a produção mundial de 2007, a Índia foi o maior produtor mundial de mamona, seguida pela China e Brasil. Com relação ao óleo, os três maiores produtores mundiais também são a Índia, a China e o Brasil, que participaram, com 92% da produção mundial. Os três maiores importadores mundiais são a França, os Estados Unidos e a China. O Brasil aparece como

segundo maior exportador mundial, com 11,4% do mercado mundial, com menor expressividade que a Índia, que ocupa a primeira colocação com 85%.

Atualmente, a produção brasileira de mamona é de 96.400 toneladas, em uma área de 156.600 hectares, sendo o nordeste responsável por 87,8% da produção, com uma área cultivada de 147.400 hectares e produtividade média de 574 kg ha⁻¹. O estado da Bahia é o maior produtor de mamona do país, com cerca de 64,0% do total produzido, seguido por Ceará, com 19,9% e Minas Gerais, com 10,4% da produção nacional (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009).

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, tendo suas sementes elevadas concentrações de óleo e proteínas, o que conduz a uma demanda razoável por elementos essenciais, especialmente nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Conforme Beltrão & Gondim (2003), para uma produtividade de 2000 kg de semente ha⁻¹, as plantas absorvem 80 kg de N, 18 kg de P, 32 kg de K, 12 kg de Ca e 10 kg de Mg.

Alguns estudos sobre adubação em mamoneira com N, P e K foram realizados (Canecchio Filho & Freire, 1958; Canecchio Filho et al., 1963; Rocha et al., 1964; Nakagawa et al., 1982). Entretanto, poucos foram direcionados à avaliação do estado nutricional da cultura, fornecendo indicações das suas exigências (Rojas & Neptune, 1971; Hocking, 1982).

2.2 O agronegócio da ricinocultura no Brasil

O incentivo à agricultura familiar tem sido apontado como um importante fator de inclusão social dos diversos programas governamentais de produção do biodiesel. Esses programas estão sendo implantados com o objetivo de expandir a cultura da mamoneira para todas as regiões do país, gerando

matéria-prima e reduzindo a dependência externa no abastecimento das indústrias nacionais (Souza, 2007).

A mamoneira desponta, atualmente, como uma planta de excelente potencial para a produção de biodiesel e o governo está incentivando seu plantio, principalmente nas regiões carentes do Brasil. O governo brasileiro tornou-se um dos maiores divulgadores e promotores dessa cultura, ao sinalizar que essa deve ser a principal oleaginosa, no ainda tímido processo de substituição do diesel brasileiro (Silva, 2007). Oliveira et al. (2008) relatam que essa espécie constitui uma boa alternativa para a produção de biodiesel no Brasil.

Pelo que se tem observado em relação à produção de óleos vegetais nas diversas regiões do Brasil e também com relação às políticas sociais do governo, a tendência da produção de biodiesel é ter sua matéria-prima regionalizada. No nordeste brasileiro, a produção deve ter como matéria-prima a mamona e deverá estar atrelada à agricultura familiar (Silva, 2007). Além disso, essa cultura se destaca pela baixa demanda de gastos com manejo.

Contudo, a mamona ainda não é capaz de segurar os produtores no campo, pois a renda gerada por ela não é suficiente. Os produtores de mamona, geralmente, possuem outras atividades geradoras de renda. Isso pode se tornar um problema para a competitividade da cadeia, já que impede um maior comprometimento por parte do produtor. Para manter o produtor no campo, a renda gerada pela atividade agrícola precisa ser maior e menos arriscada. Apesar da boa produtividade, se for considerada a mão-de-obra exigida para o cultivo e a impossibilidade de cultivo de áreas maiores que sete hectares pelo mesmo produtor, ela deixa de ser atraente (Amorim, 2005).

A indústria ricinoquímica é responsável por cerca de 400 subprodutos, tais como náilon, adesivos, filtros, lubrificante de turbinas, óleos secativos, cosméticos, detergentes, tintas gráficas, fluido hidráulico, tubos plásticos, graxas, pinturas de automóveis, nas áreas de telecomunicações e biomedicina,

em próteses para a substituição da platina, cimento ósseo, fungicida e bactericida. A partir do óleo de mamona, já existem mais de 700 aplicações, por isso, a planta passou a ser conhecida como “petróleo verde” (Freire, 2001).

Em Minas Gerais, a mamona é cultivada nas regiões Norte, Mucuri e Jequitinhonha. Na região do Norte de Minas, foram zoneados 89 municípios com aptidão plena para o cultivo da mamona em regime de sequeiro (Beltrão et al., 2004).

2.3 Biodiesel: mamona e outras oleaginosas

O Brasil é um exemplo mundial no uso de biomassa para a geração de energia por conta da experiência com a implantação do Pro-Álcool, na década de 1970. Atualmente, com a promissora perspectiva de crescimento do uso do álcool e do biodiesel, nos mercados interno e externo, novos desafios produtivos e organizacionais estão sendo colocados aos agentes destes setores, à sociedade civil e ao Estado. Esses programas visam ganhos de competitividade, garantias de abastecimento ao consumidor, desenvolvimento tecnológico, sustentabilidade social e ambiental (Vian & Ribeiro, 2008).

Biodiesel é a denominação genérica dada a combustíveis e aditivos de fontes renováveis. Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação (Holanda, 2004; Lima, 2004). No Brasil, o uso de oleaginosas para a produção de biodiesel foi em 1975, período este que coincide com o início do programa Pró-Álcool (Nass et al., 2007).

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2009), a produção brasileira de biodiesel em 2008 foi de 1.164.332 m³ ano⁻¹ e os principais estados produtores foram Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás.

Quanto ao fornecimento de óleos vegetais, toda planta oleaginosa é, em potencial, um insumo para a produção de biodiesel. As principais matérias-primas são: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais. Óleos vegetais e gorduras são, basicamente, compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos (Amorim, 2005).

Algumas fontes para a extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas são: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. Embora algumas plantas nativas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. Isso levaria certo tempo, uma vez que a pesquisa agropecuária nacional pouco se desenvolveu no domínio dos ciclos botânico e agrônômico dessas espécies (Arruda et al., 2004).

A sinergia entre o complexo oleaginoso e o setor de álcool combustível traz a necessidade do aumento na produção de álcool. A produção de biodiesel consome álcool etílico, através da transesterificação por rota etílica, o que gera incremento da demanda pelo produto. Consequentemente, o projeto de biodiesel estimula também o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro, gerando novos investimentos, emprego e renda (Arruda et al., 2004).

Na Tabela 1 estão descritas algumas características das principais oleaginosas produzidas no Brasil e do pinhão-mansão.

TABELA 1 Área plantada, produção de grãos e característica de algumas oleaginosas com potencial de uso para a produção de biodiesel.

Produto	Área plantada	Produção de grãos		Teor de óleo (%)	Rendimento (t óleo/ha)
	(em 1000 ha)	(em 1000 t)			
	07/08	Safra	07/08		
Algodão	1.077,40		2.504,7	15	0,1 a 0,2
Amendoim	115,20		303,1	43 a 45	0,6 a 0,8
Dendê (palma)	50,00		170,0*	20	3 a 6
Girassol	111,30		147,1	38 a 48	0,5 a 0,9
Mamona	162,70		123,3	45 a 55	0,22 a 0,9
Pinhão-manso	-		-	50 a 52	1 a 6
Soja	21.313,10		60.017,7	18	0,2 a 0,4

*Óleo de palma

Fonte: Savy Filho (2005) e CONAB (2009)

A cultura do algodão sempre girou em torno do setor têxtil, tendo sua pluma como principal produto e as sementes como um subproduto da produção. Contudo, no processamento do algodão, aproximadamente 62,5% do peso do produto antes do processamento é caroço, o qual é muito apreciado por seu azeite comestível e pelo farelo que resulta da moagem de seu resíduo utilizado na alimentação do gado e como fertilizante (Amorim, 2005). Segundo esse autor, a utilização do algodão para a produção de biodiesel dependerá da demanda da indústria têxtil por essa fibra, já que a semente é apenas um subproduto do algodão. O biodiesel não será capaz de inverter essa situação porque a porcentagem de óleo em sua semente é muito baixa com relação às outras oleaginosas, porém, ele poderá contribuir para um maior rendimento financeiro desta cultura.

O amendoim é um produto cultivado em todo o Brasil, cujo valor de mercado, interno e externo, rende bons lucros ao produtor. É uma oleaginosa de ciclo curto e fácil cultivo, possui grande atrativo como alimento e excelentes propriedades nutricionais (Santos et al., 2006). A semente seca de amendoim contém em torno de 50% de óleo, que apresenta, em sua composição, cerca de

50%-60% de ácido oleico, 18%-30% de ácido linoleico e 6%-12% do ácido palmítico. Do ponto de vista econômico, ele possui alto custo, devido à exportação para fins alimentares. A produção de amendoim está atrelada, hoje, à cadeia produtiva de doces e confeitos. Portanto, o amendoim tem um grande potencial para utilização na fabricação de biodiesel (Amorim, 2005). Dados da CONAB (2009) indicam que, em 2008, o Brasil exportou 19.040 toneladas de óleo bruto de amendoim, o que gerou uma receita de mais de US\$ 39 milhões de dólares.

O cultivo do amendoim pode ser uma alternativa interessante no caso do nordeste, pois pode ser empregado na rotação de cultura nos canaviais, o que pode viabilizar a utilização desse óleo para produção local de biodiesel (Alleoni & Beauclair, 1995).

Resultados encontrados por Oliveira et al. (2007) indicam que o óleo de amendoim contém valores tidos como adequados para seu emprego na reação de transesterificação. O índice de acidez é um parâmetro bastante importante quando são empregados catalisadores básicos, como hidróxidos e alcóxidos. O emprego de óleos vegetais com acidez superior a 3% dificulta o processo reacional, no que tange a rendimentos e purificação do biodiesel formado, devido à ocorrência de reações de saponificação. Devido a isso, esses autores concluíram que o óleo de amendoim é uma alternativa promissora para a obtenção de biodiesel, principalmente pela rota da transesterificação catalisada por bases. As propriedades físico-químicas do biodiesel obtido são adequadas para a sua utilização em misturas com o óleo diesel.

O amendoim, por ter mais óleo que proteína, poderá voltar a ser produzido com grande vigor nessa era energética dos óleos vegetais. De fato, se desejar expandir a produção de óleos em terras homogêneas do cerrado brasileiro, essa cultura poderá ser a melhor opção, pois é uma cultura totalmente passível de mecanização, produz um farelo de excelente qualidade nutricional

para rações e para alimentos e ainda possui, em sua casca, as calorias para a produção de vapor (Holanda, 2004).

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jaquim) é uma palmeira originária da costa oriental da África (Golfo da Guiné). No Brasil, está adaptada às condições edafoclimáticas do norte e nordeste do país (Souza, 2000).

Um plantio corretamente conduzido inicia a produção ao final do terceiro ano, calculada entre 6 a 8 t de cacho ha^{-1} , atingindo a máxima produção no oitavo ano, podendo atingir 25 t de cacho ha^{-1} , a qual permanece nesse nível até o 17º ano, declinando ligeiramente até o final de sua vida útil produtiva, que ocorre por volta dos 25 anos. Dos frutos do dendezeiro podem ser extraídos dois tipos de óleo: óleo de polpa, conhecido no Brasil como azeite de dendê e o óleo de palmiste. O rendimento em óleo representa 22% do peso dos cachos para o óleo de polpa e 2% para o óleo de palmiste (Souza, 2000).

De acordo com Amorim (2005), dentre as culturas concorrentes com a mamona para produção de biodiesel, o dendê é a principal, pois apresenta a maior produtividade, que varia de 2.000 kg a 6.000 kg de óleo $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Conforme dados da FAO Statistics (2009), a produção nacional de óleo dessa palmácea, em 2007, foi de 190 mil toneladas. No que se refere à exportação, os números são insignificantes. Portanto, isso mostra que a produção nacional de óleo de dendê ainda não é suficiente para a demanda existente no mercado interno, pois necessita de um grande investimento para a formação de um excedente e para isso se faz necessário o aumento da área plantada (Amorim, 2005).

O girassol é nativo da América do Norte, podendo ser encontrado desde as planícies do noroeste do Canadá até a América do Sul (Úngaro, 2000).

A semente de girassol é definida, botanicamente, como um fruto composto por pericarpo (casca) e semente propriamente dita (polpa). Os híbridos

atualmente cultivados têm até 25% de casca e 75% ou mais de polpa (Tavares et al., 2006).

O rendimento de óleo do fruto ou semente inteira é de 48 a 52%. A qualidade dos óleos é determinada pela quantidade e pela qualidade dos ácidos graxos insaturados que os compõem. O óleo de girassol apresenta vantagem por sua capacidade de conservação por períodos prolongados, devido ao baixíssimo conteúdo de ácido linoleico (Soares et al., 2001).

O girassol é uma boa alternativa e se insere no mercado de óleos por apresentar ciclo rápido, entre 90 e 140 dias, podendo ser cultivado como safrinha (Caetano, 2006) e podendo render entre 500 a 1.900 kg de óleo ha⁻¹.

De acordo com dados da CONAB (2009), a produção brasileira na safra 2007/2008 foi de 147.100 toneladas e a exportação, da ordem de 11 mil toneladas de grãos.

Com base nesses números, verifica-se que o país praticamente supriu a demanda interna de sementes dessa oleaginosa. Porém, por se tratar de uma cultura anual, logo poderá abastecer as usinas de biodiesel num curto prazo. E ainda tem-se a vantagem de ser completamente mecanizada (Amorim, 2005).

Assim como a mamoneira, o pinhão-manso (*Jathopha curcas* L.) pertence à família Euforbiaceae. A produtividade dessa oleaginosa varia muito, em função da região de plantio, do método de cultivo e dos tratos culturais, da idade da cultura, bem como da quantidade de chuva e da fertilidade do solo (Arruda et al., 2004). No entanto, tem ótima produtividade, podendo produzir de 1 a 6 toneladas de óleo por hectare, dependendo, principalmente, da idade da planta, que começa a produzir aos 10 meses e atinge sua plenitude de produção por volta do segundo ano, podendo chegar aos 50 anos de idade produzindo. Além disso, a sua principal característica é que é uma planta nativa e de grande resistência à seca, maior até que a da mamoneira (Amorim, 2005).

O principal emprego do óleo de pinhão-manso, até a Segunda Guerra Mundial, era na saboaria e na fabricação de estearina, mas, devido às necessidades militares, outras possíveis utilizações começaram a ser estudadas. Não pode, contudo, ser utilizado como lubrificante, devido à sua baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação. Entretanto, pesquisas levaram à conclusão de que esse óleo pode também ser utilizado como combustível nos motores diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência às conseguidas com a gasolina (Arruda et al., 2004).

O cultivo da soja originou-se na região leste da China, o qual passou por evolução entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (Candeia, 2008).

A soja é uma das culturas que mais cresceram, nos últimos 32 anos, em todo o planeta, chegando a uma produção de 189,2 milhões de toneladas e por isso é considerada a rainha das leguminosas. Dispõe de uma oferta muito grande do óleo, pois quase 90% da produção de óleo no Brasil provém dessa leguminosa (Ferrari et al., 2005; Candeia, 2008).

O Brasil ocupa, desde 2004, o segundo lugar mundial na produção de soja, com produção, na safra 2007/2008, de 60.017.700 toneladas (CONAB, 2009). A Conab aponta, ainda, o cerrado como a região de maior produção de soja no Brasil, com destaque para o estado do Mato Grosso (maior estado produtor do país), seguido pelo Paraná e Rio Grande do Sul. Juntos, os três estados representam aproximadamente 70% da produção nacional.

Considerando-se o teor de óleo do grão de soja (22%), infere-se que seriam necessárias 1,76 milhão de toneladas de óleo para que o biodiesel fosse estabelecido como insumo energético para uso veicular. No entanto, nos últimos cinco anos, o estoque médio de óleo de soja no Brasil tem se mantido praticamente constante, em torno de apenas 180,4 mil toneladas. Além disso, a

disponibilidade bruta encontra-se bem próxima do nível de consumo doméstico, de modo que qualquer novo estímulo à demanda repercutiria em redução mais acentuada dos estoques (Freitas, 2004).

Atualmente, o óleo de soja representa 90% da produção brasileira de óleos vegetais. Em função disso, a soja desponta como principal cultura oleaginosa, que pode suprir a demanda por biodiesel, no curto prazo. Porém, o mercado da soja já está muito bem desenvolvido e o uso dessa oleaginosa para fins não alimentícios só será viável quando o preço do óleo de soja estiver em patamares baixos (Amorim, 2005).

Cabe lembrar que, comparativamente aos demais óleos, esse produto possui uma das mais baixas cotações. Seu preço vincula-se não só à quantidade produzida de grãos, como também às políticas macroeconômicas. Além do mais, a demanda doméstica de óleo de soja, no varejo, aumenta em períodos de recessão econômica, em detrimento dos óleos especiais (Freitas, 2004)

Assim, apesar de a produção de soja ser abundante, os atuais níveis de suprimento não a tornam apta para fornecer volume de óleo suficiente para abastecer esse novo segmento de mercado (Freitas, 2004).

2.4 Diagnose do estado nutricional de plantas

Os princípios e práticas da “análise de plantas” são o resultado de muitos anos de estudos, envolvidos por observações de sintomas de carência e morte de plantas, a identificação química dos compostos existentes nas plantas e as correlações entre as quantidades de nutrientes presentes no solo, as quantidades de nutrientes presentes na planta e a produtividade (Grassi Filho, 2008).

A diagnose visual consiste meramente em comparar o aspecto da amostra com o do padrão. Na maior parte dos casos, compara-se um órgão, geralmente a folha, dependendo do elemento, porém, a comparação pode ou

deve ser feita utilizando-se outros órgãos, da raiz ao fruto. O motivo pelo qual o sintoma é típico do elemento deve-se ao fato de que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie. Deve-se ressaltar que o sintoma visual de deficiência ou toxidez é o último passo de uma série de problemas metabólicos, irreversíveis e que, quando aparecem, as produções podem ter sido comprometidas. Pode haver situações em que o crescimento e a produção são limitados sem que a sintomatologia típica se manifeste. Trata-se, então, da chamada “fome ou toxidez oculta” e ocorre quando a carência ou excesso é mais leve (Malavolta et al., 1997).

Os sintomas de deficiência nutricionais tornam-se claramente visíveis quando uma deficiência se apresenta em um estágio agudo e a taxa de crescimento e produção é distintamente diminuída. A diagnose visual pode ser especialmente complicada no caso de plantas crescendo no campo de produção, quando mais de um nutriente mineral está em níveis inadequados ou quando a deficiência desse nutriente ocorre simultaneamente com a toxidez de outro nutriente, além da presença de pragas e doenças ou outras injúrias mecânicas (Marschner, 1995; Grassi Filho, 2008).

Para a mamoneira existem ainda muitas lacunas acerca de sua nutrição mineral e, se tratando de diagnose visual, praticamente as pesquisas são inexistentes. A ausência de um ou mais nutrientes ou a deficiência múltipla dos mesmos podem afetar de maneira severa a produção da mamoneira, diminuindo ou alterando a qualidade de seus produtos, o óleo ou o biodiesel.

Lavres Júnior et al. (2005) avaliaram o efeito da deficiência de macronutrientes no crescimento e o estado nutricional da mamoneira e concluíram que as deficiências de N, Ca, S e Mg foram as que mais restringiram a produção de matéria seca, na ordem decrescente: $N > Ca > S > Mg > K > P$. Lange et al. (2005) caracterizaram os sintomas de deficiência de micronutrientes, tendo observado que a omissão de B, Fe e Mn resultou em

sintomas característicos de deficiência e que a produção de matéria seca foi afetada na seguinte ordem: Fe > Mn > B.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biodiesel**: o biodiesel obrigatório. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

ALLEONI, L. R. F.; BEAUCLAIR, E. G. F. Cana-de-açúcar cultivada após milho e amendoim. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 3, p. 409-415, set./dez. 1995.

AMORIM, P. Q. R. **Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação**. Piracicaba: ESALQ, 2005. 95 p.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jathopha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino: revisão. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan./abr. 2004.

BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E.; GONÇALVES, N. P.; AMARAL, J. A. B.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; CARDOSO, U. Q. Oferta ambiental via zoneamento agroecológico, para a ricinocultura para a região Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/plataforma_mamona/publicacoes/trabalhos_cbm/011.PDF>. Acesso em: 10 fev. 2009.

BELTRÃO, N. E. M.; GONDIM, T. M. S. **Cultivo da mamona**. 2. ed. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2003. (EMBRAPA-CNPA. Sistemas de Produção, 4). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/CultivodaMamona_2ed/.html>. Acesso em: 10 abr. 2009.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitopatologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Lei n. 11.097**, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 10 maio 2009.

BRASIL. **Resolução ANP n.º 7**, de 19 de março de 2008. Define normas e especificações do combustível biodiesel para proteger os consumidores. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petro/legis_biodiesel.asp>. Acesso em: 2 jun. 2009.

CAETANO, M. O desafio do biodiesel. **Revista Globo Rural**, Rio de Janeiro, v. 253, p. 40-48, nov. 2006.

CANDEIA, R. A. **Biodiesel de soja**: síntese, degradação e misturas binárias. 2008. 150 p. Tese (Doutorado em Química Orgânica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira: I, experiências preliminares. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 19, p. 243-259, dez. 1958.

CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J. L. V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira III: experiências com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 12, p. 765-775, dez. 1963.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo levantamento. Brasília, 2009. 39 p.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico química e consumo gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, jan./fev. 2005.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION STATISTICS. **Countries by commodity**: castor oil seed. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 4 jun. 2009.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. de P.; LIMA, E. L. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p. 295-335.

FREITAS, S. M. Biodiesel à base de óleo de soja é a melhor alternativa para o Brasil? **Revista Brasileira de Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 86-89, jan. 2004.

FREITAS, S. M.; NACHILUK, K. Desempenho da produção brasileira de biodiesel em 2008. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-4, fev. 2009.

GRASSI FILHO, H. Diagnose foliar: princípios e aplicações. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, 2008. p. 35-60, 301 p.

HOCKING, P. J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Annals of Botany**, London, v. 49, n. 1, p. 51-62, 1982.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. 200 p.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13. ed. São Paulo: Nacional, 2002. 777 p.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C.; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 61-67, jan. 2005.

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R. M.; SILVA, M. L. S.; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 145-151, fev. 2005.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. 33 p.

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

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

MELO, É. E. C. **Fitorremediação de arsênio**: disponibilidade do metalóide no solo e seu acúmulo em girassol e mamona. 2009. 82 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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**, São Paulo, v. 14, n. 1/2, 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"**, Piracicaba, v. 31, p. 233-241, 1974.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T. Absorção e translocação de fósforo em dois cultivares de mamoneira (*Ricinus cummunis* L.) "Campinas" e "Guarani". **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 39, p. 319-335, 1982.

NASS, L. L.; PEREIRA, P. A. A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: an overview. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 47, n. 6, p. 2228-2237, Nov./Dec. 2007.

OLIVERA, D. **Estados vão discutir os programas de incentivo à mamona**. Brasília: EMBRAPA Algodão, 2004. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/jornal/estados_mamona.html>. Acesso em: 10 jun. 2009.

OLIVEIRA, L. B.; ARAÚJO, M. S. M.; ROSA, L. P.; BARATA, M.; ROVERE, E. L. Analysis of the sustainability of using wastes in the brazilian Power industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, New York, v. 12, n. 3, p. 883-890, Apr. 2008.

OLIVEIRA, L. C. F.; MEDEIROS, A. C.; MENEGHETTI, M. R.; MENEGHETTI, S. M. P. Obtenção de monoésteres metílicos (biodiesel) a partir do óleo de amendoim (*Arachis hypogea* L.) por transesterificação em presença de catalizador ácido e básico. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Química, 2007. 1 CD-ROM.

PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; LOPES, H. F. **Avaliação de níveis de adubação npk para a cultura da mamoneira**. Nova Porteirinha: EPAMIG, 2005. Disponível em: <http://www.pronaf.gov.br/biodiesel/documentos/programa_de_pesquisa%20.doc>. Acesso em: 2 jun. 2009.

PAULO, E. M.; BATAGLIA, O. C.; KASAI, F. S.; CAVICHIOLI, J. C. Deficiência de boro em mamona. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 241-247, abr. 1989.

ROCHA, J. L.V.; CONECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira: V., adubação com vários fosfatos em solo de arenito Botucatu. **Bragantia**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 291-297, jul. 1964.

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 Queiroz"**, Piracicaba, v. 28, p. 31-67, 1971.

SANTOS, R. C.; GONDIM, T. M. S. G.; FREIRE, R. M. M. **Cultivo do amendoim**. Brasília: EMBRAPA Algodão, 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/CultivoDoAmendoim/mercado.html>>. Acesso em: 14 jul. 2009.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SILVA, D. H. **Boro em mamoneira**: aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à deficiência e toxicidade. Piracicaba: ESALQ, 2007. 103 p.

SOARES, J. J.; ARAÚJO, L. H. A.; BATISTA, F. A. S. **Mamona**. Campina Grande: EMBRAPA, 2001. 504 p.

SOUZA, E. C. A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 327-333, 1997.

SOUZA, J. **Dendê**. Brasília: CEPLAC, 2000. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/dende.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2009.

SOUZA, L. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona**. Lavras: UFLA, 2007. 53 p.

TAVARES, M. L. A.; CONCEIÇÃO, M. M.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Cinética do biodiesel de girassol e das misturas B5, B10, B15, B20, B25 e B50. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2006. p. 196-200.

ÚNGARO, M. R. G. **Cultura do girassol**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 36 p. (Boletim Técnico, 188).

VIAN, C. E. F.; RIBEIRO, F. A. Bioenergia uma análise comparada entre as políticas para o etano e o biodiesel e de suas perspectivas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/906.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2009.

CAPÍTULO 2

Caracterização de Sintomas Visuais de Deficiências Nutricionais em Mamoneira Sob Omissão de Nutrientes

RESUMO

Na busca pela sustentabilidade das atividades humanas, a agricultura vem se tornando o início e o fim de inúmeros processos energéticos, dentre os quais se destaca o biodiesel. Como meio de reduzir a emissão de poluentes derivados de combustíveis fósseis e atender, assim, às exigências do Protocolo de Quioto, ocorre, atualmente, a demanda por pesquisas com plantas potencialmente produtoras de óleo, entre as quais se destaca a mamoneira. Este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais de deficiência nutricional simples e múltiplas em mamoneira cv. Guarani. O experimento foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da UFLA. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com doze tratamentos, sendo representados por: solução completa de Hoagland & Arnon (1950), soluções nutritivas com omissão de Ca, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de B, omissão de Zn, omissão de Ca e B, omissão de Fe e B, omissão de Fe e Zn, omissão de Mn e B, omissão de Mn e Zn e omissão de B e Zn e quatro repetições, em solução nutritiva. À medida que ocorriam as manifestações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais, todas as alterações nas folhas, caule e raízes, que distinguiam as plantas sob omissão de nutrientes daquelas cultivadas em solução completa, eram fotografadas e anotadas. Dessa forma, foi possível acompanhar a evolução dos sintomas visuais de deficiências durante o período experimental. Os sintomas visuais de deficiências nutricionais para a mamoneira cv. Guarani foram, de certa forma, semelhantes aos descritos na literatura, para a cv. Íris. A omissão dos nutrientes, de forma isolada ou em combinações, na solução nutritiva, causou alterações morfológicas traduzidas em sintomas visuais de deficiência. Na mamoneira, há dominância dos sintomas de deficiência de B, quando associado à omissão de outro nutriente. Todavia, quando esse nutriente é omitido em conjunto com o Ca, plantas sob omissão desse último têm clorose de maior intensidade. Sob omissão de Zn, as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência, porém, quando em omissões múltiplas, as intensidades dos sintomas aumentaram e/ou o porte das plantas foi reduzido. Nesses casos, foram observados sintomas de deficiência, sendo estes característicos da omissão de Zn.

ABSTRACT

The characterized visual symptom in castor bean cv. Guarani was studied in an experiment carried out at Soil Science Department at Federal University of Lavras. The experimental design was randomized blocks with 12 treatments: Solution complete (Hoagland & Arnon, 1950), culture solutions with omission of Ca, omission of Fe, omission of Mn, omission of B, omission of Zn, multiple omission of Ca and B, multiple omissions of Fe and B, multiple omissions of Fe and Zn, multiple omissions of Mn and B, multiple omissions of Mn and Zn and multiple omissions of B and Zn and four replicates in solution with simple and multiple nutrients omissions. When the visual symptoms appeared all leaves, stem and roots alterations were photographed and described. So it was possible to observe the evolution of the visual deficiencies symptoms during the experimental period. Nutrients omission in isolated way or in combinations in culture solution caused morphologic alterations translated in visual deficiency symptoms. In castor bean plants, the B deficiency symptom is dominant and when this nutrient is omitted together with Ca, this one shows a closure of larger intensity. Under simple omission of Zn the plants didn't present visual symptoms of deficiency, however when in double omissions the intensities of the symptoms increased and/or the growth of the plants was reduced. In those cases deficiency symptoms were observed, being those characteristic symptoms of the omission of Zn.

1 INTRODUÇÃO

A mamona é uma cultura produzida tradicionalmente em pequenas e médias propriedades, com importante valor social como geradora de empregos e renda no campo. Na área industrial são inúmeras as possibilidades de aplicações e também perspectivas de utilização como fonte energética, contribuindo para a geração de renda e emprego no meio urbano (Carvalho, 1997; Freire, 2001). O governo brasileiro tornou-se um dos maiores divulgadores e promotores dessa cultura, ao sinalizar que essa deve ser a principal oleaginosa, no ainda tímido, processo de substituição do diesel brasileiro.

As plantas cujas sementes se extraem óleo com destino econômico tais como o amendoim (*Arachis hypogaeae* L.), o gergelim (*Sesamum indicum* L.), e a mamona (*Ricinus communis* L.) são utilizadas na alimentação humana e animal. Essas plantas são estudadas como matéria-prima para a produção de energia, via biodiesel, um dos principais componentes da biomassa, ou seja, fonte de energia, denominado de “transição” entre o petróleo, que está em vias de ser extinto nos próximos 30 a 40 anos, altamente poluidor, responsável por quase totalidade do efeito estufa no mundo (Parente, 2003). No Brasil, porém, as opções para produzir biodiesel a partir de óleos vegetais são inúmeras, pois existem mais de 150 espécies de oleaginosas que podem ser utilizadas para a produção de energia (Beltrão et al., 2006).

O estado nutricional das plantas pode ser determinado por meio de procedimentos indiretos e diretos. Os indiretos são aqueles em que a concentração de determinado nutriente na planta é estimada por meio de uma característica cujos valores sejam correlacionados com as concentrações dos nutrientes nas plantas. Por sua vez, os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes e, ou reais são determinadas nas plantas (Fontes, 2001). A diagnose do estado nutricional pela análise visual, determinado por

meio direto, consiste meramente em comparar o aspecto da amostra com o do padrão (Malavolta et al., 1997; Fontes, 2001).

Entretanto, é de conhecimento geral que algumas espécies demonstram sintomas de deficiências nutricionais com algumas peculiaridades, às vezes não sendo uma regra um sintoma descrito para a maioria das plantas (Marschner, 1995). Para usar o diagnóstico pelo método visual, é preciso garantir que o problema no campo seja causado pela deficiência ou pelo excesso de nutrientes, pois a incidência de pragas e doenças, entre outros, pode “mascarar” pelo fato de gerar sintomas parecidos com o nutricional. Assim, nos casos de desordem nutricional, os sintomas normalmente apresentam as características de dispersão, simetria e gradiente (Prado, 2008)

Este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais de deficiências simples e múltiplas em mamoneira cv. Guarani, em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, localizada, geograficamente, nas coordenadas 21°14' de latitude sul, 45°00' de longitude oeste e altitude de 918 m.

Foi realizada a desinfestação das sementes por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por 5 minutos. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 72 células, onde permaneceram até o início da fase experimental, que se deu 45 dias após o semeio. O substrato utilizado foi vermiculita umedecida com solução de sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 10^{-4} M.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com doze tratamentos, representados na Tabela 1 e quatro repetições.

TABELA 1 Soluções nutritivas com omissão simples e múltipla de nutrientes aos quais as plantas de mamoneira cv. Guarani foram submetidas.

Solução completa (Hoagland & Arnon, 1950)	Omissão de B (-B)	Omissão de Fe e Zn (-FeZn)
Omissão de Ca (-Ca)	Omissão de Zn (-Zn)	Omissão de Mn e B (-MnB)
Omissão de Fe (-Fe)	Omissão de Ca e B (-CaB)	Omissão de Mn e Zn (-MnZn)
Omissão de Mn (-Mn)	Omissão de Fe e B (-FeB)	Omissão de B e Zn (-BZn).

As mudas foram transferidas para uma bandeja plástica, com capacidade de 24 litros, contendo solução de Hoagland & Arnon (1950) completa com aeração constante, nas concentrações de 25%, 40% e 100% da sua força iônica, as quais ficaram um período de 15 dias em cada concentração. Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em recipientes plásticos, pintados com tinta prata para proteção contra a luz e também para evitar altas temperaturas, com capacidade de três litros, mantidas com aeração constante. Foram utilizadas placas de isopor de 15 cm de diâmetro e 4 cm de espessura, como suporte para as plantas.

As soluções eram trocadas quinzenalmente, durante o período experimental.

No preparo de todas as soluções estoques dos nutrientes, empregaram-se reagentes puros para análise (P. A.). As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

À medida que ocorriam as manifestações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais, todas as alterações nas folhas, caule e raízes, que distinguiam as plantas sob omissão de nutrientes das plantas cultivadas em solução completa, eram fotografadas e anotadas. Dessa forma, foi possível acompanhar a evolução dos sintomas visuais de deficiências durante o período experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Deficiência de cálcio

Verificou-se que plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de Ca inicialmente apresentaram crescimento retardado, quando comparadas às plantas do tratamento completo (Figura 1A).

Os sintomas visuais de deficiência de Ca foram caracterizados por uma clorose nas margens e entre as nervuras das folhas mais jovens (Figura 1B). As folhas sintomáticas aparentemente apresentavam o limbo foliar mais fino. Com o avanço da deficiência, a clorose progrediu para manchas necróticas localizadas nos lóbulos e nas margens das folhas (Figura 1C) e, com o passar do tempo, apresentaram-se enrugadas. Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2004), quando estudaram a deficiência de Ca e Mg sobre o crescimento e a produção dessa cultura, para a cv. BRS Paraguaçu.

As raízes das plantas sob omissão de Ca apresentaram necroses dos ápices, coloração acinzentada e menor volume (Figura 1D). Epstein & Bloom (2004) mencionam que os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo, e mais severamente, em regiões meristemáticas e folhas jovens. Como o nutriente não é redistribuído, os pontos de crescimento são danificados ou mortos. Assim, o crescimento das raízes é severamente afetado. A carência de Ca afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, causando o aparecimento de núcleos poliploides, células binucleadas, núcleos constrictos e divisões amitóticas, causando seu escurecimento e posterior morte da raiz, levando a uma paralisação do crescimento da planta (Malavolta et al., 1997).

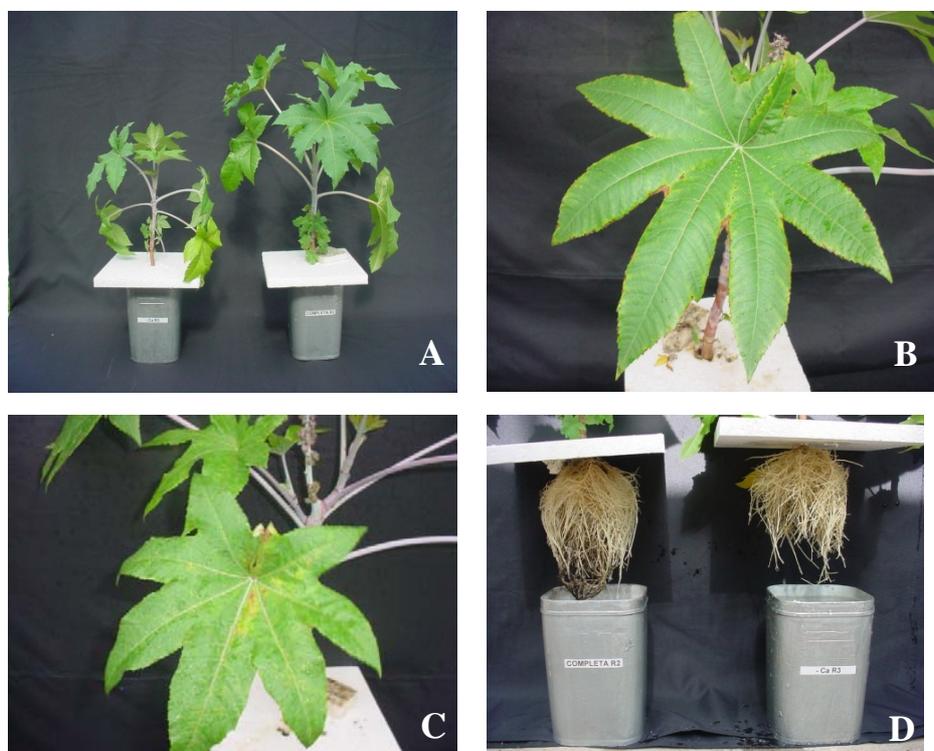


FIGURA 1 Sintomas visuais de deficiência de Ca em mamoneira: aspecto geral da planta sob deficiência (esquerda) comparada com a planta do tratamento completo (direita) (A), sintomas iniciais de deficiência (B), detalhe da necrose das folhas no centro do limbo (C) e aspecto do sistema radicular de plantas sob omissão de Ca tratamento sob omissão (direita) comparada com o tratamento completo (esquerda) (D).

3.2 Deficiência de ferro

Sob condições controladas como as que ocorreram nesse ensaio, as plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de Fe apresentaram crescimento semelhante ao de plantas do tratamento completo (Figura 2A). Esse resultado foi diferente do obtido por Lange et al. (2005), em que plantas de

mamoneira cv. Íris apresentaram crescimento reduzido no tratamento sob omissão de Fe.

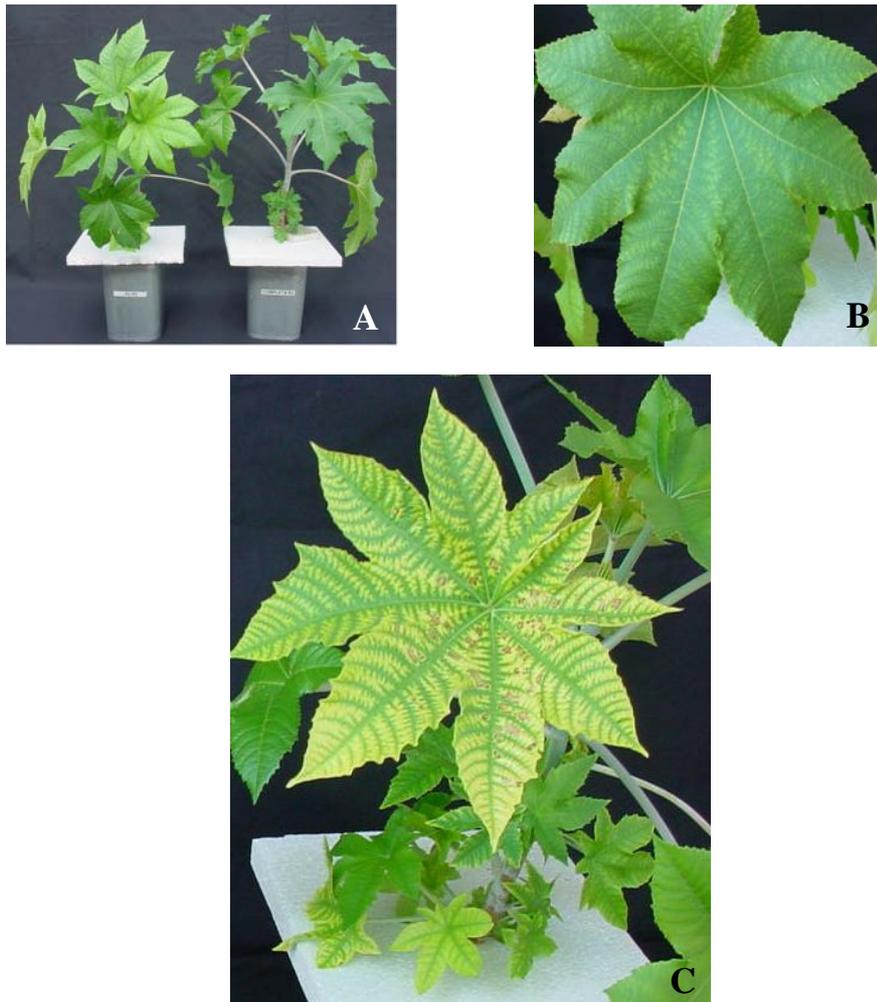


FIGURA 2 Sintomas visuais de deficiência de Fe em mamoneira: planta sob deficiência (esquerda) comparada com a planta do tratamento completo (direita) (A), início de clorose internerval com aparecimento do reticulado fino (B), maior intensidade dos sintomas da deficiência nas folhas evoluindo para necrose entre os lóbulos da folha (C).

O sintoma visual de deficiência de Fe na folha foi de uma rede fina das nervuras sobre um fundo amarelo-claro (Figura 2B). Com a intensificação da clorose, as manchas evoluíram para necroses entre os lóbulos das folhas, provocando, em alguns casos, a queda prematura das folhas (Figura 2C), resultado esse semelhante ao encontrado por Lange et al. (2005). Segundo Malavolta et al. (1997), a clorose ocorre, provavelmente, devido à baixa produção de clorofila.

O sistema radicular das plantas sob omissão de Fe apresentou coloração mais clara e, aparentemente, foi similar ao sistema radicular das plantas do tratamento completo. Segundo Romheld & Marschner (1981), a deficiência de Fe está associada a inibição da elongação radicular, aumentos do diâmetro das zonas apicais das raízes, formação abundante de raízes laterais e cor amarelada devido ao acúmulo de riboflavina, sendo essa uma estratégia para translocar Fe das raízes para a parte aérea.

3.3 Deficiência de manganês

Inicialmente, os efeitos observados na ausência de Mn em plantas cultivadas em solução nutritiva foram caracterizados pela redução do crescimento, na comparação com o tratamento completo (Figura 3A). As plantas apresentaram cloroses internervais com aparecimento do reticulado grosso (Figura 3B). Rosolem & Ferelli (2000) observaram sintomas semelhantes em plantas de algodão. As folhas apresentaram também um aspecto encarquilhado e com brilho intenso (Figura 3C). Com o avanço da carência, as áreas cloróticas aumentaram. Além da clorose, as plantas apresentaram morte precoce das folhas mais novas e morte da gema apical (Figura 3D). Romheld (2001) relata que os sintomas de clorose podem ser causados por um distúrbio na estrutura do cloroplasto, como consequência da inibição na síntese de lipídeos. Foi

observado, nesse tratamento, que, na base do caule, houve emissão de raízes (Figura 3E).

O Mn está ligado à formação da clorofila e a maior parte do nutriente encontra-se nos cloroplastos, participando de processos de transporte eletrônico na fase luminosa da fotossíntese (Mengel & Kirkby, 1987; Marschner, 1995) e, sob omissão do mesmo, a estrutura dos cloroplastos é alterada (Malavolta et al., 1997).

Devido à variedade de processos metabólicos envolvendo o Mn, é difícil definir as relações entre deficiência, efeitos fisiológicos e sintomas. Entretanto, assume-se que a clorose associada à deficiência desse nutriente é uma consequência de deficiência de energia. A diminuição da síntese e aceleradas quebras de proteínas e clorofila levam ao acúmulo de compostos nitrogenados de baixo peso molecular que culminam, finalmente, em necroses (Bergmann, 1992).

As raízes das plantas sob omissão de Mn se apresentaram, aparentemente, mais grossas que as do tratamento completo (Figura 3F).

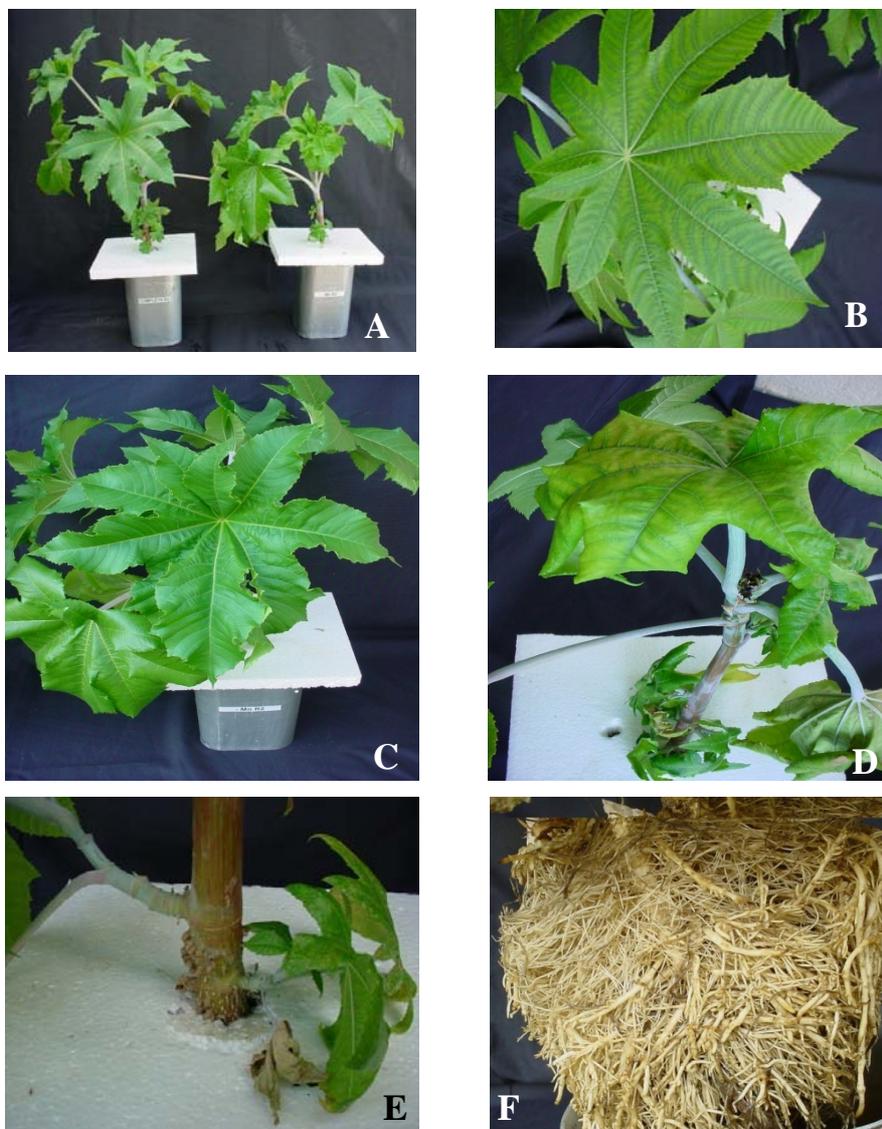


FIGURA 3 Sintomas visuais de deficiência de Mn em mamoneira: planta sob deficiência (direita) comparada com o tratamento completo (esquerda) (A); início da clorose internerval com aparecimento do reticulado grosso (B); detalhe das folhas “enrugadas” da planta no tratamento sob omissão (C); detalhe das cloroses no limbo foliar e morte da gema apical (D); detalhe da emissão excessiva de raízes nas plantas sob omissão de Mn (E) e detalhe das raízes aparentemente mais grossas que o tratamento completo (F).

3.4 Deficiência de boro

Observou-se que, sob deficiência de B, as plantas apresentaram diminuição do crescimento, bem como os pecíolos das folhas (Figura 4A). As plantas apresentaram, inicialmente, folhas novas mais espessas e com as margens necrosadas. Com a evolução dos sintomas, as folhas novas se encarquilharam e se curvaram para baixo (Figura 4B). Resultados semelhantes também foram observados por Lange et al. (2005), para a mamoneira cv. Íris e por Salvador et al. (1999), para mudas de goiabeira.

A deficiência de B causou perda da dominância apical em razão de sua morte (Figura 4C). Segundo Mengel & Kirkby (1987), a deficiência de B surge, primeiramente, com um crescimento anormal ou retardado de pontos em crescimento. Devido à sua relativa imobilidade nos tecidos, a sua deficiência tem como característica comum os distúrbios do crescimento dos tecidos meristemáticos. Malavolta (2006) menciona que, sob omissão de B, as dificuldades de divisão e diferenciação celulares são a primeira indicação da carência, resultante da necessidade do nutriente para a síntese das bases nitrogenadas.

A base do caule das plantas apresentou superbrotamento. Tal fato também foi relatado por Paulo et al. (1989), em plantas de mamona cv. IAC 80. Os autores relatam que os sintomas foram enrugamento das folhas, necrose dos ápices de racemos primários, redução no número de frutos e necrose no caule. Furlani et al. (2001) descrevem que deformações e necroses desta natureza podem ser decorrentes da ação de radicais que são acumulados sob condições de deficiência de B, que danificam as membranas que são de natureza lipídica.

Na Figura 4D se observa que o sistema radicular das plantas sob omissão de B era menos denso, porém, aparentemente, as raízes eram mais grossas, apresentando escurecimento com necroses nas suas extremidades. De

acordo com Marschner (1995), a deficiência de B impede o alongamento de raízes, tornando-as mais grossas e curtas.

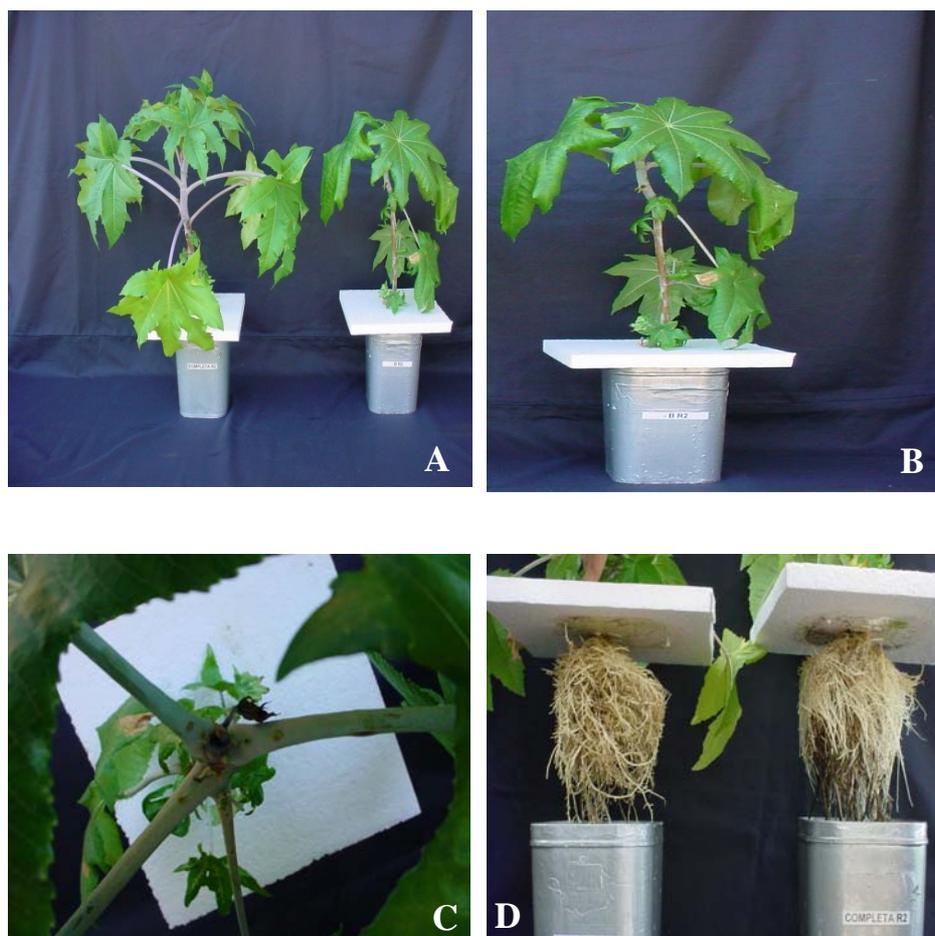


FIGURA 4 Sintomas visuais de deficiência de B em mamoneira: planta sob deficiência (direita) comparada com o tratamento completo (esquerda) (A); detalhe da planta com as folhas voltadas para baixo (B); morte da gema apical no tratamento sob omissão (C) e detalhe das raízes aparentemente mais grossas que o tratamento completo (D).

3.5 Deficiência de zinco

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de Zn tiveram o crescimento, em altura, semelhante ao das plantas do tratamento completo (Figura 5A). Não foram observadas manifestações morfológicas típicas da carência desse nutriente, tal como relatado por Lange et al. (2005) para a cv. Íris. Provavelmente, isso se deu devido à reserva de Zn nas sementes e ao período de adaptação das plantas. Segundo Hocking (1982), plantas cultivadas em solos de baixa fertilidade conseguem redistribuir esses nutrientes durante o seu ciclo.

As maiores relações entre raiz/parte aérea foram verificadas nos tratamentos com omissão desse nutriente, em que a ausência de Zn provocou menor produção de parte aérea, mesmo com um maior sistema radicular.



FIGURA 5 Sintomas visuais de deficiência de Zn em mamoneira: da planta sob deficiência (direita) comparada com o tratamento completo (esquerda) (A)

3.6 Deficiência de cálcio e boro

Neste ensaio, observou-se que plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão múltipla de Ca e B, inicialmente, apresentaram sintomas visuais típicos da carência de B. As plantas apresentaram crescimento retardado, quando comparadas às do tratamento completo (Figura 6A) e várias alterações morfológicas nas folhas. Inicialmente, as folhas mais jovens eram mal formadas e, com o avanço da carência, apresentavam necroses localizadas nas margens das folhas mais jovens (Figura 6B).

As alterações provocadas pela deficiência de Ca foram registradas como clorose nas margens das folhas mais novas que, posteriormente, evoluíram para necrose e as folhas se curvaram para baixo (Figura 6C).

As extremidades das raízes apresentaram necroses, causando interrupção do crescimento radicular. As raízes tornaram-se mais grossas, emitindo várias raízes laterais, igualmente grossas e com um volume total menor, na comparação com o tratamento completo (Figura 6D).

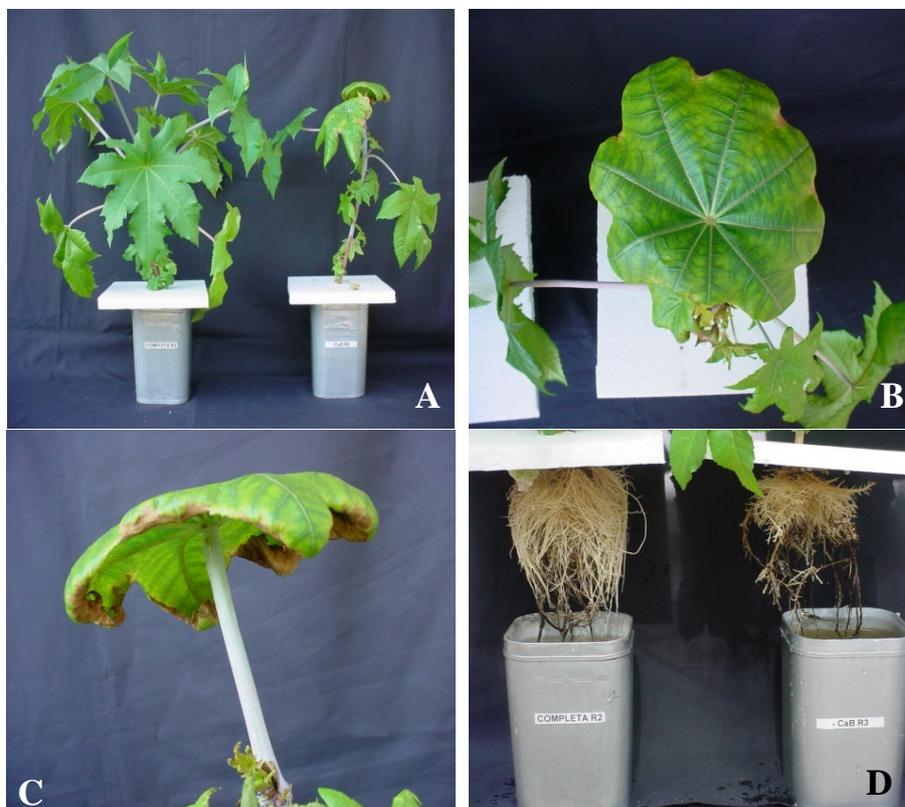


FIGURA 6 Sintomas visuais de deficiência de Ca e B em mamoneira: planta tratamento sob omissão de Ca e B (direita) comparado com o tratamento completo (esquerda) (A); sintomas de deficiência visualizados de cima (B); aspecto da folha sob sintoma de Ca e B vista lateral com bordos das folhas voltados para baixo (C) e detalhe das raízes menos volumosas e mais necrosadas (direita) comparadas com o tratamento completo (esquerda) (D).

3.7 Deficiência de ferro e boro

Em condições de casa de vegetação, as plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão múltipla de Fe e B, inicialmente, apresentaram sintomas

visuais típicos da carência de Fe e o crescimento, em altura, não se diferenciou do tratamento completo (Figura 7A e 7B).

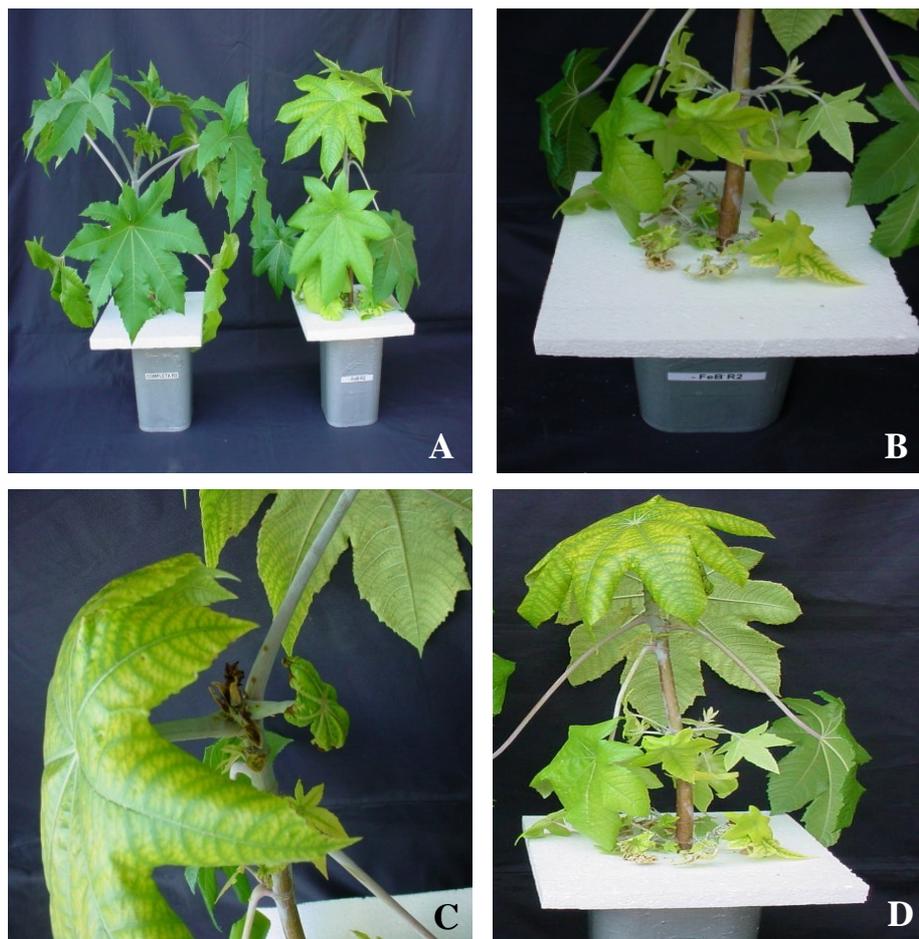


FIGURA 7 Sintomas visuais de deficiência de Fe e B em mamoneira: planta tratamento sob omissão (direita) comparado com o tratamento completo (esquerda) (A); sintomas de deficiência visualizados e superbrotamento do caule (B); detalhe da morte de gema apical (C) e aspecto da folha sob sintoma de Fe e B e ângulo dos pecíolos (voltados para baixo) (D).

As alterações provocadas pela deficiência de B foram deformações foliares e morte da gema apical e as margens das folhas menos serrilhadas (Figura 7C).

As plantas apresentaram folhas com um ângulo de inserção maior em relação ao caule, conferindo, assim, um aspecto de murcha. Na base do caule das plantas, foi observado um superbrotamento. Esses sintomas foram relatados também para a omissão de B, porém, sob omissão dos dois nutrientes, o ângulo verificado, aparentemente, apresentou-se maior (Figura 7D).

As raízes se apresentaram menos densas e um pouco mais grossas, quando comparadas às do tratamento completo, assim como foi descrito para o tratamento sob omissão de B.

3.8 Deficiência de ferro e zinco

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão múltipla de Fe e Zn apresentaram apenas os sintomas de deficiência de Fe. Contudo, tiveram o crescimento reduzido quando comparadas às do tratamento completo (Figura 8A).

As plantas sob omissão desses nutrientes apresentaram folhas com um aspecto mais fino e com brilho mais intenso (Figura 8B). As folhas mais novas surgiam com uma clorose internerval intensa (Figura 8C). Na base do caule foi observado um superbrotamento (Figura 8D).

Assim como descrito para plantas sob omissão de Fe, as raízes apresentaram coloração mais clara que as dos demais tratamentos, porém, aparentemente, não diferenciaram do tratamento completo em relação à densidade.

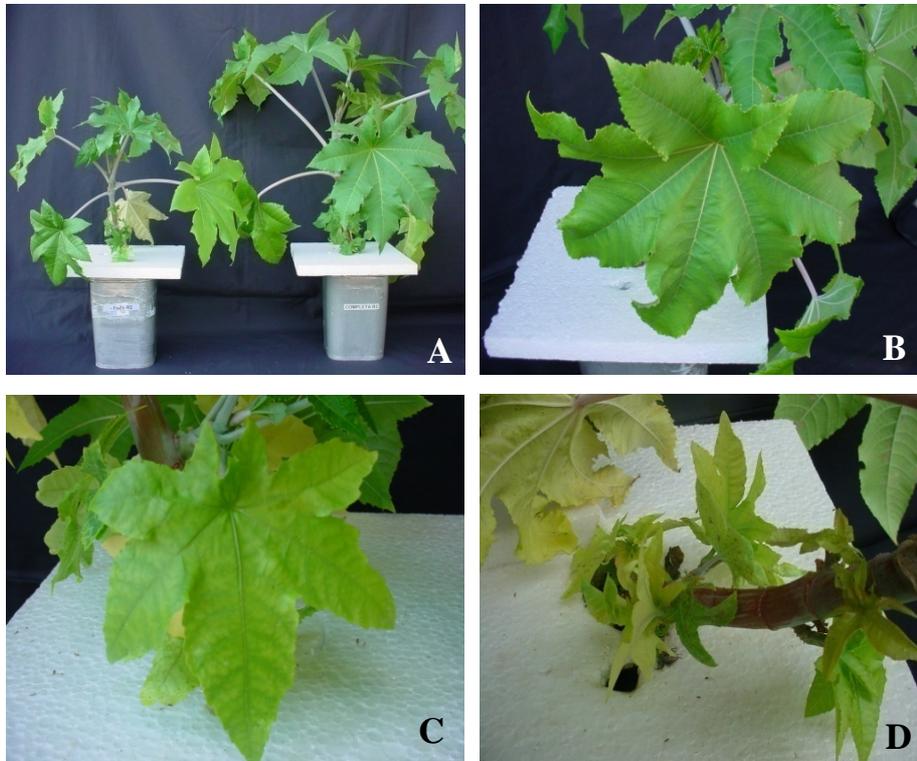


FIGURA 8 Sintomas visuais de deficiência de Fe e Zn em mamoneira: planta tratamento sob omissão (esquerda) comparado com o tratamento completo (direita) (A); detalhe do início do aparecimento dos sintomas da omissão: folha com brilho intenso (B); sintomas de deficiência visualizados em folhas mais novas (C) e superbrotamento do caule (D).

3.9 Deficiência de manganês e boro

Os efeitos da carência desses nutrientes em plantas de mamoneira foram, inicialmente, sintomas típicos da carência de B. As plantas tiveram o crescimento retardado (Figura 9A) e com alterações nas folhas mais novas que, aparentemente, se apresentaram mais rígidas e enrugadas, além de se mostrarem encurvadas para cima (Figura 9B).

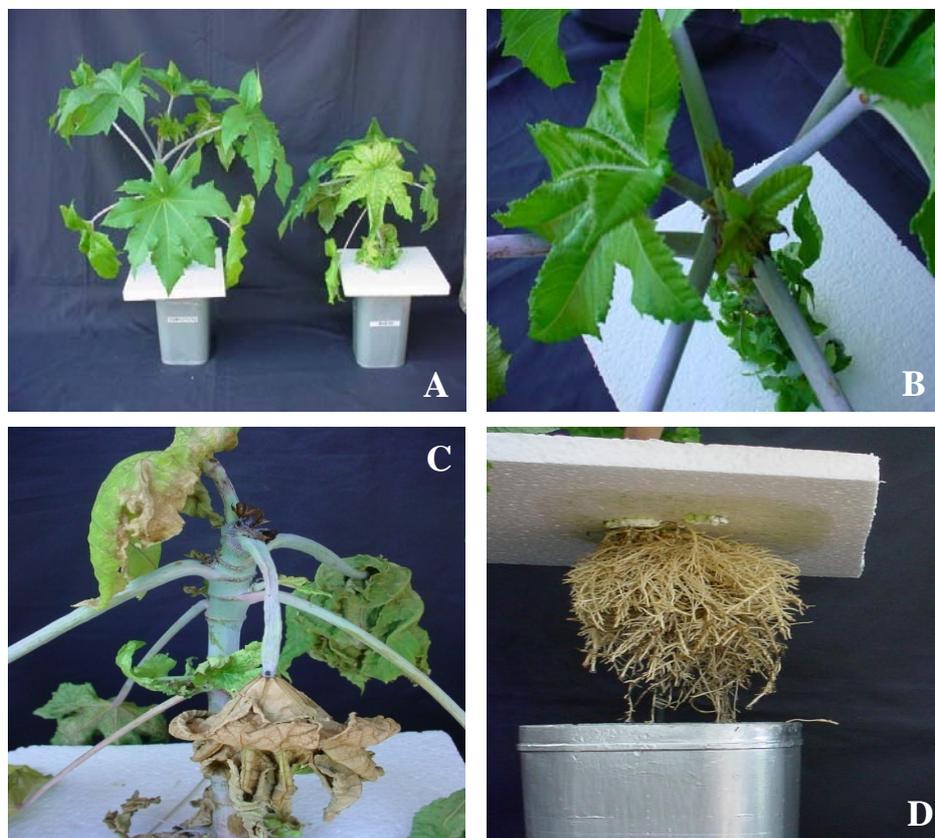


FIGURA 9 Sintomas visuais de deficiência de Mn e B em mamoneira: planta tratamento sob omissão (direita) comparado com o tratamento completo (esquerda) (A); sintomas de deficiência visualizados no tratamento sob omissão: início da morte de gema apical e folhas novas aparentemente mais grossas e enrugadas (B) e planta sob sintoma: morte precoce (C); detalhe das raízes aparentemente mais grossas e com volume menor (D).

As alterações provocadas pela deficiência de Mn foram caracterizadas como clorose internerval intensa das folhas mais novas. Com a evolução da clorose, essas manchas se tornaram necróticas, causando a morte precoce das folhas (Figura 9C).

As raízes mostraram-se mais escuras e mais grossas quando comparadas às do tratamento completo (Figura 9D).

3.10 Deficiência de manganês e zinco

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão múltipla de Mn e Zn, inicialmente, apresentaram sintomas visuais da carência de Mn. As plantas apresentaram o porte reduzido quando comparadas às do tratamento completo (Figura 10A). As folhas apresentaram clorose entre os lóbulos, perda do brilho e enrugadas (Figura 10B), ocorrendo também a morte da gema apical.

Foram observadas necroses ao longo da nervura central das folhas que caracterizaram a deficiência de Mn. Inicialmente, essas necroses eram manchas ao longo das nervuras (Figura 10C).

As raízes apresentaram coloração escura e também se apresentaram mais grossas, emitindo várias raízes laterais, igualmente grossas. Com isso, a densidade não se diferenciou da observada no tratamento completo (Figura 10D).

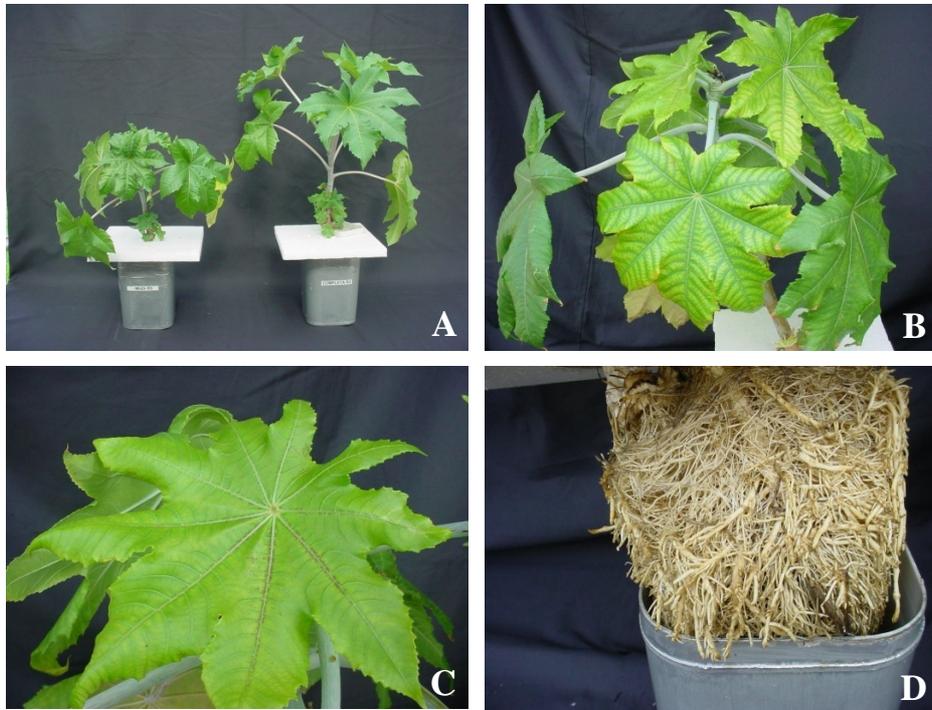


FIGURA 10 Sintomas visuais de deficiência de Mn e Zn em mamoneira: planta do tratamento sob omissão (esquerda) comparado com o tratamento completo (direita) (A); sintomas de deficiência visualizados no tratamento sob omissão: morte de gema apical e folhas novas aparentemente mais grossas e enrugadas (B); aspecto da folha sob deficiência: manchas ao longo da nervura central (C) e detalhe das raízes aparentemente mais grossas e com coloração escura (D).

3.11 Deficiência de boro e zinco

As primeiras manifestações morfológicas decorrentes da carência desses nutrientes nas plantas foram, tipicamente, os sintomas de Zn. Isso porque essas plantas tiveram seu porte reduzido, devido aos internódios mais curtos, quando comparadas às do tratamento completo (Figura 11A) e, posteriormente, morte de

gema apical. Infere-se que isso seja devido à ausência de B, visto que a carência desse nutriente tem como manifestação típica a morte dos meristemas (Figura 11B).

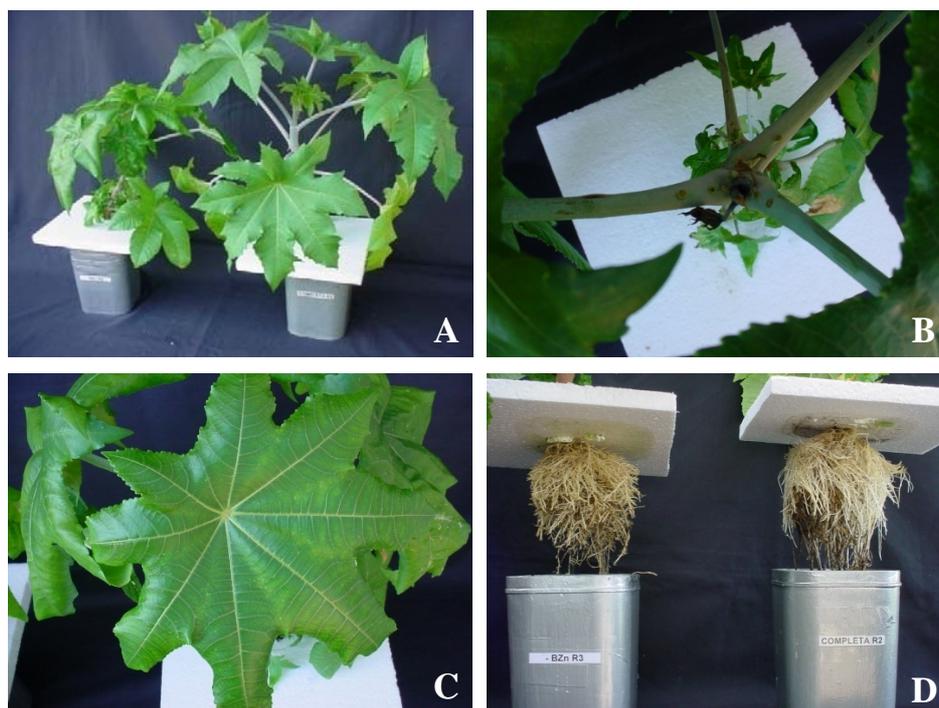


FIGURA 11 Sintomas visuais de deficiência de B e Zn em mamoneira: planta do tratamento sob omissão (esquerda) comparado com o tratamento completo (direita) (A); sintomas de deficiência no tratamento sob omissão: morte de gema apical (B) e folhas novas aparentemente enrugadas e encurvadas para baixo com clorose entre os lóbulos das folhas (C) e raízes aparentemente mais grossas, coloração escura e volume menor (D).

As folhas mais velhas se apresentaram mais espessas que as folhas mais jovens. As folhas mais novas apresentaram-se com início de clorose entre os lóbulos e estes, encurvados para baixo, como se observa na Figura 11C. Por meio da mesma Figura, verifica-se também que as nervuras secundárias se encontram mais salientes e saltadas, o que caracteriza um sintoma típico da deficiência de Zn.

As raízes se apresentaram mais grossas e as laterais emitidas se apresentaram igualmente grossas, porém com um volume menor (Figura 11D).

4 CONCLUSÕES

Os sintomas visuais de deficiências nutricionais para a mamoneira cv. Guarani foram, de certa forma, semelhantes aos descritos na literatura para a cv. Íris.

A omissão dos nutrientes, de forma isolada ou em combinações na solução nutritiva, causou alterações morfológicas traduzidas em sintomas visuais de deficiência.

Em mamoneira, há dominância dos sintomas de deficiência de B quando associado à omissão de outro nutriente. Todavia, quando o B é omitido em conjunto com o Ca, este último provoca clorose de maior intensidade.

Sob omissão de Zn, as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência, porém, quando em omissões múltiplas, as intensidades dos sintomas aumentaram e/ou o porte das plantas foi reduzido. Nesses casos, foram observados sintomas de deficiência, os quais são característicos da omissão de Zn.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRÃO, E. M. M.; VALE, L. S.; ARAÚJO FILHO, J. O. T.; COSTA, S. G. **Consórcio mamona + amendoim**: opção para a agricultura familiar. Campina Grande: EMBRAPA, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 104).

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

CARVALHO, I. O. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Manual técnico das culturas**. 2. ed. Campinas: CATI, 1997. p. 349-368.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauear Associates, 2004. 403 p.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. de P.; LIMA, E. L. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p. 295-335.

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**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, jul./ago. 2001.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347).

HOCKING, P. J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Annals of Botany**, London, v. 49, n. 1, p. 51-62, 1982.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C.; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 61-67, jan. 2005.

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 das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

PARENTE, E. S. **Biodiesel, uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: TECBIO, 2003. 68 p.

PAULO, E. M.; BATAGLIA, O. C.; KASAI, F. S.; CAVICHIOLI, J. C. Deficiência de boro em mamona. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 241-247, abr./jun. 1989.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407 p.

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.

ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 53, n. 4, p. 354-360, June 1981.

ROSOLEM, C. A.; FERELLI, L. Resposta diferencial de cultivares de algodão ao manganês em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 355-361, mar./abr. 2000.

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**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1655-1662, set. 1999.

SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. **Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.):** descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

CAPÍTULO 3

Deficiências Nutricionais em Mamoneira: Parâmetros de Crescimento, Teor e Acúmulo de Nutrientes

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos das omissões simples e múltiplas de nutrientes no crescimento e nos teores e acúmulos dos nutrientes nas folhas e caule da mamoneira cv. Guarani. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com doze tratamentos, representados por: solução completa (Hoagland & Arnon, 1950), soluções nutritivas com omissão de Ca, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de B, omissão de Zn, omissão de Ca e B, omissão de Fe e B, omissão de Fe e Zn, omissão de Mn e B, omissão de Mn e Zn e omissão de B e Zn e quatro repetições em solução nutritiva. Ao fim do período experimental, as plantas foram colhidas e divididas em folhas + pecíolos, caule e raízes. O material vegetal resultante foi pesado, para a obtenção dos pesos de matéria seca. Depois, foi moído em moinho tipo Wiley, para a determinação de macronutrientes e micronutrientes. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente. A omissão de nutrientes, tanto de forma simples quanto múltiplas, afetou a produção de matéria seca de parte aérea, caule e raiz. A ordem crescente de limitação dos tratamentos para matéria seca de folhas + pecíolo foi: CaB > FeB > BMn > BZn > B > MnZn > Zn > Ca > FeZn > Mn > Fe. Para matéria seca de caule, encontrou-se a seguinte ordem: CaB > BMn > B > FeB > BZn > MnZn > Mn > Ca > FeZn > Zn > Fe. Nas raízes, a ordem de limitação encontrada foi CaB > BMn > BZn > FeB > B > Ca > Mn > FeZn > MnZn > Zn > Fe. O nutriente cuja omissão mais afetou a produção de matéria seca das plantas foi o B, tanto em omissão simples como em múltiplas desse nutriente. Os nutrientes cujas omissões mais afetou a relação raiz/parte aérea foram Zn e Mn, sendo elas simples ou múltiplas, tendo como exceções os tratamentos -BZn e -BMn. Os teores médios encontrados nas folhas do tratamento completo foram: N= 20,53 g kg⁻¹; P= 67,46 g kg⁻¹; K= 1,94 g kg⁻¹; Ca= 2,32 g kg⁻¹; Mg= 0,44 g kg⁻¹; S= 21,55 g kg⁻¹; B= 26,71 mg kg⁻¹; Cu= 7,64 mg kg⁻¹; Fe= 232,20 mg kg⁻¹; Mn= 114,87 mg kg⁻¹ e Zn= 14,71 mg kg⁻¹. Para o caule do tratamento completo, os teores médios foram: N= 11,55 g kg⁻¹; P= 56,55 g kg⁻¹; K= 1,14 g kg⁻¹; Ca= 24,70 g kg⁻¹; Mg= 3,05 g kg⁻¹; S= 28,95 g kg⁻¹; B= 73,67 mg kg⁻¹; Cu= 3,79 mg kg⁻¹; Fe= 75,82 mg kg⁻¹; Mn= 28,09 mg kg⁻¹ e Zn= 9,03 mg kg⁻¹.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of the simple and multiple nutritional deficiency in the growth concentration and accumulation of the nutrients in the leaves and stem of the castor bean cv. Guarani. The experiment was carried out under green house conditions at Soil Science Department at Federal University of Lavras. The experimental design was randomized blocks with 12 treatments: culture solution complete (Hoagland & Arnon, 1950), culture solution with omission of Ca, omission of Fe, omission of Mn, omission of B, omission of Zn, multiple omission of Ca and B, multiple omissions of Fe and B, multiple omissions of Fe and Zn, multiple omissions of Mn and B, multiple omissions of Mn and Zn and multiple omissions of B and Zn and four repetitions. To the end of the experimental period the plants were divided in leaves, stem and roots. The vegetable material was dried and weighed. The growing order of limitation of the treatments for dry matter of leaves was: CaB > FeB > BMn > BZn > B > MnZn > Zn > Ca > FeZn > Mn > Fe. For dry matter of stem: CaB > BMn > B > FeB > BZn > MnZn > Mn > Ca > FeZn > Zn > Fe. And for dry matter roots: CaB > BMn > BZn > FeB > B > Ca > Mn > FeZn > MnZn > Zn > Fe. The nutrient omissions whose more affected the production of dry matter of the plants was B, in simple and multiple deficiency. The nutrient omission whose more affected the relationship root/shoot were Zn and Mn in simple and multiple deficiency, except the treatments -BZn and -BMn. The average concentration found in leaves of the complete treatment was: N= 20,53 g kg⁻¹; P= 67,46 g kg⁻¹; K= 1,94 g kg⁻¹; Ca= 2,32 g kg⁻¹; Mg= 0,44 g kg⁻¹; S= 21,55 g kg⁻¹; B= 26,71 mg kg⁻¹; Cu= 7,64 mg kg⁻¹; Fe= 232,20 mg kg⁻¹; Mn= 114,87 mg kg⁻¹ and Zn= 14,71 mg kg⁻¹. In treatment complete stem the average concentrations were: N= 11,55 g kg⁻¹; P= 56,55 g kg⁻¹; K= 1,14 g kg⁻¹; Ca= 24,70 g kg⁻¹; Mg= 3,05 g kg⁻¹; S= 28,95 g kg⁻¹; B= 73,67 mg kg⁻¹; Cu= 3,79 mg kg⁻¹; Fe= 75,82 mg kg⁻¹; Mn= 28,09 mg kg⁻¹ and Zn= 9,03 mg kg⁻¹.

1 INTRODUÇÃO

A expressão exigência nutricional refere-se às quantidades de nutrientes que uma cultura retira do meio onde se encontram as raízes, para atender às suas necessidades, crescer e produzir adequadamente. Assim, a quantidade de nutrientes exigida é função dos seus teores no material vegetal e do total de matéria seca produzida.

A análise química por ocasião da colheita dá uma boa indicação das quantidades de nutrientes acumulados pela planta e sua produção, o que permite estimar as quantidades de nutrientes exportadas para fora da área de produção, servindo como referência para os cálculos de adubação, principalmente quando resultados experimentais conclusivos não são disponíveis (Quaggio & Piza Júnior, 2001).

O uso de análises químicas de material vegetal é baseado na premissa que existe uma relação entre a taxa de crescimento e o teor de nutrientes na planta (Marschner, 1995).

A concentração de nutrientes difere não somente em diferentes espécies vegetais, mas também nas diversas partes das plantas. Essa variabilidade é afetada pelo tipo de planta, idade fisiológica do tecido, posição do tecido nas plantas, disponibilidade de nutrientes no substrato, concentração de outros nutrientes e vários fatores edafoclimáticos (Mills & Jones Junior, 1991).

Além de ser uma ferramenta importante no processo de avaliação do estado nutricional da planta, a análise química pode ser realizada ainda com os objetivos de confirmar a diagnose visual de sintomas de deficiência, identificação da “fome oculta”, caracterizar a concentração dos nutrientes nas plantas e quantificar a remoção de nutrientes pela colheita (Fontes, 2001).

Plantas desenvolvidas com limitações nutricionais apresentam crescimento vegetativo reduzido e baixa produção de flores e frutos, além de deformações morfológicas (Bergmann, 1992).

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos das omissões simples e múltiplas de nutrientes no crescimento e nos teores e acúmulos dos nutrientes em mamoneira cv. Guarani.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, localizada geograficamente nas coordenadas de 21°14' de latitude sul, 45°00' de longitude oeste e altitude de 918 m.

Foi realizada a desinfestação das sementes por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por 5 minutos. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 72 células onde permaneceram até o início da fase experimental que se deu 45 dias após o semeio. O substrato utilizado foi vermiculita, umedecida com solução de sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 10^{-4} M.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com doze tratamentos, representados na Tabela 1 e quatro repetições.

TABELA 1 Soluções nutritivas com omissão simples e múltipla de nutrientes aos quais as plantas de mamoneira cv. Guarani foram submetidas.

Solução Completa (Hoagland & Arnon, 1950)	Omissão de B (-B)	Omissão de Fe e Zn (-FeZn)
Omissão de Ca (-Ca)	Omissão de Zn (-Zn)	Omissão de Mn e B (-MnB)
Omissão de Fe (-Fe)	Omissão de Ca e B (-CaB)	Omissão de Mn e Zn (-MnZn)
Omissão de Mn (-Mn)	Omissão de Fe e B (-FeB)	Omissão de B e Zn (-BZn).

As mudas foram transferidas para uma bandeja plástica, com capacidade de 24 L, contendo solução de Hoagland & Arnon (1950) completa, com aeração constante, nas concentrações de 25%, 40% e 100% da sua força iônica, as quais ficaram por um período de 15 dias em cada concentração. Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em recipientes plásticos, pintados com tinta prata para proteção contra a luz e para evitar altas temperaturas na solução, com capacidade de três litros, mantidas com aeração constante. Foram utilizadas placas de isopor de 15 cm de diâmetro e quatro centímetros de espessura como suporte para as plantas.

As soluções eram trocadas quinzenalmente durante o período experimental.

No preparo de todas as soluções estoques dos nutrientes, empregaram-se reagentes puros para análise (P.A.). As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

Ao fim do período experimental, mediu-se a altura das plantas e também o diâmetro do colo, posteriormente as plantas foram colhidas e divididas em folhas + pecíolos, caule e raízes. As partes da planta foram lavadas em água destilada corrente e secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°-70°C, por 72 horas ou até que apresentassem peso constante. O material vegetal resultante foi pesado em balança de precisão (0,01g) para a obtenção dos pesos de matéria seca. Após a determinação da matéria seca, o material vegetal foi moído em moinho tipo Wiley, para a determinação de macro e micronutrientes.

Os teores de N foram determinados por micro Kjeldahl. No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram dosados os teores totais de P e B, por colorimetria. O K foi determinado por fotometria de chama, os teores de Ca,

Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, determinados por espectrofotometria de absorção atômica e os de S total, por turbidimetria (Malavolta et al., 1997).

Foi determinada a relação raiz/parte aérea, representando uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o da parte aérea e vice-versa (Correia & Nogueira, 2004). A relação raiz/parte aérea foi obtida pela fórmula:

$$\frac{\text{Peso da matéria seca de raízes}}{\text{Peso da matéria seca da parte aérea (folhas+ pecíolos+ caule)}}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à escassez de informações disponíveis sobre a nutrição mineral e sua influência no crescimento da mamoneira, os resultados encontrados neste estudo foram comparados com os efeitos de nutrientes no crescimento da mamoneira das cultivares Íris (Lange et al., 2005), Savana (Silva, 2007; Silva et al., 2008), IAC 80 (Paulo et al., 1989) e Guarani (Chiaradia, 2005).

3.1 Parâmetros de crescimento e produções de matéria seca

Os parâmetros de crescimento, altura final das plantas (ALT.), diâmetro do colo (D.C.) e a produção média de matéria seca para as diferentes partes das plantas analisadas foi afetada significativamente pelos tratamentos, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 Parâmetros de crescimento (altura - ALT. - e diâmetro colo - D.C.) e produção média de matéria seca de folhas e pecíolo (FP), caule, raiz e relação raiz/parte aérea (R/PA) de mamoneira cv. Guarani, sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla.

Tratamento	ALT. (cm)	D.C. (cm)	FP (g)	Caule (g)	Raiz (g)	R/PA
Completo	53,00 a	2,12 a	38,53 a	22,77 a	17,58 a	0,30
-Ca	54,25 a	2,00 a	20,03 c	13,57 b	12,42 b	0,34
-CaB	37,00 b	1,50 b	7,47 d	4,61 d	3,68 c	0,28
-B	30,75 b	1,29 b	12,78 d	5,56 d	8,19 c	0,41
-BMn	31,25 b	1,35 b	11,24 d	5,45 d	5,28 c	0,33
-BZn	32,50 b	1,50 b	12,23 d	5,65 d	5,97 c	0,39
-Fe	63,75 a	2,00 a	30,40 b	21,35 a	19,84 a	0,38
-FeB	55,25 a	2,08 a	9,13 d	5,62 d	6,29 c	0,44
-FeZn	54,25 a	1,27 b	20,16 c	14,85 b	16,36 a	0,49
-Mn	48,50 a	1,25 b	22,11 c	11,56 c	14,57 b	0,44
-MnZn	51,25 a	1,30 b	17,71 c	10,98 c	16,67 a	0,58
-Zn	49,75 a	2,05 a	19,79 c	20,14 a	18,91 a	0,46
Média Geral	46,79	1,60	18,46	11,84	12,15	
CV(%)	18,63	19,37	19,68	22,12	21,15	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3.1.1 Parâmetros de crescimento

3.1.1.1 Altura das plantas

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a altura das plantas.

As maiores médias de altura final das plantas observadas foram para os tratamentos -Mn, -Zn, -MnZn, completo, -Ca, -FeZn, -FeB e -Fe, onde não foram observadas diferenças estatísticas.

As menores alturas foram verificadas nos tratamentos onde o B foi omitido, tendo como exceção o tratamento -FeB, que foram os seguintes tratamentos: -B, -BMn, -BZn, -CaB. Esses tratamentos foram, respectivamente, 41,98%, 41,04%, 38,68%, 30,19% menores quando comparados ao tratamento completo.

3.1.1.2 Diâmetro do colo

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a altura das plantas.

Para esse parâmetro, as maiores médias finais foram encontradas nos tratamentos -Zn, completo, -Ca, -FeB, -Fe que não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Os menores valores de média foram encontrados nos tratamentos -Mn, -FeZn, -B, -MnZn, -BMn, -CaB e -BZn que foram, respectivamente, 41,04%, 40,09%, 39,15%, 38,68%, 36,02%, 29,25% e 29,25%, menores quando comparados às médias do diâmetro do colo observadas para o tratamento completo.

3.1.2 Produção de matéria seca folhas + pecíolos

As menores produções de matéria seca de folhas + pecíolos (MSFP) foram observadas nos tratamentos sob omissão de B, tanto para omissão simples como múltipla. Silva (2007) e Silva et al. (2008) avaliaram os efeitos de B em mamoneira cv. Savana e observaram que, nos tratamentos aos quais esse nutriente foi fornecido, as produções de matéria seca de folhas foram

nitidamente maiores do que aqueles tratamentos os quais não receberam a adubação com B. Resultado semelhante também foi encontrado por Ferreira et al. (2004), estudando efeito de omissão de B em solos cultivados com mamoneira.

Houve uma redução na produção de MSFP de 66,83%, para o tratamento sob omissão de B, quando comparado à produção do tratamento completo. Lange et al. (2005), caracterizando os sintomas de deficiência de micronutrientes em mamoneira cv. Íris, observaram que as omissões de B, Fe e Mn afetaram a produção de matéria seca na seguinte ordem: Fe > Mn > B e que a redução de matéria seca para a omissão de B foi de apenas 29%, quando comparado ao tratamento completo. Para os tratamentos -CaB, -FeB, -BMn e -BZn, houve redução de 80,61%, 76,30%, 70,83% e 68,26%, respectivamente. O B, apesar de não participar de nenhum composto ou enzima específica, facilita o transporte de açúcares através das membranas, participa no metabolismo de ácidos nucleicos e de fitormônios, na formação de paredes celulares e sua estabilidade e na divisão celular (Malavolta, 2006). Assim, a deficiência de B inibe ou paralisa o crescimento dos tecidos meristemáticos da parte aérea e das raízes (Gupta, 1979).

Em relação aos demais tratamentos, foi observado que, para a produção de MSFP, plantas dos tratamentos -MnZn, -Zn, -Ca, -FeZn e -Mn sofreram redução de 54,04%, 48,64%, 48,01%, 47,68% e 42,62%, respectivamente. Para omissão de Mn, Lange et al. (2005) encontraram redução de matéria seca de apenas 29% na cv. Íris. O resultado para o tratamento com omissão de Ca foi semelhante ao encontrado por Lavres Júnior et al. (2005), que observaram redução de matéria seca de 49% cv. Íris.

As maiores produções de MSFP foram verificadas no tratamento completo, seguido pelo tratamento sob omissão de Fe, no qual se observou uma redução no crescimento de apenas 21,10%, quando comparado ao tratamento

completo. Esse resultado difere do encontrado por Lange et al. (2005) que verificaram redução de matéria seca de 51% no tratamento sob omissão de Fe. Essa pequena redução pode ter ocorrido pelo fato de as plantas de mamoneira cv. Guarani não demandarem grandes quantidades desse nutriente e ainda que a planta tenha adquirido a quantidade necessária no período em que se encontrava em adaptação ou, até mesmo, as quantidades de Fe contidas na semente foram suficientes para suprir a planta.

3.1.3 Produção de matéria seca de caule

Conforme dados da Tabela 2, as menores produções de matéria seca de caule (MSC) foram observadas nos mesmos tratamentos nos quais se observaram as menores produções de MSFP, ou seja, nos tratamentos em que se omitiu o B de forma simples e múltipla, sendo redução de 79,75% para -CaB, 76,06% para -BMn, 75,58% para -B, 75,32% para -FeB e 75,19% para -BZn. Silva (2007) e Silva et al. (2008) observaram que, em plantas que não receberam B, o peso da MSC foi menor do que nos tratamentos que receberam o nutriente.

Os tratamentos -MnZn e -Mn tiveram reduções de 51,78% e 49,23%, respectivamente, sendo esses pouco superiores aos tratamentos supracitados. O tratamento -Ca apresentou redução de produção de MSC de 40,40% e -FeZn, com redução de 34,78%.

Os maiores valores de MSC foram observados nos tratamentos -Zn, -Fe e completo, os quais não diferiram estatisticamente entre si.

3.1.4 Produção de matéria seca de raiz

A produção de matéria seca de raízes (MSR) de plantas submetidas às omissões de nutrientes foi severamente afetada (Tabela 2). Como observado

para parte aérea e caule, os tratamentos sob omissão de B, tanto de forma simples como múltiplas, foram os mais reduzidos em relação ao completo (-CaB, 79,07%; -BMn, 69,97%; -BZn, 66,01%; -FeB, 64,22% e -B, 53,41%). Silva (2007), avaliando a dinâmica de absorção e transporte do B em mamoneira, encontrou resultado semelhante aos desse trabalho para o tratamento -B.

O tratamento -Ca sofreu redução na produção de MSR de 29,35% e -Mn de 17,12%, quando comparado ao tratamento completo. A carência de Ca afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, causando o aparecimento de núcleos poliploides, células binucleadas, núcleos constrictos e divisões amitóticas, causando seu escurecimento e posterior morte da raiz, levando a uma paralisação do crescimento (Malavolta et al., 1997).

Os maiores valores de MSR foram encontrados nos tratamentos -FeZn, -MnZn, completo, -Zn e -Fe, tendo o tratamento -Zn sido de 7,57% e o -Fe foi 12,86% superior ao tratamento completo. Esses resultados diferem do encontrado por Lange et al. (2005), que relatam que os elementos mais limitantes para o crescimento radicular foram Fe e Mn. Esses autores observaram, para MSR do tratamento completo, 13,5 g e Lavres Júnior et al. (2005) relatam produção de MSR de 11,4 g para as plantas do tratamento completo de mamoneira cv. Íris.

3.1.5 Relação raiz/parte aérea

A relação raiz/parte aérea é uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o da parte aérea e vice-versa (Correia & Nogueira, 2004).

Verifica-se, pelo gráfico da Figura 1, que a mamoneira apresentou uma flexibilidade no ajuste da relação R/PA, em função das mudanças no ambiente nutricional, proporcionadas pelos tratamentos.

Os menores valores foram encontrados nos tratamentos -CaB, completo, -BMn, -Ca, -Fe, -BZn, com isso, o particionamento da matéria seca entre a parte aérea e o sistema radicular foi menor, ou seja, maior mobilização de reservas para a parte aérea maior que para as raízes.

Em geral, os maiores valores nessa relação foram encontrados nos tratamentos com omissão de Zn, seja ela simples ou múltipla. Isso só não ocorreu no tratamento -BZn, devido, provavelmente, ao engrossamento das raízes, provocado pela carência de B. A sequência dos tratamentos mais limitantes foi -CaB, -BMn, -Ca, -Fe, -BZn e -B. A omissão de Mn também afetou essa relação. Esse comportamento é justificado pelo menor crescimento das raízes e do pequeno crescimento da parte aérea nesses tratamentos, enquanto nos demais tratamentos houve um maior crescimento da parte aérea, em função do menor requerimento dos demais nutrientes pela mamoneira.

No gráfico da Figura 1 podem-se observar os tratamentos que mais afetaram essa relação. Adotaram-se, para o tratamento completo, os valores de MSPA e MSR iguais a 100%.

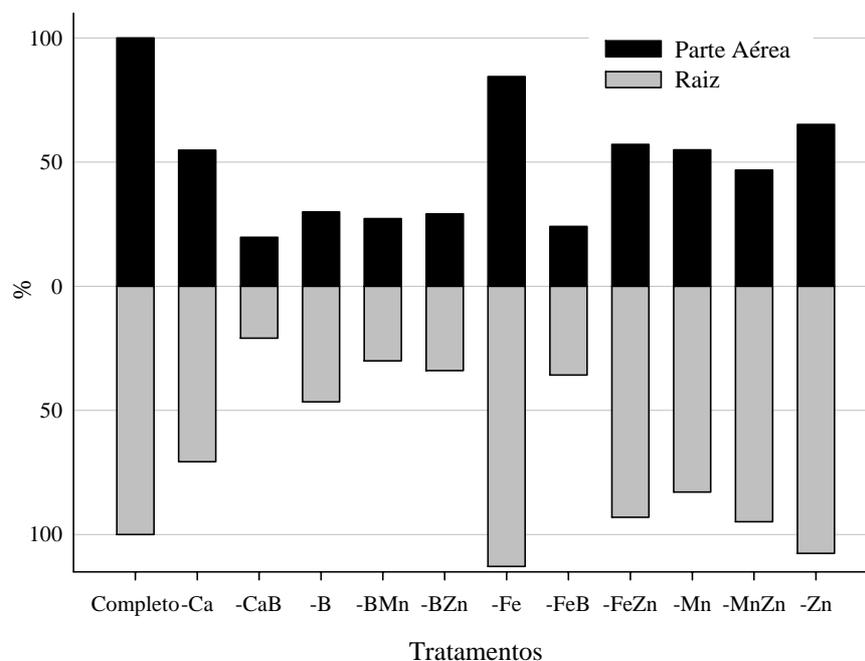


FIGURA 1 Produção relativa de matéria seca de raiz e parte aérea de plantas de mamoneira cv. Guarani, sob omissão simples e múltipla de nutrientes em solução nutritiva.

Graficamente, pode-se observar que, apesar de as relações raiz/parte aérea serem próximas entre o tratamento completo e os tratamentos -CaB, -Ca, -BMn e -BZn, o crescimento das plantas no primeiro foi muito superior.

Por meio da mesma figura, é possível verificar também que os tratamentos nos quais o B foi omitido, tanto de forma simples como múltipla, apresentaram as menores produções relativas de parte aérea e raiz. O tratamento no qual ocorreu a omissão de CaB foi o mais limitante para a produção relativa de parte aérea e raiz de plantas de mamoneira.

Os tratamentos nos quais se omitiram Fe e Zn afetaram mais a parte aérea do que as raízes, o que, provavelmente ocorreu devido à estratégia da planta para aumentar a área exploração das raízes.

O tratamento no qual se omitiu, de forma associada, FeZn, afetou mais a produção relativa de parte aérea e de raiz do que as omissões simples de cada nutriente. Quando se observam os tratamentos sob omissão simples de Mn e Zn, verifica-se que o Mn é mais limitante, porém, quando ocorre a omissão múltipla desses, observa-se um aumento na produção relativa de raiz e uma diminuição da parte aérea das plantas.

3.2 Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea

Poucos foram os estudos encontrados na literatura consultada que permitissem comparações entre essa e, até mesmo, outras cultivares submetidas à omissão de nutrientes, tanto de forma simples quanto múltipla. Encontram-se apenas valores tidos como ideais para a cultura, como os descritos por Malavolta et al. (1997) que relatam os teores adequados encontrados nas folhas de mamoneira, que são de 40 a 50 g kg⁻¹, para N; 3 a 4 g kg⁻¹, para P; 30 a 40 g kg⁻¹ de K; 15 a 25 g kg⁻¹ de Ca; 2,5 a 3,5 g kg⁻¹ de Mg e de 3 a 4 g kg⁻¹ de S.

Chiaradia (2005), trabalhando com a utilização de resíduos no fornecimento de nitrogênio para a cultura da mamona em área de reforma de canavial, encontrou os seguintes teores foliares para o tratamento controle: 47,55 de N; 2,83 de P; 14,60 de K; 10,58 de Ca e 3,05 g kg⁻¹ de Mg. Para os micronutrientes, o mesmo autor encontrou valores de 21,88; 10,83; 259,25; 166,00 e 31,73 mg kg⁻¹ para, respectivamente, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Léles (2008), trabalhando com doses de Zn em função da saturação de bases para mamoneira cv. AL Guarani 2002, encontrou a seguinte ordem de acúmulo de micronutrientes: Zn > Fe > Mn > B > Cu.

3.2.1 Teor e acúmulo de macronutrientes

3.2.1.1 Teor e acúmulo de nitrogênio

Os teores e acúmulos de nitrogênio (N) nas folhas + pecíolo (FP) e caule das plantas de mamoneira, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de nitrogênio nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Nitrogênio			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	20,53 g	790,00 a	11,55 g	262,75 b
-Ca	27,64 f	553,75 e	10,83 g	146,50 f
-CaB	29,13 e	217,50 i	15,48 f	71,50 h
-B	35,00 b	445,25 g	23,63 c	131,50 g
-BMn	36,09 b	403,75 h	23,63 c	128,75 g
-BZn	31,12 d	375,75 h	25,78 b	145,50 f
-Fe	21,33 g	648,50 c	11,27 g	240,75 c
-FeB	46,69 a	430,75 g	27,97 a	157,00 f
-FeZn	30,17 d	608,25 d	17,09 e	254,00 b
-Mn	32,94 c	728,00 b	17,27 e	199,75 e
-MnZn	29,86 d	522,75 f	20,29 d	222,25 d
-Zn	21,97 g	434,25 g	14,06 f	281,00 a
CV (%)	3,02	4,37	5,59	6,19

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Os maiores teores de N nas FP foram encontrados no tratamento em que ocorreu omissão de FeB. Observa-se que o teor de N nesse tratamento foi 127,42% superior ao verificado no tratamento completo. Esses valores de teores são inferiores aos tidos como ideais que são de 40 a 50 g kg⁻¹, segundo Malavolta et al. (1997). Lavres Júnior et al. (2005) encontraram, em plantas de mamoneira cv. Íris, teores de 46,7 g kg⁻¹ e Chiaradia (2005) observou para a cv. Guarani teores de 47,55 g kg⁻¹. Entretanto, Paulo et al. (1989) encontraram, em plantas normais (tratamento controle), valores de 32,9 g kg⁻¹ de N em campo para a cv. IAC 80.

Os menores teores foram encontrados nos tratamentos -Zn (que foi 7,1% maior que o tratamento completo), -Fe (3,9% maior que o tratamento completo) e completo, que não diferenciaram estatisticamente entre si.

Assim como aconteceu para FP, os maiores valores de teor de N encontrados para caule foram observados no tratamento -FeB, que foi 142,16% maior que o tratamento completo. Valores semelhantes foram encontrados por Lavres Júnior et al. (2005) em plantas de mamona cv. Íris, tendo o teor verificado pelos autores sido de 13,3 g kg⁻¹. Contudo, esses valores discordam dos encontrados por Paulo et al. (1989) em caule de mamoneira cv. IAC 80, pois os autores acuraram o teor de 8,2 g kg⁻¹. Os menores teores foram encontrados nos tratamentos completos, -Fe e -Ca, tendo os dois últimos sido 2,42% e 6,23% menores que o tratamento completo. Os maiores teores de N nos tratamentos em que se omitiu B são explicados pelas relações interiônicas descritas pela literatura, que menciona os efeitos antagônicos entre N e B (Malavolta, 2006).

Os maiores acúmulos nas FP foram observados no tratamento completo e os menores acúmulos no tratamento -CaB, que apresentou redução de 72,47%, quando comparado ao tratamento completo. Tal fato pode ser explicado devido às baixas produções de matéria seca de plantas sob os tratamentos nos quais o B foi omitido, tanto na forma simples quanto múltipla.

Para o caule, os maiores acúmulos foram encontrados no tratamento em que se omitiu Zn, 6,95% maior quando comparado ao tratamento completo; os menores foram observados no tratamento -CaB, que apresentou um acúmulo 72,79% menor quando comparado ao tratamento completo. Esse fato pode ser explicado pelas baixas produções de matéria seca que levaram a um menor acúmulo de N, quando comparado aos demais tratamentos, refletindo um efeito de concentração do nutriente.

3.2.1.2 Teor e acúmulo de fósforo

Os teores e acúmulos de P nas FP e caule das plantas de mamoneira da cv. Guarani, em função dos tratamentos com omissões simples ou múltiplas de nutrientes, encontram-se na Tabela 4.

TABELA 4 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de fósforo nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Fósforo			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	2,02 e	77,83 d	1,64 e	37,34 a
-Ca	3,96 d	79,32 d	2,66 d	36,10 a
-CaB	3,99 d	29,81 g	3,21 c	14,80 c
-B	3,89 d	49,71 f	3,57 b	19,85 b
-BMn	4,24 d	47,66 f	3,50 b	19,07 b
-BZn	7,61 a	93,07 c	3,16 c	17,85 c
-Fe	1,97 e	59,89 e	1,63 e	34,80 a
-FeB	6,74 b	61,54 e	4,08 a	22,93 b
-FeZn	7,93 a	159,87 a	1,14 f	16,92 c
-Mn	5,66 c	125,14 b	1,68 e	19,42 b
-MnZn	6,03 c	106,79 c	1,31 f	14,38 c
-Zn	5,30 c	104,89 c	1,63 e	32,83 a
CV (%)	11,92	11,70	11,10	13,2

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Verifica-se, pelos dados da Tabela 3.4, que, para as FP, os teores mais elevados foram encontrados nos tratamentos em que se omitiram FeZn, que foi 392,57% e BZn, em que se observou teor de 376,73%, superior ao encontrado no tratamento completo, que foi o menor valor observado. Esse valor é inferior ao descrito como ideal por Malavolta et al. (1997), que relatam teores de P na faixa de 3 a 4 g kg^{-1} . Lavres Júnior et al. (2005) encontraram 6,5 g kg^{-1} para a cv. Íris. Contudo, corrobora os encontrados por Chiaradia (2005) que, trabalhando

com a cv. Guarani, encontrou teor de 2,83 g kg⁻¹. Esse valor é semelhante ao encontrado por Paulo et al. (1989), para a cv. IAC 80, que observaram teores de P de 3,29 g kg⁻¹. Mills & Jones Junior (1991) e Malavolta (2006) relataram que o Fe interfere não só na absorção como translocação e na assimilação do P pelo fato de estes formarem fosfato de ferro.

Para o caule, os teores mais elevados foram encontrados no tratamento em que se omitiu FeB, que foi 248,78% superior ao tratamento completo. Valores semelhantes aos encontrados por Paulo et al. (1989) para a cv. IAC 80, de 1,2 g kg⁻¹ de P para caule. Os menores teores foram verificados nos tratamentos sob omissão -MnZn e -FeZn, os quais foram, respectivamente, 20,12% e 30,49% inferiores, quando comparados ao tratamento completo.

Os menores teores de P no tratamento completo foram devidos as altas produções de matéria seca refletindo um efeito de diluição do nutriente. Esse fato é comprovado nos mais altos acúmulos desse nutriente no tratamento supracitado.

Os maiores acúmulos nas FP foram verificados no tratamento -FeZn, que foi 205,41% superior ao tratamento completo. O menor teor nas FP foram encontrados no tratamento sob omissão de CaB, que foi 61,70% inferior ao tratamento completo. Para o caule, o tratamento completo apresentou o maior acúmulo de P, não diferindo estatisticamente dos tratamentos -Ca, -Fe e -Zn, que foram, respectivamente, 3,32%, 6,80% e 12,08% menores. Os menores acúmulos foram observados nos tratamentos -BZn, -FeZn, -CaB e -MnZn, nos quais não houve diferenças estatísticas e foram, respectivamente, 52,20%, 54,69%, 60,36% e 61,49% inferiores ao tratamento completo.

Essas baixas produções de matéria seca nos tratamentos onde o B foi omitido, tanto de forma simples quanto múltipla, levaram a um menor acúmulo de P, quando comparado aos demais tratamentos, refletindo um efeito de concentração do nutriente.

3.2.1.3 Teor e acúmulo de potássio

Pelos dados da Tabela 5, observam-se os valores de teor e acúmulo de K encontrados para mamoneira, em função dos diferentes tratamentos a que foram submetidas.

TABELA 5 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de potássio nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Potássio			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	19,35 e	745,56 b	11,40 c	259,58 a
-Ca	28,95 c	579,87 d	11,70 c	158,77 c
-CaB	31,80 b	237,55 g	15,75 a	72,61 f
-B	22,65 d	289,47 f	11,40 c	63,38 f
-BMn	27,45 c	308,54 f	15,00 a	81,75 f
-BZn	19,50 e	238,48 g	14,70 a	83,06 f
-Fe	30,45 b	925,68 a	12,00 c	256,20 a
-FeB	36,45 a	332,79 f	13,50 b	75,87 f
-FeZn	31,50 b	635,04 c	7,65 e	113,60 d
-Mn	22,95 d	507,42 e	9,60 d	110,98 d
-MnZn	16,35 f	289,56 f	9,00 d	98,82 e
-Zn	13,35 f	264,19 g	9,75 d	196,37 b
CV (%)	7,84	6,99	8,86	8,93

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Observa-se, para FP, que a maioria dos tratamentos teve valores de teores superiores aos do tratamento completo.

Os maiores teores de K nas FP foram encontrados no tratamento sob omissão de FeB, que foi 88,37% superior ao tratamento completo. Esse valor é próximo ao encontrado por Chiaradia (2005), que encontrou teor de 14,60 g kg⁻¹ para a cv. Guarani, mas inferiores aos tidos como ideais conforme Malavolta et al. (1997). Porém, Paulo et al. (1989), para a mamoneira cv. IAC 80, observaram valores de 32,7 g kg⁻¹ de K. Esse valor é semelhante ao encontrado por Lavres Júnior et al. (2005), que observaram teores de 30,10 g kg⁻¹ de K. Os menores teores foram observados nos tratamentos -MnZn e -Zn que foram, simultaneamente 15,50% e 31,00% menores, quando comparados ao tratamento completo. O K é um forte competidor com outros cátions, entre eles o Zn. Isso ocorre devido à alta eficiência do sistema de absorção das plantas (Malavolta et al., 1997). Em ausência de K⁺ na solução, a absorção de outros cátions é aumentada, uma vez que a competição é menos severa (Rosolem, 2005). Resultados semelhantes foram encontrados por Pinho (2007) em estudo com plantas de bananeira ornamental e por Frazão (2008), em plantas de bastão-do-imperador.

No caule, os maiores teores foram encontrados nos tratamentos sob omissão de CaB, BMn e BZn, não tendo apresentado diferenças estatísticas entre si e foram, ao mesmo tempo, 38,15%, 31,58% e 28,95% maiores que o tratamento completo. Valores semelhantes foram encontrados por Lavres Júnior et al. (2005) para plantas de mamoneira cv. Íris, que observaram teores de 10,9 g kg⁻¹. Paulo et al. (1989), para a cv. IAC 80, verificaram teores de 24,4 g kg⁻¹ de K. Mills & Jones Junior (1991) relataram que, em altos níveis de K, são encontrados menores teores de B nas plantas. Ainda de acordo com os autores, incrementos de K diminuem a relação Ca:B. Malavolta (2006) cita, ainda, que o K correlaciona-se negativamente com B, Mn e Zn. Os menores teores desse

nutriente foram verificados no tratamento em que se omitiu FeZn, que foi 14,47% menor quando comparado ao tratamento completo.

No que se refere ao acúmulo, o maior valor para FP foi encontrado no tratamento -Fe, que foi 24,16% maior que o tratamento completo. Por outro lado, os menores acúmulos foram encontrados nos tratamentos -Zn, -BZn e -CaB, que foram respectivamente, 64,54%, 68,01% e 68,14% menores que o tratamento completo.

Para os acúmulos encontrados no caule, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos completo e -Fe, que foi 1,30% menor que o tratamento completo, porém, não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Os menores valores foram encontrados para os tratamentos em que o B foi omitido, ou seja, -BZn, -BMn, -FeB, -CaB e -B, os quais não se diferenciaram estatisticamente e se verificaram, respectivamente, reduções de 68,00%, 68,51%, 70,77%, 72,03% e 75,58%. Esse resultado pode ser explicado pela menor produção de matéria seca observada nesses tratamentos.

3.2.1.4 Teor e acúmulo de cálcio

Os efeitos de teores e acúmulos de Ca em função das omissões de nutrientes de forma simples e múltiplas podem ser observados por meio da Tabela 6.

TABELA 6 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de cálcio nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Cálcio			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	23,20 d	893,90 d	24,70 e	562,00 b
-Ca	6,95 e	139,21 g	6,64 g	90,25 g
-CaB	8,53 e	63,72 h	9,60 f	44,50 h
-B	28,32 d	361,93 e	35,05 b	194,75 f
-BMn	25,11 d	282,24 f	38,08 a	207,50 f
-BZn	27,96 d	341,95 e	33,65 b	190,00 f
-Fe	41,06 c	1248,22 a	28,75 d	614,00 a
-FeB	35,14 c	320,83 e	31,82 c	178,75 f
-FeZn	42,1 c	848,74 c	25,38 d	377,00 c
-Mn	28,23 d	624,16 d	28,10 d	327,50 d
-MnZn	54,88 b	971,92 b	25,47 e	279,50 e
-Zn	60,50 a	1197,30 a	27,62 d	554,75 b
CV (%)	5,79	8,92	8,04	8,82

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

O maior teor de Ca, no conjunto FP, foi observado no tratamento em que se omitiu o Zn, sendo este 160,78% superior ao tratamento completo. Esse resultado encontra-se na faixa de suficiência preconizada por Malavolta et al. (1997) para a cultura da mamona e, de certa forma, está próximo aos resultados encontrados por Chiaradia (2005) que verificou teores de $10,58 \text{ g kg}^{-1}$ em plantas de mamoneira cv. Guarani e por Lavres Júnior et al. (2005) que encontraram valores de $11,9 \text{ g kg}^{-1}$. Paulo et al. (1989), trabalhando com a cv. IAC 80, observaram teores de $15,3 \text{ g kg}^{-1}$. Malavolta (2006) discorre que, em ambientes

nos quais a concentração de metais pesados é menor, a exigência de Ca será diminuída.

Os menores teores foram encontrados nos tratamentos em que o Ca foi omitido, ou seja, no -CaB e -Ca, que não se diferenciaram estatisticamente entre si e foram, respectivamente, 63,23% e 71,85% menores que o tratamento completo. Esse fato foi explicado por Mills & Jones Junior (1991), que relataram o efeito sinérgico entre Ca e B, reduzindo incidências de desordens próximas aos pontos de crescimento. Geralmente, doses maiores de B são necessárias para evitar deficiência de Ca e, reciprocamente, a tolerância ao excesso de B é maior em presença de altos níveis de Ca (Mills & Jones Junior, 1991; Malavolta, 2006).

O maior teor no caule foi observado no tratamento -BMn, que foi 54,17% maior que o tratamento completo. Esse valor é muito superior ao verificado por Lavres Júnior et al. (2005) para mamoneira cv. Íris, os quais encontraram valores de 7,5 g kg⁻¹ de Ca. Esse valor é o mesmo relatado por Paulo et al. (1989) para plantas de mamoneira da cv. IAC 80. O menor teor foi encontrado para o tratamento no qual se omitiu o Ca, que foi 73,12% menor quando comparado ao tratamento completo.

O tratamento em que ocorreu o maior acúmulo nas FP foi o -Zn, que se mostrou 33,94% maior, quando comparado ao tratamento completo. Os menores valores acumulados ocorreram no tratamento -CaB, que foi 92,87% menor quando comparado ao tratamento completo.

No caule, os maiores acúmulos foram observados no tratamento -Fe, que superou em 9,25% o tratamento completo. Os menores, assim como para FP, foram para os tratamentos nos quais ocorreu omissão de CaB. Esse tratamento foi 92,08% menor que o tratamento completo.

3.2.1.5 Teor e acúmulo de magnésio

Os valores encontrados para teor e acúmulo de Mg em plantas de mamoneira da cv. Guarani encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de magnésio nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão de simples e múltiplas de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Magnésio			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	4,41 c	169,92 b	3,05 g	69,50 e
-Ca	9,08 b	181,87 b	8,21 b	111,25 a
-CaB	8,64 b	64,54 c	12,89 a	59,50 f
-B	4,37 c	55,85 c	7,10 c	39,50 h
-BMn	4,44 c	49,90 c	7,01 c	38,25 h
-BZn	5,31 c	64,94 c	7,17 c	40,25 h
-Fe	5,82 c	176,92 b	3,93 f	84,00 c
-FeB	5,37 c	49,03 c	7,16 c	40,50 h
-FeZn	8,04 b	162,08 b	5,35 d	79,25 d
-Mn	5,91 c	130,67 b	4,69 e	54,00 g
-MnZn	10,22 a	180,99 a	4,69 e	51,50 g
-Zn	9,46 b	187,21 a	4,59 e	92,00 b
CV (%)	15,93	14,81	4,61	5,82

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Os maiores teores de Mg nas FP foram verificados no tratamento em que se omitiu MnZn, que foi 131,75% superior ao tratamento completo. Os menores teores foram verificados nos tratamentos -Mn, -Fe, -FeB, -BZn, -BMn, completo e -B, que não se diferenciaram. Os valores de teores de Mg encontrados neste trabalho estão acima dos considerados ideais. Além disso, Os menores teores de Mg no tratamento completo foram devidos as altas produções de matéria seca refletindo um efeito de diluição do nutriente. Isso pode ser explicado pelo fato de o Mg se translocar para os frutos. Como, neste trabalho, esses não foram obtidos, esse elemento se encontra mais alto.

Paulo et al. (1989) encontraram para, plantas de mamoneira cv. IAC 80, valores de 2,3 g kg⁻¹ para folhas normais (tratamento controle); já Chiaradia (2005) encontrou 3,05 g kg⁻¹ para a cv. Guarani e Lavres Júnior et al. (2005) observaram valores para teor de Mg de 7,65 g kg⁻¹ em mamoneira da cv. Íris. Malavolta et al. (1997) discorrem que valores ideais de Mg para plantas de mamoneira são de 2,5 a 3,5 g kg⁻¹. Na literatura, encontra-se a descrição de um efeito de inibição competitiva entre o Mg e Mn. Esta relação é caracterizada quando um elemento e seu inibidor se combinam com o mesmo sítio do carregador para cruzar a membrana. A inibição competitiva pode ser vencida quando a concentração externa do elemento é aumentada e, assim, ele tem maior probabilidade de ocupar os sítios do carregador, como também é capaz de deslocar o competidor (Malavolta, 2006). Todavia, o mesmo autor afirma que, nas folhas, o Mg se correlaciona positivamente com outros nutrientes, entre eles o Mn.

No caule, os maiores teores ocorreram no tratamento -CaB. Esse tratamento foi 322,62% superior ao tratamento completo. Esse valor é inferior ao encontrado por Lavres Júnior et al. (2005) para a cv. Íris, que verificaram teores de 4,3 g kg⁻¹, contudo, é superior ao encontrado para a cv. IAC 80, em que o teor encontrado foi de 2,3 g kg⁻¹ de Mg (Paulo et al., 1989). A presença

relativa de cátions (K, N-NH₄, Ca e Na) interfere na concentração de Mg dentro da planta, ou seja, a absorção de Mg decresce à medida que aumenta a concentração dos outros cátions (Mills & Jones Junior, 1991).

Os maiores acúmulos de Mg nas FP ocorreram nos tratamentos -Zn e -MnZn, que foram 10,18% e 6,51% superiores ao tratamento completo. Esse fato pode ser explicado pela inibição competitiva existente entre Mg e Zn, em que a presença de um inibe a absorção do outro (Malavolta, 2006). Por outro lado, os menores acúmulos nesse conjunto foram observados nos tratamentos -BZn, -CaB, -B, -BMn e -FeB, que não diferenciaram estatisticamente entre si e foram, respectivamente, 61,78%, 62,02%, 67,13%, 70,63% e 71,15% menores, quando comparados ao tratamento completo.

No caule, os maiores acúmulos foram verificados no tratamento em que se omitiu Ca, tendo esse tratamento sido 60,07% maior que o tratamento completo. Por outro lado, os menores valores de Mg foram verificados nos tratamentos -FeB, -BZn, -B e -BMn, que não se diferenciaram estatisticamente entre si e foram, respectivamente, 41,73%, 42,09%, 43,17% e 44,96% menores que o tratamento completo. Esse menor acúmulo pode ser atribuído ao fato de, nesses tratamentos, ter ocorrido menor produção de matéria seca.

3.2.1.6 Teor e acúmulo de enxofre

Os valores de teor e acúmulo de S nas FP e caule de plantas de mamoneira, conforme os tratamentos aplicados, encontram-se na Tabela 8.

TABELA 8 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de enxofre nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Enxofre			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	2,85 e	109,81 b	1,90 d	43,26 a
-Ca	3,34 d	66,90 e	2,25 c	30,53 c
-CaB	3,99 c	29,81 h	3,16 a	14,57 f
-B	4,38 b	55,98 f	3,23 a	17,959 e
-BMn	4,62 b	51,93 f	3,42 a	18,64 e
-BZn	4,55 b	55,65 f	3,25 a	18,363 e
-Fe	5,45 a	165,68 a	1,69 d	36,08 b
-FeB	5,71 a	52,13 f	2,69 b	15,12 f
-FeZn	3,88 c	78,22 d	2,26 c	33,56 b
-Mn	1,70 f	37,59 g	2,25 c	26,01 d
-MnZn	4,75 b	84,12 d	2,20 c	24,16 d
-Zn	4,78 b	94,60 c	2,17 c	43,70 a
CV (%)	5,15	5,44	5,83	6,55

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Nas FP, os mais elevados teores de S ocorreram nos tratamentos nos quais se omitiram FeB e Fe. Os teores dos tratamentos foram 100,35% e 91,23% maiores que o tratamento completo. Esse resultado corrobora os encontrados por Lavres Júnior et al. (2005), que relataram teor de $2,78 \text{ g kg}^{-1}$ de S em mamoneira cv. Íris e os de Paulo et al. (1989) para a cv. IAC 80, que relatam teores de $2,3 \text{ g kg}^{-1}$. Na literatura são sugeridos valores ideais de teores foliares em mamoneira de 3 a 4 g kg^{-1} para esse elemento (Malavolta et al., 1997). Os menores foram

encontrados no tratamento sob omissão de Mn, que apresentou redução de 40,35% em relação ao tratamento completo.

No caule, os maiores teores foram verificados nos tratamentos -BMn, -BZn, -B e -CaB, que foram, respectivamente, de 80,00%, 71,05%, 70,00% e 66,32%, quando comparados ao tratamento completo, no qual se verificaram os menores teores. Esse valor é próximo ao encontrado para mamoneira da cv. IAC 80, em que foi relatado teor de 1,5 g kg⁻¹ (Paulo et al., 1989). Para plantas de mamona cv. Íris, Lavres Júnior et al. (2005) encontraram 0,8 g kg⁻¹. Segundo Mills & Jones Junior (1991), o S possui efeito antagônico com Fe e B, ou seja, a presença do primeiro inibe a absorção do segundo e vice-versa.

Nas FP de folhas de mamoneira da cv. Guarani, o tratamento no qual se omitiu Fe foi o que apresentou maior acúmulo, 50,88% maior, quando comparado ao tratamento completo. O menor foi verificado no tratamento em que se omitiu CaB, cujo acúmulo foi reduzido em 72,85%, quando comparado ao tratamento completo.

No caule dessas plantas, o tratamento que mais acumulou S foi o sob omissão de Zn, que foi 1,02% superior ao tratamento completo, não sendo, assim, observadas diferenças estatísticas entre esses. Os menores acúmulos de S aconteceram nos tratamentos -FeB e -CaB, que não apresentaram diferenças estatísticas e tiveram seus acúmulos reduzidos em 65,05% e 66,32%, quando comparados ao tratamento completo.

3.2.2 Teor e acúmulo de micronutrientes

3.2.2.1 Teor e acúmulo de boro

Os valores de teores e acúmulos de B para mamoneira da cv. Guarani sob diferentes tratamentos podem ser observados na Tabela 9.

TABELA 9 Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos ($\mu\text{g planta}^{-1}$) de boro nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Boro			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	69,01 d	2658,96 b	22,93 c	522,12 a
-Ca	100,72 b	2017,42 d	24,71 c	335,31 c
-CaB	16,08 g	120,12 g	22,46 c	103,54 e
-B	18,15 g	231,96 g	23,13 c	128,60 e
-BMn	17,96 g	201,87 g	24,12 c	131,45 e
-BZn	21,22 g	259,52 g	18,53 d	104,69 e
-Fe	111,43 a	3387,47 a	26,21 b	559,58 a
-FeB	20,88 g	190,63 g	20,99 d	117,96 e
-FeZn	111,43 a	2246,46 c	31,06 a	461,24 b
-Mn	29,38 f	649,59 f	24,52 c	283,45 d
-MnZn	35,81 e	634,19 f	23,96 c	263,08 d
-Zn	91,65 c	1813,75 e	28,39 b	571,77 a
CV (%)	5,67	5,45	9,25	11,72

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Para esse nutriente, verifica-se que os maiores teores encontrados nas FP foram observados nos tratamentos -FeZn e -Fe, que não apresentaram diferenças estatísticas e ambos foram 61,47% superiores ao tratamento completo. Esse resultado está próximo do encontrado por Paulo et al. (1989) para a cv. IAC 80, de 50 mg kg⁻¹ desse nutriente. Contudo, esse resultado discorda dos encontrados por Chiaradia (2005), que verificou teores de B de 21,88 mg kg⁻¹ em mamoneira da cv. Guarani. Entretanto, são semelhantes aos encontrados por Lange et al. (2005), para a cv. Íris, de 19,77 mg kg⁻¹. Os menores teores foram encontrados nos tratamentos -BZn, -FeB, -B, -BMn e -CaB, que foram estatisticamente iguais, 69,25%, 70,61%, 73,70%, 73,97% e 76,70%, e concomitantemente menores que o tratamento completo. Esse fato foi explicado por Mills & Jones Junior (1991), que afirmam existir um efeito sinérgico entre Ca e B. Esses elementos interferem na redução da incidência de desordens perto dos pontos de crescimento. Geralmente, doses maiores de B são necessárias para evitar deficiência de Ca e, reciprocamente, a tolerância ao excesso de B é maior em presença de altos níveis de Ca (Malavolta, 2006).

Os maiores teores no caule foram encontrados no tratamento sob omissão de FeZn, que se mostrou 35,46% superior ao tratamento completo. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Paulo et al. (1989), que verificaram teores de B no caule de 18 mg kg⁻¹, em mamoneira cv. IAC 80. Ao contrário disso, os menores teores no caule foram observados nos tratamentos -FeB e -BZn, os quais foram estatisticamente iguais e tiveram seus teores reduzidos em 8,46% e 19,19%, em relação ao tratamento completo.

O acúmulo desse micronutriente nas FP foi maior no tratamento em que se omitiu Fe, uma vez que este se apresentou 27,40% maior, quando comparado ao tratamento completo. Os menores acúmulos nessas partes foram encontrados nos tratamentos -BZn, -B, -BMn, -FeB, e -CaB, nos quais se verificaram

reduções de, respectivamente, 90,24%, 91,28%, 92,41%, 92,83% e 95,48%, quando comparado ao tratamento completo.

Para o caule, os maiores acúmulos desse micronutriente foram observados nos tratamentos sob omissão de Zn, Fe e completo, que não diferenciaram estatisticamente entre si, tendo o tratamento -Zn sido 9,51% superior ao completo e o tratamento -Fe, 7,17%. Os menores acúmulos foram encontrados nos tratamentos sob omissão de BMn, -B, -FeB, -BZn, e -CaB, que tiveram seus teores reduzidos em 74,82%, 75,37%, 77,41%, 79,95 e 80,17%, em relação ao tratamento completo.

Devido às baixas produções de matéria seca que ocorreram nos tratamentos onde o B foi omitido aconteceu um menor acúmulo desse elemento, quando comparado aos demais tratamentos, refletindo um efeito de concentração do nutriente.

3.2.2.2 Teor e acúmulo de cobre

Na Tabela 10 observam-se os teores e acúmulos de Cu em mamoneira cv. Guarani sob omissão de nutrientes de forma simples ou múltiplas.

TABELA 10 Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos ($\mu\text{g planta}^{-1}$) de cobre nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Cobre			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	7,64 e	294,00 a	3,79 d	86,00 d
-Ca	10,01 c	200,25 d	5,52 c	74,75 e
-CaB	10,83 b	81,00 h	7,74 a	35,75 h
-B	9,08 d	116,00 f	7,59 a	42,25 g
-BMn	7,84 e	87,75 h	6,49 b	35,25 h
-BZn	8,79 d	107,25 g	6,61 b	37,50 h
-Fe	8,66 d	263,25 c	5,11 c	109,25 b
-FeB	11,51 b	105,00 g	7,39 a	41,75 g
-FeZn	13,70 a	276,00 b	6,59 b	98,00 c
-Mn	7,84 e	173,25 e	5,54 c	64,00 f
-MnZn	5,97 f	105,50 g	5,67 c	62,25 f
-Zn	6,05 f	119,50 f	6,44 b	129,50 a
CV (%)	7,32	9,34	5,36	5,14

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Os maiores teores de Cu no conjunto FP foram encontrados no tratamento -FeZn, que foi 79,32% maior que o tratamento completo. Esse valor, $7,64 \text{ mg kg}^{-1}$, situa-se na faixa dos encontrados na literatura. Valores inferiores foram encontrados por Lange et al. (2005), de $4,25 \text{ mg kg}^{-1}$, para mamoneira cv. Íris e por Paulo et al. (1989), que observaram $5,4 \text{ mg kg}^{-1}$ para a mamoneira cv. IAC 80. Valores superiores aos encontrados neste trabalho foram descritos por Chiaradia (2005), que encontraram $10,83 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu para a cv. Guarani. Malavolta (2006) relatou que altas doses de Cu diminuem a disponibilidade,

tanto para Fe como para Zn. Os menores teores desse micronutriente foram observados nos tratamentos -Zn e -MnZn, que tiveram os seus teores reduzidos, respectivamente, em 20,81% e 21,86% em relação ao tratamento completo. Mills & Jones Junior (1991) relatam que a absorção de Cu inibe a de Zn e vice-versa, além de competir com Fe pelos sítios de absorção.

Os menores teores de Cu no tratamento completo foram devidos as altas produções de matéria seca refletindo um efeito de diluição do nutriente. Esse fato é comprovado nos mais altos acúmulos desse nutriente no tratamento supracitado.

Os maiores teores no caule foram verificados nos tratamentos -CaB, -B e -FeB que foram estatisticamente iguais e foram, respectivamente, 104,22%, 100,26% e 94,99% maiores que o tratamento completo. Apesar disso, esse valor ainda é superior ao encontrado para a cv. IAC 80, tendo Paulo et al. (1989) verificado teores de $2,00 \text{ mg kg}^{-1}$ desse nutriente no caule.

O tratamento que mais acumulou esse micronutriente nas FP foi o tratamento completo, com acúmulo de $294,00 \mu\text{g planta}^{-1}$. Os menores valores foram encontrados nos tratamentos -BMn e -CaB, que não diferiram e foram, respectivamente, 71,15% e 72,45% menores que o tratamento completo.

Nos caules das plantas, o tratamento que mais acumulou esse micronutriente foi o -Zn, que foi 50,58% superior ao tratamento completo. Os menores acúmulos foram verificados nos tratamentos -BZn, -CaB e -BMn, esses não diferiram estatisticamente e apresentaram valores de teor reduzidos em, respectivamente, 56,40%, 58,43% e 59,01% em relação ao tratamento completo.

3.2.2.3 Teor e acúmulo de ferro

Os teores e acúmulos de Fe em plantas de mamoneira cv. Guarani sob tratamentos com omissões simples e múltiplas de nutrientes são mostrados na Tabela 11.

TABELA 11 Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos ($\mu\text{g planta}^{-1}$) de ferro nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Ferro			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	232,20 d	8969,00 b	75,82 f	1724,75 a
-Ca	176,61 f	3502,50 d	66,33 g	898,25 d
-CaB	195,20 e	1456,00 h	97,55 e	450,00 h
-B	272,67 c	3484,75 d	115,04 c	639,25 g
-BMn	279,56 c	3142,25 e	129,43 b	705,50 f
-BZn	232,41 d	2842,50 f	109,32 d	617,75 g
-Fe	174,40 f	5301,25 c	41,59 i	888,00 d
-FeB	104,48 h	954,00 i	39,83 i	223,75 i
-FeZn	126,18 g	2543,75 g	51,98 h	771,50 e
-Mn	461,39 a	10201,25 a	137,06 a	1584,50 b
-MnZn	304,72 b	5384,75 c	92,39 e	1014,00 c
-Zn	263,81 c	5220,75 c	78,25 f	1572,25 b
CV (%)	7,89	8,66	11,28	12,62

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Para os teores de Fe nas FP, o tratamento sob omissão de Mn se mostrou 98,70% superior ao tratamento completo. Esse resultado foi semelhante ao descrito por Chiaradia (2005), que encontrou valores desse micronutriente de 259,25 mg kg⁻¹. Por outro lado, Lange et al. (2005) relataram valores de 30 mg kg⁻¹ para a cv. Íris e Paulo et al. (1989) encontraram teores de Fe na faixa de 65 mg kg⁻¹ para a mamoneira cv. IAC 80, aos 45 dias. Esse fato pode ser explicado pela ocorrência de inibição competitiva existente entre Fe e Mn (Mills & Jones Junior, 1991; Malavolta et al., 1997). Os menores teores desse micronutriente foram encontrados no tratamento sob omissão de FeB, em que se observou uma redução de 55,00%, quando comparado ao tratamento completo.

Assim como nas FP, no caule, os maiores teores foram encontrados no tratamento -Mn, que foi 80,77% superior ao tratamento completo que tiveram teores de 75,82 mg kg⁻¹ de Fe. Esse valor é superior ao encontrado por Paulo et al. (1989) para plantas de mamoneira cv. IAC 80 aos 45 dias, pois os autores relataram teores de 29 mg kg⁻¹ de Fe. Os menores teores foram encontrados no tratamento -Ca, que teve seu teor reduzido em 12,52% ao ser comparado com o tratamento completo, provavelmente devido a problemas nas raízes das plantas.

Ao se referir em acúmulo de Fe nas FP, os maiores valores foram verificados no tratamento -Mn, pois esse tratamento teve um acúmulo 13,74% superior ao tratamento completo. Os menores acúmulos desses micronutrientes foram encontrados no tratamento sob omissão de FeB, que sofreu redução nos seus valores de 89,36% em relação ao tratamento completo.

Para o caule das plantas de mamoneira da cv. Guarani, o tratamento que mais acumulou esse micronutriente foi o completo, com 1.714,25 µg planta⁻¹. Os menores acúmulos, assim como para o conjunto FP, ocorreram no tratamento sob omissão de FeB, os quais apresentaram redução de 87,02%, quando comparados ao tratamento completo.

3.2.2.4 Teor e acúmulo de manganês

Por meio da Tabela 12 verificam-se os teores e acúmulos de Mn em FP e caules de mamoneira da cv. Guarani sob deficiências de nutrientes.

TABELA 12 Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos ($\mu\text{g planta}^{-1}$) de manganês nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Manganês			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	114,87 f	4426,00 b	28,07 d	639,50 b
-Ca	185,78 b	3721,25 c	74,48 a	1010,50 a
-CaB	137,57 d	1012,75 g	45,57 b	210,25 f
-B	87,58 g	1119,50 g	25,80 e	143,25 h
-BMn	28,34 h	318,75 j	11,91 h	64,75 i
-BZn	121,90 e	1491,00 f	31,17 c	176,00 g
-Fe	213,99 a	6505,25 a	28,51 d	608,75 c
-FeB	88,57 g	808,75 h	26,96 e	151,50 h
-FeZn	167,08 c	3368,50 d	18,31 g	271,75 e
-Mn	22,36 i	394,50 i	6,79 i	78,75 i
-MnZn	22,19 i	392,00 j	6,11 i	67,00 i
-Zn	109,42 f	2165,25 e	20,61 f	414,25 d
CV (%)	5,75	6,56	14,86	14,41

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

O maior teor de Mn nas FP das plantas de mamoneira foi verificado no tratamento no qual ocorreu a omissão de Fe, o qual teve um incremento de 86,29% em relação ao tratamento completo. Esse valor é semelhante aos encontrados por Paulo et al. (1989) que relataram teores de 139,00 mg kg⁻¹ de Mn, para plantas de mamoneira cv. IAC 80 e aos obtidos por Chiaradia (2005), que observaram 166,00 mg kg⁻¹ de Mn em mamoneira da cv. Guarani. No entanto, discordam dos encontrados por Lange et al. (2005) para a cv. Íris, tendo os autores encontrado valores de 11,3 mg kg⁻¹ de Mn. A explicação para tal fato é a inibição competitiva entre esses dois elementos, Fe e Mn, ou seja, a absorção de um inibe a do outro (Mills & Jones Junior, 1991; Malvolta et al., 1997). De forma geral, os menores teores foram encontrados nos tratamentos em que ocorreu a omissão de Mn, tendo como exceção o tratamento -BZn. Restam, assim, os tratamentos -Mn e -MnZn, nos quais não se observaram diferenças estatísticas entre eles, sendo, respectivamente, 80,53% e 80,68% inferiores ao tratamento completo.

No caule dessas plantas, os maiores teores foram observados no tratamento -Ca, que foi 165,34% superior ao tratamento completo. Esse valor corrobora o encontrado para mamoneira cv. IAC 80, por Paulo et al. (1989), que relataram teores de 29,00 mg kg⁻¹ de Mn, aos 45 dias em condições de campo. Assim como ocorreu no conjunto FP, os menores teores no caule das plantas de mamoneira cv. Guarani ocorreram nos tratamentos -Mn e -MnZn, que não se diferenciaram estatisticamente entre si e apresentaram redução de 75,81% e 78,23%, respectivamente, em relação ao tratamento completo.

Os maiores acúmulos de Mn nas FP ocorreram no tratamento sob omissão de Fe, em que se observa superioridade de 46,98% em relação ao tratamento completo. Nesse conjunto de FP, os menores valores foram verificados nos tratamentos -MnZn e -BMn, que foram, respectivamente, 91,14% e 92,80% inferiores ao tratamento completo e não diferiram.

O tratamento no qual se omitiu Ca foi o que mais acumulou Mn em seu caule: 58,01% maior que o apresentado pelo tratamento completo. Os menores acúmulos foram verificados nos tratamentos em que o Mn foi omitido, ou seja, -Mn, -MnZn e -BMn, entre os quais não foram verificadas diferenças estatísticas e se observaram reduções de 87,69%, 89,52% e 89,87%, respectivamente.

Há evidências de que a absorção de Mn é controlada metabolicamente, possivelmente de forma similar ao que ocorre para outros cátions. Entretanto, a absorção passiva desse nutriente também pode ocorrer, principalmente quando o metal se encontra em concentrações elevadas na solução (Dechen & Nachtigall, 2006).

3.2.2.5 Teor e acúmulo de zinco

Os valores de teores e acúmulos de Zn em plantas de mamoneira cv. Guarani, em função dos tratamentos, são mostrados na Tabela 13.

TABELA 13 Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos ($\mu\text{g planta}^{-1}$) de zinco nas folhas + pecíolo (FP) e caule de mamoneira cv. Guarani sob omissão simples e múltipla de nutrientes, em solução nutritiva.

Tratamento	Zinco			
	FP		Caule	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	14,71 i	566,75 e	9,03 g	205,50 d
-Ca	36,46 d	730,25 d	28,74 a	389,25 b
-CaB	34,21 e	255,50 g	22,16 b	101,75 e
-B	24,35 g	309,75 f	20,74 c	115,25 e
-BMn	13,69 i	153,75 i	18,96 d	103,25 e
-BZn	21,83 h	267,00 g	10,39 f	58,75 g
-Fe	29,38 f	893,00 c	19,82 d	423,50 a
-FeB	34,67 e	316,50 f	19,62 d	110,00 e
-FeZn	74,80 a	1508,00 a	16,91 e	251,00 c
-Mn	50,11 b	1107,75 b	8,96 g	103,75 e
-MnZn	10,53 j	186,00 h	7,74 g	85,00 f
-Zn	44,87 c	885,25 c	19,29 d	387,75 b
CV (%)	6,84	7,41	6,18	8,39

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Nas FP de plantas de mamoneira da cv. Guarani, os maiores teores de Zn foram verificados no tratamento -FeZn, que foi 508,50% superior ao tratamento completo. Esse valor corrobora os relatados por Lange et al. (2005) que encontraram teores no limbo próximos de 9 mg kg^{-1} e Paulo et al. (1989), para mamoneira cv. IAC 80, encontraram em plantas do tratamento controle teores de $21,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn. Não obstante, Chiaradia (2005) descreve valores em torno de $31,73 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn para plantas da cv. Guarani. Esse fato pode ser explicado pela correlação negativa existente entre Fe e Zn, pois altas aplicações de Zn

podem levar a sintomas de deficiência de Fe (Mills & Jones Junior, 1991; Malavolta, 2006). Por outro lado, os menores teores foram verificados no tratamento -MnZn, tendo este tratamento sido 28,42% inferior ao tratamento completo.

O maior teor de Zn no caule dessas plantas foi verificado no tratamento em que se omitiu o Ca, que foi 218,27% superior ao tratamento completo. Esse valor está próximo ao descrito para a cv. IAC 80 por Paulo et al. (1989), que acuraram 16,5 mg kg⁻¹ de Zn. Os menores foram verificados nos tratamentos -Mn e -MnZn, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si e foram observadas reduções de 0,78% e 14,29%, respectivamente, em relação ao tratamento completo.

Os maiores acúmulos de Zn nas FP dessas plantas de mamoneira foram verificados no tratamento -FeZn. O acúmulo apresentado por este tratamento foi 166,08% superior ao do tratamento completo e os menores valores de teor foram verificados no tratamento em que se omitiu BMn, que apresentou redução de 72,87%, quando comparado ao tratamento completo.

O tratamento -Fe foi 106,08% superior ao tratamento completo, quando se trata de acúmulo de Zn no caule de plantas de mamoneira da cv. Guarani. Os menores acúmulos desse micronutriente em plantas de mamoneira ocorreram no tratamento -MnZn, no qual foram observadas reduções de 58,64% em relação ao tratamento completo.

4 CONCLUSÕES

A omissão de nutrientes, tanto de forma simples quanto múltiplas, afeta a produção de matéria seca de folhas e pecíolo, caule e raiz.

A ordem crescente de limitação dos tratamentos sob omissões para matéria seca de folhas + pecíolo foi: CaB > FeB > BMn > BZn > B > MnZn > Zn > Ca > FeZn > Mn > Fe. Para matéria seca de caule, encontrou-se a seguinte ordem: CaB > BMn > B > FeB > BZn > MnZn > Mn > Ca > FeZn > Zn > Fe. Nas raízes, a ordem de limitação encontrada foi CaB > BMn > BZn > FeB > B > Ca > Mn > FeZn > MnZn > Zn > Fe.

O nutriente cuja omissão mais afeta a produção de matéria seca das plantas é o B, tanto em omissão simples como em múltiplas.

Os nutrientes cuja omissão mais afetaram a relação raiz/parte aérea são Zn e Mn, tendo como exceções os tratamentos -BZn e -BMn.

Os teores médios de nutrientes encontrados nas folhas e no pecíolo do tratamento completo de mamoneira cv. Guarani foram: N= 20,53 g kg⁻¹; P= 2,02 g kg⁻¹; K= 19,35 g kg⁻¹; Ca= 23,20 g kg⁻¹; Mg= 4,41 g kg⁻¹; S= 2,85 g kg⁻¹; B= 69,01 mg kg⁻¹; Cu= 7,64 mg kg⁻¹; Fe= 232,20 mg kg⁻¹; Mn= 114,87 mg kg⁻¹ e Zn= 14,71 mg kg⁻¹. Para o caule das plantas do tratamento completo dessa cultivar, os teores médios verificado foram: N= 11,55 g kg⁻¹; P= 1,64 g kg⁻¹; K= 11,40 g kg⁻¹; Ca= 24,70 g kg⁻¹; Mg= 3,05 g kg⁻¹; S= 1,90 g kg⁻¹; B= 22,93 mg kg⁻¹; Cu= 3,79 mg kg⁻¹; Fe= 75,82 mg kg⁻¹; Mn= 28,09 mg kg⁻¹ e Zn= 9,03 mg kg⁻¹.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. Jena: G. Fischer, 1992. 741 p.
- CHIARADIA, J. J. **Avaliação agronômica e fluxo de gases do efeito estufa a partir de solo tratado com resíduos e cultivado com mamona (*Ricinus communis* L.) e área de reforma de canavial**. 2005. 108 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-8, jul./dez. 2004.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR software**. Versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. **Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2004. 1 CD-ROM.
- FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.
- FRAZÃO, J. E. M. **Diagnose da deficiência nutricional e crescimento do bastão-do-imperador *Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith com o uso da técnica do elemento faltante em solução nutritiva**. 2008. 68 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, New York, v. 31, n. 2, p. 273-307, July/Dec. 1979.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347).

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C.; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 61-67, jan. 2005.

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R. M.; SILVA, M. L. S.; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 145-151, fev. 2002.

LÉLES, É. P. **Interação de doses de calcário e zinco na mamoneira**. 2008. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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 das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

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

MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. **Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micromacro, 1991. 422 p.

PAULO, E. M.; BATAGLIA, O. C.; KASAI, F. S.; CAVICHIOLI, J. C. Deficiência de boro em mamona. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 241-247, abr. 1989.

PINHO, P. J. de. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*musa velutina* h. wendl. & drude)**: alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais. 2007. 147 p. Tese (Doutorado Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JÚNIOR, C. T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 458-491.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 239-260.

SILVA, D. H. **Boro em mamoneira**: aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à deficiência e toxicidade. Piracicaba: ESALQ, 2007. 103 p.

SILVA, D. H.; ROSSI, M. L.; BOARETTO, A. E.; NOGUEIRA, N. L.; MURAOKA, T. Boron affects the growth and ultrastructure of castor bean plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 659-664, nov./dez. 2008.