

CONCENTRAÇÃO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE MOGNO CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

ROBERTO LUIZ REGINATTO DE WALLAU¹, ALEXANDRA DE PAIVA SOARES² E SÂNIA LÚCIA CAMARGOS³

- ¹ Mestrando em Agricultura Tropical – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade Federal de Mato Grosso - Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n - CEP: 78060-900 - Cuiabá - MT. Email: robertowallau@hotmail.com
- ² Mestranda em Agricultura Tropical – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UFMT. Email: agropaivas@hotmail.com
- ³ Prof^a. Dept^o de Solos e Engenharia Rural – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UFMT. Email: sania@ufmt.br.

RESUMO: O mogno é uma espécie de grande valor comercial e devido a isso sua exploração fez com que diminuíssem suas reservas naturais. Desse modo, programas de reflorestamento podem ser uma alternativa para a continuação da utilização da sua madeira. No entanto, pouco se conhece sobre as exigências nutricionais dessa espécie e nesse sentido o presente trabalho teve como objetivo determinar a concentração e acúmulo de macronutrientes na raiz e parte aérea das plantas cultivadas em solução nutritiva completa e com omissão de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso em Cuiabá-MT, no período de julho a dezembro de 2006. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por solução nutritiva completa e omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S. Aos 100 dias do início dos tratamentos, as plantas foram coletadas, lavadas, separadas em raízes e parte aérea e colocadas para secar, sendo pesadas para determinação da massa seca e posteriormente realizado análise química para obtenção das concentrações dos nutrientes em cada parte da planta. Com a omissão dos nutrientes na planta, estas apresentaram, na parte aérea e nas raízes, quantidades significativamente menores quando comparadas aos teores de nutrientes do tratamento com solução nutritiva completa, com exceção da omissão de S, onde nas raízes a concentração foi significativamente igual ao do tratamento completo. Os maiores teores foliares encontrados foram de N seguido de Ca, K, S, Mg e P na parte aérea e K seguido de N, Ca, S, Mg e P nas raízes em plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Considerando as partes da planta, o maior acúmulo de nutrientes foi verificado na parte aérea para todos os tratamentos. Com exceção do enxofre, houve maior acúmulo de todos os nutrientes no tratamento com solução completa em relação aos tratamentos com omissão de cada nutriente.

Termos para indexação: *Swietenia macrophylla*, teores, acúmulo, omissão de nutrientes.

MACRONUTRIENT CONCENTRATION AND ACCUMULATION IN MAHOGANY SEEDLINGS GROWN IN NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT: Mahogany is a species of great commercial value; consequently, exploration has reduced its natural reserves. Reforestation programs can be an alternative for continuing using its wood; however, little is known about the nutritional requirements of this plant. Thus, the present study aimed to determine macronutrient concentration and accumulation in roots and shoot of plants grown in complete nutrient solution or with omission of nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium and sulphur. The experiment was carried out in a greenhouse from the Federal University of Mato Grosso, Cuiabá Municipality, Mato Grosso State, Brazil, from July to December 2006. Experimental design was completely randomized, with seven treatments and three replicates. Treatments consisted of complete nutrient solution and individual omission of N, P, K, Ca, Mg and S. After 100 days from the beginning of treatments, plants were harvested, washed, separated into roots and shoot, dried, and weighed for dry matter assessment and later chemical analysis to obtain the nutrient concentrations in each plant part. The plants showed significantly lower nutrient levels in shoot and roots when nutrients were omitted than when grown in complete nutrient solution, except

for S omission, which led to a concentration in the roots that was significantly equal to that obtained with the complete treatment. The highest levels were detected for N, followed by Ca, K, S, Mg and P in the shoot, as well as for K, followed by N, Ca, S, Mg and P in the roots of plants grown in complete nutrient solution. Considering the plant parts, the highest nutrient accumulation was detected in shoot for all treatments, except for that with S omission. There was higher accumulation of all nutrients in the treatment with complete solution relative to the treatments with omission of each nutrient.

Index terms: *Swietenia macrophylla*, levels, accumulation, nutrient omission.

INTRODUÇÃO

O mogno (*Swietenia macrophylla*), da família Meliaceae, pode ser encontrado desde o México, passando pela América Central, até ampla área no sul da floresta amazônica, incluindo a porção oriental da Amazônia Brasileira (Veríssimo e Grogan, 1998). Árvore de porte alto, o mogno pode alcançar mais de 50 m de altura e seu tronco pode atingir até 3 m de diâmetro (Lorenzi, 1998).

A madeira do mogno possui um dos maiores valores comerciais do mundo devido a sua cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional, fácil manuseio e utilização pela indústria tanto em mobiliários finos, painéis, objetos de adorno, régua de cálculo, laminados, embarcações leves como na construção civil (Rizzini, 1990). Por essas razões, vem sendo intensivamente explorada nas últimas décadas, principalmente no Brasil com a expansão da fronteira agrícola na Amazônia.

Programas de reflorestamento com mogno visando a comercialização têm esbarrado principalmente no problema da broca-das-meliáceas (*Hypsipyla grandella*), inseto que ataca o meristema apical da árvore, fazendo com que o tronco se ramifique inutilizando o fuste ou diminuindo o seu valor comercial. Pesquisas sobre esse inseto e seu combate, são os principais desafios a serem superados para o cultivo do mogno e, juntamente com isso, intensificar os estudos sobre suas exigências nutricionais.

Como são escassos esses dados, obter conhecimentos com relação aos aspectos nutricionais desta cultura, especialmente com omissão de nutrientes, torna-se indispensável no processo de sua introdução em programas de reflorestamento em qualquer região.

A avaliação do estado nutricional de uma planta, consiste na comparação entre uma planta a qual deseja-se avaliar e uma planta considerada padrão, ou seja, uma planta que tenha em seus tecidos todos os nutrientes em quantidades e proporções adequadas, que seja capaz de dar altas produções, tendo um bom aspecto visual (Malavolta et al., 1997). Os métodos mais empregados para a avaliação são a diagnose visual, a diagnose foliar ou análise química de plantas, a análise química do solo e os ensaios por subtração de nutrientes (Raij, 1991).

A diagnose foliar é um método de avaliação em que se analisam quimicamente as folhas das culturas. Segundo Malavolta et al. (1997), as folhas são os órgãos que, como regra geral, refletem melhor o estado nutricional da planta, isto é, respondem mais as variações no suprimento dos

nutrientes, seja do solo, seja pelo adubo. Porém, podem ser feitas análises químicas de plantas usando outros órgãos das mesmas, como caule ou raiz.

Assim, este trabalho teve como objetivo determinar as concentrações de nutrientes nas raízes e na parte aérea das plantas cultivadas em solução nutritiva completa e na omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em Cuiabá/MT no período de julho a dezembro de 2006 e as análises químicas na Empresa Mato-grossense de Pesquisa e Extensão Rural (EMPAER) em Cuiabá/MT.

As sementes de mogno foram colocadas para germinar em canteiros com areia lavada, irrigadas diariamente com água destilada. Aos 47 dias após a semeadura, realizou-se o transplântio das mudas em número de duas por vaso contendo dois litros da solução nutritiva completa de Sarruge (1975). Inicialmente a solução nutritiva foi mantida a $\frac{1}{4}$ de força iônica, em sistema de aeração artificial contínuo, por um período de 14 dias. Decorrido este período, a solução nutritiva foi substituída por outra de $\frac{1}{2}$ força iônica por mais 14 dias, sendo posteriormente aplicados os tratamentos.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi representada por um vaso plástico contendo as plantas. Os tratamentos utilizados foram os seguintes: Completo (Compl.) e com omissão individual dos nutrientes: nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg) e enxofre (-S) segundo a solução de Sarruge (1976) (Tabela 1).

Após 28 dias de adaptação das plantas à solução, iniciaram-se os tratamentos com a omissão de nutrientes. As soluções estoque foram preparadas com reagentes puros para análise (P.A.), contendo a seguinte composição: N – 120 mg/L; P – 31 mg/L, K – 234 mg/L; Ca – 200 mg/L; Mg – 48 mg/L; S – 64 mg/L; B – 0,5 mg/L; Cu – 0,02 mg/L; Fe – 5,0 mg/L; Mn – 0,5 mg/L; Zn – 0,05 mg/L e Mo – 0,01 mg/L.

A solução nutritiva foi mantida a pH $5,9 \pm 0,2$ e quando necessário foram feitas as correções do pH com HCl 1,0 M ou NaOH 1,0 M. A renovação das soluções ocorreu a cada 14 dias no período de adaptação e a cada sete dias após a aplicação dos tratamentos. Diariamente verificou-se o volume das soluções nos vasos e quando necessário completou-se com água deionizada.

Após 100 dias as plantas foram coletadas separando-as em parte aérea e raízes. O material coletado foi lavado em água corrente e, posteriormente, enxaguado em água deionizada. Após a lavagem o material foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secagem em estufa com circulação forçada de ar ($65\text{--}75^\circ\text{C}$) até peso constante. Após a secagem, o material foi pesado, obtendo-se assim, a massa seca para cada parte da planta.

TABELA 1. Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL/L, utilizadas nesse estudo, SARRUGE (1975)

Solução Estoque	Concentração (M)	Tratamentos (mL/L)						
		Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
KH_2PO_4	1	1	1	-	-	1	1	1
KNO_3	1	5	-	5	-	5	3	3
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1	5	-	5	5	-	4	4
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1	2	2	2	2	2	-	-
KCl	1	-	5	1	-	-	2	2
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1	-	5	-	-	-	1	1
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1	-	-	-	1	-	-	-
NH_4NO_3	1	-	-	-	2	5	-	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1	-	-	-	-	-	2	-
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1	-	-	-	-	-	-	2
Micronutrientes ¹ – Fe	-	1	1	1	1	1	1	1
Fe – EDTA ²	-	1	1	1	1	1	1	1

¹ Solução estoque de micronutrientes (g/L): H_3BO_3 – 2,86; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 1,81; ZnCl_2 – 0,10; $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,04; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0,02.

² Dissolver 26,1g de EDTA dissódico em 89,6 mL de NaOH 1,0 M, misturar com 24,9g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e completar o volume para 1.000 mL.

O N foi determinado através do método semi-micro Kjeldahl, em extrato de digestão por ácido sulfúrico seguida por destilação e titulação. No extrato da digestão nítrico-perclórica foram determinados os seguintes nutrientes: P- colorimetria; K- fotometria de chama; Ca e Mg – espectrometria de absorção atômica; S- turbidimetria (Malavolta et al., 1997). O acúmulo foi obtido, multiplicando-se o teor do macronutriente (g/kg) pelo peso da massa seca (g) em cada parte da planta.

Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade e homogeneidade de variância, sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott. Utilizou-se o aplicativo computacional SAEG para realizar as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de massa seca

Observa-se na Tabela 2 que houve diferenças significativas na produção de massa seca da parte aérea e massa seca total (MST), mas não houve diferença estatística na produção de massa seca das raízes.

Os nutrientes que mais afetaram a produção de massa seca total e na parte aérea foram N, K e Ca. Na omissão de S, Mg e P observou-se produção de massa seca total e da parte aérea estatisticamente igual em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.

TABELA 2. Produção de massa seca da parte aérea, raízes e total (MST) de mogno em função dos tratamentos.

Tratamentos	Parte aérea	Raízes g/planta	MST
Solução Completa	4,68 a	0,86 a	5,54 a
Omissão de N	2,63 c	0,86 a	3,49 b
Omissão de P	4,60 a	0,99 a	5,59 a
Omissão de K	3,43 b	0,61 a	4,04 b
Omissão de Ca	3,45 b	0,69 a	4,14 b
Omissão de Mg	4,96 a	0,91 a	5,87 a
Omissão de S	6,26 a	1,13 a	7,39 a
D.M.S.	2,48	0,63	2,98
C.V. (%)	19,23	25,02	19,49

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

Esses dados assemelham-se aos encontrados por Camargos et al. (2002) em castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.), onde nos tratamentos com omissão de P e S, observou-se as maiores produções de massa seca total. Segundo estes mesmos autores, isso pode ter ocorrido devido ao fornecimento destes nutrientes através da solução completa na fase de adaptação, o que pode ter sido suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas; ou as plantas terem quantidades satisfatórias nas reservas da semente.

Em experimento com omissão de nutrientes em acácia (*Acacia holosericea*), Sarcinelli et al. (2004) também observaram maior produção de massa seca total na omissão de P e da mesma forma atribuíram a isso, o fornecimento satisfatório do nutriente na fase de adaptação com solução completa.

Concentrações de macronutrientes

Nitrogênio

A concentração do N na parte aérea e nas raízes em cada tratamento encontra-se na Tabela 3. A omissão de N reduziu a concentração desse nutriente na parte aérea e nas raízes quando comparado ao tratamento completo. A maior concentração foi observada na parte aérea para todos os tratamentos, indicando a alta redistribuição deste nutriente para esta parte da planta (Marschner, 1995). De acordo com Malavolta et al. (1997), as concentrações foliares de nitrogênio considerados adequados para as essências florestais variam de 12 a 35 g/kg. Em todos os tratamentos as concentrações estão dentro dessa faixa, com exceção do tratamento com omissão de N.

Constatou-se que as omissões de K, Ca e Mg promoveram aumentos nas concentrações de N na parte aérea e nas raízes da planta. A omissão de K e Ca resultou em grande diminuição no desenvolvimento e na produção de massa seca das plantas. Isso pode ter resultado na alta concentração de N nessas plantas. Mendonça et al. (1999), com aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) e Marques et al. (2004) com paricá (*Schizolobium amazonicum*) também observaram maior concentração de N na omissão de Ca.

TABELA 3. Concentração de N (g.kg^{-1}) na parte aérea e raízes de mogno em função dos tratamentos.

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
Completo	18,48 b	12,41 b
Omissão de N	8,18 c	7,39 c
Omissão de P	17,16 b	11,62 b
Omissão de K	22,44 a	21,12 a
Omissão de Ca	21,91 a	19,80 a
Omissão de Mg	20,33 a	17,16 a
Omissão de S	18,48 b	13,20 b
CV (%)	7,79	13,83

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

Barroso et al. (2005), trabalhando com teca (*Tectona grandis*), também encontraram alta concentração de N no tratamento com omissão de Ca e afirmaram que isso resulta da concentração de reservas durante o período de condução do experimento, uma vez que essa omissão causou drástica redução na produção de matéria seca.

Fósforo

A concentração do P na parte aérea e nas raízes em cada tratamento encontra-se na Tabela 4. Verificou-se que a omissão de P reduziu a concentração desse nutriente em todas as partes da planta, quando comparada ao tratamento completo.

Concentrações foliares de P considerados adequados para as essências florestais estão na faixa de 1,0 a 2,3 g/kg (Malavolta et al., 1997). Portanto, até o tratamento com omissão de P apresentou concentração adequada para espécies florestais, 1,45 g/Kg e 1,22 g/Kg para parte aérea e raízes, respectivamente. Espécies arbóreas tendem a apresentar elevada capacidade de absorção de P em sua fase inicial de crescimento, podendo, inclusive, apresentar significativo potencial de acúmulo de P-inorgânico no vacúolo das células (Grespan, 1997). O período inicial de fornecimento de solução completa às plantas, possivelmente, permitiu o acúmulo do nutriente e a formação de um estoque que passou a ser utilizado eficientemente pela planta quando houve a supressão do nutriente.

TABELA 4. Concentração de P (g.kg^{-1}) na parte aérea e raízes de mogno em função dos tratamentos.

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
Completo	2,96 b	3,87 a
Omissão de N	2,49 c	3,46 a
Omissão de P	1,45 d	1,22 b
Omissão de K	3,37 b	4,82 a
Omissão de Ca	3,35 b	2,95 a
Omissão de Mg	3,85 a	3,93 a
Omissão de S	3,66 a	3,13 a
CV (%)	9,12	18,36

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

As omissões de K, Ca, Mg e S proporcionaram aumento na concentração de P na parte aérea da planta. Mendonça et al. (1999), com aroeira do sertão e Venturin et al. (1999) com angico amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) também observaram o aumento nos teores de P nas folhas com a omissão de S.

Potássio

A Tabela 5 contém os valores das concentrações médias de K nas diversas partes da planta de mogno. As concentrações no tratamento com a omissão de K foram menores na parte aérea e nas raízes das plantas. Concentrações foliares entre 10 a 15 g/kg de potássio são considerados adequados para a maioria das essências florestais (Malavolta et al., 1997). Com exceção do tratamentos com omissão de K e N, todos os outros se enquadram nesta faixa quando considerado a parte aérea da planta.

Não houve diferença estatística significativa nas concentrações de K nos tratamentos com omissão dos demais macronutrientes na parte aérea das plantas em relação ao tratamento com solução nutritiva completa. Nas raízes observou-se menor concentração de K com a omissão de Ca em relação ao tratamento com solução completa. A redução do K pode ser explicada pelo fato de que o Ca em concentração não muito elevada no substrato apresenta relação de sinergismo com K (Malavolta, 1997), isso pode ser a causa do baixo conteúdo de K nas raízes das mudas sob a omissão de Ca. Entretanto, vale ressaltar que o Ca em altas concentrações inibe, por competição, a absorção de K.

Barroso et al. (2005), trabalhando com teca, também observaram redução na concentração de K com a omissão de Ca, tanto nas raízes como na parte aérea.

TABELA 5. Concentração de K (g.kg⁻¹) na parte aérea e raízes de mogno em função dos tratamentos.

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
Completo	11,66 a	13,20 a
Omissão de N	9,86 a	11,00 a
Omissão de P	12,00 a	12,66 a
Omissão de K	5,80 b	3,40 c
Omissão de Ca	12,33 a	7,60 b
Omissão de Mg	12,33 a	10,60 a
Omissão de S	13,40 a	12,20 a
CV (%)	13,42	16,78

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

Cálcio

As concentrações médias de Ca na parte aérea e raiz em função dos tratamentos encontram-se na Tabela 6. A omissão de Ca reduziu a concentração desse nutriente em relação ao tratamento completo.

TABELA 6. Concentração de Ca (g.kg^{-1}) na parte aérea e raízes de mogno em função dos tratamentos.

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
Completo	15,82 a	9,51 a
Omissão de N	14,22 a	4,83 c
Omissão de P	16,77 a	4,87 c
Omissão de K	18,88 a	5,39 c
Omissão de Ca	5,77 b	2,03 d
Omissão de Mg	12,75 a	4,25 c
Omissão de S	20,65 a	6,66 b
CV (%)	23,49	22,19

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

A maior concentração de Ca ocorreu na parte aérea, possivelmente devido à alta taxa de transpiração das plantas, pois o Ca é transportado unidirecionalmente pelo xilema, via corrente transpiratória, das raízes para a parte aérea (Mengel e Kirkby, 1982). Como o experimento foi montado em solução nutritiva e em casa de vegetação, espera-se uma maior taxa transpiratória das plantas, devido à alta temperatura do ambiente.

Segundo Malavolta et al. (1997), concentrações foliares de cálcio entre 3,0 a 12,0 g/kg são considerados adequados para as essências florestais. Portanto, em todos os tratamentos inclusive com o de omissão de Ca foi observada concentração adequada desse nutriente.

A omissão de S, K e P promoveu maior concentração de Ca na parte aérea em relação ao tratamento completo, embora não observadas diferenças estatísticas significativas. De acordo com Malavolta (1980), a absorção de Ca^{+2} pode ser diminuída mediante o alto conteúdo de K^+ , Mg^+ e NH_4^+ no meio. Assim, a ausência de K no meio favoreceu o acúmulo de Ca pelas plantas.

Duboc et al. (1996), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*), também observaram que a omissão de S favoreceu a absorção de Ca.

Magnésio

As concentrações de Mg na parte aérea e raiz em função dos tratamentos encontram-se na Tabela 7. Observou-se redução nos teores de Mg em todas as partes da planta com a omissão desse nutriente em relação ao tratamento completo. Teores foliares de Mg em essências florestais de 1,5 a 5,0 g/kg são considerados adequados, conforme Malavolta et al. (1997). Portanto, em todos os tratamentos inclusive com o de omissão de Mg as concentrações observadas estão na faixa considerada adequada.

Com a omissão de Ca e K houve aumento na concentração de Mg na parte aérea. De acordo com Malavolta (1997) existe um antagonismo entre Ca, Mg e K, em que o aumento na concentração de um destes elementos no meio implica na diminuição da absorção dos outros, o que

explica as altas concentrações de Mg nos tratamentos com a omissão de Ca e de K. Marschner (1995) relatou o efeito de altas concentrações de K na redução da absorção de Mg.

Alguns autores também relataram o efeito da inibição competitiva entre o K e o Mg em plantas de malva (*Urena lobata*) (Fasabi, 1996); em jatobá (Duboc, 1996); em aroeira do sertão (Mendonça et al., 1999) e em teca (Barroso et al. (2005).

TABELA 7. Concentração de Mg (g.kg^{-1}) na parte aérea e raízes de mogno em função dos tratamentos.

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
Completo	3,83 b	4,24 a
Omissão de N	3,65 b	2,73 b
Omissão de P	3,45 b	2,90 b
Omissão de K	4,64 a	2,16 b
Omissão de Ca	5,36 a	4,69 a
Omissão de Mg	1,79 c	1,09 c
Omissão de S	3,37 b	3,39 a
CV (%)	11,13	24,79

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

Enxofre

As concentrações do S na parte aérea e raiz do mogno encontram-se na Tabela 8. As maiores concentrações foram observadas na parte aérea com exceção do tratamento com omissão de Ca que apresentou maior concentração de Mg nas raízes. A omissão do S reduziu a concentração desse nutriente somente nas raízes enquanto que na parte aérea não houve diferença significativa quando comparado ao tratamento completo.

As concentrações médias de enxofre encontrado tanto na parte aérea quanto nas raízes de mogno no tratamento completo foram de 11,34 g/kg e 7,32 g/kg, respectivamente, muito acima dos considerados adequados para as essências florestais, com valores entre 1,4 a 2,0 g/kg, (Malavolta et al., 1997). Em todos os outros tratamentos também se obteve concentrações elevadas desse nutriente.

TABELA 8. Concentração de S (g.kg^{-1}) na parte aérea e raízes de mogno em função dos tratamentos.

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
Completo	11,34 a	7,32 b
Omissão de N	8,18 a	5,85 b
Omissão de P	9,64 a	6,38 b
Omissão de K	8,55 a	8,57 a
Omissão de Ca	9,19 a	11,47 a
Omissão de Mg	13,40 a	9,27 a
Omissão de S	11,93 a	4,85 b
CV (%)	20,95	20,27

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

Em relação aos outros tratamentos não houve diferença estatística significativa nas concentrações de S na parte aérea. No tratamento com omissão de Ca houve uma maior concentração de S nas raízes.

Acúmulo de macronutrientes

Os dados de acúmulo de nutrientes pelas plantas na parte aérea e na raiz em função dos tratamentos encontram-se nas Tabelas 9 e 10. O acúmulo de nutrientes pelas plantas no tratamento completo obedeceu à seguinte ordem: nitrogênio, cálcio, potássio, enxofre, magnésio e fósforo. Camargos et al (2007), trabalhando com castanheira-do-brasil, também encontraram um maior acúmulo de nitrogênio, cálcio e potássio.

TABELA 9. Acúmulo de N, P e K na parte aérea e raiz em plantas de mogno, em função dos tratamentos.

Tratamento	N			P			K		
	Completo	-N	SC	-P	SC	-K	SC	-K	
Parte da planta	(mg/planta)								
	CV(%)			CV(%)			CV(%)		
Parte aérea	86,58Aa	21,54Ba	5,41	13,84Aa	6,66Ba	15,39	54,37Aa	19,90Ba	25,01
Raízes	10,74Ab	6,30Bb	14,61	3,34Ab	1,17Bb	16,45	11,41Ab	2,07Bb	16,41
CV (%)	6,19	7,29		15,39	36,10		26,62	19,85	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 10. Acúmulo de Ca, Mg e S na parte aérea e raiz em plantas de mogno, em função dos tratamentos.

Tratamento	Ca			Mg			S		
	Completo	-Ca	SC	-Mg	SC	-S	SC	-S	
Parte da planta	(mg/planta)								
	CV(%)			CV(%)			CV(%)		
Parte aérea	74,19Aa	19,39Ba	14,12	17,93Aa	8,91Ba	9,45	52,94Ba	71,91Aa	11,94
Raízes	8,21Ab	1,51Bb	37,88	3,69Ab	0,97Bb	40,64	6,36Ab	5,50Ab	17,71
CV (%)	15,38	25,11		14,09	8,75		13,95	16,25	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando as partes da planta (parte aérea e raízes), o maior acúmulo foi verificado na parte aérea para todos os tratamentos. Houve maior acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no tratamento com solução completa em relação aos tratamentos com omissão de cada nutriente.

Para enxofre, verificou-se maior acúmulo desse nutriente no tratamento com omissão em relação ao tratamento completo para a parte aérea. Nas raízes o acúmulo foi estatisticamente igual. O período inicial de fornecimento de solução completa às plantas, possivelmente, permitiu o acúmulo de

enxofre e a formação de um estoque que passou a ser utilizado eficientemente pela planta quando houve a supressão do nutriente.

CONCLUSÃO

As maiores concentrações foliares encontradas foram de N seguido de Ca, K, S, Mg e P na parte aérea e K seguido de N, Ca, S, Mg e P nas raízes em plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Isso expressa a alta demanda por N, K e Ca pelas mudas de mogno na fase inicial de desenvolvimento.

Com exceção do P, as concentrações dos macronutrientes encontrados na parte aérea e raiz das mudas de mogno são altas, quando comparadas às encontradas e sugeridas na literatura, indicando grande exigência nutricional da espécie.

O maior acúmulo de nutrientes foi observado na parte aérea das plantas e no tratamento com solução nutritiva completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M. de A.; PEREIRA, R. de C.; MENDONÇA, A.V.R.; SILVA, L. da C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de Teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.671-679, 2005.
- CAMARGOS, S.L.; MURAOKA, T.; FERNANDES, S.A.P.; SALVADOR, J.O. Diagnose nutricional em mudas de castanheira-do-brasil. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v.6, n.1, p.81-96, 2002.
- CAMARGOS, S.L.; MURAOKA, T. Teores, acúmulo e redistribuição de macronutrientes em castanheira-do-brasil. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v.10, n.1, p.72-83, 2007.
- DUBOC, E.; VENTORIN, N.; VALE, F.R. do; DAVIDE, A.C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Cerne**, Viçosa, v.2, n.1, p.01-12, 1996.
- FASABI, J.A.V. **Carências de macro e micronutrientes em plantas de malva (*Urena lobata*), variedade BR-01**. 1996. 90p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.
- GRESPLAN, S.L. **Produção e eficiência nutricional de clones de eucalipto no norte do Espírito Santo e suas relações com características de solo**. 1997. 81p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Editora Plantarum, 2.ed. vol.1, 1998. 352p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 215p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARQUES, T.C.L.L.S.; CARVALHO, J.G.; LACERDA, M.P.C.; MOTA, P.E.F. Exigências nutricionais do Paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p.167-183, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 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.

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

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil** - Manual de dendrologia brasileira. 2.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 1990. 286p.

SARCINELLI, T.S.; RIBEIRO JÚNIOR, E.S.; DIAS, L.E.; LYNCH, L.S. Sintomas 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.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.1, n.3, p.231-233, 1975. (Nota técnica).

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F.R. do; DAVIDE, A.C. Adubação mineral do angico amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.441-448, 1999.

VERÍSSIMO, A.; GROGAN, J. **Síntese da situação do mogno a nível internacional**. Reunião do grupo de trabalho sobre o mogno. IMAZON. Brasília, p. 2-23, 1998.

★★★★★