



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CG
CTR
CTR
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais

DISSERTAÇÃO
AREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE
MACRONUTRIENTES EM PLANTAS JOVENS DE *Moringa oleifera* Lam.

HUGO VIEIRA

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
NOVEMBRO DE 2007

HUGO VIEIRA
Engenheiro Agrônomo

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE
MACRONUTRIENTES EM PLANTAS JOVENS DE *Moringa oleifera* Lam.**

Orientadores: Profa. Dra. LUCIA HELENA GAROFALO CHAVES
Prof. Dr. RICARDO ALMEIDA VIÉGAS

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola (M.Sc.), Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

CAMPINA GRANDE - PB
NOVEMBRO DE 2007



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFPG

V657e

2007 Vieira, Hugo

Exigências nutricionais e sintomas de deficiência de macronutrientes em plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. / Hugo Vieira. — Campina Grande, 2007.

79f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof.^a Dr.^a Lúcia Helena Garófalo Chaves, Prof. Dr. Ricardo Almeida Viegas.

1. Nutrição vegetal

1. Deficiência nutricional. 2. Diagnose visual. 3. Solução nutritiva. I.

Título.

631.811(043)

CDU-531.133.17:134(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

HUGO VIEIRA

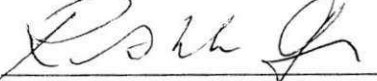
EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES
EM PLANTAS JOVENS DE MORINGA

BANCA EXAMINADORA

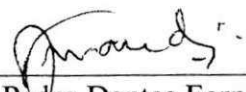
PARECER


Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves – Orientadora

Aprovado


Dr. Ricardo Almeida Viêgas - Orientador

Aprovado


Dr. Pedro Dantas Fernandes – Examinador

Aprovado


Dr. José Elenildo de Queiroz - Examinadora

Aprovado

NOVEMBRO - 2007

A minha irmã **Vanja Vieira** (in memória), pelo grande coração solidário e exemplo de coragem que sempre demonstrou, e aos meus sobrinhos Karoline e Nathan Vieira Lopes, que nos devolveram a vontade de sorrir novamente.

OFEREÇO E DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela criação da natureza, da qual faço parte.

Ao curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciência e Tecnologia da universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pelas oportunidades concedidas á realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores orientadores Dra. Lucia Helena Garofálo Chaves e Dr. Ricardo Almeida Viegas pelos valiosos ensinamentos, repassados durante o curso e na elaboração desta Dissertação, como também.

Ao prof. Dr. Hans Raj Gheyi pela valiosa orientação e contribuições na elaboração desta dissertação.

Ao Dr. Rui Bezerra, pela sugestão acadêmica, por sua amizade e respeito, que sempre demonstrou, para comigo e minha família.

Ao professor Dr. Iêde de Brito Chaves pela valiosa contribuição no registro fotográfico de dados desta dissertação.

Aos demais professores que contribuíram com meu aperfeiçoamento técnico/científico no decorrer deste curso de pós- graduação.

Aos amigos: Patrício Cavalcante, Ivana Cordeiro e Glenilso Ferreira, Frederico Antonio pela amizade e respeito que sempre demonstraram.

Aos técnicos do (LIS), Francisco, Doutor e Wilson, pelas informações laboratoriais prestadas, no decorrer deste curso e pelos vários diálogos que compartilhamos.

Aos funcionários do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, em especial as Sra. Rivanilda e Sra. Aparecida, pelo atendimento cordial e pela dedicação para com os alunos deste curso.

A Ana Lucia, minha esposa e companheira, pelo apoio, estímulo e confiança que sempre demonstrou durante mais esta etapa de nossas vidas em comum.

A meus pais José de Arimatéa Vieira e Maria de Lourdes Araújo Vieira pela minha existência e por terem me ensinado os primeiros passos, em direção ao saber cuidar e gostar de plantas e animais.

Ao meus irmãos Amarildo Vieira, Vanja Vieira (in memória) e Demétrio Vieira pelo apoio e estímulo, que me proporcionaram durante todo curso.

A central das Associações dos Assentamentos do Alto Sertão Paraibano (CAAASP), pelo apoio a realização desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	Vi
LISTA DE FOTOS	vii
APENDICES	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Características botânicas da <i>Moringa oleifera</i> Lam.	3
2.2. Distribuição geográfica	4
2.3. Exigências de solo e clima	5
2.4. Principais usos da moringa	5
2.5. Composição elementar e exigências nutricionais das plantas superiores	7
2.6. Avaliação do estado nutricional em plantas	8
2.7. Sintomas de deficiência de macronutrientes em plantas	9
2.8. Métodos utilizados na identificação de sintomas de deficiência nutricional em plantas	11
2.8.1. Diagnóstico por subtração	11
2.8.2. Diagnóstico visual	11
2.9. Caracterização dos macronutrientes	12
2.9.1. Nitrogênio	12
2.9.2. Fósforo	14
2.9.3. Potássio	15
2.9.4. Cálcio	16
2.9.5. Magnésio	17
2.9.6. Enxofre	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1. Localização e caracterização do ambiente experimental	20
3.2. Descrição do experimento	20
3.3. Delineamento estatístico	21
3.4. Preparo das soluções nutritivas	22
3.5. Substrato e recipiente utilizados no experimento	23
	III

3.6. Tratamento das sementes e germinação	24
3.7. Transplante e aclimatação das plantas	24
3.8. Condução do experimento	25
3.8.1. Análises e determinação analítica dos nutrientes	25
3.8.2. Eficiência de Utilização de Nutriente (EFU)	26
3.8.3. Diagnose Visual	26
3.9. Análises estatísticas	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1. Produção e alocação de massa seca entre raízes e parte aérea	27
4.2. Concentração dos nutrientes em tecidos de folhas, caules e raízes	32
4.2.1. Em condições fisiológicas (controle)	32
4.2.2. Com a omissão de N	35
4.2.3. Com a omissão de P	37
4.2.4. Com a omissão de K	38
4.2.5. Com a omissão de Ca	49
4.2.6. Com a omissão de Mg	49
4.2.7. Com a omissão de S	40
4.3. Parâmetros Indicativos de Eficiência Nutricional	41
4.4. Sintomas de deficiências de macronutrientes	44
4.4.1. Deficiência de N	46
4.4.2. Deficiência de P	47
4.4.3. Deficiência de K	48
4.4.4. Deficiência Ca	50
4.4.5. Deficiência de Mg	51
4.4.6. Deficiência de S	52
5. CONCLUSÕES	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICES	63

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Principais usos de <i>Moringa oleifera</i> Lam., de acordo com a parte da planta, em diversas regiões ou países.	6
Tabela 2. Tratamentos a que foram submetidas às plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	21
Tabela 3. Concentrações das soluções estoque utilizadas na preparação das soluções nutritivas.	22
Tabela 4. Composição química das soluções nutritivas utilizadas no experimento correspondentes a cada tratamento.	23
Tabela 5. Médias gerais para as variáveis massa seca de raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF), parte aérea (MSPA), Total (MST) e relação da massa seca das raízes/partes aérea (R/PA) em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. decorridos 33 dias do início dos tratamentos.	29
Tabela 6. Médias gerais dos conteúdos de N, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² e S na massa seca em folhas de plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. aos 33 dias após o início dos tratamentos.	33
Tabela 7. Médias gerais para as concentrações de N, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² e S na massa seca das raízes R em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. aos 33 dias após o início dos tratamentos.	34
Tabela 8. Médias gerais para as concentrações de N, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² e S na massa seca dos caules em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. aos 33 dias após o início dos tratamentos.	34
Tabela 9. Médias gerais para as concentrações de N, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² e S na massa seca em folhas de plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. aos 33 dias após o início dos tratamentos.	35
Tabela 10. Coeficientes de correlação simples (r) entre nutrientes (g kg ⁻¹ MS) em raízes (R), caules (C) e folhas (F) de plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. aos 33 dias após o início dos tratamentos, considerando as diferentes situações estudadas.	42
Tabela 11. Eficiência de utilização (EFU) de N, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² e S por plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. 33 dias após o início dos tratamentos.	44

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Absorção líquida (g planta^{-1}) de N, P, K, Mg e S por plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam., 33 dias após o início dos tratamentos.	32

LISTA DE FOTOS

		Página
Foto 1	Aparência das plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. cultivadas em solução nutritiva completa (controle) no final do período experimental.	46
Foto 2.	Aparência de plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. deficientes em N (-N), e irrigadas com solução nutritiva completa (controle) ou com CaSO ₄ 1,0 mM (CC), no final do período experimental.	47
Foto 3.	Aparência de plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. de moringa deficientes em P (-P), e irrigadas com solução nutritiva completa (controle) ou com CaSO ₄ 1,0 mM (CC), no final do período experimental.	48
Foto 4.	Detalhe do sintoma da deficiência de K ⁺ em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam., 21 dias após o início dos tratamentos.	49
Foto 5.	Detalhe do sintoma da deficiência de K ⁺ em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam., no final do período experimental.	49
Foto 6.	Detalhe do sintoma da deficiência de Ca ⁺² em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam., no final do período experimental.	50
Foto 7.	Detalhe do sintoma da deficiência de Mg ⁺² em plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. no final do período experimental.	51
Foto 8.	Aparência de plantas jovens de <i>Moringa oleifera</i> Lam. deficiente em S (-S), e irrigadas com solução nutritiva completa (controle) ou com CaSO ₄ 1,0 mM (CC), no final do período experimental.	52

APÊNDICES

	Página
Foto 1. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C) e com a omissão de N e P da solução nutritiva.	63
Foto 2. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C +), irrigadas com 1,0 mM de CaSO ₄ (C-) e com a omissão de K ⁺ da solução nutritiva.	63
Foto 3. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C +), irrigadas com 1,0 mM de CaSO ₄ (C-) e com a omissão de Ca ⁺² da solução nutritiva.	64
Foto 4. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C) e com a omissão de Mg ⁺² e S da solução nutritiva.	64
Foto 5. Vista geral das plantas de moringa no tratamento controle, irrigadas com 1,0 mM de CaSO ₄ (CC), e com a omissão de N, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² e S da solução nutritiva	65

RESUMO

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS JOVENS DE *Moringa oleifera* Lam.

A *Moringa oleifera* Lam., é uma planta perene, da família moringaceae, originária do noroeste da Índia, mas amplamente distribuída na Índia, Egito, Ceilão, Tailândia, Malásia, Paquistão, Singapura, Jamaica, Filipinas, Nigéria, e Nordeste do Brasil. Trata-se de uma espécie utilizada na ornamentação de parques e jardins, na alimentação animal, na alimentar humana, na medicina e no tratamento de águas para o consumo humano. Com o propósito de induzir e caracterizar sintomas de deficiências, acúmulo de matéria seca e concentração dos macronutrientes na raiz, caule e folhas, conduziu-se durante 33 dias, um ensaio em casa de vegetação, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, utilizando mudas de *Moringa oleifera* Lam., cultivadas em vasos contendo areia de rio, que após tratamento, passou a ser irrigada com as seguintes soluções nutritivas: omissão de N, omissão de P, omissão de K^+ , omissão de Ca^{2+} , omissão de Mg^{2+} , omissão de S, e solução nutritiva completa. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. De forma geral, a omissão de K^+ , Ca^{2+} , e S, da solução nutritiva não resultou em alterações no padrão de crescimento, nem no acúmulo de massa seca total (MST), das plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., caracterizando assim um alto grau de eficiência de utilização, que esta espécie apresenta, principalmente em relação ao de K^+ , Ca^{2+} . A omissão de N, P e Mg^{2+} , provocaram reduções similares na produção de MST afetando o padrão de desenvolvimento das plantas e acúmulo de MST. A omissão de Mg^{2+} provocou aumento no teor de P nas raízes e de Ca^{2+} , no caule e na folha enquanto que o K^+ foi reduzido, estes resultados caracterizam a existência de certo antagonismo entre K^+ , Ca^{2+} , e Mg^{2+} . A omissão de S provocou redução nas concentrações de N e acréscimo nos teores de P, caracterizando um efeito competitivo entre S e o P. Os primeiros sintomas de deficiência começaram a surgir 15 dias após a omissão dos macronutrientes. Com exceção do tratamento com a omissão de S, todos os outros apresentaram sintomas visuais de deficiência. A julgar pelo tempo em que os primeiros sintomas visuais começaram a ser percebidos, a *Moringa oleifera* Lam. apresenta um eficiente sistema de absorção e, principalmente, de armazenamento e utilização de nutrientes.

Palavras-chave: deficiência nutricional, diagnose visual, solução nutritiva.

ABSTRACT

NUTRITIONAL REQUIREMENTS AND SYMPTOMS OF MACRONUTRIENTS DEFICIENCY IN YOUNG *Moringa oleifera* Lam. PLANTS

The *Moringa oleifera* Lam., is a perennial plant belonging of the moringaceae family and is native from northwest of India, although widely distributed in India, Egypt, Thailand, Malaysia, Pakistan, Singapore, Jamaica, Philippines, Nigeria, and Northeast of Brazil. It is a plant species utilized as ornamental in parks and gardens, animal and human feeding, medicinal and in the water treatment for human consumption. To induce and to characterize symptoms of macronutrients deficiencies as well as dry mass accumulation and nutrient concentrations in roots, stem and leaves under such an growth conditions, an experiment was carried out during 33 days in a greenhouse of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Campina Grande, utilizing seedlings of *Moringa oleifera* Lam., raised in plastic pots filled with river sand and irrigated with the following nutrient solutions: complete nutrient solution (macro and micronutrients) or with omission of N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, and S. The statistical design utilized was the entirely randomized with three replicates per treatment. In a general way, omission of K⁺, Ca²⁺, and S of the solution, did not result in alterations of both growth and total dry mass (TDM) accumulation standard of young *Moringa oleifera* Lam., plants, then characterizing they to have a high level of efficiency for nutrient utilization, mainly K⁺ and Ca²⁺. The omission of N, P e Mg²⁺ gives rise to similar reductions in MST production and affected growth performance. The omission of Mg²⁺, provoked increase in concentration of P of roots and Ca²⁺ of stem and of leaf, while K⁺ concentration was reduced. This result characterizes the existence of a certain antagonism among K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺,. The omission of S reduced N and increased P concentrations, which characterizes a competitive effect between S and P. The first symptoms of deficiency start to be visible 15 days after the macronutrients omission. With exception of the treatment with the omission of S, all the others had presented visual symptoms of deficiency. By the time that the first visual symptoms started to be perceived, the *Moringa oleifera* Lam. plants present an efficient absorption system and, mainly, storage and use of nutrients

Key-words: nutrient deficiency, visual diagnose, nutrient solution.

1. INTRODUÇÃO

Embora as relações fundamentais entre nutrição mineral e crescimento sejam os mesmos, tanto para as espécies arbóreas quanto para as demais espécies (NAMBIAR, 1989), o conhecimento acerca da necessidade de nutrientes para o crescimento de uma determinada espécie, é à base da identificação e correção de suas deficiências nutricionais contribuindo para que a mesma sobreviva em diferentes tipos de solo.

A diminuição na produção de qualquer cultura devido a deficiência nutricional é, em geral, precedida por sintomas visuais, que geralmente, são mais evidentes nas folhas. O conhecimento destes sintomas possibilita intervenções corretas e sem desperdícios.

A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) é uma espécie perene da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, tendo sido introduzida no Brasil já há alguns anos, uma vez que ela é conhecida no Estado do Maranhão desde 1950 (AMAYA et al., 1992). Trata-se de uma planta adaptada às condições semi-áridas e de uso diversificado com especial destaque na ornamentação de parques e jardins, na alimentação animal, na complementação alimentar humana e na medicina.

Atualmente a moringa vem sendo cultivada e difundida em toda a área denominada "polígono das secas", devido, principalmente, a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico, uma vez que suas sementes possuem efeito coagulante, servindo para clarificar água (GALLÃO et al., 2006).

O uso da moringa, especialmente no campo da alimentação e saúde humana, tem recebido atenção especial de várias organizações governamentais e não governamentais preocupadas com o combate à desnutrição e com a qualidade da água, utilizada por famílias com domicílio na zona rural de países de clima tropical e em fase de desenvolvimento econômico (JANH, 1991). A exemplo disto a Central das Associações dos Assentamentos do Alto Sertão Paraibano (CAAASP), esta desenvolvendo o Programa de Formação e Mobilização Para a Convivência com o Semi-Árido, denominado "Programa Um Milhão de Cisternas" (P1MC), através do qual tem estimulado o plantio e uso de sementes de moringa.

No alto Sertão da Paraíba, para cada residência beneficiada com uma cisterna de placa é doada uma muda de moringa para plantio. Além de receber uma muda da referida planta, a família beneficiária do Programa P1MC aprende como tratar a água para uso doméstico, utilizando as sementes da mesma. Este programa vem sendo desenvolvido desde 1999 e foi intensificado a partir de 2003, através da implantação de 02 Unidades Gestoras Microrregionais (UGMs), no alto sertão paraibano.

Embora várias experiências práticas comprovem a diversidade de aplicações da moringa nos mais variados setores da atividade humana, poucos são os trabalhos na literatura direcionados ao conhecimento desta espécie do ponto de vista da sua nutrição mineral (BAKKE, 2001); algumas pesquisas, entretanto, a moringa quando cultivada em solos com problemas de salinidade, tem demonstrado diminuição no acúmulo de N e P (FERNANDES et al., 1998), enquanto outras têm sido diretamente relacionadas em testar a eficiência desta espécie como agente floculante, bactericida e como complemento nutricional na alimentação humana e animal (CARVALHO et al., 1998; BAKKE, 2001).

Desta forma, é preponderante a obtenção de dados científicos sobre a nutrição da moringa, principalmente por se tratar de uma espécie exótica, de forma a contribuir com questões relativas ao seu desenvolvimento, melhoria de sua produtividade e da qualidade de seus produtos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre sobre a produção e distribuição de massa seca em plantas jovens de moringa, bem como identificar os sintomas visuais provocados pela deficiência destes elementos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características botânicas

A família *Moringaceae* é composta apenas de um gênero, *Moringa*, com quatorze espécies conhecidas (PIO CORREIA, 1984), sendo apenas onze descritas na literatura (SILVA, 1996). Dentre estas espécies, duas tem sido mais pesquisadas, a *Moringa oleifera* Lam. e a *Moringa estenopetala* (TRIER, 1995).

A *Moringa oleifera* Lam. possui vários nomes vulgares, em inglês e em português, dentre os quais citam-se como exemplo: jasmim francês, baqueta, horseradish, rabanete, moringa, quiabo de três quinas (CACERES et al., 1991; ARAÚJO, 1999). Na região Nordeste do Brasil a mesma é conhecida por lírio branco ou quiabo-de-quina (PIO CORREIA, 1984; GERDES, 1996; BEZERRA et al. 1997).

Segundo Trier (1995), Silva (1996), Bezerra et al. (1997), Araújo (1999) e Bakke (2001), a *Moringa oleifera* Lam. é uma espécie arbórea que apresenta um rápido crescimento, caducifolia e em média pode atingir entre 10 a 12 m de altura. Sua casca é de cor clara, lisa e leve; as folhas apresentam medidas que variam de 25 a 45 cm de comprimento, são arranjadas em espiral, possuem cinco pares de folíolos que têm coloração verde-azulada na parte inferior e verde-clara na parte superior. Os folíolos são ovalados ou obovalados, com base aguda, obtusa ou circular, freqüentemente oblíquas, ápice obtuso, circular ou crenado. Estes folíolos possuem medidas de 0,9 a 1,8 cm de comprimento por 0,5 a 1,2 cm de largura, pecíolos amarelos ou brancos com listras vermelhas em sua porção externa.

As flores da *Moringa oleifera* Lam. são brancas ou beges, com coloração amarela em sua base, possuem fragrância leve e se apresentam em panículas que nascem nas axilas com 10 a 25 cm de comprimento. As flores são caracterizadas por apresentarem cinco pétalas, cinco sépalas, cinco estames e cinco estaminóides. O fruto da *Moringa oleifera* Lam. é do tipo seco, capsular, de secção triangular e se abre em três válvulas com sementes que possuem três asas (TRIER, 1995). As dimensões apresentadas pelo fruto são cerca de 1,0 cm

de diâmetro e de 40 a 50 cm de comprimento, em número de 400 a 600 por planta, expondo até 25 sementes. As sementes são numerosas, globulares, de coloração castanha, possuem em torno de 1 cm de diâmetro, são trialadas com “asas” na base e no ápice (SILVA, 1996; ARAÚJO, 1999; BAKKE, 2001).

A propagação da *Moringa oleifera* Lam. pode ser feita através de sementes, mudas ou por estacas (BEZERRA, 1997). As sementes têm uma baixa taxa de germinação quando recém colhidas, mas com um ano de armazenamento esta taxa varia de 25 a 60% (BAKKE, 2001). Quando o plantio é feito por semente, estas não devem ser colocadas a uma profundidade superior a 1,0 cm; ademais, o processo da germinação deve ser conduzido com ligeiro sombreamento. Na propagação por estacas, devem ser utilizados ramos ou galhos com aproximadamente 25 cm de comprimento e na propagação por mudas, estas devem ser produzidas 2 a 3 meses antes do período chuvoso permitindo que a planta atinja um bom tamanho para que sejam transplantadas no período em que ocorrem as primeiras chuvas (JANH, 1991; CÁCERES et al., 1991; GERDES, 1996; ARAÚJO, 1999).

2.2. Distribuição Geográfica

A moringa é originária do nordeste indiano, amplamente distribuída na Índia, Egito, Filipinas, Ceilão, Tailândia, Malásia, Burma, Paquistão, Singapura, Jamaica e Nigéria (TRIER, 1995). A sua difusão se deu, em princípio, por fatores ornamentais através dos impérios colonialistas, quando, então, os ingleses levaram a moringa da Índia para a África, principalmente para o Sudão, ainda no século XIX. Somente com a descoberta das propriedades do óleo contido nas sementes é que foi dado valor comercial a esta planta, tornando a sua difusão mais ativa por parte dos colonizadores ingleses, holandeses e franceses.

Essa planta foi introduzida no continente Americano, provavelmente pelo Haiti, também no século XIX (TRIER, 1995; BAKKE, 2001). No Brasil, a introdução da mesma foi bastante tímida, limitando-se também a objetivos ornamentais, provavelmente a partir do estado do Maranhão onde a moringa é conhecida desde 1950 (AMAYA et al., 1992; TRIER, 1995; GALLÃO et al., 2006).

2.3. Exigências de solo e clima

A moringa é uma planta que se desenvolve satisfatoriamente em regiões desde as subtropicais seca e úmidas até tropicais secas e florestas úmidas, que apresentam temperatura variando entre 24 e 30 °C e precipitações mínimas de 600 a 700 mm por ano (ARAÚJO, 1999). É tolerante à seca, florescendo e produzindo frutos (DUKE, 1978).

Esta espécie de planta vegeta bem em uma grande variedade de solos, mas apresenta sérias restrições de cultivo naqueles com drenagem deficiente e acidez elevada (TRIER, 1995; GERDES, 1996; BEZERRA et al., 1997; ARAÚJO, 1999; BAKKE, 2001).

2.4. Principais usos da moringa

A moringa é uma planta de múltiplo uso (Tabela 1). Quase todas as suas partes são ditas como sendo de valor alimentar (folhas, frutos verdes, flores e sementes) e medicinal (todas as partes da planta) (PALADA, 1996; MAKKAR & BECKER, 1997). No Haiti, seu óleo foi utilizado na culinária, na fabricação de sabão durante a segunda guerra mundial, no mecanismo de precisão dos relógios do século XIX, e, com particular destaque, na complementação alimentar humana. A identificação deste elenco de utilidades está associada diretamente ao conhecimento popular, em grande parte adquirido por meio de observações e experiências com erros e acertos (CÁCERES et al., 1991).

Tabela 1. Principais usos de *Moringa oleifera* Lam., de acordo com a parte da planta, em diversas regiões ou países.

Uso	Parte da Planta	Região ou País
Alimento humano	Folhas, frutos verdes e flores	Ásia, África, América Central
Alimento animal	Planta inteira	América Central
Especiarias	Raízes (principalmente)	Ásia, África
Azeite (conzinha, cosmético)	Sementes	Ásia, Madagascar, África.
Tratamento de água	Sementes	Sudão, Indonésia, Índia
Cerca/poste vivo	Toda a árvore	
Adorno	Flores	América Central
Praguicida	Raízes	
Melífera	Flores	Índia, América Central
Lenha	Tronco	América Central, Índia
Construção	Madeira	
Sombra de café	Toda a árvore	América Central
Ornamental	Arvore inteira	África, América Central, EUA, África.

Fontes: JANH et al. (1986); CÁCERES, et al. (1991); ARAÚJO (1999)

Em decorrência de sua multiplicidade de uso, a moringa constitui-se em uma planta muito valiosa principalmente nas regiões de clima Semi-Árido onde a natureza impõe severos limites à sobrevivência dos seres humanos e dos animais. De acordo com Ndabigengesere e Narasiah (1996), as sementes da moringa são uma alternativa viável como agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, que comumente são utilizados no tratamento de água em todo mundo. Quando comparadas com o alumínio, estas sementes não alteraram significativamente o pH e a alcalinidade da água após o tratamento e não causam problemas de corrosão. A suspensão do pó das sementes da moringa pode clarificar diferentes tipos de águas superficiais com baixa, media e alta turvação e torná-las potável dentro de uma ou duas horas.

As substâncias ativas são encontradas nos cotilédones das sementes da moringa que possuem três componentes: o bem-oil, o flocculante e as substâncias antimicrobianas. Estas substâncias possuem ações contra bactérias, por exemplo *Bacillus megaterium*, *Staphylococcus aureus*, principal causador das infecções hospitalares e *Mycobacterium phlei* Wo, e contra fungos, por exemplo, *Botrytis allii*, *Cândida reukaufii*, *Coniophora cerebella*, *Penicillium expansum*, *Phytophthora cactorum*, *Piriculariaoryzae*, *Shistosoma mansoni*,

Cercariae (OLSEN, 1987; SILVA, 1999; KALOGO et al., 2001; GALLÃO et al., 2006).

As folhas da moringa contêm um antibiótico conhecido, com poder efetivo contra o vibrião da cólera (MORTON 1991), contêm, também, propriedades repelentes para a lagarta do milho, como é usada comumente na Guatemala (CACERES, et al.,1991), apresenta um alto teor de cálcio e ferro, sendo estas folhas comumente indicadas para o tratamento de anemia, em mulheres grávidas e crianças nas Filipinas.

2.5. Composição elementar e exigências nutricionais das plantas superiores

Carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre são os elementos que constituem as proteínas; além destes seis elementos nutrientes, existem 14 outros que são essenciais para o crescimento das plantas: cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês, molibdênio, cobre, boro, zinco, cloreto, sódio, cobalto, vanádio e silício; nem todos são requeridos para todas as plantas, mas todos têm sido considerados essenciais para algumas delas (TISDALE et al., 1993).

No mínimo 60 elementos têm sido encontrados nos tecidos de várias plantas; este número apresenta relativa significância quantitativa se comparado com os 92 elementos minerais atualmente conhecidos. Por isso, é então, provável, que as plantas superiores absorvem qualquer elemento que esteja em sua forma solúvel próximo ao ambiente radicular. Apesar disto, as plantas apresentam uma parcial habilidade em controlar as taxas em que determinados elementos são absorvidos, tanto que a absorção não é diretamente proporcional à quantidade disponível de um dado nutriente; ademais, diferentes espécies de plantas variam em sua habilidade para selecionar um determinado íon (TISDALE et al., 1993).

Os elementos requeridos para o crescimento e desenvolvimento das plantas são encontrados nos tecidos vegetais em concentrações amplamente variadas (CARMELLO, 1992); em razão deste fato, os nutrientes considerados essenciais são arbitrariamente classificados em dois grupos: macronutrientes, aqueles exigidos em quantidades relativamente grandes e os micronutrientes exigidos em pequenas quantidades (TAIZ & ZEIGER, 1991). Apesar desta classificação, um elemento exigido em menor quantidade pela planta

(micronutriente) é consideravelmente tão importante quanto aquele exigido em maior quantidade (macronutriente) (CARMELLO, 1992).

Em 1939, dois fisiologistas americanos, Daniel Arnon e Perry Stout deram uma grande contribuição aos estudos de nutrição mineral de plantas introduzindo critérios de essencialidade a partir dos quais os elementos essenciais podem ser discriminados (SALISBURY & ROSS, 1992). Estes critérios são os seguintes: a) o elemento é essencial quando encontrado como constituinte de algum composto ou como participante de alguma reação essencial ao ciclo vital da planta, como exemplo tem-se a participação do nitrogênio na constituição das proteínas e o ferro nos citocromos; b) na ausência ou escassez do elemento a planta não consegue completar seu ciclo vital; c) a falta do elemento é específica e só pode ser prevenida ou corrigida pela adição do referido nutriente, não podendo ser substituído por nenhum outro; d) o elemento deve estar relacionado diretamente a nutrição da planta, não podendo seu efeito ser consequência de alterações eventuais nas propriedades do solo.

2.6. Avaliação do estado nutricional em plantas

O estado nutricional das plantas pode ser adequadamente avaliado por meio de procedimentos diversos como, por exemplo, avaliações bioquímicas, avaliações fitotécnicas, fisiológicas e concentração de clorofilas, intensidade de energia irradiada pelas folhas, análise visual da planta e análise da seiva ou da matéria seca onde a concentração de cada elemento nutriente pode ser determinada, entre outros. Neste último caso, a quantidade de matéria seca produzida pela planta (fitomassa) pode ser eventualmente relacionada com a quantidade total de nutrientes nela existente como resultado direto da sua absorção pelas raízes (FONTES, 2001). O acúmulo de matéria seca pelas plantas pode ser distinguido por dois períodos distintos: o vegetativo e o reprodutivo; no vegetativo ou de crescimento, o acúmulo é intenso e a demanda por nutrientes é alta. No período reprodutivo, o crescimento e a necessidade por nutrientes diminuem, predominando a translocação de metabólitos dentro da planta (GIANELLO et al., 1995).

Após uma planta ser submetida à secagem a 70 °C durante 24 - 48 horas, a massa seca obtida apresenta entre 10 e 20% do seu peso inicial; os resultados decorrentes de uma análise química do material vegetal (folha, caule,

raízes) são geralmente expressos com base na matéria seca produzida, isto porque ele é bem mais estável quando comparada com a matéria fresca a qual substancialmente varia com a hora do dia, com a quantidade de água disponível no solo, com a temperatura, com a velocidade do vento e com outros fatores. Da matéria seca, cerca de 90% é constituída de C, O, e H, restando apenas 10% para os demais elementos. Segundo Bataglia et al. (1992), a idéia de se usar o teor mineral das plantas como critério para se avaliar o seu estado nutricional foi posto em prática, inicialmente, por Lagatu e Maume (1934) seguido por Lundergardh (1945), Goodall e Gregory (1947) e Chapman (1966).

Muitos fatores podem afetar direta ou indiretamente a concentração dos nutrientes em tecidos de plantas, como exemplo tem-se alguns parâmetros ligados ao solo (textura, capacidade de troca de cátion, densidade, aeração, potencial redox e pH, umidade, temperatura, etc.), ao tipo de planta (dicotiledôneas ou monocotiledôneas) e a idade fisiológica (absorção e acúmulo de nutrientes de acordo com a idade da planta) (BATAGLIA et al., 1992). No tecido vegetal estão distribuídos em ordem decrescente de seus teores os elementos oxigênio (O), hidrogênio (H), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). O carbono é incorporado pelas plantas, com a absorção do CO₂ da atmosfera, o oxigênio é absorvido da atmosfera e da água do meio nutritivo (CARMELLO, 1992; MALAVOLTA et al., 1997).

2.7. Sintomas de deficiência de macronutrientes em plantas

A baixa disponibilidade de um nutriente no solo pode levar ao aparecimento de um sintoma visual de deficiência na planta que, em alguns casos, é facilmente detectável. Existem plantas que exibem claramente esses sintomas enquanto que em outras eles não são nítidos. Outrossim, os sintomas visuais de deficiência podem ser confundidos com danos causados por insetos, ocorrência de moléstias, ação do clima ou ainda danos químicos. Em grande parte dos casos, quando o sintoma característico é observado a deficiência já atingiu um nível severo o que se constitui em fator limitante à sua correção particularmente quando se trata de culturas que apresentam ciclo anual de desenvolvimento. Nas culturas perenes, mesmo que haja um apreciável

decréscimo na produção, as plantas podem ser supridas com o nutriente que está em um nível aquém do desejável e se recuperarem (GIANELLO et al., 1995).

Quando em um tecido vegetal a concentração de um dado elemento essencial para que a planta complete o seu ciclo de vida atinge um nível inadequado ao crescimento ótimo, diz-se que a planta está deficiente. A deficiência de um nutriente se manifesta quando sua concentração no solo ou em outro substrato for baixa ou se o mesmo estiver presente em uma forma química indisponível; é certo, portanto, que a deficiência de um elemento essencial provoca mudanças importantes no metabolismo da planta. Como cada processo metabólico faz parte de uma rede interligada e, progressivamente, outros processos vão sendo afetados, conclui-se que o metabolismo geral é afetado. Estes distúrbios metabólicos se manifestam na forma de sintomas visíveis como, por exemplo, diminuição no crescimento e amarelecimento ou avermelhamento das folhas. Os sintomas de deficiência nutricional obedecem a um padrão característico para cada elemento, mas dependem também da severidade, da espécie ou variedade e do ambiente (EPSTEIN, 1975).

A escassez de um ou mais nutrientes durante o período vegetativo se reflete diretamente no decréscimo de rendimento, o qual representa o efeito da interação do potencial genético da planta com os fatores ambientais. O efeito de um fator ambiental, no desenvolvimento das plantas, depende essencialmente da intensidade de sua atuação. É possível, portanto, avaliar o efeito da adição de um nutriente que se encontra em concentração abaixo daquela requerida pela planta, sobre o desenvolvimento e/ou a produção de uma determinada cultura (GIANELLO et al., 1995).

De acordo com Maestri et al. (2002) e Fontes (2001), os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais velhas caso o nutriente em questão seja móvel na planta, como é o caso de N, P, K e Mg; quando o nutriente é imóvel na planta, a exemplo do Ca e B, os sintomas de deficiência apareceram primeiro nas folhas novas. No caso dos nutrientes de mobilidade intermediária como S, Fe, Cu, Zn, os sintomas de deficiência podem se manifestar nas folhas novas ou velhas; isto, por sua vez, depende de alguns fatores como o grau de deficiência, a taxa de crescimento da espécie, o tipo de planta, taxa de retranslocação do nutriente da folha velha para folha nova e do estágio de desenvolvimento (vegetativo ou reprodutivo).

2.8. Métodos utilizados na identificação de sintomas de deficiência nutricional em plantas

2.8.1. Diagnose por subtração

A diagnose por subtração ou técnica por subtração ou técnica do elemento faltante caracteriza-se por realizar cultivo de plantas, geralmente em casa de vegetação, em substratos os mais variados possíveis (solo, areia lavada, vermiculita, serragem de madeira, solução nutritiva, etc) nos quais se adiciona o tratamento “completo” e uma série de tratamentos em que um nutriente essencial não é adicionado. As plantas são coletadas em estágio de crescimento vegetativo, separando-se parte aérea e raízes; tomando por base a produção de matéria seca obtida, nos vários tratamentos, se estabelece comparações que permitam avaliar a disponibilidade de cada nutriente omitido em relação ao tratamento completo. Esta técnica permite obter informações como aparência visual de sintomas de deficiência, importância relativa das deficiências e a velocidade de depressão da fertilidade de um solo quando são feitos cultivos sucessivos de uma determinada espécie de planta (LOPES & CARVALHO, 1991).

Estudos sobre o efeito da subtração de nutrientes no desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas têm indicado que a redução do crescimento se deve principalmente devido a omissão de N e, ou, Ca (BARROSO, et al., 2005). Essa redução foi observada em mudas de *Acácia mangium* (DIAS et al., 1994), de *Aspidosperma polyneurom* (MUNIZ & SILVA, 1995), de *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999), de *Corymbia citriodora* (MAFFEIS et al., 2000) e de outras diversas espécies florestais que foram estudadas por Sorreano (2006).

2.8.2. Diagnose visual

Antes da planta entrar em colapso por conta da deficiência de um determinado nutriente aparece comumente sintomas às vezes muito típicos, em particular nas folhas como clorose, enrolamento, necrose, secamento, etc.. Estes sintomas de deficiência ou de carência, como são comumente denominados, refletem assim o estado de desnutrição da planta (MALAVOLTA et al., 1974). De acordo com Lopes e Carvalho (1991), a diagnose visual é uma técnica que se

baseia no fato de que plantas com deficiência acentuada ou excesso de um determinado elemento mineral normalmente apresentam sintomas definidos e característicos dos distúrbios provocados. De acordo com Bataglia et al. (1992) e Gianello et al. (1995), o motivo pelo qual o sintoma de deficiência de um elemento é típico deve-se ao fato que um dado elemento exerce sempre as mesmas funções qualquer que seja a espécie de planta considerada, sendo o sintoma o fim de uma série de eventos.

Para se diferenciar os sintomas decorrentes de desordens nutricionais de outros sintomas, é importante levar em consideração que os primeiros sempre apresentam uma distribuição simétrica e típica; folhas de uma mesma posição (idade fisiológica) na planta apresentam sintomas semelhantes e existe um nítido gradiente de intensidade dos sintomas das folhas mais velhas para as folhas mais novas. Ressalta-se, contudo, que nem sempre todas as plantas apresentam sintomas nítidos para uma determinada deficiência nutricional exigindo, desta forma, conhecimentos e experimentação específicos para a sua identificação (GIANELLO et al., 1995).

A diagnose visual se caracteriza por descrever e/ou fotografar o mais precoce e detalhadamente possível os sintomas de deficiência ou de toxidez na planta-problema e compará-los com os sintomas padrões de deficiência ou toxidez descritos na literatura para cada nutriente, para aquela espécie ou variedade, se possível. Com esta comparação é feito o diagnóstico do estado nutricional da planta (FONTES, 2001).

2.9. Caracterização dos macronutrientes e sintomas de deficiência em plantas.

2.9.1. Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um macronutriente aniônico mais abundante na planta e também é o nutriente mais exigido entre todos os demais, pois é constituinte de uma série de compostos indispensáveis à planta (MALAVOLTA, 1980). No entanto, os sintomas de deficiência estão mais relacionados com a síntese de clorofila (MARSCHNER, 1995).

Comumente o N é absorvido como NO_3^- , NH_4^+ e uréia, no entanto, o NO_3^- , uma vez absorvido, no interior da planta, é reduzido até NH_4^+ combinando-

se com vários outros compostos orgânicos, incluindo glutamato, originando glutamina além de outros prováveis produtos como asparagina, aspartato e ácido glutâmico (TISDALE et al., 1993). O N na forma destes produtos iniciais pode ser transferido como NH_2 para outros substratos e assim cada um dos 100 ou mais aminoácidos são sintetizados nas plantas; somente uma fração deles, praticamente 20, é utilizada na síntese de proteínas (LEHNINGER, et al., 1993).

Segundo Siqueira et al. (1995), a demanda por nutrientes difere entre as espécies e varia com o estágio de crescimento da planta. Todavia, o N é requerido em grandes quantidades por diferentes plantas e a sua omissão leva a uma redução de crescimento, pois, entre as várias funções que exerce na planta, uma é de multiplicação e diferenciação celular, que interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento da planta.

Quando há uma redução na disponibilidade de N, este nutriente, por ser bastante móvel no floema, é translocado dos órgãos mais velhos de uma planta (folhas basais, por exemplo) para os mais novos (MALAVOLTA et al., 1974). Excetuando-se a água, nenhuma deficiência é tão drástica quanto a de N; neste caso, o crescimento é atrasado e as plantas tornam-se raquíticas (EPSTEIN, 1975). Ademais, as folhas basais apresentam clorose generalizada (amarelecimento) em razão de redução na quantidade de clorofila (MALAVOLTA et al., 1974; EPSTEIN, 1975; BATAGLIA et al., 1992; GIANELLO et al., 1995); em um curto espaço de tempo, o sintoma progride na direção das folhas medianas e superiores (MALAVOLTA et al., 2002).

Em um estágio mais avançado da deficiência de N, as ramificações apresentam-se finas e longas, as folhas basais já cloróticas tomam-se necrosadas ocorrendo abscisão prematura e, como conseqüência, há uma redução generalizada no crescimento proveniente, sobretudo, da baixa produção de proteínas e outros compostos nitrogenados os quais controlam o crescimento (GIANELLO et al., 1995; MONTEIRO et al., 1995; UTUMI et al., 1999 e BARROSO et al., 2005). Uma vez que todos os processos metabólicos na planta envolvem a participação de enzimas, a deficiência de N afeta todo o metabolismo do vegetal (TOMÉ Jr., 1997), e o sintoma dessa deficiência é o que se apresenta de forma mais rápida nas plantas (VELOSO et al., 1998).

Sarcinelli, et al. (2004) avaliando os sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acácia holosericea*, observaram que o primeiro deles a aparecer foi

o de N. Segundo os autores, inicialmente houve uma clorose nos folíolos velhos e em seguida a senescência e queda destes folíolos.

Em mudas de pimenta do reino (*Piper nigrum*, L.) submetida à omissão de nutrientes, o sintoma da falta de N também foi o primeiro a aparecer caracterizado por leve amarelecimento generalizado nas folhas, sendo mais evidentes nas mais velhas e em seguida menor desenvolvimento das plantas (VELOSO & MURAOKA, 1993).

Sintomas como redução do crescimento, clorose generalizada, pouca ramificação e paralização de emissão de raízes também foram observadas em mudas de outras espécies como *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni (LIMA FILHO & MALAVOLTA, 1997), *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999), *Eucalyptus citriodora* (MAFFEIS et al., 2000), *Schizolobium amazonicum* (MARQUES et al., 2004) e em outras dezessete espécies florestais nativas pertencentes às famílias *Anacardiaceae*, *Malvaceae*, *Cecropiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Lecythidaceae*, *Rubiaceae* e *Rutaceae*, estudadas por Sorreano (2006).

2.9.2. Fósforo

O Fósforo (P) participa de quase todo o metabolismo de energia nas plantas, desde as seqüências de reações na fotossíntese até a respiração. As plantas absorvem o P, preferencialmente, na forma iônica como fosfato monovalente, $H_2PO_4^-$, ou então, divalente, HPO_4^{2-} .

Dentre as mais variadas funções que o P exerce no metabolismo vegetal destaca-se, como exemplo, o seu papel no armazenamento e transferência de energia; a energia obtida a partir da fotossíntese e do metabolismo de carboidratos é armazenada em compostos fosfatados para subsequente uso no crescimento e nos processos reprodutivos. Além do seu vital papel no metabolismo, o P é um importante componente estrutural de uma variedade de compostos bioquímicos incluindo ácidos nucleicos, coenzimas, nucleotídeos, fosfoproteínas, fosfolipídeos e açúcares fosfatados (TISDALE et al., 1993).

Durante períodos de carência de P, uma ponderável fração deste nutriente se move das folhas mais velhas para folhas mais jovens. Os primeiros sintomas de deficiência deste elemento, em muitas espécies, é a coloração

verde-escura ou azul-esverdeada nas folhas mais velhas, progredindo, em alguns casos para um amarelecimento generalizado (EPSTEIN, 1975). Frequentemente desenvolvem-se pigmentos vermelhos, devido ao aumento da formação de antocianinas, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras. Sintomas como estes foram observados em *Piper nigrum*, L. (VELOSO & MURAOKA, 1993), em *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al. (1999), em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (SILVEIRA, et al. (2002) e em outras dezessete espécies florestais nativas pertencentes às famílias *Anacardiaceae*, *Malvaceae*, *Cecropiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Lecythidaceae*, *Rubiaceae* e *Rutaceae*, estudadas por Sorreano (2006).

Com a deficiência de P há uma acentuada redução no crescimento, com a taxa de matéria seca da parte aérea/raiz reduzida, afetando a produção e também a qualidade dos produtos (BATAGLIA, et al., 1992). Mudanças de *Aspidosperma polyneuron* sob omissão de P, não apresentaram sintomas visuais nas folhas, no entanto, houve redução no crescimento das mesmas (MUNIZ & SILVA, 1995). Tamanho reduzido com menor número de folhas e a raiz principal mais longa com poucas raízes laterais também foi observado em plantas de *Schizolobium amazonicum* (MARQUES et al., 2004).

Segundo Veloso et al. (1998), os sintomas de deficiência de P são os mais difíceis de serem observados visualmente. Em mudas de *Aspidosperma polyneurom* (peroba-rosa), submetidas à omissão de P durante nove meses não foram observados sintomas de deficiência após nove meses submetidas à omissão deste elemento.

2.9.3. Potássio

O potássio (K) é o mais abundante cátion no citoplasma e possui grande contribuição no potencial osmótico das células e tecidos de plantas. Este elemento aparece no solo na forma iônica (K^+), sendo esta forma absorvida pelas raízes das plantas e transportado a longa distância via xilema e floema uma vez que, o mesmo não é metabolizado, ou seja, não se combina com outros elementos para formar compostos orgânicos. A sua função na natureza parece ser essencialmente catalítica (TISDALE et al., 1993).

As funções do K nas plantas estão associadas a vários processos como, por exemplo, ativação de enzimas, relações hídricas, relações energéticas, translocação de assimilados, absorção de N e síntese de proteínas (TAIZ & ZEIGER, 1991).

Para Mengel e Kirkby (1982), a deficiência de K não provoca sintomas visuais imediatos, no entanto, quando eles aparecem são de fácil visualização devido à alta mobilidade deste elemento (VELOSO et al., 1998). O primeiro sintoma é a redução da taxa de crescimento, e posteriormente, clorose internerval nas folhas mais velhas seguida de necrose das margens e pontas das folhas; com o seu progresso, há queda das folhas basais e desenvolvimento reduzido do sistema radicular, sendo que em cereais sua falta provoca o acamamento (RAIJ, 1991; BATAGLIA et al., 1992; UTUMI et al., 1999; MALAVOLTA et al., 2002). De acordo com Epstein e Bloom (2005), em alguma espécie, podem ocorrer folhas verde-escuras ou azul-esverdeadas, assim como deficiência de fósforo.

Clorose e necrose nas margens e pontas das folhas mais velhas foram observadas em *Aspidosperma polyneuron* (MUNIZ & SILVA, 1995), em *Acácia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004), em *Schizolobium amazonicum* (MARQUES et al., 2004) e em outras dezessete espécies florestais nativas pertencentes às famílias *Anacardiaceae*, *Malvaceae*, *Cecropiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Lecythidaceae*, *Rubiaceae* e *Rutaceae*, estudadas por Sorreano (2006). Além destes sintomas, a omissão de K causou enrugamento das folhas de *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999), encarquilhamento em mudas de *Tectona grandis* (BARROSO et al., 2005), avermelhamento marginal em folhas de híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (SILVEIRA et al., 2002).

2.9.4. Cálcio

O cálcio (Ca) é absorvido pelas plantas na forma de cátion bivalente (Ca^{2+}) e desempenha um importante papel na estrutura e permeabilidade das membranas celulares interligando cadeias pépticas; a sua falta causa aumento na permeabilidade das membranas, com resultante perda de retenção dos compostos celulares difusíveis. O íon Ca ainda promove aumentos na absorção

de N -NO₃⁻, e, conseqüentemente, pode-se dizer que este elemento está ligado ao metabolismo de N (TISDALE et al., 1993).

O cálcio apresenta influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois se encontra envolvido em processo como fotossíntese, divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular (MALAVOLTA, et al., 1997).

A tendência do Ca contido em tecidos mais velhos se tornar imobilizado faz com que os sintomas de sua deficiência apareçam primeiro e sejam mais severos nos tecidos meristemáticos e nas folhas novas, que se tornam deformadas e cloróticas. Em caso de deficiência, por ser o Ca imóvel nos tecidos mais velhos e maduros, este não é translocado para as regiões novas que crescem ativamente. Os pontos de crescimento são danificados ou morrem; nas flores e nos frutos em desenvolvimento os sintomas são chamados de "podridão estilar" (EPSTEIN, 1975; RAIJ, 1991). Os sintomas de deficiência de Ca levam ao surgimento de necrose apical dos primórdios foliares e dos meristemas radiculares (BATAGLIA et al., 1992; VELOSO et al., 1998); os ramos tornam-se susceptíveis à queda, as raízes apresentam diâmetro e comprimento reduzidos (UTUMI et al., 1999). Quando ocorre deficiência de Ca, pode haver colapso do pecíolo, murchamento das folhas mais novas e amarelecimento de suas margens (MALAVOLTA et al., 2002).

2.9.5. Magnésio

O magnésio (Mg) é absorvido pelas plantas em sua forma iônica bivalente (Mg²⁺). Por ser um íon pequeno, porém com grande raio de hidratação, sua absorção pode ser reduzida pelos cátions K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺ e Mn²⁺, assim, sua deficiência induzida por estes cátions é muito comum de ocorrer.

O Mg é o único constituinte mineral da molécula de clorofila localizando-se no centro de reação e serve como componente estrutural nos ribossomos. Também, é provável que este elemento ative a formação de cadeias polipeptídicas de aminoácidos além de estar envolvido em um número considerável de funções fisiológicas e bioquímicas (TISDALE et al., 1993).

De acordo com Epstein (1975), diferentemente do cálcio, o Mg é facilmente translocado para as regiões de crescimento ativo; como conseqüência, é nas folhas mais velhas em que os sintomas de deficiência primeiro aparecem.

Quando ocorre deficiência de Mg, as folhas mais velhas ficam amarelas entre as nervuras e caem prematuramente sendo a formação das sementes severamente prejudicada; os sintomas são de fácil visualização (RAIJ, 1991; BATAGLIA et al., 1992; VELOSO et al., 1998). Clorose marginal também é comum frequentemente acompanhada pelo desenvolvimento de uma variedade de pigmentos. EPSTEIN e BLOOM (2005) ressaltam que a variedade de sintomas em diferentes espécies é tão grande que uma descrição generalizada dos sintomas de Mg é ainda mais difícil do que para deficiência de outros nutrientes. No solo, quando o Mg representa menos de 10% do total das bases trocáveis, as condições são mais favoráveis ao aparecimento da deficiência induzida pelo excesso de K (MALAVOLTA et al., 1997).

Clorose internerval transformando-se em manchas claras com a progressão da deficiência de Mg foi observada em *Aspidosperma polyneuron* (MUNIZ & SILVA, 1995), em *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999), em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (SILVEIRA et al., 2002), em *Acácia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004), em *Schizolobium amazonicum* (MARQUES et al., 2004), em mudas de *Tectona grandis* (BARROSO et al., 2005) e em outras dezessete espécies florestais nativas pertencentes às famílias *Anacardiaceae*, *Malvaceae*, *Cecropiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Lecythidaceae*, *Rubiaceae* e *Rutaceae*, estudadas por Sorreano (2006). Segundo estes autores, a clorose observada é decorrente da redução no teor de clorofila, uma vez que a função mais conhecida do Mg é compor a molécula de clorofila. As espécies *Cróton urucurana* e *Cytharexylum myrianthum*, submetidas à omissão do Mg apresentaram, além dos sintomas acima descritos, o desenvolvimento de manchas avermelhada ao longo do limbo foliar (SORREANO, 2006).

2.9.6. Enxofre

O enxofre (S) é absorvido, predominantemente, pelas raízes das plantas como íon sulfato (SO_4^{2-}), no entanto, as plantas também podem absorver o SO_2 (sulfito) atmosférico, via foliar, e aminoácidos contendo enxofre como é o caso da cistina e da metionina, todavia, o seu transporte no xilema é predominantemente na forma de SO_4^{2-} . Embora o elemento é dito como tendo alta mobilidade na planta, ele é na verdade pouco redistribuído, estando

condicionado ao “status” da nutrição nitrogenada da planta (MARSCHNER, 1995).

A deficiência de S resulta na inibição da síntese de proteínas e segundo Epstein (1975); Raij (1991), os sintomas desta deficiência se assemelham aos da falta de nitrogênio; as plantas tornam-se uniformemente cloróticas, raquíticas e apresentam reduzido crescimento. De acordo com Gianello et al. (1995), embora o S não seja constituinte da clorofila, sua deficiência reduz a formação desta, pois 75% do S protéico é encontrado nos cloroplastos. Devido a pouca mobilidade do elemento, sua deficiência se manifesta, inicialmente, nos órgãos mais jovens, como as folhas novas, caracterizando-se por uma clorose. Há, também, redução no florescimento e uma nodulação pouco eficiente nas leguminosas (BATAGLIA et al., 1992; VELOSO et al., 1998; MALAVOLTA et al., 2002).

Sintomas de deficiência de S como clorose, as vezes com necrose, cores avermelhadas, folhas pequenas, grossas e leve encarquilhamento foram observadas em *Aspidosperma polyneuron* (MUNIZ & SILVA, 1995), em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (SILVEIRA et al., 2002), em *Acácia holosericea* (SARCINELLI et al., 2004), em *Schizolobium amazonicum* (MARQUES et al., 2004) e em mudas de *Tectona grandis* (BARROSO et al., 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização do ambiente experimental

O presente experimento foi instalado em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande (PB), com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 15' 18" de latitude Sul, 35° 52' 28" longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m. O período experimental, com duração de 80 dias, foi compreendido entre 06 de março a 31 de maio de 2002.

Segundo a classificação climática de Köppen, adaptada às condições do Brasil por Coelho e Soncin (1982), o clima da região é do tipo Csa, portanto mesotérmico, sub-úmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas nas estações de outono e inverno. No interior da casa de vegetação a temperatura durante a condução do experimento variou de 23 e 29 °C, durante o dia, e de 18 a 22 °C, durante a noite.

3.2. Descrição do experimento

Foram utilizadas plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., produzidas e cultivadas em casa de vegetação em substrato areia. Durante o período experimental as plantas foram irrigadas diariamente com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com modificações em sua composição, de acordo com as especificidades de cada tratamento. Os tratamentos, em número de 8 (Tabela 2), consistiram do controle experimental (T1) - plantas irrigadas com uma solução contendo todos os nutrientes essenciais; (T2) - plantas irrigadas com solução 1,0 mM de CaSO₄; (T3, T4, T5, T6, T7 e T8), correspondem às plantas irrigadas com solução nutritiva com exclusão de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), respectivamente.

No tratamento T2, as plantas foram irrigadas com solução 1,0 mM de CaSO₄, com o propósito de observar o comportamento das mesmas quando

retirado todos os nutrientes essenciais, exceto aqueles que fazem parte da composição do CaSO_4 .

O experimento foi conduzido em duas etapas distintas: a primeira correspondeu à fase de formação e aclimação das plantas jovens de moringa à solução nutritiva; a segunda etapa correspondeu ao estudo do efeito dos tratamentos no crescimento e desenvolvimento da moringa.

Tabela 2. Tratamentos a que foram submetidas às plantas jovens de moringa.

Tratamento	Sigla	Descrição
1	T1	Solução nutritiva completa (Controle experimental)
2	T2	Solução de sulfato de cálcio $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$
3	T3	Solução nutritiva completa com exclusão de nitrogênio (N)
4	T4	Solução nutritiva completa com exclusão de fósforo (P)
5	T5	Solução nutritiva completa com exclusão de potássio (K)
6	T6	Solução nutritiva com exclusão de cálcio (Ca)
7	T7	Solução nutritiva completa com exclusão de magnésio (Mg)
8	T8	Solução nutritiva completa com exclusão de enxofre (S)

3.3. Delineamento estatístico

O experimento consistiu de oito tratamentos com três repetições independentes, perfazendo um total de 24 parcelas. Cada parcela foi constituída de três plantas cultivadas em vasos individuais, perfazendo um total de 72 unidades experimentais. Os tratamentos foram distribuídos de acordo com o delineamento inteiramente casualizado. Na Tabela 3, encontra-se a relação dos compostos químicos e as concentrações das soluções estoques que foram utilizados para preparação das soluções nutritivas correspondentes aos tratamentos aplicados.

Tabela 3. Concentrações das soluções estoque utilizadas na preparação das soluções nutritivas.

Composto Químico ⁽¹⁾	Concentração	(g L ⁻¹) ⁽²⁾
KNO ₃	1 M	101,10
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	1 M	236,60
NH ₄ H ₂ PO ₄	1 M	115,10
MgSO ₄ · 7H ₂ O	1 M	246,50
NH ₄ NO ₃	1 M	80,00
CaSO ₄ · 2H ₂ O	0,01 M	1,72
NaNO ₃	1 M	85,00
KH ₂ PO ₄	1 M	136,00
K ₂ SO ₄	0,5M	87,60
(NH ₄) ₂ SO ₄	1 M	132,10
MgCl ₂ · 6H ₂ O	1 M	203,30
Na ₂ SO ₄	1 M	142,00
CaCl ₂ · 2H ₂ O	1 M	147,00
Fe – EDTA	1 M	14,80
Na ₂ EDTA	40 mM	14,80
Fe Cl ₃ 6H ₂ O	40 mM	10,80
H ₃ BO ₃	25 mM	1,54
Mn Cl ₂ · 4H ₂ O	2 mM	0,39
ZnCl ₂	2 mM	0,27
NaCl	50 mM	2,95
CuCl ₂ · 2H ₂	0,5 mM	0,08
H ₂ MoO ₄ (85% MoO ₃)	0,5 mM	0,08

Fonte: Hoagland e Arnon (1950), (1) todos os compostos químicos foram puros para análise (p.a); (2) todos os compostos químicos foram dissolvidos em água destilada.

3.4. Preparo das soluções nutritivas

As soluções nutritivas foram preparadas tendo como base as recomendações propostas por Hogland e Arnon (1950), a partir de soluções estoques individuais com as concentrações e reagentes químicos apresentados na Tabela 3. As soluções nutritivas, referentes a cada tratamento, foram preparadas a partir da diluição das soluções estoques, em água destilada (Tabela 4). O pH das soluções nutritivas, correspondentes a cada tratamento, foi estabelecido em $5,0 \pm 0,5$ com auxílio de soluções estoque contendo $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH ou de H₂SO₄.

Tabela 4. Composição química das soluções nutritivas utilizadas no experimento correspondentes a cada tratamento.

Soluções Estoques	Tratamentos (ml L ⁻¹)							
	T1 completo	T2	T3 - N	T4 - P	T5 - K	T6 - Ca	T7 - Mg	T8 - S
KNO ₃	4,8	---	---	4,8	---	4,8	4,8	4,8
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	3,2	---	---	3,2	3,2	---	3,2	3,2
NH ₄ H ₂ PO ₄	0,8	---	---	---	0,8	0,8	0,8	0,8
MgSO ₄ · 7H ₂ O	1,6	---	1,6	1,6	1,6	1,6	---	---
NH ₄ NO ₃	---	---	---	---	0,8	0,8	---	---
CaSO ₄ · 2H ₂ O	---	1,0 mmol L ⁻¹	---	---	---	---	---	---
NaNO ₃	---	---	---	---	3,2	4,8	---	---
KH ₂ PO ₄	---	---	0,8	---	---	---	---	---
K ₂ SO ₄	---	---	4,0	---	---	---	---	---
(NH ₄) ₂ SO ₄	---	---	---	0,4	---	---	---	---
MgCl ₂ · 6H ₂ O	---	---	---	---	---	---	---	1,6
Na ₂ SO ₄	---	---	---	---	---	---	1,6	---
CaCl ₂ - 2H ₂ O	---	---	1,6	---	---	---	---	---
Fe-EDTA	0,8	---	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Micronutrientes	0,8	---	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Fonte: Hoagland e Arnon (1950), com 80% de sua força iônica.

3.5. Substrato e recipientes utilizados no experimento

O substrato utilizado no experimento foi areia de rio passada em peneira com abertura de malha de 2 mm. Previamente à instalação do experimento, o substrato foi lavado 02 (duas vezes), com uma solução de ácido clorídrico (HCl) comercial na proporção de 1:10 (ácido:água) de forma a provocar uma completa remoção das frações coloidais bem como de íons presentes. Posteriormente, a areia foi lavada com água destilada com vistas a retirar o excesso de ácido remanescente; durante este procedimento, o pH foi constantemente monitorado e considerou-se que a areia estava livre do ácido utilizado quando o pH do lixiviado atingiu um valor correspondente àquele inicialmente observado (antes do contato com o ácido), entre 6,5 e 7,0.

Para o cultivo das mudas foram utilizados recipientes plásticos (12 cm de altura, 9 cm de diâmetro na parte superior e 4 cm na parte inferior), com volume total de, aproximadamente, 0,5 dm³. Os recipientes foram perfurados, em

sua parte inferior, de forma a permitir a livre drenagem das soluções utilizadas nas irrigações. Após receberem o substrato, os recipientes foram acondicionados em bancadas de alvenaria e foram uniformemente distribuídos a uma distância de 20 cm.

3.6. Tratamento das sementes e germinação

As sementes utilizadas no presente estudo foram provenientes da entidade Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA)-Núcleo de Remígio - PB. Inicialmente, as sementes de moringa foram submetidas a um processo de seleção para eliminar sementes danificadas por insetos, por danos mecânicos ou por ação da presença de fungos e/ou bactérias. Em seguida, as sementes foram submetidas a uma esterilização superficial, em solução comercial de hipoclorito de sódio (5% v/v), durante 10 minutos. Posteriormente, foram lavadas com água destilada de forma a permitir uma completa remoção do agente esterilizante utilizado. Ao final desta fase, as sementes foram completamente imersas em água destilada, por um período de 24 horas, com os objetivos de acelerar como também de se obter uma maior homogeneidade no processo de germinação (CÁCERES et al., 1991).

Após o período de imersão em água as sementes foram acondicionadas, para germinar, em bandejas plásticas (37 x 30 x 14 cm) contendo areia lavada, segundo os procedimentos listados no item 3.5. Durante o período de germinação, a umidade do substrato foi mantida próxima àquela correspondente a sua capacidade máxima de retenção de água mediante irrigações diárias com solução contendo $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de CaSO_4 .

3.7. Transplante e aclimação das plantas

Decorridos quinze dias da germinação, plantas jovens de moringa com aproximadamente 10 cm de altura e dois pares de folhas definitivas foram transferidas para recipientes plásticos contendo areia lavada como substrato. Após o transplante, as plantas foram submetidas a um período de aclimação à solução nutritiva. Para isto, nos primeiros oito dias as irrigações foram conduzidas com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950) (correspondente ao T1) com 10% da sua força iônica original. A partir deste período, a força iônica da solução foi sendo gradativamente duplicada (a cada 3 dias) até atingir, ao final de

9 dias, 80%; sob essas condições, as plantas foram cultivadas por mais 15 dias (plantas com 47 dias de germinadas) quando então foram submetidas aos tratamentos conforme detalhamento no item 3.2.

3.8. Condução do experimento

Durante o período da aplicação dos tratamentos bem como na fase de aclimação, as plantas foram irrigadas duas vezes por dia com um volume de solução suficiente para permitir uma ampla drenagem. O volume de solução utilizado foi sempre superior a 200 mL planta⁻¹ dia⁻¹, e variou de acordo com o estágio de crescimento das plantas e com as condições de clima. Esse procedimento foi necessário para manter tanto a concentração dos nutrientes como o valor de pH no ambiente radicular com variações mínimas ao longo de todo o período experimental. As plantas foram irrigadas com as soluções correspondentes a cada tratamento por um período de 33 dias.

Ao final do período experimental as plantas foram separadas em folhas, caules e raízes, secadas, em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 96 horas, pesadas em balança de precisão, moídas em moinho de facas inox, passadas em peneira com abertura de malha de 200 mesh e armazenadas apropriadamente para análises químicas e determinação dos teores de N total, P, K, Ca, Mg e S. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia- PB. A eficiência de utilização de cada nutriente (EFU) também foi determinada.

3.8.1. Análise e determinação analítica dos nutrientes

O preparo do extrato e a determinação analítica do material vegetal foram realizados segundo EMBRAPA (1997), variando de acordo com o elemento a ser analisado:

Nitrogênio: Extração através da digestão sulfúrica (ácido sulfúrico com sais e catalizadores). Determinação analítica por titulação (semi-micro- Kjeldahl)

Potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre: Extração através da digestão nítrico perclórica. Determinação analítica por espectrometria de absorção atômica.

3.8.2. Eficiência de Utilização de Nutriente (EFU)

No presente estudo a Eficiência de Utilização de Nutriente (EFU) foi determinado a partir da fórmula $EFU = \text{Matéria seca total produzida} / \text{Conteúdo total de nutriente na planta}$ (SIDDIQI & GLASS 1981).

3.8.3. Diagnose Visual

Em todos os tratamentos foi observado o desenvolvimento das plantas e surgimento dos sintomas da deficiência de macronutrientes, desde os primeiro sinais até a finalização do experimento, os quais foram fotografados e descritos detalhadamente.

3. 9. Análises estatísticas

Os efeitos dos tratamentos sobre a produção de matéria seca; acumulo de nutriente; eficiência de utilização dos macronutrientes e coeficiente de correlação simples em raízes, caules e folhas de moringa, após 33 dias da aplicação dos tratamentos, foram analisados individualmente em cada tratamento por meio da análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Produção e alocação de massa seca entre raízes e parte aérea

De forma geral, a omissão de K (T5), Ca (T6), e S (T8), da solução nutritiva, analisada sob o ponto de vista da produção total de massa seca (MST) das plantas de moringa em relação ao tratamento completo (T1) (Tabela 5), não resultou em alterações significativas. Nestes três casos, a MST de 73,84; 72,88 e 72,27 g planta⁻¹, respectivamente, foi semelhante a do tratamento controle (73,30 g planta⁻¹). Sarcinelli et al. (2004), estudando o comportamento de mudas de *Acacia holosericea* na ausência de macronutrientes observaram que a omissão de Ca e S não proporcionaram redução significativa na produção de MST. Em estudo realizado com outra espécie deste mesmo gênero (*Acacia mangium*), Dias et al. (1990) constataram baixa exigência de Ca para a formação de mudas da espécie. Já os valores de MST de pimenta do reino (*Piper nigrum*, L.) (VELOSO & MURAOKA, 1993), de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) (MENDONÇA et al., 1999), de paricá (*Schizolobium amazonicum*) (MARQUES et al., 2004), de teca (*Tectona grandis*) (BARROSO, et al., 2005), de guarantã (*Esenbeckia leiocarpa* Engl.) e de pau-viola (*Cytharexylum myrianthum*. Cham.) (SORREANO, 2006), foram reduzidas pela omissão de K e Ca, enquanto que a omissão de S não afetou o crescimento das mudas de paricá, de acácia e de pimenta do reino, provocando, porém, diminuição no crescimento de teca.

As produções individuais de massa seca em raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF) e parte aérea (folhas + caules) (MSPA), com a omissão de K e Ca (Tabela1), não diferiram significativamente do tratamento completo ($p > 0,01$) corroborando com Monteiro et al. (1995) e Sarcinelli et al. (2004), no entanto, discordando de Marques et al. (2004).

De forma contrária, a espécie florestal, *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão), teve a produção de MST reduzida em, aproximadamente, 75% e 93%, com a omissão de K e de Ca, respectivamente, e com importantes

modificações na sua distribuição entre as diferentes partes da planta (MENDONÇA et al., 1999).

Por outro lado, com a omissão de S, observou-se uma produção de MST semelhante ao controle, no entanto, esta semelhança decorre de uma acumulação preferencial de MS nas raízes (Tabela 5). Este resultado, associado ao fato de que as folhas, caules e parte aérea, em razão da omissão de S, acumularam MS em magnitudes inferiores ($p > 0,01$), àquelas que foram observadas nas plantas controle, leva a supor que a ausência deste nutriente no ambiente radicular pode modificar o padrão de alocação de carboidratos e proteínas entre os diferentes órgãos das plantas de moringa, com destaque, possivelmente, para um aumento da acumulação destas frações orgânicas nas raízes. Por exemplo, quando as plantas de moringa foram cultivadas na presença de todos os elementos essenciais (T1), a distribuição de MS apresentou o seguinte padrão: 36,40 (raízes), 31,50 (caule) e 34,83 % (folhas); com a omissão de S, os valores encontrados foram 46,63, 26,91 e 26,45%, respectivamente, para raízes, caule e folhas, ou seja, houve um aumento na MSR de, aproximadamente, 28,10%, enquanto que no caule e nas folhas houve reduções de 14,57% e 24,05%, respectivamente, em relação ao controle (T1). Como as produções de MST das plantas controle e das cultivadas com omissão de S foram semelhante observa-se, com base nos padrões de distribuição acima descritos, que houve um remanejamento de MS da parte aérea para as raízes de, aproximadamente, 12,61% durante o período de tratamento (33 dias) modificando, portanto, a relação R/PA (Tabela 5).

É importante destacar o fato de que, embora tenha havido omissão de K, Ca e S durante 33 dias, nutrientes estes reconhecidos como essenciais ao desenvolvimento e crescimento das culturas, as plantas de moringa foram hábeis em manterem taxas de acumulação de MS compatíveis com a do controle experimental (T1). Desta forma, numa tentativa de se estabelecer às bases fisiológicas destes resultados duas questões inerentes devem ser consideradas: a primeira diz respeito a uma certa preponderância das taxas de absorção relativamente às taxas de utilização destes nutrientes; neste caso, dependendo da extensão com que o primeiro prevaleça sobre o segundo, ter-se-ia acumulação de íons nutrientes para futura utilização em períodos de escassez. Isto, na literatura, tem sido indiscriminadamente qualificado de "consumo de luxo" (MALAVOLTA, 1980). A segunda diz respeito a uma considerável eficiência de

utilização (unidade absorvida por unidade de fitomassa produzida) de íons nos processos metabólicos e, diferentemente da primeira suposição, o seu acúmulo não deve ser considerado isoladamente.

A omissão de N (T3), P (T4) e Mg (T7) proporcionou redução significativa na MST das mudas de moringa. Em estudos com mudas de paricá a redução da MST ocorreu de forma significativa somente com a omissão de N e P tendo a omissão de Mg não proporcionado diferença significativa em relação ao controle (MARQUES et al., 2004). Já em mudas de acácia houve redução na MST causada pela omissão de N e Mg não tendo tido efeito significativo à omissão de P (SARCINELLI et al., 2004).

Tabela 5. Médias gerais para as variáveis: massa seca de raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF), parte aérea (MSPA), total (MST) e relação da massa seca das raízes/partes aérea (R/PA) em plantas de *Moringa oleifera* Lam. decorridos 33 dias do início dos tratamentos.

Tratamentos	MASSA SECA (g planta ⁻¹)					
	MSR	MSC	MSF	MSPA	MST	R/PA
T1: Completo	26,68 e	23,09 a	23,53 a	46,62 a	73,30 a	0,57 d
T2: Ca SO ₄ 2H ₂ O	36,79 a b	12,34 d	12,52 c	24,86 d	61,65 b	1,49 a
T3: -N	41,06 a	12,53 d	12,26 c	24,79 d	65,85 b	1,66 a
T4: -P	34,23 b c	13,12 c d	17,90 b	31,02 c	65,24 b	1,11 b
T5: -K ⁺	27,64 cde	21,52 a b	24,68 a	46,20 a	73,84 a	0,60 d
T6: -Ca ⁺²	29,19 c d e	20,54 a b	23,15 a	43,68 a	72,88 a	0,67 d
T7: -Mg ⁺²	31,12 b c d e	15,92 c	17,89 b	33,81 b c	64,93 b	0,93 b c
T8: -S	33,70 b c d	19,45 b	19,12 b	38,57 b	72,27 a	0,88 b c d
dms	6,15	2,98	2,76	4,79	5,01	0,31
CV %	6,69	6,10	5,16	4,68	2,58	11,28

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente (Tukey p < 0,01)

Nos três casos, houve, de forma geral, uma redução média na acumulação de MST de, aproximadamente, 10,85% em comparação com o tratamento completo (T1); esta tendência foi associada a uma expressiva modificação no padrão de alocação/distribuição de MS entre as diferentes partes da planta (Tabela 5). Desta forma, com a omissão de N, P e Mg a relação raiz/parte aérea (R/PA) foi 1,66, 1,11 e 0,93, respectivamente, portanto, maiores (p < 0,01) que aquela observada no controle experimental (0,57), mostrando, portanto, uma acentuada transferência de MS para as raízes às expensas de importantes reduções na parte aérea (caule + folhas).

Deve ser considerado que no caso da omissão de N, P e Mg, os valores de MS da parte aérea (folhas + caule) apresentaram uma variação (Δ)

negativa de 46,82, 33,46 e 27,47% e os valores de MS das raízes, positiva, de 53,89, 28,29 e 16,64%, respectivamente. Em termos absolutos estas variações corresponderam, respectivamente, a reduções na MS da parte aérea de 21,83, 15,60 e 12,81 g planta⁻¹ e ganhos nas raízes de 14,38, 7,55 e 4,44 g planta⁻¹, relativamente ao controle; isto significa que de cada 1,0g de massa seca que deixou de ser acumulada na parte aérea apenas 0,66, 0,48 e 0,35g foram transferidas até as raízes em resposta à deficiência de N, P e Mg, respectivamente. Portanto a suspensão no fornecimento de N, para as plantas de moringa, foi aquela que provocou maiores modificações ($p < 0,01$), em termos relativos, no padrão de alocação de MS entre raízes e parte aérea (R/PA) seguida por P e Mg enquanto que, por exemplo, nenhuma alteração significativa ($p < 0,01$), foi constatada quando se considera a omissão de K, Ca e S, em relação ao observado no controle experimental (Tabela 5).

Além de fazer parte das clorofilas, o envolvimento direto de N com a síntese de proteínas deve ter sido, sem dúvida, preponderante nestes resultados, com especial destaque para a D-ribulose 1,5 difosfato (RuDP) que é uma enzima chave na redução de CO₂ e representa 50% das proteínas solúveis encontradas nas folhas (LEHNINGER et al., 1993). Com a restrição de N, o perfil hormonal da planta é rapidamente alterado, particularmente, com relação a citocinina, induzindo precocemente o processo de senescência foliar. Por ser um elemento constitutivo de todas as proteínas funcionais e estruturais, freqüentemente o processo de senescência por deficiência de N é muito intenso se comparado com outros elementos. Espera-se, portanto, que sob essas condições metabólicas (catabolismo predominando sobre síntese), uma parcela significativa dos conteúdos de amido, clorofilas, proteínas, além de outros compostos orgânicos, tenham sido rapidamente hidrolisados e transportados sob a forma de suas frações mais solúveis via floema para as regiões de crescimento, especialmente para as raízes das plantas jovens de moringa. É sugerido, portanto, que a redução da MS foliar, decorrente da omissão de N, tenha sido causada primariamente por uma forte redução na atividade fotossintética em associação e, principalmente, por aumentos no catabolismo celular.

O processo de senescência não se dá concomitantemente entre as partes ou até mesmo entre os órgãos de uma planta, pelo menos nos seus estágios iniciais (RAVEN et al., 2001). Efetivamente, não foram detectados sinais visuais de senescência nas raízes a despeito de terem sido amplamente

observados nas folhas principalmente com a omissão de N, e em menor intensidade com a omissão dos demais macronutrientes. A não identificação visual, contudo, se constitui apenas em indicativo. Neste caso, uma adequada avaliação das raízes somente seria possível a partir da determinação das atividades das enzimas relacionadas com o processo de senescência, com especial destaque para a atividade de proteases. Enfatiza-se que independente dos tratamentos a que as plantas de moringa foram submetidas à raiz foi o único órgão, dentre os investigados, que não sofreu redução no ganho de MS se comparado ao controle. Na verdade, ou o ganho de MS foi mantido em taxas comparáveis ao controle, como no caso da omissão de Ca, Mg e S, ou foi maior ($p < 0,01$), como nos casos relativos a N, P e K. Entretanto, em todos os casos, houve uma nítida redução na emissão de raízes secundárias (APÊNDICES: FOTOS 1, 2, 3, 4 e 5).

É interessante ressaltar que as plantas irrigadas ao longo do período experimental com uma solução contendo, apenas, $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ apresentaram redução 15,89%, na massa seca total em magnitude ($p > 0,01$) similar àquela de 10,85%, observada com a omissão de N, P e Mg (Tabela 5). Portanto, especulações quanto à importância relativa da omissão dos nutrientes N, P e Mg sobre a produção de massa seca total das plantas de moringa deverão ser feitas com cautela, ao menos para as condições em que esta pesquisa foi realizada. Portanto, tal comportamento somente será satisfatoriamente elucidado quando, sob essas condições, as concentrações no citoplasma, de cada um destes nutrientes, bem como as respectivas taxas de transporte no xilema/floema forem conhecidas. Este fato reforça a idéia de que fatores mais gerais associados à absorção, armazenamento e/ou utilização de nutrientes previamente e subsequente à aplicação dos tratamentos, como sugerido anteriormente, podem servir de subsídios a uma interpretação, ao menos superficial, destes resultados e dos demais obtidos no presente estudo para K, Ca e S. Assim, a inclusão de parâmetros indicativos de eficiência nutricional é, portanto, desejável; contudo, informações sobre a interação essência florestal x eficiência nutricional são praticamente inexistentes, particularmente quanto aos mecanismos efetivamente envolvidos. Em termos fisiológicos, a eficiência nutricional está associada a um melhor crescimento e geometria radicular, taxa de absorção específica mais rápida a baixas concentrações (menor K_m), eficiente redistribuição interna de nutrientes e melhor

utilização ou um menor requerimento funcional do nutriente envolvido (GRAHAN, 1984).

4.2. Concentração dos nutrientes em tecidos de folhas, caules e raízes.

4.2.1. Em condições fisiológicas controle.

Em termos absolutos, a seguinte ordem decrescente de acumulação dos nutrientes (g por planta) foi observada no controle experimental: N, K, Ca, S, P e Mg (Figura 1).

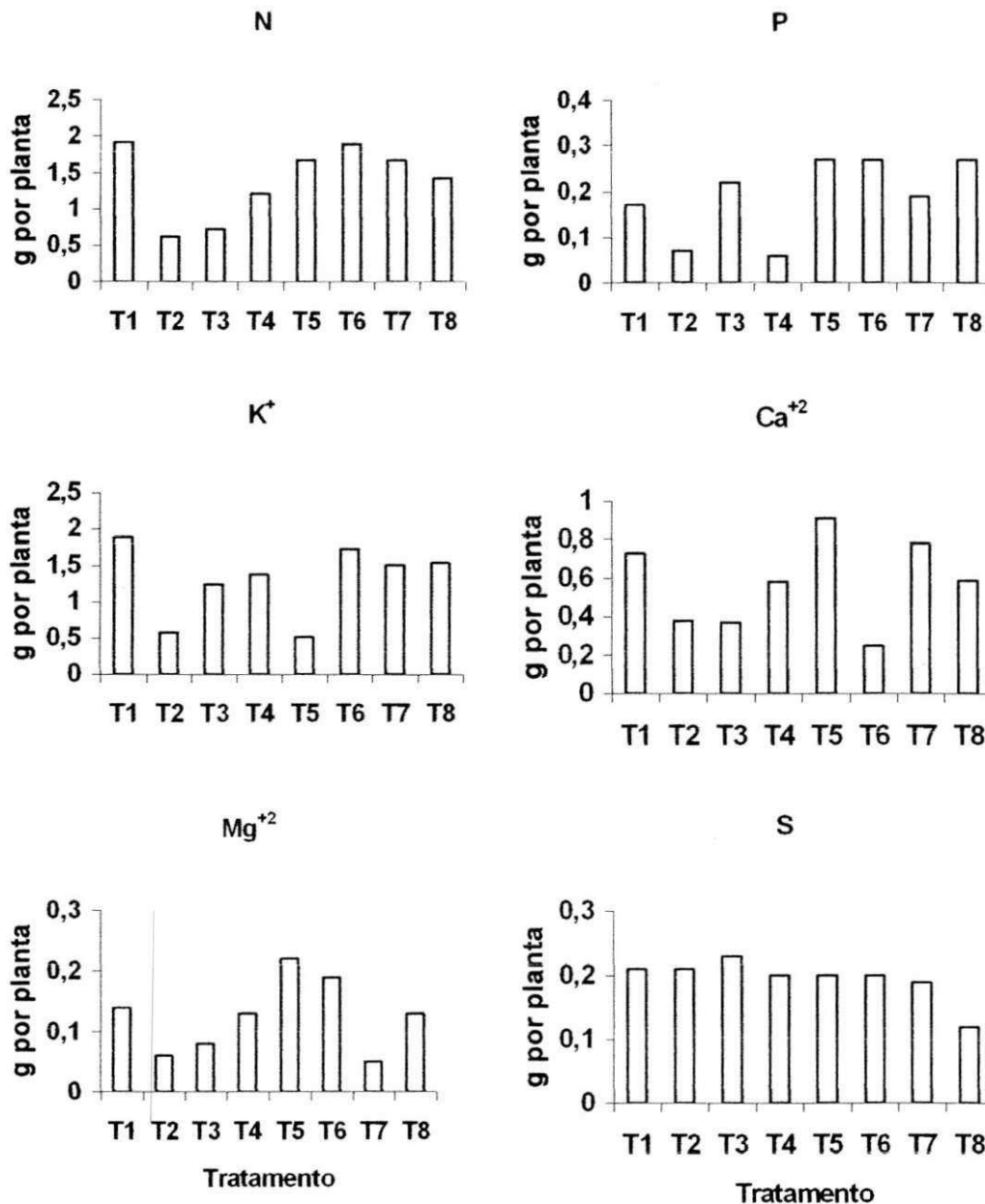


Figura 1. Absorção líquida (g por planta⁻¹) de N, P, K, Ca, Mg e S por plantas de moringa, 33 dias após o início dos tratamentos.

Tabela 6. Médias gerais dos conteúdos de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e S na massa seca em folhas, caules e raízes de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. aos 33 dias após o início dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas					
	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S
T1: Completo	0,881 d	0,054 bc	0,552 d	0,284 c	0,050 d	0,044 c
T2: Ca SO ₄ . 2H ₂ O	0,215 a	0,016 a	0,160 a	0,129 a	0,014 a	0,024 ab
T3: - N	0,217 a	0,049 bc	0,304 ab	0,136 a	0,019 ab	0,022 a
T4: - P	0,513 b	0,028 ab	0,374 bcd	0,217 b	0,032 bc	0,033 abc
T5: - K ⁺	0,648 d	0,088 de	0,174 a	0,429 d	0,091 f	0,048 bc
T6: - Ca ²⁺	0,868 d	0,103 e	0,488 cd	0,140 a	0,072 e	0,042 bc
T7: - Mg ²⁺	0,749 c	0,050 bc	0,483 bcd	0,253 bc	0,023 ab	0,029 a
T8: - S	0,567 b	0,064 cd	0,375 bc	0,249 bc	0,041 cd	0,035 abc
dms	0,11	0,03	0,18	0,05	0,02	0,02

Tratamentos	Caules					
	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S
T1: Completo	0,449 a	0,056 b	0,627 d	0,121 b	0,034 a	0,068 d
T2: Ca SO ₄ . 2H ₂ O	0,105 a	0,014 a	0,076 a	0,065 ab	0,010 a	0,034 b
T3: - N	0,098 a	0,045 b	0,220 b	0,067 ab	0,014 a	0,038 b
T4: - P	0,205 a	0,008 a	0,269 b	0,077 ab	0,018 a	0,040 bc
T5: - K ⁺	0,464 a	0,075 c	0,192 b	0,116 ab	0,038 a	0,069 d
T6: - Ca ²⁺	0,395 a	0,084 c	0,578 d	0,036 a	0,043 a	0,068 d
T7: - Mg ²⁺	0,315 a	0,057 b	0,429 c	0,112 b	0,008 a	0,055 cd
T8: - S	0,310 a	0,084 c	0,453 c	0,095 ab	0,024 a	0,015 a
dms	0,52	0,01	0,10	0,07	0,09	0,003

Tratamentos	Raízes					
	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S
T1: Completo	0,582 bc	0,057 bc	0,711 b	0,322 cd	0,056 c	0,098 ab
T2: Ca SO ₄ . 2H ₂ O	0,296 a	0,041 ab	0,341 a	0,184 b	0,032 a	0,148 c
T3: - N	0,307 a	0,128 e	0,729 b	0,164 b	0,051 a	0,167 c
T4: - P	0,651 c	0,029 a	0,734 b	0,288 cd	0,079 b	0,129 bc
T5: - K ⁺	0,558 bc	0,104 de	0,149 a	0,368 de	0,087 c	0,087 a
T6: - Ca ²⁺	0,627 bc	0,080 cd	0,674 b	0,075 a	0,078 c	0,088 a
T7: - Mg ²⁺	0,603 bc	0,087 d	0,604 b	0,415 e	0,024 a	0,105 ab
T8: - S	0,551 b	0,126 e	0,716 b	0,245 bc	0,065 b	0,066 a
dms	0,09	0,02	0,21	0,08	0,03	0,04

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente (Tukey, P < 0,01)

Houve uma acumulação preferencial de N (g por planta) nas folhas das plantas de moringa, comparativamente às raízes e ao caule (Tabela 6).

A concentração de N total (em base de g de N kg⁻¹ MS) nas raízes e no caule das plantas representou, apenas, 57,78 e 51,88%, respectivamente, daquela que foi observada nas folhas (Tabelas 7, 8, 9). Nas raízes e caules contendo dos nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, S, P e Mg. Nas folhas esta ordem foi alterada e o N passou a ser o nutriente acumulado em maior quantidade, seguido por K, Ca, P, Mg e S. As concentrações foliares de

N, P, K, Ca, Mg e S encontradas nas plantas de moringa são, em alguns casos, maiores que a média freqüentemente observada no tecido foliar de uma ampla variedade de espécies vegetais (TISDALE et al., 1993; SILVA & MUNIZ, 1995).

Tabela 7. Médias gerais para os conteúdos de N, P, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e S na massa seca das raízes em plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. 33 dias após o início dos tratamentos.

Tratamento	nutrientes (g por kg ⁻¹)					
	N	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	S
T1: Completo	21,64 a	2,09 c	26,44 a	12,08 a	2,10 a	3,66 a b
T2: Ca SO ₄ . 2H ₂ O	8,05 c	1,12 d	9,28 c	4,99 c d	0,87 d	4,03 a
T3: - N	7,47 c	3,12 a b	17,76 b	3,99 d	1,23 d	4,08 a
T4: - P	19,02 a b	0,86 d	21,45 a b	8,42 b	2,30 a b c	3,76 a b
T5: - K ⁺	20,19 a	3,77 a	5,40 c	13,30 a	3,15 a	3,17 b
T6: - Ca ⁺²	21,47 a	2,74 b c	23,10 a b	2,57 d	2,68 a b	3,03 b
T7: - Mg ⁺²	19,37 a	2,80 b	19,42 b	13,33 a	0,77 d	3,37 a b
T8: - S	16,34 b	3,74 a	21,26 a b	7,27 b c	1,93 c	1,96 c
dms	2,86	0,69	6,50	3,08	0,56	0,73
Cv %	6,06	9,76	12,76	13,20	9,98	7,71

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente (Tukey, P < 0,01)

Tabela 8. Médias gerais para os conteúdos de N, P, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e S na massa seca dos caules em plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. 33 dias após o início dos tratamentos.

TRATAMENTOS	NUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	S
T1: Completo	19,43 a	2,41 b	27,16 a b	5,22 b	1,46c	2,94 a
T2: Ca SO ₄ . 2H ₂ O	8,52 c	1,12 c	6,18 e	5,29 b	0,79 f	2,74 a
T3: - N	7,82 c	3,62 a	17,58 d	5,31 b	1,12 e	3,03 a
T4: - P	15,64 b	0,59 c	20,52 c d	5,88 a b	1,34 c d	3,06 a
T5: - K ⁺	21,58 a	3,47 a	8,90 e	5,39 b	1,79 b	3,22 a
T6: - Ca ⁺²	19,25 a	4,11 a	28,15 a	1,76 c	2,10 a	3,32 a
T7: - Mg ⁺²	19,78 a	3,55 a	26,95 a b	7,04 a	0,52 g	3,43 a
T8: - S	15,93 b	4,34 a	23,29 b c	4,91 b	1,22 d e	0,78 b
Dms	3,00	0,99	4,62	1,30	0,19	0,25
Cv %	6,65	12,07	8,24	9,02	5,15	8,74

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente (Tukey, P < 0,01)

Tabela 9. Médias gerais para os conteúdos de N, P, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e S na massa seca em folhas de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. 33 dias após o início dos tratamentos.

TRATAMENTO	NUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	S
T1: Completo	37,45 a b	2,31 c d e	23,48 a	12,08 bc	2,12 c	1,86 a
T2: Ca SO ₄ . 2H ₂ O	17,15 d	1,25 e	12,78 b c	10,32 c	1,12 d	1,89 a
T3: - N	17,74 d	3,96 a b	24,77 a	11,06 bc	1,57 c d	1,83 a
T4: - P	28,70 c	1,55 d e	20,89 a b	12,10 c	1,77 c d	1,87 a
T5: - K ⁺	26,24 c	3,55 a b c	7,04 c	17,40 a	3,70 a	1,93 a
T6: - Ca ⁺²	37,51 a b	4,43 a	21,08 a b	6,04 d	3,10 a b	1,80 a
T7: - Mg ⁺²	41,89 a	2,82 b c d	26,98 a	14,15 b	1,26 c d	1,60 a
T8: - S	29,63 c	3,33 a b c	19,60 a b	13,06 bc	2,13 b c	1,83 a
Dms	5,39	1,47	9,49	3,18	0,97	0,33
Cv%	6,19	18,00	17,14	9,37	16,43	6,44

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente (Tukey, $P < 0,01$)

4.2.2. Omissão de N

Com o corte no fornecimento de N nas formas nítrica, N-NO₃⁻, e amoniacal, N-NH₄⁺, houve uma acentuada redução nos teores de N-total em todos os tecidos analisados das plantas de moringa corroborando com os dados de guarantã, observados por Sorreano (2006); nas raízes, caule e folhas os teores de N representaram, respectivamente, 34,51; 40,24 e 47,36% dos valores observados no controle (Tabelas 7, 8, 9). A despeito da concentração de N total das raízes terem sido 65,49% menor enfatiza-se que nesta parte da planta a produção de massa seca com a omissão deste nutriente da solução nutritiva foi 53,83% maior que aquela do tratamento completo (Tabela 6). É certo, portanto, que sob essas condições o balanço entre carboidratos e proteínas foi seriamente modificado nas raízes, e que o ganho de massa seca deste órgão parece ter sido, em grande parte, decorrente de um forte aumento da transferência de carboidratos originalmente produzidos na parte aérea. De acordo com Tisdale et al. (1993), quando o suprimento de N não é suficiente há um substancial acúmulo de carboidratos nas células vegetativas, principalmente nas raízes.

A omissão de N causou um forte impacto sobre a distribuição e a concentração dos macronutrientes nas diferentes partes da planta, principalmente nas raízes (Tabela 7). No caso do P, os aumentos significativos na concentração deste nutriente no caule, folhas e raízes (Tabelas 7, 8, 9) decorrem de incrementos na absorção líquida (influxo > efluxo); na verdade, o acúmulo de P nas raízes (Tabela 6) foi de 0,128 g por planta, enquanto que nas plantas do

controle foi de 0,057 g por planta. Considerando que a omissão de N provocou um incremento de 53,89% na MSR (Tabela 5), pode ser sugerido um aumento real na acumulação de P de, aproximadamente, 42,34% (Tabela 6). No caule e folhas das plantas cultivadas sem N, o P acumulado atingiu 0,045 e 0,049 g por planta, respectivamente. No controle experimental estes teores foram de 0,056 e 0,054 g por planta, respectivamente; ressalta-se que com a omissão de N as reduções na MSC e MSF foram 45,73 e 47,89% (Tabela 5), portanto em termos relativos (g P kg^{-1} MS) houve aumento na concentração relativa de P com a omissão de N. Contudo, se esses resultados forem analisados em termos absolutos (g por planta) nota-se a ocorrência de uma redução de 36,17% no fluxo de P em direção à parte aérea (caule + folhas) em favor de uma acumulação deste nutriente nas raízes.

Em termos comparativos, as concentrações de K, Ca e Mg foram reduzidas nas raízes enquanto que a concentração de S e P aumentaram (Tabela 7). Dados semelhantes também foram encontrados para Ca por Barroso et al. (2005), estudando *Tectona grandis* (Teca). Também no caule o K e Mg tiveram suas concentrações reduzidas (Tabela 8); nesta parte da planta, contudo, as concentrações de S e Ca foram similares àquelas dos respectivos controles; nas folhas, por outro lado, a concentração de P foi superior ao controle (Tabelas 7, 8 e 9). Com a omissão de N, os conteúdos totais (raízes + caule + folhas) de K, Ca, Mg e S foram, respectivamente, 1,253, 0,367, 0,084 e 0,227 g por planta e com a presença de N (controle) 1,890, 0,727, 0,140 e 0,210 g por planta (Figura 1, Tabela 6). Portanto, a omissão de N da solução nutritiva provocou uma redução de 10,16% na produção de MST (Tabela 5), concomitante a reduções de, aproximadamente, 33,70, 49,51 e 40% na acumulação/absorção líquida de K, Ca e Mg, respectivamente (Tabela 6).

Uma vez que o N foi suprido às plantas como NO_3^- e NH_4^+ , e que existe um efeito competitivo de ambos no nível da plasmalema sobre a absorção de P e Ca (EPSTEIN, 1975) espera-se, desta forma, que uma maior acumulação dos dois últimos tenha sido favorecida sob essas condições. De acordo com Malavolta (1980), o aumento da disponibilidade NH_4^+ no ambiente radicular reduz a absorção de Ca pelas raízes por efeito antagônico. Resultado similar ao do presente estudo, com relação à existência de uma possível interação negativa do N- NH_4^+ sobre Ca, foi observado por Mendonça et al. (1999) em plantas jovens de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.).

É interessante observar que as plantas de moringa em resposta à omissão de N, aumentaram ($p < 0,01$) os seus teores em P nas raízes, caule e folhas; fato que, de uma certa forma, corrobora com o efeito depressivo provocado por maiores concentrações externas de N-NO_3^- sobre a absorção/acumulação de P. Assim, uma vez que o NO_3^- é a forma preferencial de N nos solos agrícolas (SILVEIRA et al., 2003), particular ênfase deve ser dada à relação P/K ou K/P notadamente em solos de regiões Semi-Áridas onde o P fortemente limita o crescimento das plantas. Por outro lado, com a omissão de N o mesmo efeito não foi observado com relação ao Ca que teve sua concentração “absoluta” reduzida na planta, em 50% (Tabela 6). Desta forma, a idéia que uma menor concentrações de NH_4^+ leva a aumentos na absorção de Ca (MALAVOLTA, 1980) deve ser analisada com cautela.

4.2.3. Omissão de P

Com a omissão de P os teores relativos deste nutriente foram significativamente ($p < 0,01$) reduzidos nas raízes, caule e folhas sem, contudo, ter havido maiores influências com relação aos teores dos demais nutrientes nestas partes da planta (Tabelas 7, 8, 9).

Nas raízes somente o Ca teve a sua concentração reduzida ($p < 0,01$); no caule houve uma redução nos teores de N e K ($p < 0,01$), enquanto que o N foi o único elemento que exibiu menores ($p < 0,01$) concentrações nas folhas (Tabelas 7,8 e 9). De forma geral, desconsiderando o P, a maior redução relativa foi associada aos teores de Ca nas raízes onde a concentração deste elemento representou, apenas, 69,70% (Tabela 7), daquela observada no controle experimental. Com a omissão de N o Ca foi, também, o nutriente que apresentou a maior redução, particularmente nas raízes (Tabela 7).

O impacto da omissão de P sobre a produção de MST foi similar àquele provocado pela omissão de N (Tabela 5); a MST produzida sem o fornecimento de P representou 89,22% da observada nas plantas controle, portanto, uma redução de apenas 10,77%. No caso específico de P, a quantidade deste nutriente acumulada na MST produzida pelas plantas controle foi 0,167 g por planta; nas plantas cultivadas com sua ausência esse valor foi reduzido para 0,065 g/planta⁻¹ (Tabela 6). Portanto, pode ser sugerido que durante o período de carência de P (33 dias) cerca de 0,102 g deste nutriente por planta deixaram de

ser absorvidas pelas plantas, o que representa uma redução de 61,07%. No caso N, K, Ca, Mg e S os seus conteúdos absorvidos por planta foram, nessa ordem, 1,369; 1,377; 0,582; 0,129 e 0,202 g. Assim, em termos absolutos com a omissão de P as plantas deixaram de acumular, em relação ao controle experimental 0,543, 0,513, 0,145, 0,012 e 0,008 g de N, K, Ca, Mg e S, respectivamente (Tabela 6). No caso do Mg e S as reduções observadas em seus conteúdos totais (Tabela 6) foram proporcionas à redução no ganho de MST em resposta à omissão de P (Tabela 5); portanto é sugerido, para o caso em análise, que a absorção destes dois nutrientes foi rigidamente controlada pela produção de MST. As quantidades de N, K, Ca, Mg e S que deixaram de ser absorvidas por efeito da omissão de P correspondem, respectivamente, a 28,39; 27,14; 19,94; 7,86 e 3,80% dos valores observados nas plantas controle.

4.2.4. Omissão de K

Nas plantas do controle experimental a quantidade total acumulada de K foi 1,890 g por planta⁻¹ (Tabela 6). Por outro lado, com a sua omissão, esse valor foi reduzido para 0,515 g por planta; desta forma, houve uma redução de 72,75% na quantidade acumulada de K por planta. A omissão de K reduziu o seu teor foliar de 0,55 para 0,17 g por planta⁻¹ (Tabela 6), valor este inferior ao encontrado para algumas espécies florestais a exemplo da leucena (*Leucaena leucocephala*), algaroba (*Prosopis juliflora*), angico (*Anadenanthera colubrina* Vell.) e jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth.) (DANTAS, 2002). É provável, portanto, que uma resposta da moringa à adubação potássica somente seja observada em solos que apresentem uma acentuada pobreza deste nutriente. A literatura tem mostrado que grande parte das espécies florestais não responde à aplicação de K, sugerindo que as mesmas são adaptadas a uma reduzida disponibilidade deste nutriente no meio de cultivo possivelmente em razão de uma eficiente aquisição e/ou utilização (SILVA, 1996).

Do ponto de vista da composição elementar, a omissão de K levou a aumentos ($p < 0,01$) nas concentrações relativas de P, nas raízes e no caule, de Ca nas folhas e Mg no caule e nas folhas; nessas condições somente o N total das folhas foi reduzido ($p < 0,01$), sendo este decréscimo de 29,93% (na base de g N / kg MS foliar) (Tabelas 7, 8, 9). É provável que este comportamento seja justificado pelo fato de que a síntese de proteínas é um processo que requer

grandes quantidades de K (SALISBURY & ROSS, 1992), muito embora os mecanismos de ação deste nutriente não tenham sido totalmente ainda elucidados. A partir destes resultados pode ser inferido que uma reduzida síntese de proteínas, portanto um menor requerimento por N, constituiu um fator de regulação da absorção de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ em plantas de moringa.

Quando analisados os teores de Mg na parte aérea, e os teores de Ca na folha, verificou-se um aumento na concentração destes elementos (tabela 8 e 9). De acordo com Malavolta (1980), Marschner (1995) e Barroso et al. (2005), na ausência de K no meio há um favorecimento na absorção de Ca e Mg pela planta, ou seja, deixa de existir a inibição competitiva entre K e Ca.

4.2.5. Omissão de Ca

Em termos absolutos, com a omissão de Ca o conteúdo deste nutriente por planta passou de 0,727 g por planta (controle experimental) para 0,251 g planta, o que corresponde a uma redução de 65,47% (Tabela 6). Nestas condições, a composição elementar das raízes não foi alterada, por outro lado, aumentos ($p < 0,01$) foram registrados nos teores de P e Mg no caule, nas folhas e nas raízes (Tabela 6). Dados semelhantes para Mg e P foram encontrados por Barroso et al. (2005) e Sarcinelli et al. (2004), estudando sintomas de deficiência em teca e acácia, respectivamente. Para exemplificar, os acréscimos observados na acumulação total (raízes + caule + folhas) de P e Mg foram de 59,88 e 37,85%, respectivamente; isto significa que as concentrações de P e Mg passaram de 0,167 e 0,140 g por planta (controle) para 0,267 e 0,193 g por planta (Tabela 6). Portanto, existe um certo antagonismo entre Ca, Mg e K em que o aumento na concentração externa de um destes elementos implica na diminuição da absorção dos outros (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, et al., 1997; MENDONÇA et al., 1999; BARROSO et al., 2005), o que, de certo modo, explica os aumentos nas concentrações absolutas de Mg nos tratamentos com a omissão de Ca e de K.

4.2.6. Omissão de Mg

As modificações provocadas na composição elementar das plantas de moringa com a omissão de Mg se restringiram ao P, K e Ca. O P teve os seus

teores aumentados ($p < 0,01$) nas raízes e no caule; o K foi fortemente reduzido nas raízes, mas aumentou levemente nas folhas enquanto que o Ca aumentou no caule e nas folhas (Tabelas 7, 8, 9).

Em termos absolutos, o conteúdo de P foi de 0,167 g por planta no controle experimental e de 0,194 g por planta com a omissão de Mg. Caso a absorção de P não tivesse sido afetada com a omissão de Mg o conteúdo teórico daquele nutriente (considerando 11,42% de redução da MST) (Tabela 5), seria 0,002 g P/g⁻¹ MS produzida; entretanto, essa concentração foi de 0,003 g P/g⁻¹ MS produzida (Tabela 6). Portanto, a omissão de Mg aumentou em aproximadamente 34,65% a absorção líquida (influxo – efluxo) de P (Tabela 7, 8, 9). No caso do K, houve uma redução ($p < 0,01$) da sua concentração nas raízes, enquanto o Ca teve suas concentrações aumentadas no caule e folhas. Estes resultados corroboram com os encontrados por Barroso et al. (2005), em teca (*Tectona grandis*). O conteúdo total de K nas plantas tratadas com omissão de Mg foi reduzida em 19,79%, passando de 1,890 g para 1,516 g por planta (Tabela 6). Quando expresso em base de unidade de MST produzida o teor de K foi de 0,026 e 0,023 g por planta, respectivamente, com e sem (controle) a omissão de Mg. Portanto uma redução real de apenas 11,54%, o que já considera uma variação negativa na MST acumulada de 11,42%. (Tabela 5).

4.2.7. Omissão de S

Com a omissão de S o teor foliar deste nutriente permaneceu comparável ao controle, entretanto uma forte redução ($p < 0,01$) foi observada nas raízes e, principalmente, no caule (Tabelas 7, 8, 9). Ao contrário do N, o S parece não ser facilmente translocado entre tecidos em razão do estresse causado por sua deficiência (TISDALE et al., 1993); apesar disto, é bem provável que a manutenção dos teores foliares de S em plantas de moringa, a despeito da omissão deste nutriente do meio de cultivo, tenha sido, em grande parte, favorecida pela translocação deste nutriente a partir das raízes e caules.

Entre as modificações provocadas pela omissão de S na composição elementar das plantas de moringa destacam-se as reduções nas concentrações de N total acompanhada por acréscimos nas concentrações de P nas raízes, caules e folhas. No caso do P, é provável que a ausência de S-SO₄⁻² tenha favorecido a absorção do primeiro caracterizando, a princípio, a ocorrência de um

efeito competitivo. No caso do N, vários fatores inerentes a importantes processos metabólicos podem estar envolvidos. O S é uma parte vital das ferredoxinas (BERG et al., 2004). Em adição à fotossíntese, a ferredoxina desempenha um importante papel na redução assimilatória de NO_3^- (TISDALE 1993). Assim, como a fonte principal de N no presente estudo foi o NO_3^- , é razoável sugerir que o decréscimo na concentração de N total, observado nas plantas de moringa não supridas com S, seja decorrente de uma menor atividade das enzimas envolvidas com o processo de redução de NO_3^- até NH_4^+ . Isto pode ser corroborado pelo fato que sob deficiência de S algumas plantas passam a acumular o íon NO_3^- (RAVEN et al., 2001). De forma contrária, quando o N está em um nível aquém daquele considerado adequado o teor de S não é afetado (BERG et al., 2004). Este fato foi também claramente observado no presente estudo (TABELAS 7, 8 e 9) e tem sido relatado na literatura (TISDALE et al., 1993).

4.3. Parâmetros Indicativos de Eficiência Nutricional

Um dado nutriente, em geral, desempenha várias funções no metabolismo e, a princípio, interage com uma série de outros nutrientes em vários processos fisiológicos e bioquímicos. Em alguns casos, esta interação também se verifica extracelularmente (podendo ser positiva, negativa ou inexistente), particularmente em nível da membrana plasmalema. Portanto a omissão de um nutriente específico pode implicar em uma menor, adequada, ou até mesmo maior concentração de um outro ou mais nutrientes no tecido vegetal (TISDALE et al., 1993), como ocorreu no presente estudo (Tabelas 7, 8 e 9). Assim, diante da complexidade das interações existentes não é fácil estabelecer uma ligação entre causa e efeito; talvez, em decorrência disto, não tenha sido possível identificar nenhuma correlação significativa entre os nutrientes nas diferentes situações testadas no presente estudo (Tabela 10)

Deve-se ter em mente que as quantidades relativas em que os nutrientes estudados ocorreram nos tecidos retratam as condições de crescimento às quais as plantas de moringa foram submetidas; ressalta-se, que alguns aspectos metodológicos, particularmente com relação ao tipo de substrato utilizado neste estudo, permitiram a expressão máxima do potencial genético da planta com relação à absorção inicial dos elementos, o que corrobora com o

descrito por Gabelman e Gerloff (1983); Marschner (1995), que tanto a absorção quanto o transporte, e a redistribuição de nutrientes são fortemente relacionado com o potencial genético vegetal. Tomando como base os preceitos de Lindsay (1979), o fator intensidade (I), que corresponde à concentração de um dado elemento na solução em contato com as raízes, foi mantido com mínimas variações e em um nível elevado durante todo o período experimental. Corroborando esta sugestão, plantas jovens de moringa cultivadas hidroponicamente (vasos com capacidade para 3L) apresentaram teores foliares em N e P (FERNANDES et al, 1998), similares aos observadas no presente estudo, no entanto apresentaram uma concentração de S, aproximadamente, dez vezes maior. Neste último caso houve, certamente, uma superestimação que muitas vezes decorre de imprecisões associadas ao método utilizado para determinação de S como tem sido relatado na literatura (TIESDALE et al., 1993).

Tabela 10. Coeficientes de correlação simples (r) entre nutrientes (g kg^{-1} MS) em raízes (R), caules (C) e folhas (F) de plantas de moringa aos 33 dias após o início dos tratamentos, considerando as diferentes situações estudadas.

Nutrientes	Parte da planta	Nutrientes				
		P	K	Ca	Mg	S
N	R	0,14ns	0,38ns	0,53ns	0,64ns	-0,42ns
	C	0,32ns	0,45ns	-0,09ns	0,44ns	0,18ns
	F	0,19ns	0,47ns	-0,03ns	0,19ns	-0,62ns
P	R		-0,14ns	0,16ns	0,26ns	-0,63ns
	C		0,38ns	-0,34ns	0,25ns	-0,24ns
	F		0,12ns	-0,14ns	0,58ns	-0,17ns
K	R			-0,12ns	-0,02ns	-0,17ns
	C			-0,22ns	0,13ns	-0,03ns
	F			-0,36ns	-0,51ns	-0,50ns
Ca	R				0,12ns	-0,17ns
	C				-0,56ns	0,03ns
	F				0,15ns	0,06ns
Mg	R					0,16ns
	C					0,10ns
	F					0,40ns

ns, não significativo até 1 % de probabilidade

De forma geral, houve uma acentuada redução na concentração de cada um dos macronutrientes após suas respectivas omissões da solução nutritiva utilizada para irrigação das plantas de moringa. Por exemplo, os conteúdos totais ($\text{g nutriente/planta}$) de N, P, K, Ca, Mg e S corresponderam, no final do período de tratamento (33 dias), a 32, 39, 30, 35, 39 e 55%,

respectivamente, daqueles observados nas plantas controle (estimativa a partir do dados da Tabela 6). Portanto, o período em que os tratamentos foram aplicados caracteriza-se por uma fase de intensa acumulação de íons. Nesta fase as reduções da MST produzida (Tabela 5), quando ocorreram, foram, em grande parte, bem inferiores às reduções nas concentrações individuais de cada nutriente omitido (Tabela 6). Assim, excetuando-se os casos em que a EFU do nutriente objeto da omissão é avaliada, a tendência que predomina é a da manutenção da EFU em níveis muito próximos aos do controle (Tabela 11). Como a EFU de um nutriente por uma determinada espécie vegetal pode ser determinada a partir da quantidade de matéria seca total produzida pela quantidade de nutriente utilizado SIDDIQI & GLASS (1981), conhecer espécies que apresentam uma maior EFU de nutriente se torna importante para uso em solos que apresentam condições desfavoráveis de fertilidade (MORAIS et al., 1990). Todavia, é importante lembrar que não há necessariamente uma relação direta entre produção de fitomassa e EFU (BARROS et al., 1990), especialmente quando existe uma comparação entre espécies distintas. Ademais, nem sempre variações positivas da EFU se revertem em benefícios às plantas; por exemplo, um aumento na EFU de N caracteriza redução das proteínas totais.

Deve ser considerado, no entanto, que o índice de EFU apresentou aspectos importantes com relação ao K e Ca. Nestes dois casos em particular constatarem-se aumentos reais na EFU (Tabela 11); isto, porque, tanto a produção de MST como a sua distribuição entre raízes, caules e folhas não apresentaram variações significativas ($p > 0,01$) em relação ao que foi observado nas plantas controle (Tabela 5). Esses resultados demonstram que a despeito de uma drástica redução no conteúdo celular destes dois nutrientes o metabolismo geral das plantas de moringa não sofreu alterações, em termos de produção de MS, reforçando a tese que, ao menos para os dois elementos em questão, a concentração observada no controle foi bem aquém do nível considerado ótimo (nível crítico) para aquele fator. Neste caso, há evidências que permitem sugerir que aumentos na concentração interna de K acima daquela considerada crítica para expressão do potencial máximo de produção (como no controle experimental) estimulam a atividade de síntese protéica estimada por aumentos na concentração de N total foliar (Tabela 9). Comportamento similar tem sido relatado na literatura (Viégas et al., 2004), e expressa uma característica importante das plantas de moringa quando a proposta de uso for, sobretudo,

direcionada para a alimentação. Entre os nutrientes avaliados no presente estudo somente o P apresentou uma efetiva redução na EFU, especificamente com a omissão de K, Ca e S (Tabela 11).

Tabela 11. Eficiência de utilização (EFU) de N, P, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e S por plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. 33 dias após o início dos tratamentos.

Tratamentos	Nutrientes					
	N	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	S
T1: Completo	38,38 c	431,18 c	38,78 c	100,41 cd	523,57de	349,05 bc
T2: Ca SO ₄ 2H ₂ O	99,44 a	880,71 b	106,29 b	162,24 b	1027,50b	293,57 bc
T3: - N	90,21 a	299,32 d	52,68 c	177,97 b	823,13 c	286,30 c
T4: - P	53,92 b	1087,23a	47,28 c	112,48 cd	501,85de	326,20 bc
T5: - K ⁺	44,22 c	273,48 d	144,78 a	81,14 d	335,64 f	369,20 b
T6: - Ca ⁺²	38,56 c	269,93 d	41,89 c	291,52 a	383,58 ef	364,40 bc
T7: - Mg ⁺²	38,88 c	341,74 cd	42,72 c	83,24 d	1298,60a	341,74 bc
T8: - S	50,54 c	267,67 d	46,93 c	122,49 c	555,92 d	602,25 a
Dms	12,60	95,42	16,59	35,47	156,12	80,65

4.4. Sintomas de deficiência de macronutrientes.

As plantas usualmente apresentam sintomas característicos em resposta a falta de um determinado nutriente ou a um nível abaixo daquele considerado crítico para o seu desenvolvimento normal (MALAVOLTA, 1980). O modelo experimental adotado no presente estudo permitiu uma adequada avaliação destes sintomas tanto na parte aérea quanto nas raízes, uma vez que o substrato utilizado (areia lavada) não apresenta resistência ao ser desfeito o contato direto entre ele e o material vegetal (no caso as raízes) levando, portanto, a ocorrência de danos mecânicos mínimos nesta fase. Nem sempre experimentos desta natureza levam em consideração este fator e, quase sempre, o cultivo é feito em um substrato outro que não areia ou solução nutritiva. Este fato, de acordo com Salisbury e Ross (1992), explica uma menor descrição dos sintomas de deficiência em raízes.

Uma observação interessante é que as plantas de moringa somente começaram a exibir sintomas de deficiência nutricional 15 dias após o início dos tratamentos, inclusive com relação ao crescimento em altura. Aparentemente, duas questões inerentes podem estar envolvidas com este resultado. A primeira diz respeito à concentração da solução nutritiva que comparada à solução do solo é bem maior (EPSTEIN, 1975); nesta condição as taxas de absorção tendem a ser favorecidas uma vez que se tomam irrelevantes, por conta da natureza do

é bem maior (EPSTEIN, 1975); nesta condição as taxas de absorção tendem a ser favorecidas uma vez que se tornam irrelevantes, por conta da natureza do substrato utilizado, as vias de acesso dos nutrientes até às raízes como fluxo de massa e difusão. A segunda diz respeito à eficiência de utilização dos nutrientes. Ao que parece, uma parte expressiva dos nutrientes absorvidos não é imediatamente envolvida em processos fisiológicos e bioquímicos relacionados com o crescimento.

É interessante lembrar que a deficiência nutricional pode existir bem antes que o sintoma visual seja evidente. Desta forma, se somente os sintomas visuais forem adotados para diagnosticar as deficiências, uma boa parte do crescimento potencial pode ser perdido no período anterior a uma ação corretiva. A julgar pelo tempo em que os primeiros sintomas visuais começaram a ser percebidos, a espécie em estudo pode ser caracterizada por apresentar um eficiente sistema de absorção e, principalmente, de armazenamento de nutrientes. A foto 1 mostra a aparência das plantas controle no final do experimento



Foto 1. Aparência das plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. Cultivadas em solução nutritiva completa (controle) no final do período experimental.

comportamento pode ser explicado devido ao papel desempenhado pelo N no metabolismo das plantas já que este elemento é um constituinte de todas as proteínas e ácidos nucleicos, sendo, portanto, essencial para o crescimento das mesmas. Em geral, a carência de N diminui o tamanho das células, aumenta a espessura de suas paredes (WILD, 1988) e diminui a divisão e a expansão celular provocando redução no tamanho de todas as partes morfológicas da planta, principalmente folhas e frutos (HEWITT e SMITH, 1975; LIMA FILHO e MALAVOLTA, 1997; RAIJ, 1991; TISDALE et al. 1993; SALVADOR et al. 1999; SARCINELLI et al., 2004; BARROSO et al., 2005).

A omissão de N também provocou o aparecimento da coloração amarela (clorose) em toda a área foliar, iniciando nas folhas mais velhas (folhas basais) e progredindo, com o tempo, em direção às folhas mais jovens. Isto é consequência da redistribuição do N para áreas de crescimento quando ocorre deficiência do mesmo nas plantas, uma vez que o elemento é bastante móvel no floema. Nas folhas mais velhas das plantas deficientes em N, as proteínas são hidrolizadas (proteólise), resultando em aminoácidos que são redistribuídos para folhas novas e outras regiões apicais. A proteólise causa um colapso dos cloroplastos, diminuindo o conteúdo de clorofila (pigmento verde mais importante no processo fotossintético da planta) com o consequente aparecimento da clorose (MALAVOLTA et al, 1997; MENGEL & KIRKBY, 1982; SALVADOR et al., 1999). Isto já foi observado em outras espécies florestais como *Eucalyptus citriodora* (MAFFEIS et al., 2000), *Myracrodruon urundeuva* (Mendonça et al., 1999), *Aspidosperma polyneurom* e *Cedrella fissilis* (SILVA & MUNIZ, 1995) e de *Acacia mangium* (DIAS et al., 1994).

Com o início do aparecimento da deficiência de N os brotos terminais das plantas apresentaram aspecto de atrofiamento (redução do tamanho), contudo permaneceram verdes durante o período do experimento devido à redistribuição do N para estas áreas de crescimento. Sintomas semelhantes foram encontrados por Veloso et al. (1998) em pimenta-do-reino.



Foto 2. Aparência de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. deficiente em N (-N), e irrigadas com solução nutritiva completa (controle) ou com CaSO_4 1,0 mM (CC), no final do período experimental.

4.4.2. Deficiência de P

Os sintomas provocados pela deficiência de P somente começaram a ser visualmente percebidos aos 18 dias da aplicação dos tratamentos, quando foi observada uma redução do crescimento em altura e menor área foliar, fato este observado também por Veloso e Muraoka (1993) e Lima Filho e Malavolta (1997). No período de observação experimental, o broto terminal também demonstrou uma aparência de atrofiamento.

O crescimento retardado das plantas deficientes de P pode ser explicado pela diminuição do fornecimento de energia química produzida no cloroplasto para os processos metabólicos, como por exemplo, síntese protéica e de ácidos nucléicos (MENGEL & KIRKBY, 1982). De acordo com Malavolta (1980) e Salvador et al. (1999), o relevante papel do P na síntese de proteínas determina que sua carência se reflita no menor crescimento vegetal.

Ao atingir o 26^o dia da omissão de P do meio de cultivo, as plantas de moringa apresentaram uma coloração verde bastante intensa, tendendo para o azul, particularmente na parte basal das plantas (folhas mais velhas). Estes sintomas também foram observados e descritos por Dell et al. (1995), Silveira et al. (2002), Veloso e Muraoka (1993), (Foto 3). Esta localização basal está associada à facilidade de redistribuição do P de um órgão para outro, e

especialmente das folhas mais velhas em direção às mais novas. Portanto, uma aparente correlação existe entre a deficiência de P e a deficiência de N em plantas, pois apresentam semelhanças quando manifestam seus sintomas de deficiência. Ressalta-se que o verde intenso nas folhas provocado pela deficiência de P está associado à acumulação de um pigmento denominado antocianina (SALISBURY & ROSS, 1992).

Dentre os elementos analisados no presente estudo, os sintomas relacionados à deficiência de P foram àqueles mais tardiamente apresentados como de fato tem sido a regra para a grande maioria das plantas (MALAVOLTA, 1980).

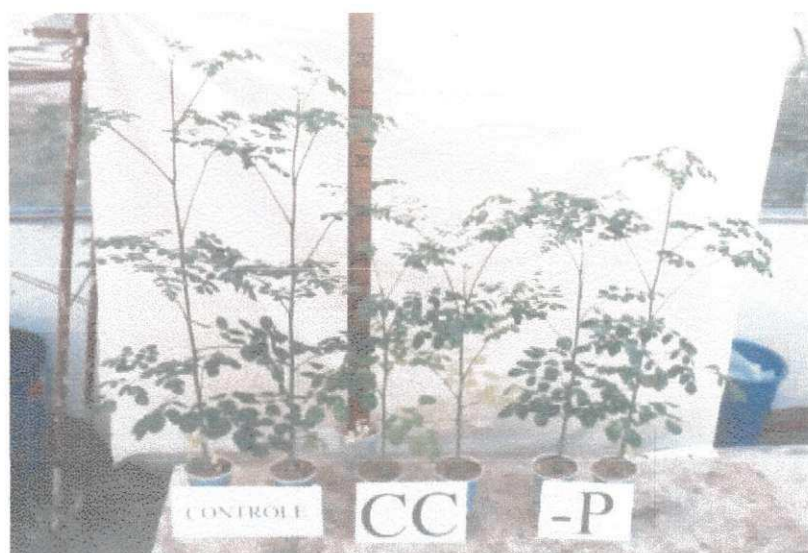


Foto 3. Aparência de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam. deficiente em P (-P), e irrigadas com solução nutritiva completa (controle) e com CaSO_4 1,0 mM (CC), no final do período experimental.

4.4.3. Deficiência de K

Os primeiros sintomas visuais de deficiência foram observados 21 dias após o início da omissão de K. Esses sintomas foram caracterizados pelo amarelecimento (caracterizado por uma tonalidade escura de amarelo) das folhas basais (mais velhas) e medianas os quais com o tempo, progrediu em direção ao broto terminal (Fotos 4 e 5). Os sintomas observados tiveram início na porção apical das folhas evoluindo para a base e, mais acentuadamente, envolveram áreas internervais o que também foi observado por Lima Filho e Malavolta (1997),

Salvador et al., (1999), Barroso et al. (2005) e Silveira et al. (2002). A localização preferencial dos sintomas nas folhas mais velhas mostra que o K, a exemplo do P e N, é um elemento facilmente redistribuído entre órgãos e partes da planta. Embora os sintomas de deficiência de K tenham sido tardios a sua evolução foi, por outro lado, bastante rápida.



Figura 4. Detalhe do sintoma da deficiência de K^+ em folha de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., 21 dias após o início dos tratamentos.



Figura 5. Detalhe do sintoma da deficiência de K^+ em folha de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., no final do período experimental.

4.4.4. Deficiência de Ca

Os sintomas da deficiência de Ca (Foto 6) surgiram com um leve amarelecimento das folhas a partir da parte mediana da planta em direção à parte apical, ou seja, amarelecimento das folhas mais novas, concordando com Veloso e Muraoka (1993). Não foi observado, como é característico da deficiência de Ca, retardamento no crescimento apical, razão pela qual o desenvolvimento da planta não foi afetado. Provavelmente, o curto intervalo de tempo de exposição das plantas à omissão de Ca tenha contribuído para tal acontecimento já que diversos trabalhos evidenciam a morte da gema apical de várias culturas quando deficientes em Ca (KAUL et al., 1970; LIMA FILHO & MALAVOLTA, 1997; BARROSO et al., 2005). As folhas da parte basal das plantas (folhas mais velhas) apresentaram aspectos normais. As raízes tiveram o crescimento levemente afetado, contudo não houve prejuízos com relação à acumulação de massa seca nesta parte da planta, ao contrário do que foi observado por Sarcinelli et al. (2004), Barroso et al. (2005) trabalhando com acácia e teca, respectivamente. Como se sabe, a deficiência de Ca é caracterizada pela redução no crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observada, inicialmente, nas extremidades em crescimento e folhas mais jovens (MENGEL & KIRKBY, 1982).

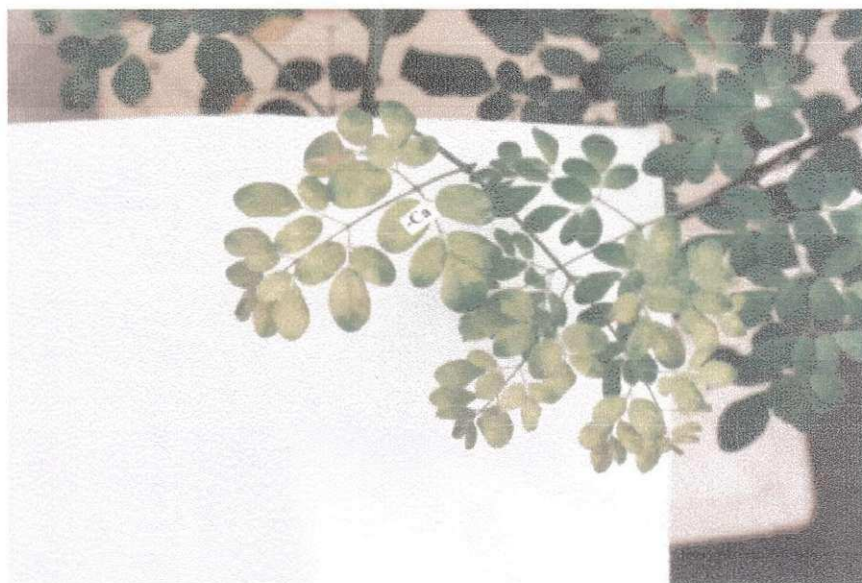


Figura 6. Detalhe do sintoma da deficiência de Ca^{+2} em folha de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., no final do período experimental.

4.4.5. Deficiência de Mg

Os sintomas da deficiência de Mg começaram a ser visualmente observados 17 dias após a omissão do elemento do meio de cultivo. Ao contrário do Ca, o Mg é facilmente translocado para as regiões novas de crescimento ativo. Como consequência, os sintomas de deficiência iniciaram na parte mediana das plantas (terço médio) (Figura 7), progredindo em direção à parte superior das mesmas (parte mais nova), correspondendo a uma clorose internerval concordando com o que foi observado por Veloso e Muraoka (1993); Muniz e Silva, (1995); Mendonça et al., (1999); Silveira et al., (2002); Barroso et al., (2005). Nas proximidades das nervuras o amarelecimento foi menos intenso (amarelo com tonalidade esverdeada). A presença de Mg como átomo central da molécula de clorofila, função bioquímica bem conhecida do elemento, é uma característica determinante dos efeitos da deficiência de Mg (HEWITT & SMITH, 1975), pois sua deficiência acarreta diminuição no pigmento, provocando clorose. Com o aumento do tempo de exposição das plantas à falta de Mg, além desta clorose, as folhas começaram a apresentar manchas brancas; esses sintomas foram também registrados por Mendonça et al. (1999) em plantas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) e por Veloso et al. (1998) em plantas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) O crescimento da planta foi afetado com consequente redução na produção de matéria seca total contrariando o que foi observado por Lima Filho e Malavolta (1997).

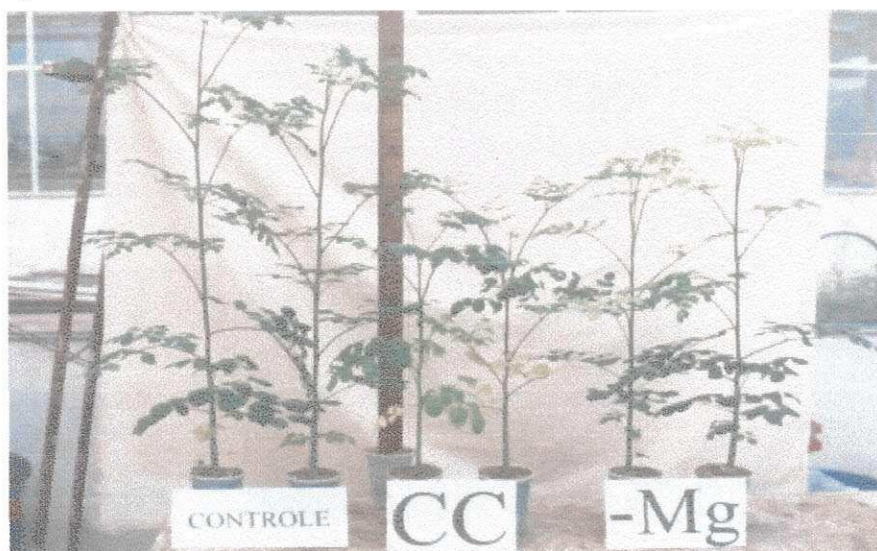


Figura 7. Detalhe do sintoma da deficiência de Mg⁺² em plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., no final do período experimental.

4.4.6. Deficiência de S

Os sintomas visuais de deficiência de S não foram observados nas plantas de moringa submetidas à omissão deste elemento, a não ser a redução da altura das mesmas. Dados semelhantes foram encontrados por Lima Filho e Malavolta (1997) e Mendonça et al. (1999) em plantas jovens de estêvia (*Stevia rebaudiana* Bent.) e de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*), respectivamente. De acordo com os autores a ausência de S não afetou o aspecto visual das plantas nem a altura e produção de massa seca da aroeira do sertão, no entanto, no caso da estêvia, foi encontrada correlação negativa significativa, entre o teor de S nas folhas e produção da parte aérea das plantas. Redução no crescimento de mudas de teca submetidas à ausência de S também foi observado por Barroso et al. (2005), contrariando o observado por Silveira et al. (2002), em clones híbridos de eucalipto. De acordo com Salisbury e Ross (1992), plantas com sintomas de deficiência de S não são frequentemente encontradas em condições de campo.

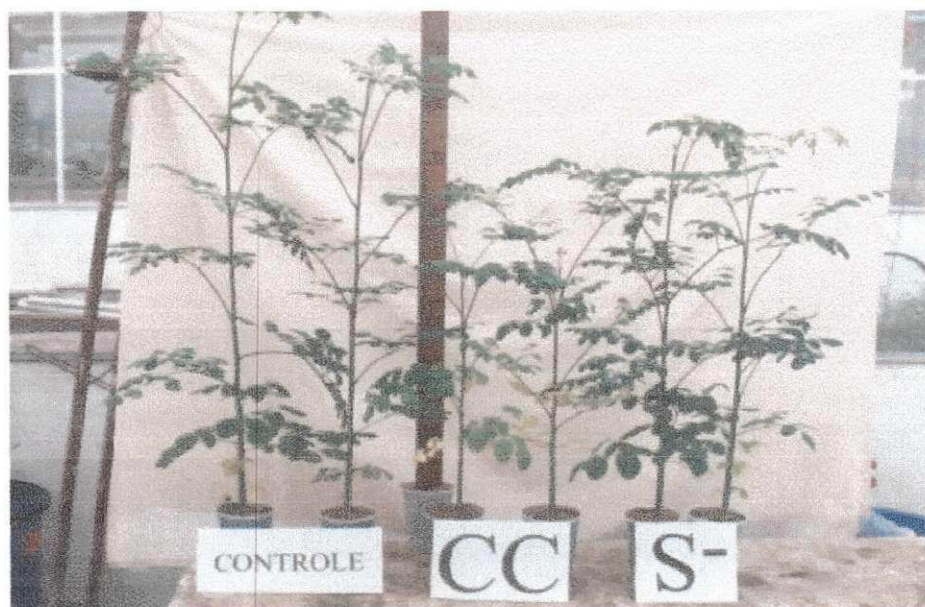


Figura 8. Aparência de plantas jovens de *Moringa oleifera* Lam., deficiente em S (-S), e irrigadas com solução nutritiva completa (controle) ou com CaSO_4 1,0 mM (CC), no final do período experimental.

4.4.7. Plantas que receberam apenas CaSO_4 1,0 mM (CC).

As plantas que receberam durante todo o período experimental apenas CaSO_4 1,0 mM, apresentaram seus primeiros sintomas de deficiência ao 15º da aplicação dos demais tratamentos. Os principais sintomas verificados foram: crescimento retardado, caules e pecíolos das folhas finos, amarelecimento das folhas a partir da base (folhas mais velhas), evoluindo em direção do ápice da planta e broto terminal com aspecto de atrofiamento. Os sintomas observados nas plantas do tratamento T2 se assemelharam aos sintomas provocados pela deficiência de N e P e Mg, sendo todos com maior intensidade. (Figuras 2, 3, e 7; Foto 5).

5. CONCLUSÕES

A concentração de cada um dos macronutrientes nas plantas de moringa diminuiu com suas respectivas omissões da solução nutritiva;

A omissão de N, P e Mg da solução nutritiva, provocou diminuição na produção de MST e favoreceu o crescimento das raízes aumentando a relação R/PA;

As omissões de K, Ca e S da solução nutritiva não alteraram a produção de MST e a relação R/PA;

Nas folhas das plantas do controle a concentração dos nutrientes seguiu a ordem decrescente N, K, Ca, P, Mg e S; nas raízes e caules a ordem decrescente de concentração foi K, N, Ca, S, P e Mg;

Em termos relativos, a omissão de N provocou aumento na concentração de P em todas as partes das plantas e diminuiu a acumulação de K, Ca e Mg;

Com a omissão de P, a maior redução relativa foi associada aos teores de Ca nas raízes; os teores de Mg e de S sofreram reduções em seus conteúdos totais proporcionais à redução no ganho de MST;

A ausência de K na solução nutritiva favoreceu, em geral, o aumento na concentração de P, Ca e Mg na parte aérea e raízes das plantas diminuindo a concentração de N nas folhas;

Com a omissão de Ca houve aumento na concentração de P e Mg na parte aérea e raízes das plantas;

A ausência de Mg na solução nutritiva favoreceu, em geral, o aumento da concentração de P nas raízes e caules, de Ca nos caules e folhas e de K nas folhas, diminuindo a concentração de K nas raízes;

As concentrações de P e N, em todas as partes das plantas, aumentaram e diminuíram, respectivamente, com a omissão de S na solução nutritiva;

Excetuando-se os casos em que a EFU do nutriente objeto da omissão é avaliada, a tendência que predominou foi a da manutenção da EFU em níveis muito próximos aos do controle; somente o P apresentou uma efetiva redução na EFU, especificamente com a omissão de K, Ca e S;

Com base no tempo em que os primeiros sintomas visuais começaram a ser percebidos, a moringa pode ser caracterizada como uma espécie que apresenta um eficiente sistema de absorção e, principalmente, de armazenamento de nutrientes;

Com exceção do tratamento com omissão de S, todos os outros apresentaram sintomas de deficiência visuais, sendo os mesmos semelhantes aos descritos na literatura para outras espécies vegetais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA, D.R.; KERR, W. E.; GODOI, H.T.; OLIVEIRA, A.L.; SILVA, F.R. Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n.2, p. 126, 1992.

ARAÚJO, L.V.C. **Características silviculturais e potencial de uso das espécies Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.): uma alternativa para o semi-árido paraibano**. 1999. 120p. Dissertação de Mestrado. ESALQ, Piracicaba.

BAKKE, I.A. **Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte**. 2001. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990, 330p.

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; PEREIRA, R.C.; MENDONÇA, A.V.R.; SILVA, L.C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.671-679, 2005.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. **Adubação, produtividade e ecologia – simpósio - diagnose visual e análise de plantas**. XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Piracicaba: Fundação Cargil, 1992. 425 p.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004, 1059p.

BEZERRA, A.M.E.; ALCAFOR, D.C.; MEDEIROS FILHO, S.; INNECCO, R. Germinação de sementes de Moringa (*Moringa oleifera* Lam). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 28, n. 1/2, p. 64-69, 1997.

CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRON, L.M.; AVILÉS, O.; PACHECO, G. Moringa oleifera Lam. (Moringaceae): etnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, v.45, n.4, p. 522-523, 1991.

CARMELLO, Q.A.C. **Adubação, produtividade e ecologia: Simpósio de Hidroponia**. XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Piracicaba: Fundação Cargil, 1992. 425 p.

CARVALHO, J.G.; FERNANDES, A.R.; MIRANDA J.R.; MELO, P.C. Efeito de sais sódico sobre a absorção e a eficiência de utilização e translocação de B, Fe, Mn e Zn em mudas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **In: Resumos**

expandidos da XII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da água. Fortaleza, CE, p. 103 – 104. 1998.

CHAPMAN, H.D. **Diagnostic criteria for plants and soils.** Riverside: University of California, 1966.793p.

COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. **Geografia do Brasil.** São Paulo: Ed. Moderna. 1982.368p.

DANTAS, H.R.W. **Crescimento e distribuição de Na⁺, K⁺, e Cl⁻ em plantas jovens de algarobeira, angico, jurema-preta e leucena em resposta ao estresse salino.** 2002. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos.

DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrients disorders in plantation eucalypts.** Camberra: Australian Center for International Agriculture Research, 1995. 104 p.

DIAS, L.E.; ALVAREZ, V.H.; BRIENZA Jr., S. **Formação de mudas de Acácia mangium. I. Resposta à calcário e fósforo.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA E SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA FLORESTAL, 6, 1990. Campos de Jordão. Anais...Campos de Jordão. 1990. p.449-453.

DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd. em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.2, p.123-131, 1994.

DUKE, J.A. The quest of tolerant germplasm. In: YOUNG, G. (Ed.) **Crop tolerance to subtropical land conditions.** Madison. American Society Agronomical Special Symposium, v.32, p.1-16, 1978.

EMBRAPA, Serviço Nacional de levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, **Manual de métodos de Análise de Solos**, Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E. **Nutrição de plantas: princípios e perspectivas.** Tradução e Notas de E. Malavolta. Livros Técnicos e Científicos. São Paulo: Editora da USP, 1975. 341 p.

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

FERNANDES, R.; CARVALHO, J.G.; MELO, P.C.; MIRANDA, J.R.P. Efeito de diferentes fontes de sais sódicos sobre o acúmulo de matéria seca e os teores de K, Ca, Mg, e Na em mudas de *Moringa oleifera* Lam.. In: **Resumos expandidos da XII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água.** Fortaleza, CE, 1998.

FERREIRA, P.V. **Estatística Experimental Aplicada à Agronomia.** 3ª ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

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

GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant Soil**, v.72, p.335-350, 1983.

GALLÃO, M.I.; LEANDRO, F.D.; BRITO, E.S. Avaliação química e estrutural da semente de Moringa. **Revista Ciências Agrárias**, Fortaleza, v.37, n.1, p.106-109, 2006.

GERDES, G. O Uso **das sementes da árvore moringa para tratamento de água turva**. Fortaleza: ESPLAR, 1996. 13 p.

GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. **Princípios de Fertilidade do Solo**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 276 p.

GOODALL, D.W.; GREGORY, F.G. **Chemical composition of plants as an index of their nutritional status**. East Malling: Imp. Bur. Hort. Plant Crops, 1947. (Technical Communication, 17).

GRAHAM, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. **Advance Plant Nutrition**, v.1, p.57-101, 1984.

HANSEN, E. A.; BAKER, J. B. Biomass and nutrient renewal in short rotation intensively cultured plantations. In: ANNUAL MEETING AMERICAM POPLARS COUNCIL, 1979, Thompsonville. **Annual...** Thompsonville: 1979. p. 130-151.

HEWITT, E.J.; SMITH, T.A. **Plant mineral nutrition**. London: The English Universities, 1975. 298p.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plant without soil**. Berkley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 39p. (Bulletin 347).

JANH, S.A.A. **The traditional Domestication of a Multipurpose Tree *Moringa stenopetala* (Back. F.) Cuf.** In the Ethiopian Riff Valley. **Ambio** 20: 244-247. 1991.

KALOGO, Y.; M'BASSINGUIÈ SÈKA, A.; VERSTRAETE, W. Enhancing the start-up of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract of *Moringa oleifera* seeds. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.55, p.644-651, 2001.

KAUL, O.N.; SRIVASTAVA, P.B.L.; TANDON, V.N. Nutrition studies on *Eucalyptus*: IV. Diagnoses of mineral deficiencies in *Eucalyptus globules* seedlings. **Indian Forester**, New Delhi, v.96, n.6, p.453-456, 1970.

LAGATU, H.; MAUME, L. Le diagnostic foliaire de la pomme de terre. **Ann. Ecol. Nat. Agric.**, Montpellier, v.22, p.50-158, 1934.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. New York: Worth Publishers, 1993, 1013p.

LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E. Sintomas de desordens nutricionais em estévia *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n. 1-2, p.53-61, 1997.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York : Wiley-Interscience, 1979. 449 p.

LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. de. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo. In: OLIVEIRA, A.J. de; GARRIDO, J.D. de; LOURENÇO, S. (coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p.7-61. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

LUNDEGARDH, H. **Die Blattanalyse**. G. Fisher Jena Verlag, 1945.

MAESTRI, M.; ALVIM, P.T.; SILVA, M.A.P.; MOSQUIM, P.R.; PUSCHMANN, R.; CANO, M.A.O.; BARROS, R.S. **Fisiologia vegetal: exercícios práticos**. Viçosa: UFV, 2002. 91p.

MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n.57, p.87-98, 2000.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.128, p.331-322, 1997.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agrônômica Ceres**, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, P. F.; ALCARDE, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: **Nobel**. 2002. 187p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira. 1974. 752 p.

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

MARQUES, T.C.L.L.S.M.; CARVALHO, J.G.; LACERDA, M.P.C; MOTA, P.E.F. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p.184-195, 2004.

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

MENDONÇA, A.V.R.; NOGUEIRA, F.D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J.S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. *All* (Aroeira do Sertão). **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.65-75, 1999.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.

MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D.; ABREU, J.B.R.; DAIUB, J.A.S.; SILVA, J.E.P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. Cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p. 1995

MORAIS, E.J.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; BRANDI, R.M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p. 353-362, 1990.

MORTON, J. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) – a boon to arid lands? **Economy Botany**, v.45, n.3, p.318-333, 1991.

MUNIZ, A.S.; SILVA, M.A.G. Exigências nutricionais de mudas de Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneurom*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, p.263-271, 1995.

NAMBIAR, E.K.S. Plantation forests: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWEN, G. B.; NAMBIAR, E. K. S. (Ed.) **Nutrition of plantation forests**. London:Academic Press, 1989. p.1-15.

NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. **Environmental Technology**, v.17, p.1103-1112, 1996.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. (Eds.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA, p.189-255, 1991.

OLSEN, A. Low technology water purification by bentonite clay and *Moringa oleifera* seeds flocculation as performed in Sudanese villages: effect on *Schistosoma mansoni* cercarie. **Water Research**, v. 21, p.517-522, 1987.

PALLADA, M.C. *Moringa (Moringa oleifera Lam.): a versatile tree crop with horticultural potencial in tre Subtropical United States*. **Hort. Science**, v.31, n.5, p.794-797, 1996.

PIO CORREIA, M., **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal 1984 vol. V.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAVEN, H; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2001. 906p.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. The photosynthesis-transpiration compromise. In: SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4ed. Califórnia: Wadsworth, 1992. p.66-92.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiências de nutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1655-1662, 1999.

SARCINELLI, T.S.; RIBEIRO Jr., E.S.; DIAS, L.E.; LYNCH, L.S. Síntomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.173-181, 2004.

SIDDIQI, M.Y. GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal Plant Nutrition**, Monticello, v.4, p.289-302, 1981.

SILVA, A.R. **Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil**. UFU/ DIRIU, Uberlândia 1999. 95 p. il.

SILVA, I.R. **Crescimento inicial, absorção de macronutrientes e eficiência nutricional em espécies nativas submetidas à adubação potássica**. 1996. 57 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S. Exigências nutricionais de cedro (*Cedrela fissilis*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, p.415-425, 1995.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.107-116, 2002.

SILVEIRA J.A.G.; VIÉGAS R.A.; ROCHA, I.M.A.; MONTEIRO-MOREIRA, A.C.O.; MOREIRA, R.M.; OLIVEIRA J.T.A. **Proline accumulation and glutamine synthetase are increased by salt-induced proteolysis in cashew leaves**. *Journal of Plant Physiology*, Rockville, v.160, n.2, p.115-123, 2003.

SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; VALE, F.R.; FERREIRA, M.M. MOREIRA, F.M.S. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA, 1995. 28p.

SORREANO, M.C.M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – ESALQ/CENA- Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Stress Physiology In: TAIZ, L. AND ZEIGER, E. **Plant Physiology**, California, The Benjamin / Cummings, p. 346-370, 1991.

TOMÉ Jr., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

TRIER, R. **Uso da semente do gênero moringa: uma proposta alternativa para clarificação das águas do Nordeste.** Recife: ASPTA, 1995. 17p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers.** New York: Macmillan, 1993. 634p.

UTUMI, M.M.; MONNERAT, P.H.; PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R.; GODINHO, V.P.C. Deficiência de macronutrientes em estévia: sintomas visuais e efeitos no crescimento, composição química e produção de esteviosídeo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p. 1039-1043, 1999.

VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T. Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.50, n.2, p.232-236, 1993.

VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J.G. Diagnose de deficiências de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L). **A Hora Veterinária**, Brasília, v. 33, n.11, p.1889-1896, 1998.

VIÉGAS, R.A.; FAUSTO, M.J.M; SILVEIRA, J.A.G.; QUEIROZ, J.E. Growth and total-N content of *Prosopis juliflora* (SW) D.C. are stimulated by mild NaCl level. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.1, p. 65-68, 2004.

WILD, A. **Russel's soil conditions and plant growth.** 11 ed. New York: John Wiley, 1988. 991p.

APÊNDICES



Foto 1. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C +) e com a omissão de N e P da solução nutritiva.

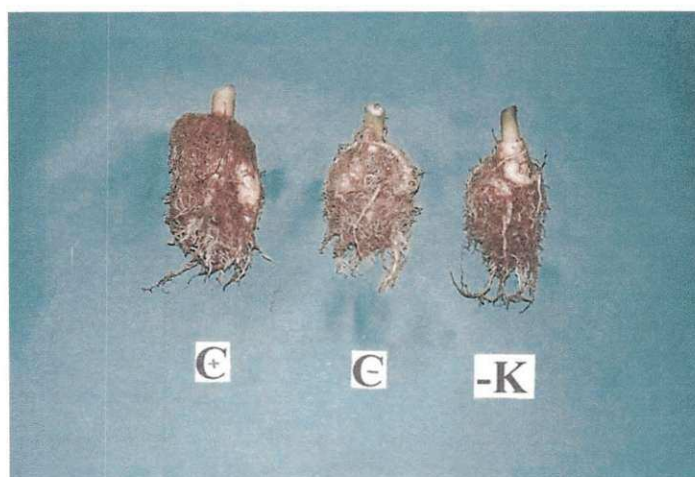


Foto 2. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C +), irrigadas com 1,0 mM de CaSO_4 (C-) e com a omissão de K^+ da solução nutritiva.

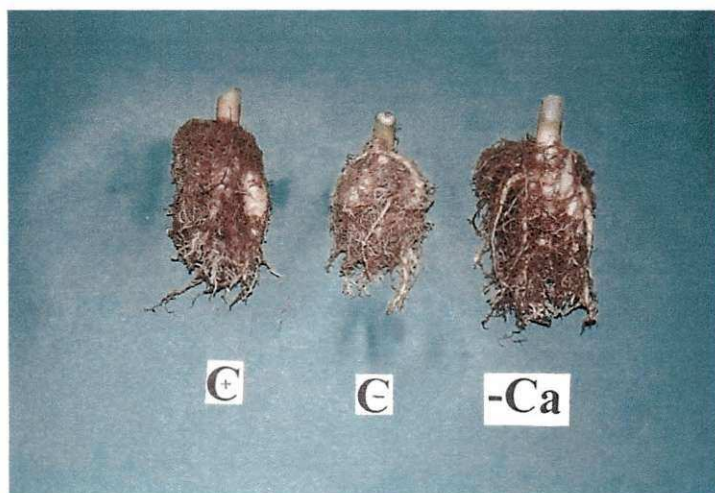


Foto 3. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C +), irrigadas com 1,0 mM de CaSO_4 (C-) e com a omissão de Ca^{2+} da solução nutritiva.

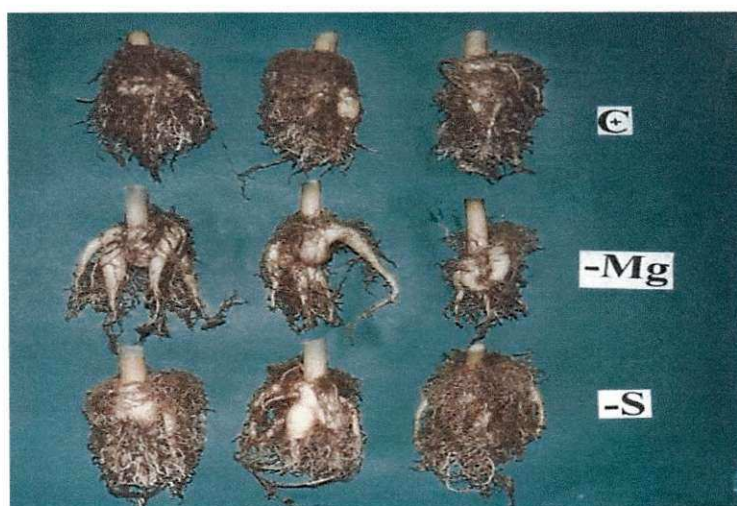


Foto 4. Detalhes do sistema radicular das plantas de moringa no tratamento controle (C+) e com a omissão de Mg^{2+} e S da solução nutritiva.



Foto 5. Vista geral das plantas de moringa no tratamento controle, irrigadas com 1,0 mM de CaSO_4 (CC), e com a omissão de N, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e S da solução nutritiva