

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE
MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes) E CAJU-DE-
ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz.)
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

**Autora: Layara Alexandre Bessa
Orientador: Fabiano Guimarães Silva**

**Rio Verde – GO
Junho – 2012**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE
MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes) E CAJU-DE-
ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz.)
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

**Autora: Layara Alexandre Bessa
Orientador: Fabiano Guimarães Silva**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Ciências Agrárias.

**Rio Verde – GO
Junho – 2012**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
ETECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS
DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium
othonianum* Rizz.) E MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes)
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Autora: Layara Alexandre Bessa
Orientador: Fabiano Guimarães Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração
Ciências Agrárias – Ciências Agrárias

APROVADA em 15 de junho de 2012

Prof. Dra Marialva Alvarenga Moreira
Avaliadora externa
DCR/UFV

Prof. Gilson Dourado da Silva
Avaliador interno
IFGoiano/Urutaí

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva
Presidente da banca
IFGoiano/RV

Frederico Antônio Loureiro Soares
IFGoiano/RV

**Rio Verde – GO
Junho – 2012**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir mais esta conquista em minha vida;

À minha família, pelo amor e incentivos constantes;

Ao Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva, do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela orientação e confiança;

À Prof^a. Dr^a. Marialva Alvarenga Moreira pela co-orientação, confiança, companheirismo, atenção, apoio e pela grande amizade firmada;

Ao Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares, pela co-orientação, atenção, paciência e carisma;

Ao aluno de iniciação científica João Paulo Ribeiro Teodoro pelo auxílio durante a execução deste trabalho e também por sua dedicação, apoio, paciência, companheirismo e pela grande amizade;

A minha colega de trabalho do Instituto Feral Goiano- Campus Rio Verde, Luciana Cristina Vitorino pelo companheirismo, dedicação e incentivo;

Ao meu colega de trabalho do Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, André Luis Ribeiro pelo apoio e companheirismo, especialmente no início deste trabalho;

Aos meus grandes amigos: Mariluzza, Karen, Yasmin, Henrique, Paulo Dornelles e Layane, pelo apoio e grande incentivo;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de pós-doutorado;

A todos os colegas do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais pela atenção e serviços prestados e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Layara Alexandre Bessa, nascida em Morrinhos-Go, filha de Garcilene Alexandre e Pedro Divino Bessa é graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) e possui especialização em Biotecnologia e Meio Ambiente pela mesma Universidade. Está presente no quadro de servidores técnicos administrativo do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS	4
BIOGRAFIA DA AUTORA	6
ÍNDICE DE TABELAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	13
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES	17
RESUMO	19
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	23
Mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes).....	23
Caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.).....	24
Diagnóstico do estado nutricional das plantas.....	25
Funções dos nutrientes.....	25
Crescimento e Nutrição mineral.....	29
Referências.....	30
OBJETIVOS GERAIS	34
CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM MUDAS DE MANGABEIRA COM OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM SOLUÇÃO NUTRITIVA	35
RESUMO	35
ABSTRACT	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	37

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
Sintomas visuais de deficiência nutricional.....	39
Crescimento vegetativo.....	41
Produção de matéria seca.....	45
Conteúdo foliar de nutrientes.....	45
CONCLUSÕES.....	48
AGRADECIMENTOS.....	49
REFERÊNCIAS.....	49
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM MUDAS DE MANGABEIRA COM OMISSÃO DE MICRONUTRIENTES EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
Sintomas visuais de deficiência nutricional.....	58
Crescimento vegetativo.....	61
Produção de matéria seca.....	64
Conteúdo foliar de nutrientes.....	65
CONCLUSÕES.....	66
AGRADECIMENTOS.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
CAPÍTULO III - OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE <i>Anacardium othonianum</i> Rizz., ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	70
RESUMO.....	70
ABSTRACT	70
INTRODUÇÃO.....	71
MATERIAL E MÉTODOS.....	72
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
Sintomas visuais de deficiência nutricional.....	74
Crescimento vegetativo.....	77

Produção de massa da matéria seca.....	81
Teor de macronutrientes.....	82
CONCLUSÃO.....	84
AGRADECIMENTOS.....	85
REFERÊNCIAS	85
CAPÍTULO IV - OMISSÃO DE MICRONUTRIENTES EM MUDAS DE <i>Anacardium othonianum</i> Rizz., ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	90
RESUMO.....	90
ABSTRACT	90
INTRODUÇÃO.....	91
MATERIAL E MÉTODOS.....	92
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	94
Sintomas visuais de deficiência nutricional.....	94
Crescimento vegetativo.....	96
Produção de massa da matéria seca.....	100
Teor de micronutrientes.....	101
CONCLUSÃO.....	103
AGRADECIMENTOS.....	103
REFERÊNCIAS.....	104
CAPÍTULO V - CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	107
RESUMO.....	107
ABSTRACT	107
INTRODUÇÃO.....	108
MATERIAL E MÉTODOS.....	110
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	111
Características de crescimento.....	111
Acúmulo de nutrientes.....	115
CONCLUSÃO.....	120
AGRADECIMENTOS.....	121
REFERÊNCIAS.....	121

CONCLUSÃO GERAL.....	124
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo I - Caracterização de deficiência nutricional em mudas de mangabeira com omissão de macronutrientes em solução nutritiva

	Página
Tabela 1. Matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	46
Tabela 2. Conteúdo foliar (mg planta ⁻¹) em mudas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	48

Capítulo II - Caracterização de deficiência nutricional em mudas de mangabeira com omissão de micronutrientes em solução nutritiva

Tabela 1. Matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	64
Tabela 2. Conteúdo foliar (mg planta ⁻¹) em mudas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	66

Capítulo III – Omissão de macronutrientes em mudas de *Anacardium othonianum* Rizz., espécie nativa do cerrado, em solução nutritiva

Tabela 1. Massas da matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	81
Tabela 2. Teores de macronutrientes das folhas, caules e raízes das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	83

Capítulo IV - Omissão de micronutrientes em mudas de *Anacardium othonianum* Rizz., espécie nativa do cerrado, em solução nutritiva

Tabela 1. Matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	101
Tabela 2. Teores de micronutrientes das folhas, caules e raízes das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Introdução

	Página
Figura 1. Mangaba (<i>Harcarnia Speciosa</i> Gomes).....	25
Figura 2. Caju-de-árvore-do-Cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.).....	26

Capítulo I - Caracterização de deficiência nutricional em mudas de mangabeira com omissão de macronutrientes em solução nutritiva

Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) cultivadas em solução nutritiva completa e omissão de macronutrientes.....	41
Figura 2. Comprimento do caule (cm) de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de macronutrientes.....	42
Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de macronutrientes.....	43
Figura 4. Comprimento de raízes (cm) de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de macronutrientes.....	44

Figura 5. Número de folhas de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de macronutrientes.....	45
--	----

Capítulo II - Caracterização de deficiência nutricional em mudas de mangabeira com omissão de micronutrientes em solução nutritiva

Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) cultivadas em solução nutritiva completa e omissão de micronutrientes.....	60
---	----

Figura 2. Comprimento do caule (cm) de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de micronutrientes.....	61
---	----

Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de micronutrientes.....	62
--	----

Figura 4. Número de folhas de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de micronutrientes.....	63
--	----

Figura 5. Comprimento de raízes (cm) de plantas de mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes), em função dos tratamentos com omissão de micronutrientes.....	64
--	----

Capítulo III - Omissão de macronutrientes em mudas de *Anacardium othonianum* Rizz., espécie nativa do cerrado, em solução nutritiva

Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes.....	77
--	----

Figura 2. Comprimento do caule (cm) de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes.....	78
Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes.....	79
Figura 4. Número de folhas de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes.....	80
Figura 5. Comprimento da raiz (cm) de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes.....	81

Capítulo IV - Omissão de micronutrientes em mudas de *Anacardium othanianum* Rizz., espécie nativa do cerrado, em solução nutritiva

Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes.....	96
Figura 2. Comprimento do caule (cm) de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes.....	97
Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes.....	98
Figura 4. Número de folhas de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othanianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva	

completa e com omissão de micronutrientes.....	99
Figura 5. Comprimento da raiz (cm) de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes.....	100
 Capítulo V - Crescimento e absorção de nutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.) em solução nutritiva	
Figura 1. Comprimento do caule (CC) e diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.) em função dos dias após o transplantio. ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$).....	113
Figura 2. Produção de massas das matérias frescas (MF) e secas (MS) total (T), folha (F), caule (C) e raiz (R) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.), em função dias após o transplantio.....	114
Figura 3. Acúmulo de macronutrientes em folha, caule e raízes de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.) em função dos dias após o transplantio.....	117
Figura 4. Acúmulo de micronutrientes em folha, caule e raízes de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.) em função dos dias após transplantio.....	119

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES

%	: Porcentagem
°C	: Graus Celsius
$\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$: Micromol por metros quadrados por segundo
AF	: Área foliar
ATP	: Adenosina trifosfato
B	: Boro
C.V	: Coeficiente de variação
Ca	: Cálcio
CAPES	: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC	: Comprimento do caule
cm	: Centímetro
cm^2	: Centímetros quadrados
CO_2	: Dióxido de carbono
CR	: Crescimento relativo
Cu	: Cobre
DAT	: Dias após o transplante
DC	: Diâmetro do caule
DNA	: Ácido desoxirribonucleico
FAPEG	: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás
Fe	: Ferro
g	: Grama
g kg^{-1}	: Gramas por Quilo
g L^{-1}	: Gramas por litro
H_2O	: Fórmula química da água
HCl	: Ácido clorídrico
IFGoiano	: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
K	: Potássio
Kg	: Quilogramas
mL	: Mililitros
m	: metros

MFC	: Massa da matéria fresca do caule
MFF	: Massa da matéria fresca da folha
MFR	: Massa da matéria fresca da raiz
MFT	: Massa da matéria fresca total
Mg	: Magnésio
mg	: Miligrama
mg kg ⁻¹	: Miligramas por Quilo
mg planta ⁻¹	: Miligramas por planta
mm	: Milímetro
Mn	: Manganês
Mo	: Molibdênio
MSC	: Massa matéria seca do caule
MSF	: Massa da matéria seca da folha
MSR	: Massa da matéria seca da raiz
MST	: Massa da matéria seca total
N	: Nitrogênio
NaOH	: Hidróxido de sódio
NF	: Número de folhas
NH ₄	: Amônio
P	: Fósforo
PA/R	: Parte aérea sobre a raiz
pH	: potencial de hidrogenio iônico
RNA	: Ácido ribonucleico
S	: Enxofre
SOD	: superóxido dismutase
UFLA	: Universidade Federal de Lavras
Zn	: Zinco

CRESCIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM MUDAS DE MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes) E CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz.) CULTIVADOS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Autora: Layara Alexandre Bessa

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

RESUMO

Os conhecimentos de nutrição mineral da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) e caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) são relativamente escassos e incipientes, faltando dados consistentes sobre sua demanda nutricional desde a fase de viveiro até a fase de produção. Assim, conduziram experimentos com os objetivos de caracterizar os sintomas visuais de carências de macronutrientes e micronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e teor de nutrientes em mudas de mangaba e caju-de-árvore-do-cerrado, e ainda avaliar a absorção de nutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado cultivadas em solução nutritiva. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação onde plantas das duas espécies foram cultivadas em solução nutritiva, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, para a obtenção das características de deficiência nutricional, os tratamentos foram constituídos de solução nutritiva completa e omissão individual de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e molibdênio. Para a obtenção do crescimento e absorção nutricional, as mudas de caju-de-árvore-do-cerrado foram cultivadas em solução nutritiva por um período de 180 dias. Para mangaba, os sintomas visuais de deficiência iniciaram a partir dos 35 dias após o transplante, enquanto o caju-de-árvore-do-cerrado, a visualização das deficiências nutricionais, ocorreram a partir dos 45 dias após o transplante das mudas. Além disso, as ausências nutricionais comprometeram o desenvolvimento e a produção da matéria seca das plantas de mangaba e caju-de-árvore-do-cerrado. Verificaram que os conteúdos (mg/ planta) de macro e micronutrientes nas folhas de mangaba do tratamento completo e com omissão dos nutrientes foram, respectivamente:

N = 10,0 e 7,00; P = 2,10 e 0,10; K = 7,0 e 4,0; Mg = 1,0 e 4,0; Ca = 4,0 e 5,0; S = 1,3 e 0,6; B = 2,0 e 1,0; Cu = 8,0 e 0,04; Mn = 20,0 e 0,6; Zn = 7,0 e 3,0; Fe = 41,0 e 2,00, obedeceram a seguinte ordem de extração para macro e micronutrientes nos tratamentos completos: N>K>Ca>P>S>Mg e Fe>Mn>Cu>Zn>B. Para o caju-de-árvore-do-cerrado os teores dos macronutrientes em g kg⁻¹ do tratamento completo e com omissão dos mesmos foram, respectivamente, nas folhas de: N = 22,3 – 14,5; P = 2,1 – 0,7; K = 13,4 – 4,0; Mg = 2,9 – 2,3; Ca = 1,64 – 1,16; S = 1,6 – 1,3; Obedecendo a seguinte ordem decrescente de concentração na solução completa: N>K>Mg>P>Ca>S. Os teores dos micronutrientes em mg kg⁻¹ do tratamento completo e com omissão dos mesmos foram, respectivamente, nas folhas de: B = 60,50 - 37,02; Cu = 1,86 - 2,90; Mn = 128,17 - 71,92; Zn = 18,84 - 15,46 e Fe = 519,58 - 453,49; Obedecendo a seguinte ordem decrescente de concentração na solução completa: Fe>Mn>B>Zn>Cu. No que se refere ao crescimento e absorção do caju-de-árvore-do-cerrado foi possível observar que para as análises de crescimento, comprimento do caule, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, ocorreu crescimento contínuo. As massas da matéria fresca e seca obtiveram um acúmulo estimado com taxa mensal de 3,15 g e 1,05 g para a massa da matéria fresca e seca total, 0,42 g e 0,18 g para massa da matéria fresca e seca das folhas, 0,96 g e 0,33 g para massa da matéria fresca do caule, 1,74 g e 0,54 g para massa da matéria fresca da raiz. O acúmulo de nutrientes nas mudas de caju-de-árvore-do-cerrado obedeceu à seguinte ordem: Ca>N>K>P>Mg>S, para os macronutrientes e Fe>Mn>B>Zn>Cu, para os micronutrientes.

Palavras-chave: Sintomas visuais de deficiências, nutrição mineral, frutífera do cerrado, hidroponia.

GROWTH AND CHARACTERIZATION OF NUTRITIONAL DEFICIENCY OF MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes) AND CASHEW TREE-OF-THE-SAVANNA (*Anacardium othonianum* Rizz.) SEEDLINGS GROWN IN NUTRIENT SOLUTION

Author: Layara Alexandre Bessa

Adviser: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

ABSTRACT

Knowledge of mineral nutrition of Mangabeira (*Hancornia speciosa*) and cashew-tree-of-the-savannah (*Anacardium othonianum* Rizz.) are relatively scarce and rudimentary, lacking consistent data about their nutritional demand from nursery to production stage. So experiment was carried out in order to characterize the visual symptoms of deficiencies of macronutrients and micronutrients, to evaluate the effects of disability on growth, production of dry matter and nutrient content in seedlings of mangaba and cashew-of-the-tree-savannah, and assess the absorption of nutrients in cashew-tree-of-the-savannah grown in nutrient solution. The experiments were conducted in a greenhouse where plants of both species were grown in nutrient solution in a randomized block design with four replications to obtain the characteristics of nutritional deficiency, the treatments consisted of nutrient solution and the omission of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sulfur, boron, copper, iron, manganese, zinc and molybdenum. However, for obtaining the growth and nutrient absorption, the seedlings cashew tree-of-the-closed were grown in a nutrient solution for a period of 180 days. For mangaba the deficiency symptoms could already be observed after 35 days after transplanting, as for cashew-tree-of-the-savannah, the display of nutritional deficiencies become visible after 45 days after transplanting seedlings. Moreover, the mineral absence compromised the development and the leaf dry weight of mangaba and cashew-tree-of-the-savannah plants. It was found that the content (mg plant⁻¹) of the macro and micro nutrients mangaba leaves of whole treatment and nutrient in omission were, respectively, N = 10.0 and 7.00, P = 2.10 and 0, 10, K = 7.0 and 4.0, Mg = 1.0 and 4.0, Ca = 4.0 and 5.0, S = 1.3 and 0.6, B = 2.0 and

10, Cu = 8.0 and 0.04, Mn = 20.0 and 0.6, Zn = 7.0 and 3.0, Fe = 41.0 and 2.00, obeyed the order of extraction for macro and micronutrients in complete treatments: N>K>Ca>P>S>Mg and Fe>Mn>Cu>Zn>B. For the cashew-tree-of-the-savannah the levels of macronutrients in g kg⁻¹ of full treatment and with the omission of them were, respectively, in the leaves of N = 22.3 - 14.5 g kg⁻¹, P = 2.1 - 0.7 g kg⁻¹, K = 13.4 - 4.0 g kg⁻¹, Mg = 2.9 - 2.3 g kg⁻¹, Ca = 1.64 - 1.16 g kg⁻¹, S = 1.6 - 1.3 g kg⁻¹, obeying the following descending order of concentration in solution: N>K>Mg>P>Ca>S. The micronutrients of the full treatment and the omission of them were, respectively, in leaves: B = 60.50 - 37.02 mg kg⁻¹, Cu = 1.86 - 2.90 mg kg⁻¹, Mn = 128.17 - 71.92 mg kg⁻¹, Zn = 18.84 - 15.46 mg kg⁻¹ and Fe = 519.58 - 453.49 mg kg⁻¹, obeying the following descending order of concentration in solution : Fe>Mn>B>Zn>Cu. With regard to growth and absorption of the cashew-tree-savanna was observed for analyzes of growth, stem length, stem diameter, leaf number and leaf area, that there was a continued growth. The masses of fresh and dry matter accumulation had an estimated monthly rate of 3.15 g and 1.05 g for fresh weight and total dry, 0.42 g and 0.18 g for fresh weight and dry leaves, 0.96 g to 0.33 g fresh weight of stem, 1.74 g to 0.54 g fresh weight of root. The nutrient accumulation in seedlings of cashew-tree-of-the-savannah was in the following order: Ca>N>K>P>Mg>S, for macronutrients and Fe>Mn>B>Zn>Cu for micronutrients.

Key words: Visual symptoms of deficiencies, mineral nutrition, fruit of the savannah, hydroponics

INTRODUÇÃO

Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes), da família Apocynaceae é uma planta encontrada naturalmente no Brasil (Figura 1), cuja distribuição ocorre nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, com maior abundância nas áreas de tabuleiros e baixadas litorâneas do Nordeste, onde se encontra quase a totalidade da produção nacional (SANTOS et al., 2010). Com potencial para o aproveitamento variado, seus frutos apresentam valor comercial significativo (CAMPOS et al., 2011). Seu maior uso é por meio de processamento de polpa congelada, suco engarrafado, sorvete, doce, licor e geleia, xarope, compotas, vinho, vinagre, além do consumo *in natura* (EMBRAPA, 2007).

O consumo de mangaba oferece benefícios à saúde através do fornecimento elevado de antioxidantes naturais (ALMEIDA et al., 2011). Ela produz frutos aromáticos, delicados, saborosos e nutritivos, com teor de proteína de 1,3 a 3,0%, com teores de vitaminas e sais minerais superiores aos da maioria das espécies frutíferas, tendo excelente aceitação no mercado (FERREIRA E MARINHO, 2007). A polpa dos frutos apresenta baixo conteúdo lipídico e calórico, é fonte de fibras e de minerais (MARIN et al., 2009; SILVA et al., 2008).

Assim esta planta, tipicamente tropical, possui grande potencial para exploração econômica, apesar dos poucos estudos sobre a cultura (SANTOS et al., 2010). No entanto, a exploração de uma espécie nativa depende dos conhecimentos técnicos que, em geral, são escassos, havendo a necessidade de pesquisas que viabilizem sua exploração e inserção no mercado (DIAS et al., 2009).



Figura 1. Mangaba (*Harcarnia Speciosa* Gomes).

Caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.).

A família Anacardiaceae compreende cerca de 60 a 74 gêneros e 400 a 600 espécies, de árvores e arbustos. No gênero *Anacardium*, das 21 espécies descritas pela taxonomia tipológica, 18 são encontradas no Brasil (PAIVA et al., 2003). As espécies do gênero são de grande importância alimentar, medicinal e com grande potencial econômico.

O caju-de-árvore-do-cerrado, também conhecido como cajuzinho e cajuí, distingue das demais espécies pelo seu porte arbóreo (Figura 2), sendo o principal cajueiro de importância econômica para a região Centro-Oeste, encontrado em Campo Sujo e Cerradão. A espécie *Anacardium occidentale* é a única do gênero que é cultivada e as demais são exploradas por extrativismo (VIEIRA et al., 2006; CORREA et al., 2008).

A espécie, *Anacardium othonianum* Rizz., nativa dos cerrados, destaca por sua grande importância econômica para região, bastante produtivo e a propagação é predominantemente realizada por meio de sementes que possui fácil germinação, no entanto, em condições naturais ou viveiros normalmente é irregular e lenta (PAIVA et al., 2003; ASSIS et al., 2011).

As formas de cultivo para as espécies de cajueiros da região Centro-Oeste e as práticas culturais ainda não foram determinadas, usando informações disponíveis somente para o *Anacardium occidentale* (VIEIRA et al., 2006).



Figura 2. Caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.).

A altura das plantas e o diâmetro de sua copa variam de 3 a 4 metros. A planta tolera bem os períodos de secas e os solos pobres, com pH entre 4,5 - 6,5. As folhas são elípticas e coriáceas, glabras e pecíolos medindo 4-8 mm. As flores são polinizadas por abelhas e vespas e o florescimento ocorre entre junho e outubro (SILVA et al., 2001).

Diagnóstico do estado nutricional das plantas

Em geral, a falta de macro e micronutrientes afeta o desenvolvimento das plantas, em razão das várias funções que estes nutrientes desempenham durante o ciclo de vida. Dessa forma, quando um dos nutrientes essenciais não está presente em quantidades satisfatórias ou em condições que o tornam pouco disponível, a sua deficiência nas células promove alterações no seu metabolismo (SILVEIRA et al., 2002). Eventualmente esses distúrbios metabólicos manifestam através de sintomas visuais, como baixo desenvolvimento, amarelecimento e purpureamento das folhas e outras anormalidades que dependem também da severidade da deficiência, da espécie ou variedade da planta e dos fatores ambientais (EPSTEIN e BLOOM, 2004). O conhecimento de sintomas visuais de deficiência nutricional também é útil para decidir sobre a necessidade de realizar fertilizações (LANGE et al., 2005; LAVRES JÚNIOR et al., 2005) e através da técnica do elemento faltante se tem avaliado o estado nutricional das plantas, sendo possível determinar os nutrientes limitantes para o desenvolvimento da cultura.

Funções dos nutrientes

Nitrogênio

O nitrogênio é o elemento mineral que as plantas, em geral, exigem em maiores quantidades. Ele é um constituinte de muitos componentes da célula vegetal como os aminoácidos e os ácidos nucleicos, portanto sua deficiência inibe o crescimento vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2004). Ele é absorvido pelas plantas, preferencialmente, nas formas iônicas de nitrato e amônio.

O nitrogênio é absorvido facilmente e distribuído nas plantas via floema. Segundo Malavolta (2006), as plantas deficientes se desenvolvem menos que as supridas com esse elemento. Quando o suprimento é insuficiente, a partir de um dado momento o nitrogênio das folhas velhas é mobilizado (redistribuído) para os órgãos e folhas mais novos, conseqüentemente, plantas deficientes em nitrogênio mostram os sintomas principalmente nas folhas velhas, com um amarelecimento ou clorose decorrente de um decréscimo no conteúdo de clorofila.

Fósforo

O fósforo (como fosfato) é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-acúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolípidios que compõem as membranas vegetais. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA (TAIZ e ZEIGER, 2004). É constituinte das proteínas citoplasmáticas e nucleares e atua num papel importante do metabolismo dos carboidratos e das transferências de energia (MALAVOLTA, 2006).

Do mesmo modo que acontece com o N, o fósforo se redistribui facilmente na planta, em particular quando sobrevém a sua falta; há uma diminuição no crescimento, as folhas mais velhas das plantas carentes em fósforo mostram, a princípio, uma coloração verde escura azulada, causada pela maior concentração relativa da clorofila, podendo ocorrer tonalidades roxas nas folhas e no caule (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Potássio

O potássio, presente nas plantas como o cátion K^+ , desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais. Ele também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O potássio é requerido em numerosas enzimas do metabolismo vegetal, sendo que algumas participam das reações da fotossíntese, da respiração, da síntese de amidos, proteínas e lignina, como o piruvato quinase, amido sintetase, desidrogenases e aldolases (MARRENCO e LOPES, 2005). Plantas com falta desse nutriente apresentam

menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis como aminoácidos, amido e nitrato (EPSTEIN e BLOOM, 2004).

Em condições de carência, o potássio pode deslocar-se dos órgãos mais velhos dirigindo para os mais novos. Os sintomas de deficiência de potássio se manifestam primeiramente nas folhas mais velhas como clorose e depois necrose das pontas e das margens (MALAVOLTA, 2006).

Cálcio

Os íons cálcio (Ca^{+2}) são utilizados na síntese de novas paredes celulares, em particular, a lamela média que separa células em divisão (TAIZ e ZEIGER, 2004). Segundo Malavolta et al. (1997), o Ca é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e da parede celular.

Além da função estrutural do cálcio de integrar a parede celular ele é requerido para divisão e alongação celular. Na ausência de um suprimento adequado de cálcio, o crescimento celular cessa em pouco tempo. Os sintomas de deficiência de cálcio aparecem inicialmente em órgãos e tecidos como regiões meristemáticas, folhas novas e frutos em desenvolvimento (MARRENCO e LOPES, 2005).

Magnésio

O magnésio constitui a molécula da clorofila e é ativador das enzimas transferidoras de fosfato. Por ser componente dessa molécula sua deficiência poderá reduzir a concentração da clorofila, reduzindo a fotossíntese e, possivelmente, o crescimento (MALÉZIEUX e BARTHOLOMEW, 2003).

As plantas absorvem magnésio na forma de Mg^{2+} . A absorção de magnésio é reduzida por altas concentrações de K^+ , Ca^{2+} e NH_4^+ , por causa da inibição competitiva entre esses cátions. A inibição pode levar a falta desse nutriente nas plantas. (MALAVOLTA, 2006)

Enxofre

O enxofre é encontrado em dois aminoácidos e é constituinte de várias coenzimas, além de vitaminas essenciais ao metabolismo. Muitos dos sintomas de deficiência de enxofre são similares aos da deficiência de nitrogênio, incluindo clorose e redução do crescimento e acúmulo de antocianinas, em folhas jovens e não em folhas velhas, devido sua baixa mobilidade (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Isso se deve ao fato de o enxofre ser absorvido pelas plantas, principalmente como SO_4^{-2} e transportado na direção acrópeta, ou seja, da base da planta para cima, a

capacidade da planta é pequena fazendo com que os sintomas apareçam em primeiro lugar nos órgãos mais novos, como a folha jovem (MALAVOLTA, 2006).

Boro

O boro desempenha funções no alongamento celular, na síntese dos ácidos nucléicos, nas respostas hormonais e no funcionamento de membranas (MALAVOLTA, 2006). Ele pode acarretar a deficiência de cálcio, que tem importância fundamental na constituição da parede celular. Assim, ocorre a deterioração das membranas das células do fruto, principalmente os recém-formados, com consequente perda de turgor e vazamento do líquido celular.

Cobre

O cobre é pouco móvel no floema e, portanto, os sintomas de deficiência aparecem comumente nas folhas novas das plantas, manifestando murcha, clorose em geral verde-cinza e necrose (MALAVOLTA, 2006). Estas cloroses e necroses podem estar associadas à destruição das moléculas de clorofila, ou mesmo tecidos, a deficiência de Cu afeta o metabolismo celular, limitando a atividade de várias enzimas, como o ascorbato oxidase, fenolase, citocromo, plastocianinas e superóxido dismutase. (SORREANO et al., 2008)

Ferro

O Fe, por ser um nutriente pouco móvel no floema, mostra seus sintomas de deficiência primeiro nas folhas novas (MALAVOLTA, 2006). A sua deficiência provoca uma clorose geral das folhas, que depois se tornam esbranquiçadas. No princípio, as nervuras podem permanecer verdes, mas na maioria das espécies, elas também se tornam cloróticas (EPSTEIN, 1972). De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) a clorose provocada pela deficiência de Fe é causada, possivelmente pela redução na produção de clorofila na planta.

Manganês

Os íons manganês ativam várias enzimas nas células vegetais, relacionadas com a reação fotossintéticas. O sintoma principal da sua deficiência é a clorose entre as nervuras, associada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Zinco

Os íons zinco estão associados a atividades enzimáticas para a biossíntese de clorofila em algumas plantas. Sua deficiência é caracterizada pela redução do crescimento internodal, podendo as folhas ser também retorcidas, cloróticas com

margens de aparência enrugada (TAIZ e ZEIGER, 2004). A clorose que ocorre nas folhas é devido a distúrbios na formação de cloroplastos e degradação de clorofila em alta intensidade de luz, como consequência da grande formação e da inibição de radicais tóxicos de oxigênio. (MALAVOLTA, 2006).

Molibdênio

Os íons molibdênio são componentes de várias enzimas, incluindo nitrato redutase e nitrogenase. Sua deficiência está associada à clorose generalizada entre as nervuras e necrose das folhas mais velhas (TAIZ e ZEIGER, 2004). A deficiência de molibdênio pode reduzir a síntese da enzima nitrogenase, promovendo diminuição da fixação biológica do nitrogênio e, desta forma reduz a produtividade (MORAES et al., 2008).

Crescimento e Nutrição Mineral

A composição mineral ou o teor dos nutrientes nos tecidos foliares depende de diversos fatores, como: planta (espécie, variedade, tipo de folha, idade etc.); solo; fertilizantes; clima; práticas culturais; pragas; e doenças (MALAVOLTA, 2006). De modo geral, a absorção de nutrientes segue o padrão da curva de crescimento (acúmulo de matéria seca). A marcha de absorção dos nutrientes, expressa na forma de curvas de resposta em função da idade das plantas, informa os períodos em que elas absorvem os nutrientes em maiores quantidades, indicando, assim, as épocas em que a adição de nutrientes faz-se necessária. Por isso, ela constitui ferramenta importantíssima para o manejo e fertilização das culturas (VIDIGAL et al., 2009) sendo referência para o fornecimento de doses adequadas ao bom desenvolvimento das plantas durante os seus vários estádios de desenvolvimento (GURGEL et al., 2010), podendo auxiliar no manejo das adubações durante a permanência das mudas no viveiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. M. B; SOUSA, P. H. M; ARRIAGA, A. M. C; PRADO, G. M; MAGALHÃES, C. E. C; MAIA, G. A; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil, *Food Research International*, **Darking**, v.44, n.7, p.2155-2149, 2011.

ASSIS, K. C. de; PEREIRA, F. D; SANTOS, S. C; SILVA, F. G; SILVA, A. F. da; MENEZES, C. C. E. de. Rendimento de explantes e estabelecimento in vitro de segmentos nodais de *Anacardium othonianum* rizz., oriundos de sementes armazenadas por diferentes períodos. **Global science and technology**, Rio Verde, v.4, n.1, p.01– 07, 2011.

CAMPOS, R. P; KNOCH, B; HIANE, P. A; RAMOS, RAMOS FILHO, M. M. MCP em mangabas armazenadas em temperatura ambiente e a 11°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, E, p.206-212, 2011.

CORREA, G. C; NAVES, R. V; ROCHA, M. R; CHAVES, L. J; BORGES, J. D. Determinações Físicas em frutos e sementes de Baru (*Dipteryx alta* Vog.), Cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v.24, n.4, p.42-47, 2008.

DIAS, T. J; PEREIRA, W. E; CAVALCANTE, L. F; RAPOSO, R. W. C; FREIRE, J. L. de. O. Desenvolvimento e qualidade nutricional de mudas de mangabeiras cultivadas em substratos contendo fibra de coco e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. v.31, n.2. p.512-523, 2009.

EMPRAPA. Sistema de produção da mangaba para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas. Versão eletrônica, nov/2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mangaba/SistemaProducaoMangabaTabuleirosCosteiros/Introducao.html>>. Acesso em: jun. 2011.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1972. 412 p.

EPSTEIN, E; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Ed. Planta, 2004. 400 p.

FERREIRA, E. G; MARINHO, S. J. O. **Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização.** Tecnologia e Ciência Agropecuária, João Pessoa, v.1, n.1, p.9-14, 2007.

GURGEL, M. T; UYEDA, C. A; GHEYI, H. R; OLIVEIRA, F. H. T. de; FERNANDES P.D; SILVA, F. V. da. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.3-10. 2010.

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

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

MALAVOLTA E; VITTI, G. G; OLIVEIRA A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

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

MALÉZIEUX, E; BARTHOLOMEW, D. P. Plant Nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P; PAUL, R. E; ROHRBACH, K. G. eds. **The Pineapple- Botany, Production and Uses.** Honolulu: CABI Publishing, 2003. p.143-165.

MARENCO, R. A; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa:UFV, 2005. 451 p.

MARIN, A. M. F; SIQUEIRA, E. M. A; ARRUDA, S.F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Abingdon, v.60, n.7, p.180-190, 2009.

MORAES, L. M. F; LANA, R. M. Q; MENDES, C; MENDES, E; MONTEIRO, A; ALVES, J. F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v.32, n.5, p.1496-1502, 2008.

PAIVA, J. R; CRISOSTOMO, J. R; BARROS, L. M. Recursos Genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT. 43 p. (Documentos, 65). 2003

SANTOS, P. C. G; ALVES, E. U; GUEDES, R. S; CARDOSO, E. de. A; LIMA, C. R. de. Qualidade de sementes de *Hancornia speciosa* Gomes em função do tempo de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p.343-352, 2010.

SILVA, D. B; SILVA, J. A; JUNQUEIRA, N. T. V; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do Cerrado**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2001. 179 p.

SILVA, M. R; LACERDA, D. B. C. L; SANTOS, G. G. S; MARTINS, D. M. de. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1790-1793, 2008.

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 de híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.108-117, 2002.

SORREANO, M. C. M; MALAVOLTA, E; SILVA, D. H. da; CABRAL, C. P; RODRIGUES, R. R. Deficiência de micronutrientes em mudas de Sangra d'água (*Croton urucurana* Baill). **Cerne**, Lavras, v.14, n.2, p.126-132. 2008.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 722 p.

VIDIGAL, S. M; PACHECO, D. D; COSTA, E. L. da; FACION, C. E; Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, v.56, n.1, p. 112-119. 2009.

VIEIRA, R. F; COSTA, T. S. A; SILVA, D. B; FERREIRA, F. R; SANO, S. M. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.

OBJETIVOS GERAIS

Para atingir o objetivo geral foram realizados os experimentos descritos em cinco capítulos:

Cap 1 – Os objetivos deste trabalho foram caracterizar os sintomas visuais de deficiência de carências de macronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e conteúdo foliar de mangabeira;

Cap 2 – Caracterizar os sintomas visuais de deficiência de micronutrientes, avaliar o crescimento e o acúmulo de nutrientes foliar de mudas de mangabeira, submetidas a diferentes soluções nutritivas com omissão de micronutrientes,

Cap 3 – Caracterizar os sintomas visuais de carências de macronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e teor de macronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, cultivadas em solução nutritiva;

Cap 4 – Caracterizar em solução nutritiva com omissão de nutrientes, os sintomas de deficiência nutricionais de micronutrientes e avaliar o efeito da deficiência nutricional no crescimento de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado.

Cap 5 – Caracterizar o crescimento e o acúmulo de nutrientes por mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, em solução nutritiva.

CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM MUDAS DE MANGABEIRA COM OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO – Os conhecimentos de nutrição mineral da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) são relativamente escassos e incipientes, faltando dados consistentes sobre sua demanda nutricional desde a fase de viveiro até a fase de produção. Com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais de carências de macronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e conteúdo foliar de mangabeira, foi conduzido um experimento em casa de vegetação onde plantas de mangaba foram cultivadas em solução nutritiva, no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de solução nutritiva completa e omissão individual de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre. A omissão dos nutrientes na solução nutritiva resultou em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional, diminuição no crescimento e produção de massa da matéria seca e, o acúmulo de nutrientes apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes: N>K>Ca>P>S>Mg em folhas de mangabeira.

Termos para indexação: *Hancornia speciosa* Gomes, nutrição, avaliação estado nutricional, hidroponia.

ABSTRACT - Knowledge of the mineral nutrition requirements of mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) is relatively scarce and rudimentary because there is a lack of consistent data concerning its nutritional demands at different developmental stages. The aim of this research was to characterize the visual symptoms of macronutrient deficiencies and to evaluate the effects of these deficiencies on the growth, the production of dry matter, and the leaf content of mangabeira. To achieve this goal, a greenhouse experiment was conducted in which mangabeira plants were arranged in a random block design and grown in nutrient solutions. This experiment was replicated four times. The plants were

treated with either a complete nutrient solution or a nutrient solution from which the individual macronutrient of interest (nitrogen (N), phosphorous (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), or sulfur (S) had been omitted. The omission of a macronutrient from the nutrient solution resulted in morphological alterations that were characteristic symptoms of the particular nutritional deficiency and caused decreases in growth and dry matter mass production. The accumulation of macronutrients displayed the following order in mangabeira leaves: N>K>Ca>P>S>Mg.

Keywords: *Hancornia speciosa* Gomes, nutrition, nutritional status assessment, hydroponics.

INTRODUÇÃO

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes), pertence à família Apocynaceae, é uma frutífera nativa do Brasil que vegeta espontaneamente nas regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sudeste, onde o fruto é bastante apreciado em virtude das excelentes características organolépticas e do elevado teor nutritivo, notadamente com relação ao teor proteico superior ao da maioria dos frutos (LEDERMAN et al., 2000).

O processamento de mangaba não é feito em maior escala porque o volume de frutos não atende à demanda. Por isso, a conquista de novos mercados, principalmente no Sul e Sudeste, está condicionada à implantação de pomares comerciais, uma vez que a produção atual é proveniente de extrativismo (LEDERMAN et al., 2000). A exploração comercial, por sua vez, está intimamente relacionada à produção de mudas, sendo que o primeiro passo é a obtenção de mudas sadias que se estabeleçam em viveiros, o que garantirá a sanidade da planta no campo (ROSA et al., 2005).

Quanto ao aspecto da nutrição na fase de produção de mudas, diferentes autores (VIÉGAS et al., 2008) constataram que os nutrientes interferem no desenvolvimento das plantas, sendo necessário estabelecer a dose adequada para tornar a produção de mudas economicamente viáveis e maximizar o seu desenvolvimento. Para isso é necessário o conhecimento das necessidades nutricionais da planta, desde a fase da muda (AUGOSTINHO et al., 2008).

O conhecimento de sintomas visuais de deficiência nutricional é uma ferramenta essencial para decidir sobre a necessidade de realizar fertilizações (LANGE et al., 2005; LAVRES JÚNIOR et al., 2005) e através da técnica do elemento faltante tem-se avaliado o estado nutricional das plantas, sendo possível determinar os nutrientes limitantes para o desenvolvimento da cultura. Assim, o presente trabalho teve os objetivos de caracterizar os sintomas visuais de carências de macronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e conteúdo foliar de mangabeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, com as coordenadas geográficas 17° 48' 15.9'' S – 50° 54' 19,5'' W, no período de janeiro a junho de 2011.

Os frutos de mangabeiras foram coletados na fazenda Gameleira localizada no município de Montes Claros, Goiás, com as coordenadas geográficas 16° 06'20'' S – 51° 17' 11'' W a 592 m de altitude. A exsicata do material vegetal está depositada no Herbário do Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde sob o número de coleta – HRV 072.

As sementes foram extraídas manualmente com o auxílio de uma peneira para facilitar a retirada da polpa e, lavadas seguidamente com água corrente, posteriormente, essas foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 72 células preenchidas como substrato vermiculita e casca de arroz carbonizada 1:1. Aos 30 dias após a semeadura as mudas, com 3-4 folhas completas, foram transferidas para os vasos de oito litros contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com 50% da sua força iônica, por um período de 30 dias. Posteriormente, as plantas foram submetidas aos tratamentos constituídos pela solução completa e omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, em um total de 28 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de oito litros de solução nutritiva com duas plantas.

Durante a condução do experimento as plantas foram cultivadas sob irradiância média de $200 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, a solução nutritiva mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente a $5,5 \pm 0,5$ com adição de HCl ou NaOH, quando necessário e, a troca da solução nutritiva realizada com o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica. As avaliações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais foram realizadas diariamente, sendo estes, descritos e fotografados.

Aos 15 dias após o transplântio (DAT) das mudas, para as soluções contendo os tratamentos, iniciaram as avaliações de crescimento das plantas por meio das características de comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e comprimento da maior raiz que, posteriormente, ocorreram a cada 15 dias até a colheita das plantas à medida que as deficiências se acentuaram, conforme a omissão do nutriente. Essas foram colhidas, levadas para o laboratório, onde ocorreu a separação em folha, caule e raiz. Esses órgãos foram pesados e posteriormente colocados em estufa a 65°C até atingirem massa constante para a obtenção da massa da matéria seca. Após a secagem as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh e encaminhado para o laboratório de análise foliar da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para determinação dos teores dos macronutrientes seguindo a metodologia de proposta por Malavolta et al. (1997).

Com os valores das massas da matéria seca e dos teores de cada nutriente nas folhas, foram calculados os seus conteúdos nas plantas, através da multiplicação da massa seca das folhas pelo teor de cada nutriente, obtendo o conteúdo em mg planta^{-1} .

A relação entre parte aérea e raiz (PA/R) foi calculada através da somatória da matéria seca do caule e da folha dividido pela matéria seca da raiz. O crescimento relativo (CR) corresponde a cem vezes a relação entre matéria seca total dos tratamentos com deficiência e a matéria seca do total do tratamento completo.

Os tratamentos foram arrançados no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à

análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve necessidade de transformar os valores observados de massa seca do caule, massa seca da raiz, massa seca das folhas, massa seca total, crescimento relativo e a relação entre parte aérea e raiz em raiz de $x+1$ para obter distribuição normal e homogeneidade de variâncias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas visuais de deficiência nutricional

Os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio iniciaram aos 60 DAT. As folhas mais velhas foram perdendo gradualmente a tonalidade verde-escura para o verde-pálido distribuindo de maneira generalizada no limbo foliar. Houve evolução para clorose seguida de necrose e redução no comprimento do caule (Figura 1). O Nitrogênio é nutriente móvel na planta, em situação de suprimento insuficiente, o crescimento da planta é retardado e o N é translocado dos órgãos mais velhos para os mais novos (MARSCHNER, 1995). A omissão de N diminui o teor de clorofila na planta (MALAVOLTA et al., 2006), resultando no característico sintoma de clorose generalizada. Resultados semelhantes foram observados em mudas de graviola (*Annona muricata* L.) (BATISTA et al., 2003), teca (*Tectona grandis* L.f.) (BARROSO et al., 2005) e em abacaxi 'Imperial' (*Ananas comosus* L.) (RAMOS et al., 2009).

Para o fósforo os sintomas foram inicialmente observados aos 46 DAT. Houve clorose das folhas mais velhas que evoluiu para um arroxamento, redução do comprimento do caule, menor número de folhas e as raízes longas e com coloração clara (Figura 1). Plantas com deficiência de fósforo têm o seu crescimento diminuído, por afetar vários processos como a síntese protéica e de ácidos nucléicos (MALAVOLTA, 2006; ALVES, et al., 2008). Os sintomas de deficiência de P em graviola também começaram inicialmente nas folhas inferiores, atingindo, em seguida, as folhas medianas e superiores (BATISTA et al., 2003).

A deficiência de potássio iniciou aos 43 DAT com pequena clorose acentuadamente avermelhada nas margens das folhas, evoluindo para necrose

atingindo os ápices das folhas, as margens e entre as nervuras as quais, com a evolução da deficiência, apresentaram grandes manchas necróticas no limbo foliar e as raízes com coloração escura (Figura 1). Em plantas com deficiência de potássio, os compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas e putrescinas, muitas vezes, se acumulam, sendo a última provavelmente responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas deficientes nesse nutriente (MALAVOTA, 2006). Para Malézieux e Bartholomew (2003), em abacaxizeiros geralmente durante estágios preliminares de deficiência de K, as folhas são verde-escuras e estreitas, mas, se a deficiência é prolongada as folhas se tornam amarelas. A omissão de cálcio acarretou os sintomas visuais a partir dos 40 DAT. Houve encarquilhamento nas margens das folhas mais jovens. Com a evolução da deficiência, ocorreu necrose, morte de brotos e encarquilhamento total da folha (Figura 1). O cálcio, é requerido em grandes quantidades pela planta, pois é um dos principais componentes da parede celular, ligando moléculas de pectina (WHITE E BROADLEY, 2009). A falta de cálcio é caracterizada pela redução do crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observado, inicialmente, nas extremidades em crescimento e nas folhas mais jovens (TAIZ E ZEIGER, 2004; ALVES et al., 2008). Resultados semelhantes foram observados por Batista et al. (2003) em gravioleira com queda prematura das folhas e paralisação do desenvolvimento apical. Entretanto, Ramos et al. (2009) observaram em abacaxi ‘Imperial’ que os sintomas de deficiência não foram aparentes ou observados.

Os primeiros sintomas visuais de deficiência de magnésio foram observados aos 35 DAT, com clorose internerval nas folhas mais velhas (Figura 1). Com a evolução dos sintomas houve abscisão precoce das folhas. Observou-se, também, que houve redução no comprimento do caule e das raízes, e essas ainda apresentaram coloração escura. Resultados semelhantes foram observados por Batista et al. (2003), em gravioleira. O Mg é componente da molécula da clorofila, sua deficiência reduz a fotossíntese e o crescimento das plantas (MALÉZIEUX E BARTHOLOMEW, 2003). Em condições de suprimento insuficiente, o Mg que é móvel na planta, distribui-se facilmente dos órgãos mais

velhos para os mais novos, aparecendo assim os sintomas visuais nas folhas mais velhas (MALAVOLTA, 2006).

As plantas com carência de enxofre tiveram início dos sintomas visuais aos 35 DAT. Houve clorose nas folhas mais jovens evoluindo para necrose (Figura 1), redução do comprimento do caule e as raízes pouco desenvolvidas e com coloração escura. Sintomas semelhantes foram observados por Batista et al. (2003) em plantas de graviola com carência de enxofre. Entretanto, Ramos et al. (2009) não observaram sintomas de deficiência de enxofre em abacaxi ‘Imperial’. O enxofre é pouco móvel na planta, por isso os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais jovens (MALAVOLTA, 2006).

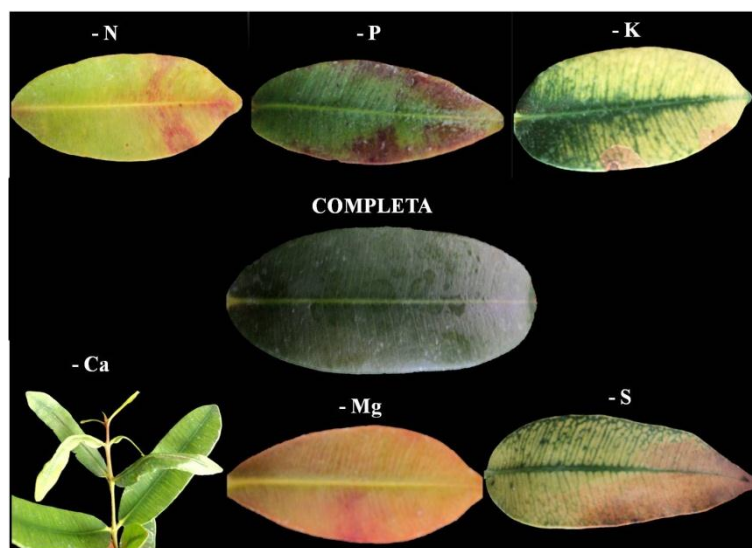


Figura 1 Sintomas de deficiência nutricional em mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) cultivadas em solução nutritiva completa e omissão de macronutrientes.

Crescimento vegetativo

O comprimento do caule de plantas crescidas em solução com omissão de macronutrientes foi reduzido em relação ao tratamento com a solução nutritiva completa. Ao longo do ciclo de produção das mudas de mangaba, a ausência de magnésio foi o tratamento mais limitante para o crescimento do caule com 5,77 cm aos 120 dias, em relação ao tratamento completo com 15,26 cm (Figura 2). A omissão de Mg também limitou o crescimento de mudas de umbuzeiros (GONÇALVES et al., 2006). Batista et al. (2003) observaram que o nitrogênio

foi o macronutriente que mais limitou o crescimento de mudas de gravioleiras (*Annona muricata* L). O Mg tem papel específico na ativação de enzimas envolvidas nos processos de respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (TAIZ E ZEIGER, 2004).

A deficiência de macronutrientes afetaram negativamente o crescimento da planta, reduzindo o comprimento do caule durante o ciclo de produção das mudas de mangaba, obedecendo à ordem Mg>Ca>k>P>N>S respectivamente.

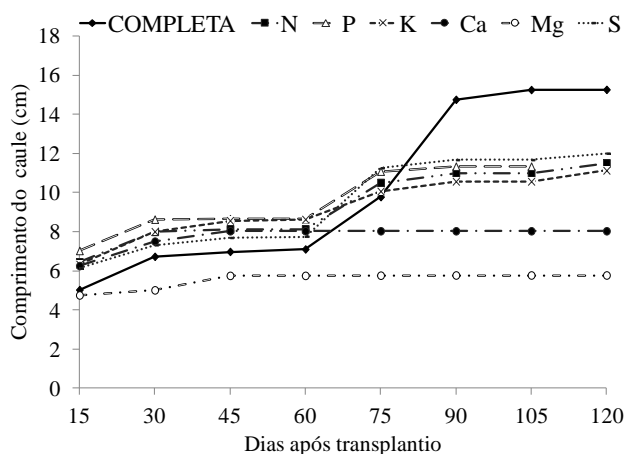


Figura 2. Comprimento do caule (cm) de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplanteio.

O cultivo em solução com omissão de macronutrientes limitaram o crescimento do diâmetro do caule em plantas de mangaba quando comparadas com as plantas cultivadas em tratamento com solução nutritiva completa (Figura 3). Resultados semelhantes foram observados em mudas de umbuzeiro por Silva et al. (2005). O N foi o único nutriente que limitou o crescimento de diâmetro do caule de pariri (*Arrabidaea chica* (H. & B.) Verlot) com uma redução de 24% em relação ao tratamento completo (SILVA JÚNIOR et al., 2007). Os tratamentos que mais afetaram o desenvolvimento do diâmetro em gravioleira foram os que apresentaram omissão de nitrogênio com 5,90 mm, cálcio com 7,07 mm e fósforo com 8,20 mm, em relação ao tratamento completo, de 20,85 mm (BATISTA et al., 2003).

As deficiências de macronutrientes em mudas de mangaba afetaram negativamente o crescimento do diâmetro do caule, obedecendo à ordem $\text{Ca} > \text{P} > \text{K} > \text{Mg} > \text{N} > \text{S}$, respectivamente.

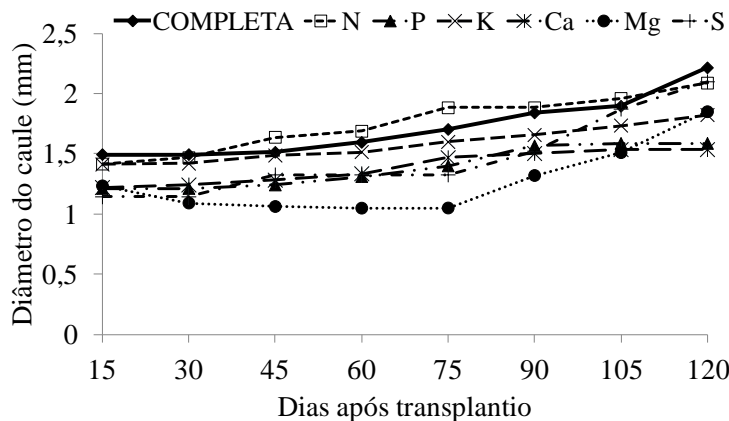


Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplante

Com exceção do tratamento com omissão de enxofre os demais tratamentos limitaram o crescimento da raiz de mangaba quando comparado ao tratamento com a solução nutritiva completa (Figura 4). Na ausência de enxofre na solução o comprimento da raiz foi superior ao tratamento completo, com os valores de 19,25 cm para o tratamento com omissão de enxofre e 19 cm para o completo. A omissão de Mg foi a mais limitante no desenvolvimento de raízes para as mudas de mangaba comparando ao tratamento com solução completa. O Mg além de exercer papel na atividade como cofator em quase todas as enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila, este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucléicos e membranas (TAIZ E ZEIGER, 2004).

A deficiência de macronutrientes em mudas de mangaba afetaram negativamente o crescimento das raízes, obedecendo à ordem $\text{Mg} > \text{N} > \text{Ca} > \text{P} > \text{K} > \text{S}$, respectivamente.

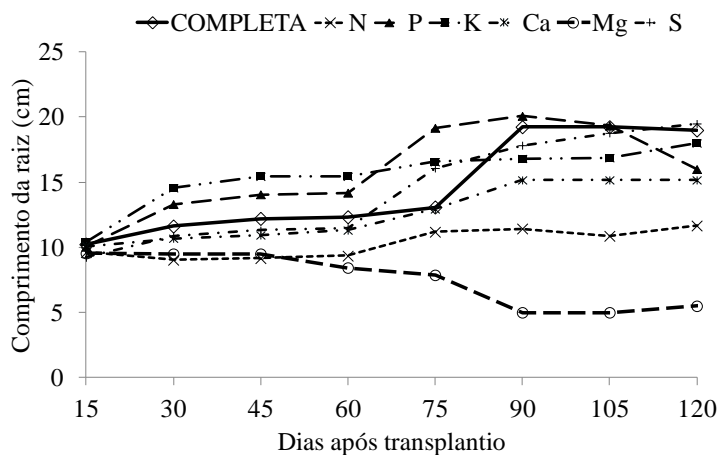


Figura 4. Comprimento de raízes (cm) de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplantio.

Com exceção do tratamento com omissão de enxofre os demais tratamentos limitaram a produção do número de folhas de mangaba quando comparado com a solução nutritiva completa (Figura 5).

Os tratamentos com ausência de magnésio foram os mais limitantes em relação ao número de folhas, três folhas aos 120 dias, quando comparados ao tratamento com solução completa com 14 folhas para o mesmo período. A redução no número de folhas foi de 78,57% para a omissão de Mg em relação a completa. A disponibilidade de magnésio para as plantas impõe limites na fotossíntese sendo este essencial para cloroplastos, e o elemento central na clorofila (TAIZ E ZEIGER, 2004; HERMANS E VERBRUGGEN, 2005). Viégas et al. (2008) observaram para mudas de açaí que a ausência de N foi o tratamento que mais limitou o desenvolvimento no número de folhas, reduzindo 50% em relação ao tratamento completo. A deficiência de macronutrientes em mudas de mangaba afetou negativamente o número de folha, obedecendo à ordem Mg>P>K>N>Ca>S, respectivamente.

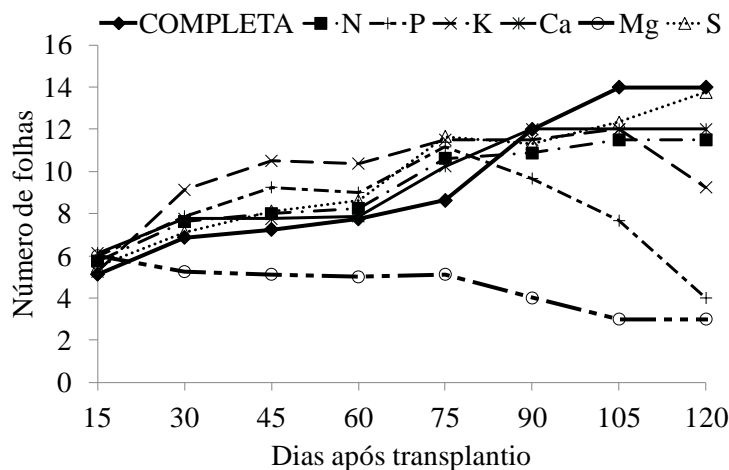


Figura 5. Número de folhas de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplante.

Produção de matéria seca

A matéria seca do caule, matéria seca da raiz e a relação parte aérea/raiz não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 1).

A omissão de Mg na solução nutritiva foi tratamento mais limitante na produção de massas da matéria seca de folhas, diferindo do tratamento completo. Houve redução em 78,43 % na massa seca de folhas comparando o tratamento com omissão de Mg com a solução nutritiva completa (Tabela 1). O Mg participa na organização da membrana tilacoide e grana de empilhamento atua como um cofator e ativado de enzimas envolvidas na fixação de CO₂ e está envolvido na transferência de energia através de adenosina trifosfato e controle de pH (HERMANS E VERBRUGGEN, 2005). A deficiência de Mg provoca redução nas reações fotoquímicas ou fixação de CO₂ (HERMANS E VERBRUGGEN, 2005). Viégas et al. (2008) observaram em mudas de açaizeiro que o tratamento com omissão de N foi o que mais limitou a produção de massa seca das folhas.

A produção da massa seca da matéria seca total foi influenciada pelo tratamento com omissão de Mg (Tabela 1). A ausência deste nutriente reduziu a massa seca total das plantas de mangaba comparanda com o tratamento com solução completa em 77,55%. Resultados semelhantes foram obtidos em condições de deficiência de Mg em mudas de teca (BARROSO et al., 2005) e moringa (*Moringa oleifera* Lam) (VIEIRA et al., 2008). A omissão de N foi o

nutriente que mais afetou a produção de matéria seca total de gravioleira (BATISTA et al., 2003).

O crescimento relativo (CR) foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 1). A omissão de Mg proporcionou uma redução no crescimento relativo, obtendo o menor valor médio de 25,13 reduzindo em 74,87% comparando com tratamento com solução completa. Viégas et al. (2004) observaram que o CR da planta de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh), foi influenciado pela omissão de nitrogênio, com redução de 84% do tratamento completo. Resultados favoráveis à adição de nutrientes no crescimento de espécies frutíferas, como gravioleiras e maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Dryand) são relatados por diversos autores (BATISTA et al., 2003; FREITAS et al., 2006).

Tabela 1. Matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

TRATAMENTOS	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MST (g)	CR %	PA/R
COMPLETA	0,51 ¹ a ²	0,22 a	0,25 a	0,98 a	100 a	3,12 a
- N	0,41 ab	0,14 a	0,36 a	0,92 a	86,01 ab	1,74 a
- P	0,18 ab	0,11 a	0,20 a	0,50 a	51,41 bc	1,71 a
- K	0,39 ab	0,18 a	0,34 a	0,92 ab	80,03 ab	1,83 a
- Mg	0,11 b	0,03 a	0,07 a	0,22 b	25,13 c	2,35 a
- Ca	0,38 ab	0,14 a	0,26 a	0,80 ab	72,89 ab	2,19 a
- S	0,39 ab	0,10 a	0,26 a	0,75 ab	72,02 ab	2,47 a
CV(%) ³	5,84	4,39	5,28	8,59	21,25	16,48

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coefficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

Conteúdo foliar de nutrientes

Os resultados do conteúdo foliar de macronutrientes em mudas de mangaba correspondentes a cada tratamento são apresentados na Tabela 2. Verificou-se que os conteúdos (mg planta⁻¹) dos macronutrientes nas folhas do tratamento completo e com omissão dos nutrientes foram, respectivamente: N =

10,0 e 7,00; P = 2,10 e 0,10; K = 7,0 e 4,0; Mg = 1,0 e 4,0; Ca = 4,0 e 5,0; S = 1,3 e 0,6 . Os conteúdos de macronutrientes das plantas do tratamento completo obedeceram a seguinte ordem de extração N>K>Ca>P>S>Mg, indicando que o N é o nutriente de maior acúmulo nas folhas de mangabeira. A deficiência de um nutriente pode causar um desequilíbrio entre os demais nutrientes e conseqüentemente pode levar as alterações morfológicas, traduzidas, como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente (MALAVOLTA, 2006).

O tratamento com omissão de N apresentou elevado conteúdo de N nas folhas, mas não diferiu dos valores encontrados nas folhas das plantas que receberam solução nutritiva completa. Os menores conteúdos de N foram observados em plantas submetidas ao tratamento com omissão de Mg, correspondendo a uma redução de 82% comparando com a solução completa . As ausências de K, Ca e S resultaram em maior acúmulo de N nas folhas. Malavolta (2006) relata que a deficiência de K leva a distúrbios no metabolismo do N, resultando em plantas com maior conteúdo de aminoácidos livres e amido. Como ocorre com K, em deficiência de enxofre, observa-se redução na síntese de proteínas e a redução dos teores de clorofila e de sulfato inorgânico (MARRENCO E LOPES, 2005).

As plantas que receberam tratamento com omissão de P apresentaram os menores conteúdos deste nutriente nas folhas comparada com todos os outros nutrientes. De modo geral, notou-se que o maior acúmulo de P ocorreu nos tratamentos com solução completa, com omissão de S e Ca.

A omissão de N e de P afetou o comportamento do Ca. Isso porque a adição de N e P no meio favorece o acúmulo de Ca nas folhas (MALAVOLTA, 2006). Dessa forma a ausência desses nutrientes pode ter prejudicado a absorção de Ca pelas plantas. De acordo com Malavolta (2006), a absorção do Ca pode ser diminuída mediante ao alto teor de K, Mg e NH_4 no meio. Assim, a ausência de K na solução nutritiva favorece o acúmulo de Ca pelas plantas.

As plantas cultivadas com omissão de Mg apresentaram o menor conteúdo de K nas folhas de mangabeira, com redução de 85,72% comparando com o tratamento completo.

As mudas com omissão de S apresentaram maior absorção de Ca nas folhas. O maior conteúdo de Ca e Mg na folha de mangaba pode ser o fato desse tratamento ter recebido o N na solução nutritiva apenas na forma de NO_3^- . Marschner (1995) relata que a taxa de absorção de Mg é afetada negativamente pelo NH_4^+ .

Tabela 2. Conteúdo foliar (mg planta^{-1}) em mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

Tratamento	Conteúdo (mg planta^{-1})					
	N	P	K	Mg	Ca	S
Completa	10,0 ¹ a ²	2,10 a	7,0 a	1,0 a	4,0 ab	1,3 a
- N	7,00 ab	0,70 ab	4,0 ab	1,0 a	1,0 ab	1,1 ab
- P	3,00 ab	0,10 b	4,0 ab	0,5 a	2,2 b	0,4 bc
- K	9,00 ab	0,90 ab	4,0 ab	1,0 a	12,0 a	1,0 abc
- Mg	1,80 b	0,03 b	1,0 b	4,0 a	3,0 ab	0,2 c
- Ca	9,00 ab	1,00 ab	5,0 ab	1,0 a	5,0 ab	1,0 abc
- S	9,00 ab	2,00 a	5,0 ab	1,0 a	11,0 a	0,6 abc
CV(%)³	0,19	0,04	0,11	0,03	0,20	0,02

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coefficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de $x+1$.

CONCLUSÕES

1-A omissão de N, P, K, Ca, Mg e S, na solução nutritiva, resultaram em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional em mangabeira.

2-As ausências dos macronutrientes promoveram diminuição no crescimento e produção de matéria seca em mangabeira, comparada ao tratamento completo.

3-O crescimento relativo mostrou que as omissões dos macronutrientes ocasionaram comprometimento no crescimento das plantas de mangaba.

4-O Acúmulo de nutrientes apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{S} > \text{Mg}$ em folhas de plantas de mangaba.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –CAPES, pela concessão de uma bolsa de pós-doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pelo apoio financeiro e também ao Sr. Arlindo Thomaz da Silva e família pela doação do material vegetal utilizado neste estudo.

REFERÊNCIA

ALVES, A. U; PRADO, R. M. de; GONDIN, A. R. O; FONSECA, I. M; FILHO, A. B. C. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.292-295, 2008.

AUGOSTINHO, L. M. D; PRADO, R. de. M; ROZANE, D. E; FREITAS, N. Marcha de absorção de macro e micronutrientes em mudas de goiabeira ‘Pedro Sato’. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.563-568, 2008.

BARROSO, D. G; FIGUEIREDO, F. A. M. A; PEREIRA, R. C; MENDOKA, 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.

BATISTA, M. M. F; VIÉGAS, I. de J. M; FRAZÃO, D. A. C; TOMAZ, M. A. A; SILVA, R. de C. L. da. Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.315-318, 2003.

FREITAS, M. S. M; MONNERAT, P. H; PINHO, L. G. R; CARVALHO, A. J. C. Deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce: qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.492-496, 2006.

GONÇALVES, F. C; NEVES, O. S. C; CARVALHO, J. G. de. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1053-1057, 2006.

HERMANS, C; VERBRUGGEN, N; Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.56, n.418, p.2153-2161, 2005.

HOAGLAND, D; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **California Agriculture Experimental Station Circular**, 1950. 347 p.

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

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

LEDERMAN, I. E; SILVA JÚNIOR, J. F; BEZERRA, J. E. F; ESPINDOLA, A. C. M. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: FUNEP, 35p. (Série Frutas Nativas, 2). 2000.

MALAVOLTA, E. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fósforo, 1997. 319 p.

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

MALÉZIEUX, E; BARTHOLOMEW, D. P. Plant Nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P; PAUL, R. E; ROHRBACH, K. G. eds. **The Pineapple- Botany, Production and Uses**. Honolulu: CABI Publishing, 2003. p.143-165.

MARENCO, R. A; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa:UFV, 2005. 451 p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, New York, NY, 1995. 889 p.

RAMOS, M. J; MONNERAT, P. H; CARVALHO, A. J. C; PINTO, J. L. A; SILVA, J. A. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de Boro em Abacaxizeiro Imperial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.252-256, 2009.

ROSA, M. E. C. da; NAVES, R. V; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de. Produção e crescimento de mudas e mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) em diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.2, p.65-70, 2005.

SILVA, J. T. A. da; CARVALHO, J. G. de. Avaliação nutricional de bananeira prata-anã (aab), sob irrigação no semiárido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.731-739, 2005.

SILVA, JUNIOR. M. L. da; SEABRA, D. A; MELO, V. S. de; SANTOS, M. M. L. S; SANTOS, P. C. T. C. dos. Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiências de pariri cultivado sob omissão de macronutrientes. **Ciências Agrárias**, Belém, n.48, p.85-97, 2007.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

VIÉGAS, I. J. de; GONÇALVES, A. A. S. da; FRAÇÃO, D. A. C; CONCEIÇÃO, H. E. O. da. Efeitos das omissões de macronutrientes e boro na sintomatologia e crescimento em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). **Ciências. Agrárias**, Belém, n.50, p.129-141, 2008.

VIEGAS, I. J. M; THOMAZ, M. A. A; SILVA, J. F; CONCEIÇÃO, E. O; NAIFF, A. P. M. Efeitos da omissão de macronutrientes e Boro no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.315-319, 2004.

VIEIRA, H; CHAVES, L. H. G; VIÉGAS, R. H. Crescimento inicial de moringa (*Moringa oleifera* lam) sob omissão de nutrientes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.4, p.51-56, 2008.

WHITE, P. J; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets: iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, London, v.182, n.1, p.49-84, 2009.

CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MUDAS DE MANGABEIRA COM OMISSÃO EM MICRONUTRIENTES EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO - A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma frutífera pertencente à família Apocynaceae, originária do Brasil. A produção de mudas desta espécie ainda é limitada pela escassez de conhecimentos técnicos e nutricionais. Este trabalho teve como objetivos caracterizar os sintomas visuais de deficiência de micronutrientes, avaliar o crescimento e o acúmulo de nutrientes foliar de mudas de mangabeira, submetidas a diferentes soluções nutritivas com omissão de micronutrientes. Plantas de mangabeira foram cultivadas em solução nutritiva, dentro de casa de vegetação no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de solução nutritiva completa e omissão individual de boro, cobre, ferro, manganês, zinco e molibdênio. Os sintomas visuais de deficiências de nutrientes mostraram de uma maneira geral facilmente caracterizáveis. A produção de matéria seca foi afetada pela omissão de micronutrientes e o tratamento que mais limitou o comprimento do caule, diâmetro do caule, comprimento da raiz, número de folhas de mudas de mangaba e massa seca das folhas, massa seca total e o crescimento relativo da mangabeira, foi a omissão de ferro. Os conteúdos de micronutrientes das plantas do tratamento completo obedeceram à seguinte ordem decrescente Fe>Mn>Cu>Zn>B em folhas de mangabeira.

Termos para indexação: *Hancornia speciosa* Gomes, nutrição mineral, sintomas, crescimento.

ABSTRACT - *Hancornia speciosa* Gomes (Mangaba tree) is a fruit tree belonging to the Apocynaceae family and is native to Brazil. The production of seedlings of this species is limited by a lack of technical and nutritional expertise. This study aimed to characterize the visual symptoms of micronutrient deficiency and to assess growth and leaf nutrient accumulation in *H. speciosa* seedlings supplied with nutrient solutions that lack individual micronutrients. *H. speciosa* plants were grown in nutrient solution in a greenhouse according to a randomized

block design, with four replicates. The treatments consisted of a group receiving complete nutrient solution and groups treated with a nutrient solution lacking one of the following micronutrients: boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), or molybdenum (Mo). The visual symptoms of nutrient deficiency were generally easy to characterize. Dry matter production was affected by the omission of micronutrients, and the treatment lacking Fe most limited the stem length, stem diameter, root length, and number of leaves in *H. speciosa* seedlings as well as the dry weight of leaves, the total dry weight, and the relative growth in *H. speciosa* plants. The micronutrient contents of *H. speciosa* leaves from plants receiving the complete nutrient solution treatment followed the decreasing order of Fe>Mn>Cu>Zn>B.

Keywords: *Hancornia speciosa* Gomes, mineral nutrition, symptoms, growth.

INTRODUÇÃO

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes), da família Apocynaceae é originária do Brasil com ampla dispersão geográfica, ocorrendo em ecossistemas, como Amazônico, Mata Atlântica e Cerrado (DONADIO et al., 2002). É uma planta que produz frutos comestíveis, consumidos *in natura* e utilizados na industrialização de sucos, doces e sorvetes (SOARES et al., 2009).

No Brasil, a produção de mangaba no ano de 2009 foi cerca de 699 toneladas (IBGE, 2009), com exceção de Minas Gerais e Maranhão, só há registros de colheita deste fruto na região Nordeste, sendo Sergipe, Bahia e Paraíba, atualmente os maiores produtores, com 386, 138 e 100 toneladas respectivamente. Os estados de Minas Gerais e Maranhão são responsáveis por apenas quatro e uma toneladas, respectivamente (IBGE, 2009).

A qualidade das mudas é fator fundamental para atingir a homogeneidade, o rápido desenvolvimento e a precocidade de produção, garantindo a expansão dessa cultura no Brasil. Para se obter mudas de alta qualidade, é necessário atender à demanda adequada de nutrientes. Atualmente, o manejo da nutrição das mudas dessa fruteira é feito pelos viveiristas de forma empírica, tendo em vista o pouco conhecimento dos aspectos nutricionais da

cultura devido à escassez de trabalhos científicos. A exploração de uma espécie nativa depende dos conhecimentos técnicos que, em geral, são escassos, havendo a necessidade de pesquisas que viabilizem sua exploração e inserção no mercado (DONADIO et al., 2002).

Para a ampliação da produção da mangaba existe a necessidade de controle dos fatores de produção, como fornecer os nutrientes para atender suas exigências nutricionais. Pois, é sabido que os níveis de nutrientes em determinados estádios do desenvolvimento vegetal influenciam a produtividade (TAIZ E ZEIGER, 2004).

Os nutrientes exercem funções específicas na vida da planta, assim quando estas são submetidas aos tratamentos com omissão desses nutrientes apresentam sintomas visuais de deficiência, quando o nível exigido pela planta fica abaixo do considerado suficiente. De modo geral, cada nutriente tem funções específicas nas plantas e os diferentes elementos produzem diferentes sintomas de deficiência ou de toxidez. Às vezes, a deficiência de um nutriente específico não afeta, necessariamente, o mesmo processo metabólico em todas as espécies (FONTES, 2011).

A probabilidade de ocorrer deficiência de um micronutriente é menor que de macronutriente (MALAVOLTA et al., 1997). Malavolta (2006) afirma que o zinco disputa com o boro a posição de micronutriente mais frequentemente deficientes em solos brasileiros e, a deficiência de ferro pode ocorrer pela calagem excessiva ou mesmo pela inibição competitiva por metais como manganês, cobre e zinco.

A diagnose foliar de plantas frutíferas é para detectar respostas das plantas aos vários tipos de manejo, possibilitando interpretar, de maneira mais eficiente, as relações entre nutrientes na planta (SILVA e CARVALHO, 2005). Além disso, permite a identificação e correção de deficiências (SARCINELLI et al., 2004), ocorrendo, assim, melhor aproveitamento dos fertilizantes e, conseqüentemente, melhor qualidade do produto, além da economia deste insumo.

Tendo em vista que a mangabeira está em fase de domesticação, torna-se necessário o conhecimento das técnicas de plantio, dentre outras características, do conhecimento de suas exigências nutricionais. O cultivo de plantas em solução nutritiva é importante ferramenta no progresso de pesquisas com nutrição de plantas, controlando mais adequadamente a composição da solução e elimina a complexidade que se apresenta no solo. E ainda, os estudos com as plantas em ambiente controlado, indicam que os efeitos de diferentes nutrientes sobre o crescimento da planta podem ser mais facilmente estudados do que no campo (TAIZ E ZEIGER, 2004). Assim, o presente trabalho teve o objetivo de caracterizar os sintomas visuais de deficiência de micronutrientes, avaliar o crescimento e o acúmulo de nutrientes foliar de mudas de mangabeira, submetidas a diferentes soluções nutritivas com omissão de micronutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, com as coordenadas geográficas 17° 48' 15,9'' S – 50° 54' 19,5'' W, no período de janeiro a junho de 2011.

A estrutura de proteção seguiu o modelo capela, com largura de 8 m, comprimento de 30 m, altura dos esteios laterais de 2,90 m, altura do vão central de 4,80 m com as partes superiores, frontais e laterais fechadas com filme de polietileno transparente de 0,1 mm de espessura. Foram utilizadas plantas de mangabeira provenientes da fazenda Gameleira, localizada no município de Montes Claros, Goiás, com as coordenadas geográficas 16° 06'20'' S – 51° 17' 11'' W a 592 m de altitude. A exsicata do material vegetal está depositada no Herbário do Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde sob o número de coleta – HRV 072.

As sementes foram extraídas manualmente com o auxílio de uma peneira para facilitar a retirada da polpa e, lavadas seguidamente com água corrente, posteriormente foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 72 células preenchidas como substrato vermiculita e casca de arroz carbonizada 1:1.

Aos 30 dias após a semeadura as mudas, com 3-4 folhas completas, foram transferidas para os vasos de oito litros contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com 50% da sua força iônica, por um período de 30 dias. Posteriormente, as plantas foram submetidas aos tratamentos constituídos pela solução completa e omissão individual de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo, em um total de 28 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de oito litros de solução nutritiva com duas plantas.

Durante a condução do experimento as plantas foram cultivadas sob irradiância média de $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A solução nutritiva mantida sob aeração constante com ar comprimido, o pH ajustado diariamente a $5,5 \pm 0,5$ com adição de HCl ou NaOH, quando necessário e, a troca da solução nutritiva realizada com o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica.

As avaliações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais foram realizadas diariamente, sendo estes, descritos e fotografados.

Aos 15 dias após o transplântio (DAT) das mudas, para as soluções contendo os tratamentos, iniciaram as avaliações de crescimento das plantas por meio das características de comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e o comprimento da maior raiz que, posteriormente, ocorreram a cada 15 dias até a coleta das plantas à medida que as deficiências se acentuaram, conforme a omissão do nutriente. Essas foram coletadas, levadas para o laboratório, onde ocorreu a separação em folha, caule e raiz. Esses órgãos foram pesados e posteriormente colocados em estufa a 65°C até atingirem massa constante para a obtenção da massa da matéria seca.

Após a secagem, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh e encaminhado para o laboratório de análise foliar da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para determinação dos teores de B, Cu, Mn, Zn e Fe seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Com os valores da matéria seca e dos teores de cada nutriente nas folhas, foram calculados os seus conteúdos nas plantas, através da multiplicação da massa seca das folhas pelo teor de cada nutriente, obtendo o conteúdo em mg planta^{-1} .

A relação entre parte aérea e raiz (PA/R) foi calculada através da somatória da matéria seca do caule e da folha dividido pela matéria seca da raiz. O crescimento relativo (CR) corresponde a cem vezes a relação entre matéria seca total dos tratamentos com deficiência e a matéria seca do total do tratamento completo.

Os tratamentos foram arrançados no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve necessidade de transformar os valores observados de massa seca do caule, massa seca da raiz, massa seca das folhas, massa seca total, crescimento relativo e a relação entre parte aérea e raiz em raiz de $x+1$ para se obterem distribuição normal e homogeneidade de variâncias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas visuais de deficiência nutricional

Os sintomas visuais de deficiência de B foram observados inicialmente aos 40 DAT. As folhas mais jovens apresentaram clorose seguida de necrose que iniciou nas folhas seguindo para as gemas terminais, ocorrendo perda da dominância apical (Figura 1). Observou-se também a abscisão prematura das folhas, redução no comprimento do caule e das raízes. Neves et al. (2004) observaram que os sintomas de deficiência de B em umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr) começaram a aparecer nitidamente a partir dos 20 dias após o início do tratamento. A deficiência foi observada nas folhas mais jovens, que apresentaram leve clorose internerval, posteriormente evoluindo do centro para as bordas das folhas. Sintomas semelhantes foram observados por Viégas et al. (2004) em camucamuzeiro [*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh] aos 50 dias depois de iniciados os tratamentos. As folhas novas apresentaram retorcidas, atrofiadas, pequenas e grossas, e, com a intensidade dos sintomas, ocorreu morte do meristema apical do caule.

Para o cobre, os sintomas visuais de deficiência iniciaram aos 35 DAT. As folhas jovens apresentaram escurecimento com manchas necróticas que iniciaram

no ápice das folhas jovens e evoluiu em direção a base da folha ao longo das margens (Figura 1). Observou-se também o encarquilhamento das folhas. Os sintomas observados foram semelhantes aos descritos por Neves et al. (2004) em umbuzeiros.

Os sintomas visuais de deficiência de manganês foram observados inicialmente aos 27 DAT. Houve clorose internerval nas folhas velhas, sob um reticulado grosso de nervura que permaneciam verdes. Com evolução dos sintomas observou-se aparecimento de manchas necróticas e encarquilhamento de folhas (Figura 1). As raízes apresentaram longas e com coloração clara. Neves et al. (2004) ao estudarem a deficiência de manganês em plantas de umbu, os pontos cloróticos a necróticos foram se multiplicando sem, contudo, ocasionar a queda das folhas. As plantas deficientes apresentaram, durante um determinado período, desenvolvimento aparentemente normal, com as folhas atingindo dimensões até mesmo maiores quando comparadas as plantas do tratamento completo.

A omissão de zinco acarretou os primeiros sintomas visuais de deficiência aos 30 DAT. Inicialmente as folhas novas apresentaram clorose. Com a intensificação da deficiência as plantas mostraram folhas menores, encarquilhadas, encurtamento dos internódios e as raízes bem desenvolvidas (Figura 1). Sintomas semelhantes também foram observados por Neves et al. (2004) em umbuzeiro com produção de folhas pequenas e estreitas, com áreas cloróticas entre nervuras. A deficiência de Zn compromete importantes eventos fisiológicos e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento da planta (ZABINI et al., 2007). O suprimento insuficiente de Zn leva a uma redução na atividade da enzima (Cu/ZnSOD) favorecendo o incremento dos danos oxidativos, ocasionando a diminuição no teor de clorofila (TAIZ E ZEIGER, 2004).

O tratamento com omissão de ferro foi o primeiro a expressar os sintomas de deficiência que ocorreu aos 25 DAT. As folhas jovens apresentavam clorose que iniciava na base do pecíolo e caminhando em direção à ponta das folhas. Com a evolução dos sintomas as folhas ficaram menores e totalmente

esbranquiçadas (Figura 1). As raízes tiveram um crescimento limitado com coloração clara. Neves et al. (2004) observaram que os sintomas de deficiência de ferro em umbuzeiros começaram aos 30 dias, com alterações na coloração das folhas mais novas e uma tonalidade arroxeada no caule, contrastando nitidamente com o resto amarelado do limbo. Em espécies frutíferas como pêssigo, pera, cítrico e kiwis, sintomas como clorose e com consequentes limitações na produtividade, qualidade dos frutos e vigor da planta, são consequências do suprimento insuficiente de ferro (ROMBOLA E TAGLIAVINI. 2006).

Para o molibdênio, os sintomas visuais de deficiência foram observados inicialmente aos 60 DAT. Houve clorose das folhas velhas evoluindo para necrose, com abscisão precoce das folhas (Figura 1). A deficiência de molibdênio pode reduzir a síntese da enzima nitrogenase, promovendo diminuição da fixação biológica do nitrogênio e, desta forma reduz a produtividade (MORAES et al., 2008).

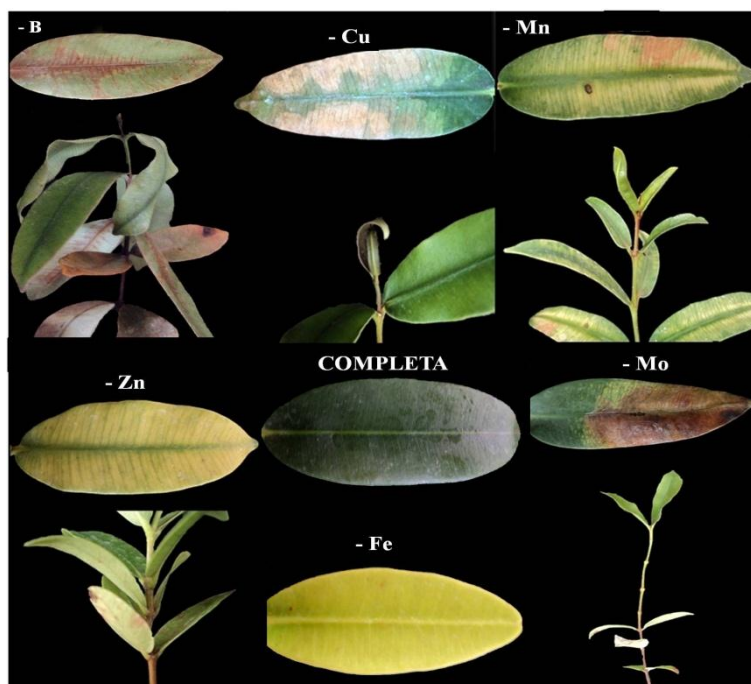


Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) cultivadas em solução nutritiva completa e omissão de micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, Fe e Mo).

Crescimento vegetativo

O comprimento do caule das plantas cultivadas em solução com omissão de nutrientes, com exceção da omissão de molibdênio, foi reduzido em relação ao tratamento com a solução nutritiva completa. Ao longo do ciclo de produção das mudas de mangaba, as plantas cultivadas em solução sem ferro apresentaram a maior redução do comprimento do caule com 6,33 cm, em relação às plantas cultivadas em solução completa com 7,10 cm aos 60 dias (Figura 2).

Os primeiros sintomas visuais de deficiência nas plantas de mangaba ocorreram no tratamento com omissão de ferro ocasionando assim a coleta das plantas aos 60 DAT. Resultados semelhantes para o tratamento com omissão de ferro foram obtidos em paricá (*Schizolobium amazonicum* H) (MARQUES et al., 2004), tomateiro (OLIVEIRA et al., 2009), umbuzeiros (NEVES et al., 2004). A ausência de ferro reduz o rendimento e o crescimento das plantas (KOBAYASHI et al., 2008).

As deficiências de micronutrientes afetaram negativamente o crescimento da planta, reduzindo o comprimento do caule durante o ciclo de produção das mudas de mangaba, obedecendo à ordem Fe>Cu>Zn>B>Mn>Mo, respectivamente.

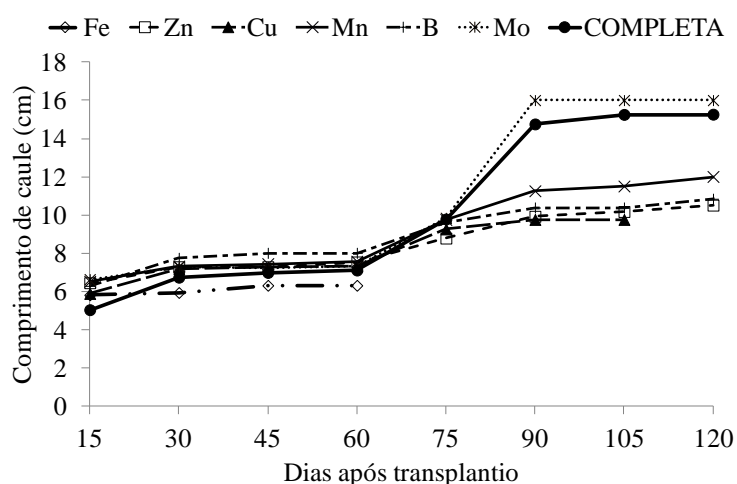


Figura 2. Comprimento do caule (cm) de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplante.

Os tratamentos com omissão de micronutrientes limitaram o crescimento do diâmetro do caule em plantas de mangaba quando comparadas ao tratamento com solução nutritiva completa (Figura 3). A omissão de ferro foi a que mais limitou o desenvolvimento do diâmetro do caule para mudas de mangabeira com 0,77 mm aos 60 dias em relação ao tratamento completo com 1,59 mm para o mesmo período. Neves et al. (2004) obtiveram comportamento semelhante para mudas de umbuzeiro. A deficiência de micronutrientes em mudas de mangaba afetou negativamente o desenvolvimento do diâmetro do caule, obedecendo à ordem Fe>Mo>Mn>Zn>B>Cu, respectivamente.

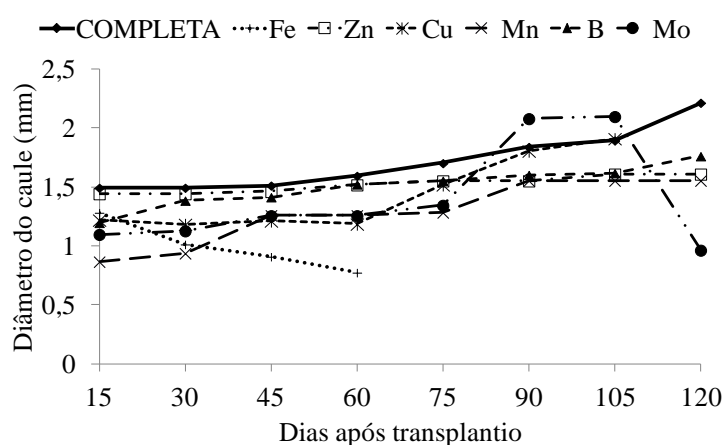


Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplante.

Com exceção das plantas com omissão de manganês os demais tratamentos limitaram a produção do número de folhas de mangaba quando comparado com a solução nutritiva completa (Figura 4). A solução com ausência de ferro foi a mais limitante em relação ao número de folhas, com cinco folhas aos 60 dias, quando comparada com a solução completa com sete folhas no mesmo período. As reduções no número de folhas foram de 28,57% para o ferro em relação à completa. Neves et al. (2004) também observaram que o ferro foi o elemento mais limitante para o desenvolvimento no número de folhas para umbuzeiros.

A deficiência de micronutrientes em mudas de mangaba afetou negativamente o número de folha, obedecendo à ordem Fe>Mo>B>Cu>Zn>Mn, respectivamente.

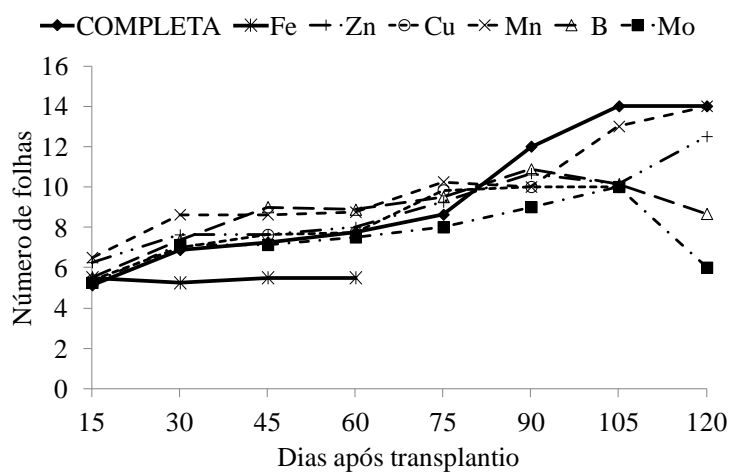


Figura 4. Número de folhas de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos dias após o transplante.

As plantas com omissão de micronutrientes limitaram o crescimento do comprimento da raiz de plantas de mangaba quando comparadas com as plantas com solução nutritiva completa (Figura 5). A solução com deficiência de ferro foi a que mais limitou o crescimento das raízes com 9 cm aos 60 dias, enquanto a completa apresentou valores de 12,34 para a mesma data. As reduções no comprimento da raiz foram de 27,06% para a deficiência de ferro em relação à solução completa. Espécies frutíferas sob deficiência deste elemento apresentam limitações no desenvolvimento, vigor e produtividade (ROMBOLA E TAGLIAVINI, 2006).

A deficiência de micronutrientes em mudas de mangaba afetou negativamente o crescimento das raízes, obedecendo à ordem Fe>Mo>Zn>Cu>B>Mn, respectivamente.

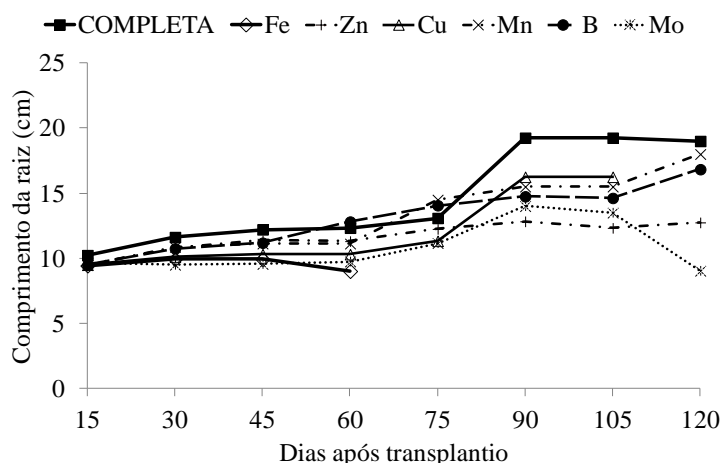


Figura 5. Comprimento de raízes (cm) de plantas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), em função dos tratamentos com omissão de micronutrientes.

Produção de matéria seca

A omissão de ferro na solução nutritiva foi o tratamento mais limitante na produção de matéria seca das folhas, matéria seca total e também para o crescimento relativo diferindo em todos estes do tratamento completo. Houve redução de 72,54 %, 68,36% e 67,44% respectivamente comparando o tratamento com omissão de ferro com a solução nutritiva completa (Tabela 1). Neves et al. (2004) observaram que a omissão de ferro foi a que mais limitou o acúmulo da massa seca das folhas, massa seca total e o crescimento relativo com redução de 80%, 75 % e 74,93%, respectivamente, comparando a omissão de ferro com o tratamento completo para plantas de umbuzeiros.

Tabela 1. Matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

TRATAMENTOS	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MST (g)	CR %	PA/R
COMPLETA	0,51 ¹ a ²	0,22 a	0,25 a	0,98 a	100 a	3,12 a
- B	0,28 ab	0,08 a	0,17 a	0,54 ab	57,65 ab	2,79 a
- Cu	0,19 ab	0,05 a	0,08 a	0,33 b	34,70 b	2,69 a
- Mn	0,28 ab	0,09 a	0,12 a	0,51 b	54,22 ab	3,04 a

- Zn	0,32 ab	0,08 a	0,23 a	0,64 ab	73,73 ab	2,07 a
- Fe	0,14 b	0,05 a	0,12 a	0,31 b	32,56 b	1,63 a
- Mo	0,19 ab	0,07 a	0,11 a	0,37 b	39,71 b	3,00 a
CV(%) ³	5,41	3,30	3,32	6,22	18,20	20,06

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coefficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

Conteúdo foliar de nutrientes

Verificou-se que os conteúdos (mg planta⁻¹) dos micronutrientes nas folhas do tratamento completo e com omissão de nutrientes foram, respectivamente: B = 2,0 e 1,0; Cu = 8,0 e 0,04; Mn = 20,0 e 0,6; Zn = 7,0 e 3,0; Fe = 41,0 e 2,00. Os conteúdos de micronutrientes das plantas do tratamento completo obedeceram à seguinte ordem de acúmulo Fe>Mn>Cu>Zn>B.

Todos os conteúdos dos micronutrientes nas plantas que receberam os tratamentos com a respectiva omissão foram inferiores àqueles encontrados para os tratamentos com solução completa (Tabela 2). A deficiência de um nutriente pode causar um desequilíbrio entre os demais nutrientes e conseqüentemente pode levar as alterações morfológicas, traduzidas, como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente (MALAVOLTA, 2006).

Não houve diferença para o conteúdo de boro foliar comparando o tratamento com solução completa e com omissão individual dos nutrientes (Tabela 2), apesar do conteúdo na solução nutritiva completa apresentar valor superior ao da omissão.

Os conteúdos de zinco e boro foram inferiores nos tratamentos com ausência individual dos micronutrientes em relação ao tratamento solução nutritiva completa (Tabela 2).

O conteúdo de manganês e ferro não apresentaram diferença apenas entre o tratamento solução completa e tratamento com omissão de Zn, os demais tratamentos foram diferentes da solução completa. Houve tendência decrescente para o conteúdo foliar de ferro com a omissão do ferro da solução nutritiva (Tratamento -Fe) (Tabela 2). Malavolta (2006) mencionou que absorção de ferro

é consideravelmente influenciada pela competição de cátions, como cobre e zinco e principalmente manganês na solução. Houve tendência de acréscimo no conteúdo de ferro foliar com a omissão de manganês e zinco.

Embora as inibições competitivas entre cobre, zinco e ferro sejam consideradas comuns por Malavolta et al (1997), estas não foram observadas no presente trabalho. A habilidade que o cobre apresenta em deslocar os íons, principalmente ferro e zinco, dos sítios de troca tem sido a principal causa dessa inibição (TAIZ E ZEIGER, 2004).

Tabela 2. Conteúdo foliar (mg planta⁻¹) em mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

Tratamentos	Conteúdo (mg planta ⁻¹)				
	B	Cu	Mn	Zn	Fe
Completa	2,0 ¹ a ²	8,00 a	20,0 a	7,0 a	41,0 a
- B	1,0 a	0,10 b	0,80 b	1,0 b	14,0 b
- Cu	1,0 a	0,04 b	2,00 b	0,5 b	10,0 b
- Mn	1,0 a	0,04 b	0,60 b	1,0 b	16,0 b
- Zn	1,0 a	2,00 b	10,0 a	3,0 b	24,0 ab
- Fe	0,6 a	0,01 b	0,20 b	0,1 b	2,00 b
CV(%) ³	0,004	0,080	0,25	0,08	0,51

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coefficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

CONCLUSÕES

1-Os sintomas visuais de deficiências de nutrientes se mostraram de uma maneira geral facilmente caracterizáveis.

2-A produção da matéria seca foi afetada pela omissão de micronutrientes e o tratamento que mais limitou o comprimento do caule, diâmetro do caule, comprimento da raiz, número de folhas em mudas de mangaba e massa seca das folhas, massa seca total e o crescimento relativo da mangabeira, foi a omissão de ferro.

3-Os conteúdos de micronutrientes foliar das plantas do tratamento completo obedeceram à seguinte ordem de acúmulo Fe>Mn>Cu>Zn>B.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –CAPES, pela concessão de uma bolsa de pós-doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pelo apoio financeiro e também ao Sr. Arlindo Thomaz da Silva e família pela doação do material vegetal utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

DONADIO, L. C; MÔRO, F. V; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Editora Novos Tempos, 2002. 288 p.

FONTES, P. C. R. **Nutrição Mineral de Plantas - avaliação e diagnose**. Arka Editora, 2011. 296p.

HOAGLAND, D; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **California Agriculture Experimental Station Circular**. 1950. 347 p.

IBGE. Produção extrativa vegetal. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl>. Acesso em: 06/09/2011.

KOBAYASHI, T; NAKANISHI, H; TAKAHASHI, M; MORI, S; NISHIZAWA, N. Generation and Field Trials of Transgenic Rice Tolerant to Iron Deficiency, **Rice**, Tokyo, v, 1, n. 2, p.144–153, 2008.

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

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

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; 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.

MORAES, L. M. F; LANA, R. M. Q; MENDES, C; MENDES, E; MONTEIRO, A; ALVES, J. F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v.32, n.5, p.1496-1502, 2008.

NEVES, O. S. C; SÁ, J. S; CARVALHO, J. G. Crescimento e sintomas visuais de deficiência de micronutriente em umbuzeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.306-209, 2004.

OLIVEIRA, R. H. de; LIMA, M. J. S; PEREIRA JUNIOR, H. A. de; REBOUÇAS, T. N. H; MORAIS, O. M; GUIMARÃES, V. C; NOLASCO, C. A. Caracterização de sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em tomateiro do grupo salada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, p.1093-1100, 2009.

ROMBOLA, A. D; TAGLIAVINI, M. Iron nutrition of fruit tree crops. In: Barton L, Abadia J (eds) **Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms**. Springer Verlag, in press, 2006.

SARCINELLI, T. S; RIBEIRO JÚNIOR, E. S; Dias, L. E; Lynch, L. S. Nutrient deficiency symptoms in seedlings of *Acacia holosericea* in response to the omission of macronutrients. **Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.173-181, 2004.

SILVA, J. T. A. da; CARVALHO, J. G. de. Avaliação nutricional de bananeira prata-anã (aab), sob irrigação no semiárido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.731-739, 2005.

SOARES, F. P; PAIVA, R; STEIN, V. C; NERY, F. C; NOGUEIRA, R. C; OLIVEIRA, L. M. de. Efeito de meios de cultura, concentrações de GA₃ e pH sobre a germinação *in vitro* de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, Edição Especial, p.1847-1852, 2009.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 722 p.

VIEGAS, I. J. M; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F; CONCEIÇÃO, E. O; NAIFF, A. P. M. Efeitos da omissão de macronutrientes e Boro no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p. 315-319, 2004.

ZABINI, A. V; MARTINÉZ, H. E. P; FINGER, F. L; SILVA, C. A. Concentração de micronutrientes e características bioquímicas de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) eficientes no uso de zinco. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.4, p.95-103, 2007.

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE *Anacardium othonianum* Rizz., ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO – O *Anacardium othonianum* Rizz., é uma frutífera nativa do cerrado brasileiro. Considerando a escassez de informações sobre a nutrição e o crescimento desta planta, conduziu-se experimento com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais de carências de macronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e teor de macronutrientes em mudas de *Anacardium othonianum* Rizz, cultivadas em solução nutritiva. Os tratamentos foram constituídos de solução nutritiva completa e omissão individual de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre. As omissões de macronutrientes na solução nutritiva resultaram em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional, diminuição no crescimento e produção de massa da matéria seca, quando comparado com o tratamento completo. Os teores dos macronutrientes foliar do tratamento completo foram de 22,3 g kg⁻¹ de N, 2,1 g kg⁻¹ de P, 13,4 g kg⁻¹ de K, 2,9 g kg⁻¹ de Mg, 1,64 g kg⁻¹ de Ca e 1,6 g kg⁻¹ de S. **Palavras-chave:** Caju-de-árvore-do-cerrado, sintomas visuais de deficiências, nutrição mineral, frutífera do cerrado, hidroponia.

ABSTRACT- The *Anacardium othonianum* Rizz. is a fruit native to the Brazilian savannah. Considering the lack of information on nutrition and growth of this plant, we conducted experiments aimed at characterizing the visual symptoms of deficiencies of macronutrients, to evaluate the effects of disability on growth, production of dry matter and macronutrients in seedlings of *Anacardium othonianum* Rizz., grown in nutrient solution. The treatments consisted of nutrient solution and the omission of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium and sulfur. The omission of macronutrients in the nutrient solution resulted in morphological changes, translated as characteristic symptoms of nutritional deficiency, decrease in growth and production of dry matter compared with the full treatment. The leaf content of macronutrients

complete treatment were 22,3 g kg⁻¹ of N, 2,1 g kg⁻¹ of P, 13,4 g kg⁻¹ of K, 2,9 g kg⁻¹ of Mg, 1,64 g kg⁻¹ of Ca e 1,6 g kg⁻¹ of S.

Keywords - Cashew-of-the-tree-savannah, visual symptoms of deficiencies, mineral nutrition, fruit of the savannah, hydroponics.

INTRODUÇÃO

O *Anacardium othonianum* Rizz., pertence à família Anacardiaceae, é uma espécie frutífera nativa do cerrado brasileiro, também conhecida como caju-de-árvore-do-cerrado, cajuzinho e cajuí. É uma planta arbórea com altura e diâmetro de copa com cerca de três a quatro metros, e se destaca das demais espécies na região Central do Brasil por ser o principal cajueiro nativo de importância econômica (Agostini-Costa et al, 2006). O pseudofruto maduro apresenta coloração que varia do amarelo ao vermelho e a polpa branca amarelada é utilizada no consumo *in natura* ou na forma de sucos, licores, doces e infusões em aguardente. A castanha (fruto verdadeiro) torrada é consumida com sal, apresentando alto teor de óleo (Correa et al, 2008).

A exploração comercial do cajueiro está intimamente relacionada à produção de mudas, sendo que o primeiro passo é a obtenção de mudas saudáveis que se estabeleçam em viveiros, o que garantirá a sanidade da planta no campo (Barros et al, 2002). A qualidade das mudas é fator fundamental para atingir a homogeneidade, o rápido desenvolvimento e a precocidade de produção, garantindo a expansão dessa cultura no Brasil. Para se obter mudas de alta qualidade, é necessário atender à demanda adequada de nutrientes.

Os desarranjos metabólicos causados pelas deficiências de nutrientes eventualmente se manifestam em anormalidades visíveis (Epstein e Bloom, 2006). A falta de um dado elemento provoca sempre a mesma manifestação visível de anormalidade, qualquer que seja a espécie considerada visto que as funções exercidas na vida da planta são sempre as mesmas (Malavolta, 2006).

A aparência geral da planta e sintomas específicos localizados são ferramentas importantes na identificação de deficiências (Epstein e Bloom, 2006) e deste modo, a diagnose visual permite avaliar os sintomas de deficiência ou excesso dos nutrientes, de maneira rápida, sendo possível fazer correções no programa de adubação (Prado, 2008). De modo geral, cada

nutriente tem funções específicas nas plantas e os diferentes elementos produzem diferentes sintomas de deficiência ou de toxidez. Às vezes, a deficiência de um nutriente específico não afeta, necessariamente, o mesmo processo metabólico em todas as espécies (Fontes, 2011).

A diagnose foliar de plantas frutíferas é usada para detectar respostas das plantas aos vários tipos de manejo, possibilitando interpretar, de maneira mais eficiente, as relações entre nutrientes na planta (Silva e Carvalho, 2005). Além disso, permite a identificação e correção de deficiências (Sarcinelli et al, 2004), ocorrendo, assim, melhor aproveitamento dos fertilizantes.

Quanto ao aspecto da nutrição na fase de produção de mudas, diferentes autores (Batista et al, 2003; Viégas et al, 2008) constataram que os nutrientes interferem no desenvolvimento das plantas, sendo necessário estabelecer doses adequadas para tornar a produção de mudas economicamente viáveis e maximizar o seu desenvolvimento. Para isso é necessário o conhecimento das necessidades nutricionais da planta, desde a fase da muda (Augostinho et al, 2008).

Atualmente, o manejo de nutrição das mudas do caju-de-árvore-do-cerrado é realizado pelos viveiristas usando informações disponíveis somente para o caju (*A. occidentale* L.) (Vieira et al, 2006), tendo em vista o pouco conhecimento dos aspectos nutricionais da cultura pela escassez de trabalhos científicos. A exploração de uma espécie nativa depende dos conhecimentos técnicos, havendo a necessidade de pesquisas que viabilizem sua exploração e inserção no mercado (Donadio et al, 2002).

Assim, o presente trabalho teve os objetivos de caracterizar os sintomas visuais de carências de macronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e teor de macronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, cultivadas em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, com as coordenadas geográficas 17° 48' 15.9" S – 50° 54' 19,5" W, no período de janeiro a setembro de 2011.

Os frutos de caju-de-árvore-do-cerrado foram coletados na fazenda Gameleira localizada no município de Montes Claros, Goiás, com as coordenadas geográficas 16° 06'20" S – 51° 17' 11" W a 592 m de altitude. A exsicata do material vegetal está depositada no Herbário Jataiense, da Universidade Federal de Goiás -Campus Jataí, sob o número de coleta 3793.

As sementes foram extraídas manualmente, lavadas seguidamente com água corrente e submetidas à aplicação com fungicidas Vitavax-Thiram® [Ingrediente Ativo (carboxina + tiram): 200 + 200 g L⁻¹], na dosagem de 300 mL de produto para cada 100 kg de sementes, posteriormente, essas foram semeadas em bandejas plásticas (50x35x8 cm) contendo areia como substrato. Aos 30 dias após a semeadura as mudas, com três ou quatro folhas completamente desenvolvidas, foram transferidas para os vasos de oito litros contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com 50% da sua força iônica, por um período de 30 dias. Posteriormente, as plantas foram submetidas aos tratamentos constituídos pela solução completa e omissão individual de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e enxofre (S).

Durante a condução do experimento as plantas foram cultivadas sob irradiância média de 200 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, a solução nutritiva mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente a $5,5 \pm 0,5$ com adição de HCl ou NaOH, quando necessário e, a troca da solução nutritiva realizada com o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica. As avaliações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais foram realizadas diariamente, sendo estes, descritos e fotografados.

Aos 30 dias após o transplântio (DAT) das mudas, para as soluções contendo os tratamentos iniciaram-se as avaliações de crescimento das plantas por meio das características de comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e comprimento da maior raiz que, posteriormente, ocorreram a cada 15 dias até a coleta das plantas à medida que as deficiências se acentuaram, conforme a omissão do nutriente. Essas foram coletadas, levadas para o laboratório, onde ocorreu a separação em folha, caule e raiz. Esses órgãos foram pesados e posteriormente colocados em estufa a 65°C até atingirem massa constante para a obtenção da massa da matéria seca. Após a secagem as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira

de 20 mesh e encaminhado para o laboratório de análise foliar da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para determinação dos teores dos macronutrientes seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

A relação entre parte aérea e raiz (PA/R) foi calculada através da somatória da matéria seca do caule e da folha dividido pela matéria seca da raiz. O crescimento relativo (CR) corresponde a cem vezes a relação entre a massa da matéria seca total dos tratamentos com deficiência e a massa da matéria seca total do tratamento completo.

Os tratamentos foram arranjos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições em um total de 28 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de oito litros de solução nutritiva contendo duas plantas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve necessidade de transformar os valores observados de massa seca do caule, massa seca da raiz, massa seca das folhas, massa seca total, crescimento relativo, relação entre parte aérea e raiz e teor de macronutrientes em raiz de $x+1$ para se obterem a distribuição normal e homogeneidade de variâncias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas visuais de deficiência nutricional

Os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio iniciaram aos 55 DAT. As folhas mais velhas foram perdendo gradualmente a tonalidade verde-escura para o verde-pálido distribuindo de maneira generalizada no limbo foliar. Houve evolução para clorose seguida de necrose (Figura 1). O N é móvel na planta, em situação de suprimento insuficiente é translocado dos órgãos mais velhos para os mais novos (Marschner, 1995). A omissão de N diminui o teor de clorofila na planta (Malavolta et al, 1997), resultando no característico sintoma de clorose generalizada. Resultados semelhantes foram observados em mudas de timbó-vermelho (*Derris urucu* Killip et Smith) (Conceição et al, 2002), graviola (*Annona muricata* L.) (Batista et al, 2003), teca (*Tectona grandis* L.f.) (Barroso et al, 2005) e em abacaxi 'Imperial' (*Ananas comosus* L.) (Ramos et al, 2009).

Para o fósforo os sintomas foram inicialmente observados aos 110 DAT. Houve clorose das folhas mais velhas que evoluiu para um arroxamento, menor número de folhas e as raízes com poucas raízes laterais e com coloração clara (Figura 1). A deficiência de P afeta nas plantas vários processos como a síntese proteica e de ácidos nucleicos (Taiz e Zeiger, 2004). Os sintomas de deficiência de P em graviola também começaram inicialmente nas folhas inferiores, atingindo, em seguida, as folhas medianas e superiores (Batista et al, 2003). Ramos et al. (2009) observaram em mudas de abacaxizeiro 'Imperial' que as folhas mais novas e as medianas apresentaram, na parte central do limbo, coloração vermelho-arroxada. Em mudas de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) a deficiência de P reduziu a altura das plantas, o número e o tamanho das folhas (Viégas et al, 2008).

A deficiência de potássio iniciou aos 55 DAT com pequena clorose acentuadamente avermelhada nas margens das folhas, evoluindo para necrose atingindo os ápices das folhas, as margens e entre as nervuras as quais, com a evolução da deficiência, apresentaram grandes manchas necróticas no limbo foliar e as raízes com coloração escura (Figura 1). Em plantas com deficiência de K, os compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas e putrescinas, muitas vezes, se acumulam, sendo a última provavelmente responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas deficientes de K (Epstein, 1975). Sintomas semelhantes foram observados em mudas de gravioleira (Batista et al, 2003). Ramos et al. (2009) observaram em mudas de abacaxizeiro 'Imperial' um avermelhamento nas folhas mais velhas e medianas com o ápice das folhas amarronzado e necrosado. Malézieux e Bartholomew (2003), em abacaxizeiros durante estágios preliminares de deficiência de K, as folhas são verde-escuras e estreitas, mas, se a deficiência é prolongada as folhas se tornam amarelas. O K é ativador de numerosas enzimas, sua deficiência acarreta distúrbios em reações metabólicas de acumulação de compostos nitrogenados livres ou solúveis (Malavolta, 2006).

Os sintomas visuais de deficiência de cálcio foram observados aos 70 DAT. As folhas mais novas mostraram recurvadas para baixo com o aparecimento de clorose generalizada seguidas por necrose nas pontas e margens das folhas. As plantas também apresentaram queda prematura dos folíolos e redução no crescimento (Figura 1). O Ca, é requerido em grandes

quantidades pela planta, é um dos principais componentes da parede celular, ligando moléculas de pectina (White e Broadley, 2009). A falta de Ca é caracterizada pela redução do crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observado, inicialmente, nas extremidades em crescimento e nas folhas mais jovens (Malavolta et al, 2006). Resultados semelhantes foram observados por Batista et al. (2003) em gravioleira com queda prematura das folhas e paralisação do desenvolvimento apical. Entretanto, Ramos et al. (2009) observaram em abacaxi 'Imperial' que os sintomas de deficiência de Ca não foram aparentes ou observados.

Os primeiros sintomas visuais de deficiência de magnésio foram observados aos 50 DAT, com clorose internerval nas folhas mais velhas (Figura 1). Com a evolução dos sintomas houve abscisão precoce das folhas. Observou-se, também, que houve redução no comprimento do caule e das raízes, e essas ainda apresentaram coloração escura. Resultados semelhantes foram observados por Batista et al. (2003), em gravioleira. O Mg é componente da molécula da clorofila, sua deficiência reduz a fotossíntese e o crescimento das plantas (Malézieux e Bartholomew, 2003). Em condições de suprimento insuficiente, o Mg que é móvel na planta, distribuindo facilmente dos órgãos mais velhos para os mais novos, aparecendo assim os sintomas visuais nas folhas mais velhas (Epstein, 1975). Ramos et al. (2009) observaram comportamento semelhante na ausência deste nutriente de mudas de abacaxizeiro 'Imperial'. Sarcinelli et al. (2004) verificaram que os sintomas de deficiência em mudas de *Acacia holosericea* A. foram manchas arroxeadas na região internerval dos folíolos mais velhos seguidos de clorose generalizada.

As plantas com carência de enxofre tiveram início dos sintomas visuais aos 65 DAT. Houve clorose nas folhas mais jovens evoluindo para necrose (Figura 1), redução do comprimento do caule e as raízes pouco desenvolvidas e com coloração escura. Sintomas semelhantes foram observados por Batista et al. (2003) em plantas de graviola com carência de enxofre. Entretanto, Ramos et al. (2009) não observaram sintomas de deficiência de enxofre em abacaxi 'Imperial'. O enxofre é pouco móvel na planta, por isso os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais jovens (Malavolta, 2006).

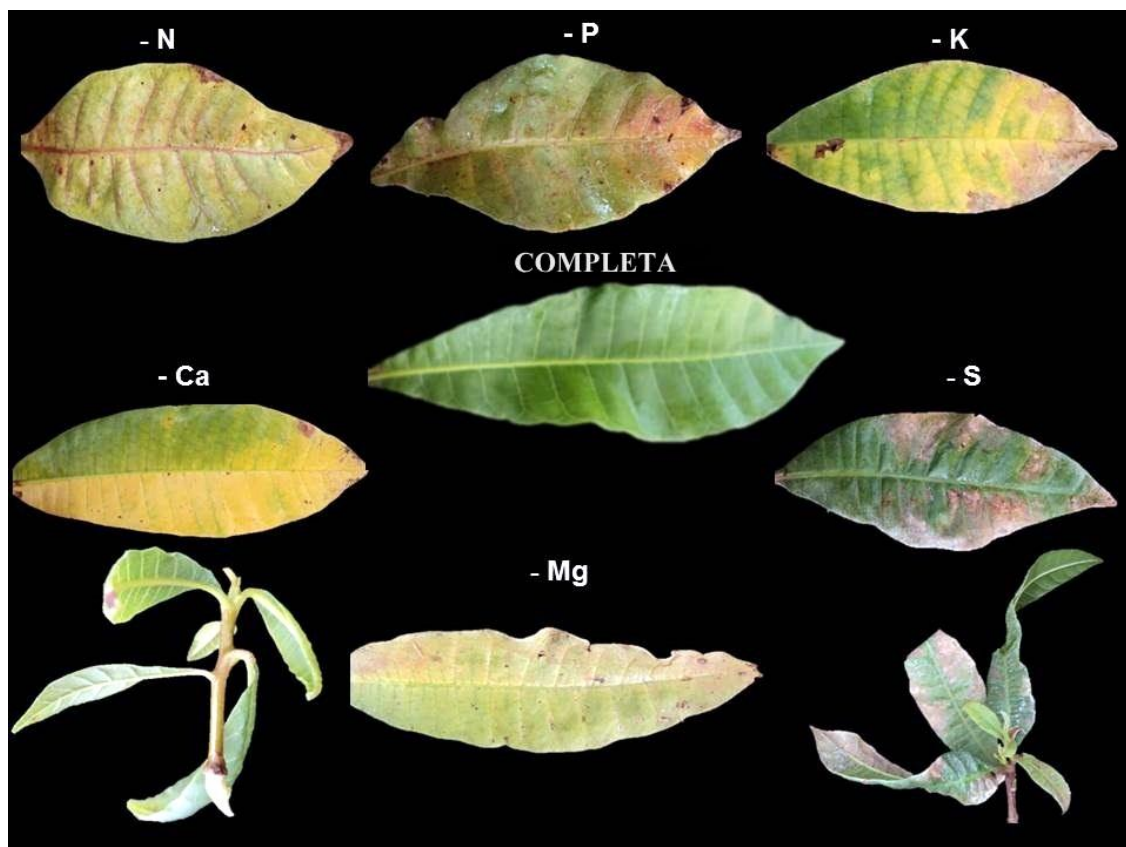


Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S).

Crescimento vegetativo

O comprimento do caule de plantas crescidas em solução com omissão de macronutrientes foi reduzido em relação ao tratamento com a solução nutritiva completa. Ao longo do ciclo de produção das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, a ausência de K foi o tratamento mais limitante para o crescimento do caule com 14,30 cm aos 195 dias após o transplântio, em relação ao tratamento completo com 18,65 cm (Figura 2). O N foi o macronutriente que mais limitou o crescimento de mudas de gravioleira (Batista et al, 2003) e paricá (*Schizolobium amazonicum* H) (Marques et al, 2004). A omissão de P e K limitou o crescimento de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) (Maia et al, 2011).

A deficiência de macronutrientes afetaram negativamente o crescimento da planta, reduzindo o comprimento do caule durante o ciclo de produção das

mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, obedecendo à seguinte ordem $K > S > Mg > Ca > N > P$.

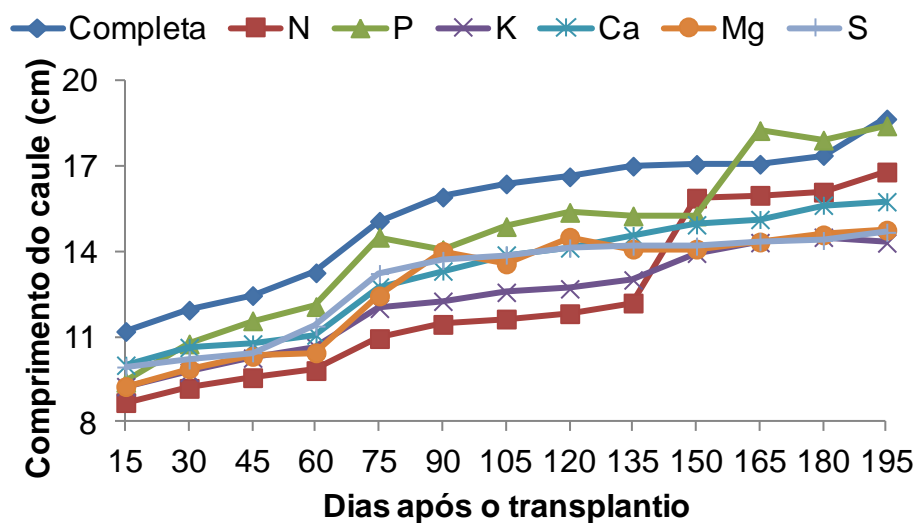


Figura 2. Comprimento do caule (cm) de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes em função dos dias após o transplante.

O cultivo em solução com omissão de macronutrientes limitou o crescimento do diâmetro do caule de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado quando comparado com as plantas cultivadas em tratamento com solução nutritiva completa (Figura 3). Resultados semelhantes foram observados em mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) por Silva et al. (2005). Entretanto, Gonçalves et al. (2006) observaram em mudas de umbuzeiros que a omissão de Ca foi a que mais limitou o desenvolvimento do diâmetro. O N foi o único nutriente que limitou o crescimento de diâmetro do caule de pariri [*Arrabidaea chica* (H. & B.) Verlot] com uma redução de 24% em relação ao tratamento completo (Silva Júnior et al, 2007). Os tratamentos que mais afetaram o desenvolvimento do diâmetro em gravioleira foram os que apresentaram omissão de N (5,90 mm), Ca (7,07 mm) e P (8,20 mm), em relação ao tratamento completo, de 20,85 mm (Batista et al, 2003).

As deficiências de macronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado afetaram negativamente o crescimento do diâmetro do caule, obedecendo à seguinte ordem $K > Mg > Ca > S > N > P$.

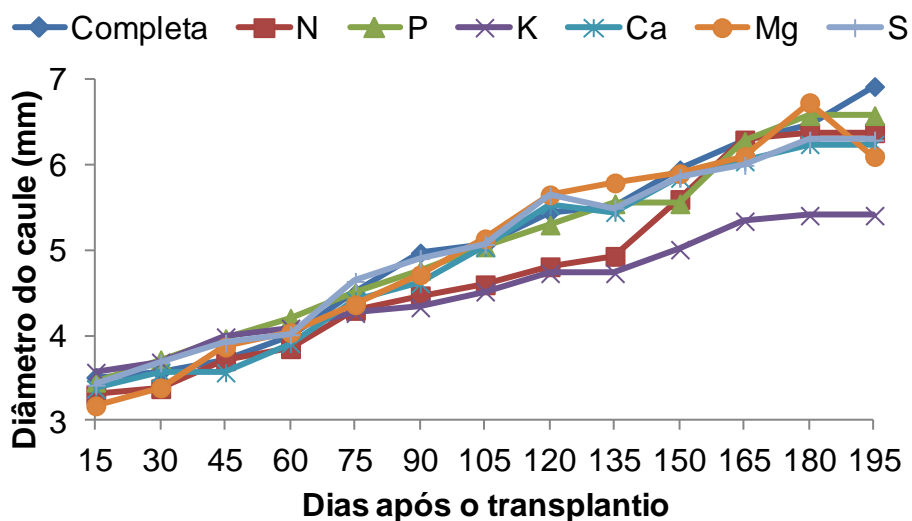


Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes em função dos dias após o transplântio.

O tratamento com ausência de enxofre foi o mais limitante em relação ao número de folhas, seis folhas aos 195 dias após o transplântio, quando comparado ao tratamento com solução nutritiva completa, com 11 folhas. A redução no número de folhas foi de 45,45% para o tratamento com omissão de S em relação à solução completa. O S é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como auxilia nos processos de defesas contra estresses bióticos e abióticos (Wu et al, 2010). Sulfato é a principal forma de inorgânico de absorção de S que é absorvido pelas plantas através das raízes sendo este elemento altamente oxidado (Rouached et al, 2009). Viégas et al. (2008) observaram para mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) que a ausência de N foi o tratamento que mais limitou o desenvolvimento no número de folhas, reduzindo 50% em relação ao tratamento completo.

A deficiência de macronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado afetou negativamente o número de folha, obedecendo à seguinte ordem S>K>Mg>N>P>Ca.

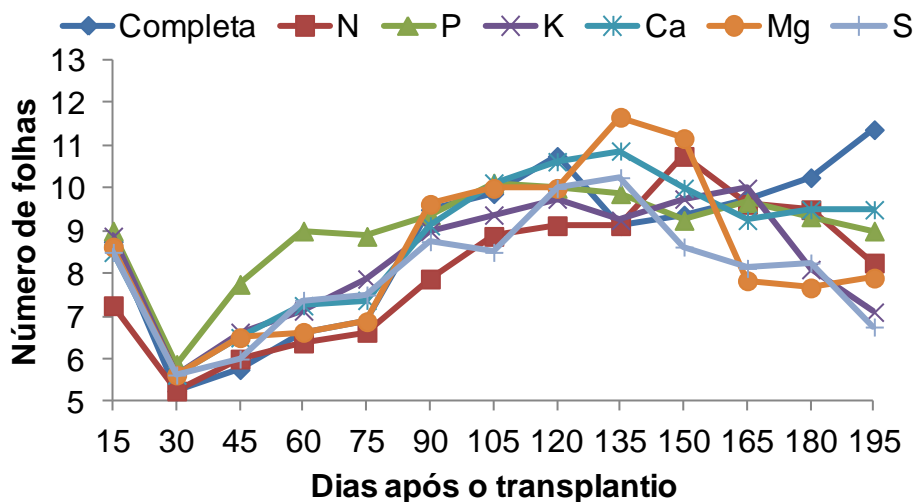


Figura 4. Número de folhas de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes em função dos dias após o transplante.

Os tratamentos com omissão de macronutrientes apresentaram limitação no comprimento das raízes de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado quando comparados com tratamento completo (Figura 5). A omissão de P foi a que apresentou maior limitação no crescimento das raízes com 11,66 cm aos 195 DAT enquanto a completa com 18,2 cm. Ocorreu redução de 35,93% do comprimento da raiz na solução com omissão de P em relação à completa. O P, como fosfato é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-acúçares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA (Taiz e Zeiger, 2004).

A deficiência de macronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado afetaram negativamente o crescimento das raízes, obedecendo à seguinte ordem P>Ca>S>K>Mg>N.

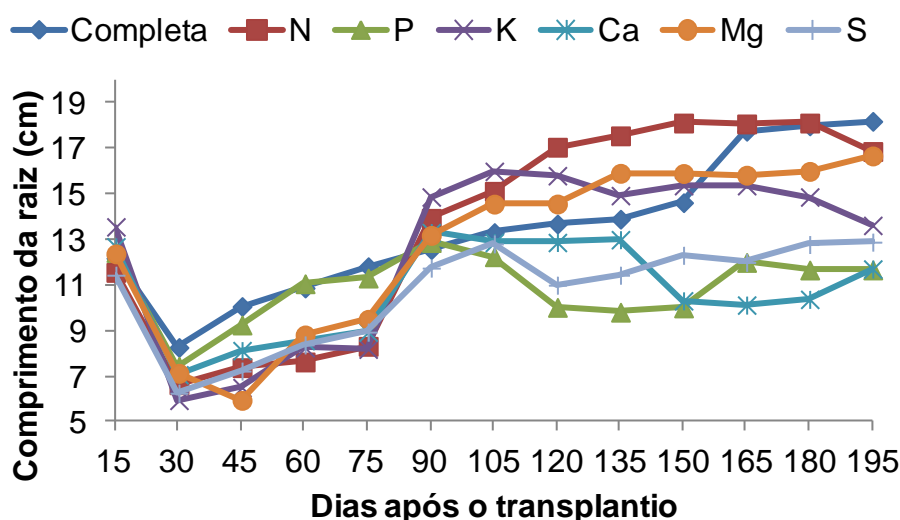


Figura 5. Comprimento da raiz (cm) de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes em função dos dias após o transplantio.

Produção de massa da matéria seca

As massas da matéria seca do caule, da raiz, total, o crescimento relativo e a relação parte aérea/raiz (PA/R) não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 1). Entretanto houve redução da massa da matéria seca das folhas para os tratamentos com a omissão de S, K e Ca em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 1). Viégas et al. (2008) observaram em mudas de açazeiro que o tratamento com omissão de N foi o que mais limitou a produção de massa seca das folhas promovendo redução de 67,46% em relação ao tratamento completo.

Tabela 1. Massas da matéria seca de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

TRATAMENTOS	MSF	MSC	MSR	MST	CR	PA/R
	(g)	(g)	(g)	(g)	%	

COMPLETA	2,14 ¹ a ²	1,93 a	1,94 a	6,01 a	100 a	2,11 a
N	1,32 ab	1,64 a	1,39 a	4,35 a	72,02 a	2,17 a
P	1,10 ab	1,15 a	0,99 a	3,24 a	52,88 a	2,31 a
K	0,91 b	0,94 a	1,17 a	3,03 a	51,60 a	1,67 a
Mg	1,27 ab	1,26 a	1,40 a	3,93 a	64,18 a	2,15 a
Ca	1,01 b	1,31 a	1,15 a	3,47 a	58,18 a	2,17 a
S	0,83 b	1,37 a	1,19 a	3,39 a	55,02 a	1,83 a
CV(%)³	10,83	9,81	11,18	14,04	8,48	9,73

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coeficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

Teor de macronutrientes

Os valores dos teores de macronutrientes em folhas, caules e raízes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado estão apresentados na Tabela 2. O efeito da omissão dos nutrientes, podem ser percebidos analisando os valores de cada tratamento em relação ao completo.

Os teores dos macronutrientes foliar do tratamento completo foram em, g kg⁻¹, N (22,3); P (2,1); k (13,4); Mg (2,9); Ca (1,64) e S (1,6). As faixas dos teores foliares adequadas, como valores de referência sugeridas nesta pesquisa de N, P, K, Ca, Mg e S, são compatíveis com os teores considerados adequados para o cajueiro (*A. occidentale* L.), conforme citado por Mills e Jones Jr. (1996) e Ribeiro et al. (1999).

Os valores de macronutrientes considerados como adequados estão, obedecendo à seguinte ordem decrescente de concentração N>K>Mg>P>Ca>S. Richard (1992) em plantas de caju (*A. occidentale* L.) obteve a seguinte ordem N>k>Mg>Ca>P. O N é o nutriente de maior concentração nas folhas de caju-de-árvore-do-cerrado e caju (*A. occidentale* L.). Viégas et al. (2008) o N foi o macronutriente com maior concentração foliar em plantas de açaí com 19 g kg⁻¹ de N na solução completa. A deficiência de um nutriente pode causar um desequilíbrio entre os demais nutrientes e conseqüentemente levar as alterações morfológicas, traduzidas, como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente (Malavolta, 2006).

Os teores dos macronutrientes no caule no tratamento de solução completa obedeceu à seguinte ordem de decrescente de concentração $N > K > P > Mg > S > Ca$ indicando que o N é o nutriente de maior concentração no caule de caju-de-árvore-do-cerrado. Lavres Junior et al. (2005) observaram que o N também foi o elemento de maior concentração em caule de mamoneira cultivar Iris.

Na raiz, os teores dos macronutrientes no tratamento completo obedeceu à seguinte ordem decrescente de concentração $N > K > P > Ca > Mg > S$ indicando que o N é o nutriente de maior concentração na raiz de caju-de-árvore-do-cerrado. Richard (1992) em plantas de caju (*A. occidentale* L.) obteve a seguinte ordem $N > P > K > Ca > Mg$.

A omissão individual dos nutrientes na solução nutritiva reduziu o teor do mesmo na planta. Os teores dos macronutrientes do tratamento completo e com omissão dos nutrientes foram, respectivamente, nas folhas de: $N = 22,3 - 14,5 \text{ g kg}^{-1}$; $P = 2,1 - 0,7 \text{ g kg}^{-1}$; $K = 13,4 - 4,0 \text{ g kg}^{-1}$; $Mg = 2,9 - 2,3 \text{ g kg}^{-1}$; $Ca = 1,64 - 1,16 \text{ g kg}^{-1}$; $S = 1,6 - 1,3 \text{ g kg}^{-1}$, nos caules de: $N = 22,4 - 9,6 \text{ g kg}^{-1}$; $P = 6,8 - 0,9 \text{ g kg}^{-1}$; $K = 11,2 - 4,1 \text{ g kg}^{-1}$; $Mg = 2,9 - 2,3 \text{ g kg}^{-1}$; $Ca = 1,51 - 0,60 \text{ g kg}^{-1}$; $S = 2,2 - 1,5 \text{ g kg}^{-1}$ e nas raízes de: $N = 30,3 - 13,5 \text{ g kg}^{-1}$; $P = 7,3 - 0,7 \text{ g kg}^{-1}$; $K = 10,0 - 3,7 \text{ g kg}^{-1}$; $Mg = 3,2 - 2,0 \text{ g kg}^{-1}$; $Ca = 3,93 - 1,06$; $S = 2,30 - 1,3 \text{ g kg}^{-1}$.

Tabela 2. Teores de macronutrientes das folhas, caules e raízes das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivadas em solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

TRATAMENTOS	FOLHA					
	N	P	K	Mg	Ca	S
	TEOR (g kg^{-1})					
COMPLETO	22,3 ¹ a ²	2,1 a	13,4 a	2,9 a	1,64 ab	1,63 abc
Omissão N	14,5 b	1,5 a	5,5 bc	2,9 a	1,59 b	1,80 a
Omissão P	18,7 ab	0,7 a	9,5 ab	2,1 a	1,02 b	1,73 ab
Omissão K	19,8 ab	1,2 a	4,0 c	2,8 a	2,38 a	1,11 c

Omissão Mg	21,3 ab	2,7 a	11,7 a	2,3 a	1,46 b	1,4 abc
Omissão Ca	20,3 ab	1,8 a	7,5 bc	2,4 a	1,16 b	1,2 bc
Omissão S	24,9 a	2,3 a	12,4 a	2,9 a	1,30 b	1,3 abc
C.V ³ %	6,11	20,85	7,38	6,36	9,05	6,26

CAULE

	N	P	K	Mg	Ca	S
COMPLETO	22,4 ab	6,8 ab	11,2 a	2,9 a	1,51 bc	2,20 ab
Omissão N	9,60 c	3,7 bc	5,30 cd	2,9 a	1,47 bc	1,70 ab
Omissão P	15,9 bc	0,9 c	10,8 ab	2,1 b	1,04 bc	1,80 ab
Omissão K	27,9 a	3,7 bc	4,10 d	2,7 ab	3,00 a	2,50 a
Omissão Mg	24,7 ab	7,6 a	10,7 ab	2,3 ab	1,78 b	1,10 b
Omissão Ca	22,2 ab	6,7 ab	7,90 bc	2,8 ab	0,60 c	1,90 ab
Omissão S	25,3 ab	6,7 ab	9,2 ab	2,8 ab	1,55 bc	1,50 ab
C.V ³ %	9,56	11,08	7,21	4,89	10,72	11,25

RAIZ

	N	P	K	Mg	Ca	S
COMPLETO	30,3 a	7,3 a	10,0 a	3,2 a	3,93 b	2,30 a
Omissão N	13,5 c	4,1 bc	6,30 b	2,8 bc	1,74 de	1,5 ab
Omissão P	19,6 bc	0,7 d	10,9 a	3,20 a	2,37 cd	1,9 ab
Omissão K	29,8 a	3,1 cd	3,70 c	2,70 c	5,19 a	2,1 ab
Omissão Mg	29,6 ab	8,0 a	10,6 a	2,00 d	3,23 bc	1,4 b
Omissão Ca	23,7 ab	6,6 ab	7,0 b	2,80 bc	1,06 e	1,4 b
Omissão S	26,9 ab	6,9 ab	9,6 a	3,00 abc	3,06 bc	1,3 b
C.V ³ %	7,97	10,2	5,2	2,8	5,85	7,62

¹Médias apresentadas com valores originais ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coeficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

CONCLUSÃO

1 - A omissão de N, P, K, Mg, Ca e S, na solução nutritiva, resultaram em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado;

2 - As ausências dos macronutrientes promoveram diminuição no crescimento e produção de matéria seca, comparada ao tratamento completo;

3 - Os teores dos macronutrientes foliar, em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, do tratamento completo foram de 22,3 g kg⁻¹ de N, 2,1 g kg⁻¹ de P, 13,4 g kg⁻¹ de K, 2,9 g kg⁻¹ de Mg, 1,64 g kg⁻¹ de Ca e 1,63 g kg⁻¹ de S.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de pós-doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pelo apoio financeiro e, também ao Sr. Arlindo Thomaz da Silva e família pela doação do material vegetal utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

Agostini-Costa TS, Faria JP, Naves RV, Vieira RF (2006). Cajus do Cerrado. In: R. F Vieira, T. da S Agostini-costa, D. B Silva, F. R Ferreira, S. M Sano, (Ed.) Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.136-151.

Augustinho LMD, Prado RdeM, Rozane DE, Freitas N (2008). Marcha de absorção de macro e micronutrientes em mudas de goiabeira 'Pedro Sato'. *Bragantia*. 67 (3): 563-568.

Barros LM, Paiva JR, Cavalcanti JJV, Araújo JPP (2002). Cajueiro. In: CH Bruckner (ed). Melhoramento de frutíferas tropicais. Viçosa, MG: UFV. p.156-176.

Barroso DG, Figueiredo FAMA, Pereira RC, Mendoka AVR, Silva LC (2005). Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Rev. Árvore*. 29 (5): 671-679.

Batista MMF, Viégas IJM, Frazão DAC, Tomaz MAA, Silva RCL (2003). Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências

nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). Rev. Bras. Frutic. 25 (2): 315-318.

Conceição HEO da, Pinto JEBP, Santiago EJA de, Gonçalves AAS. (2002) Crescimento e desenvolvimento de *Derris urucu* (Killip et Smith) na ausência de macronutrientes em solução nutritiva. Ciênc. Agrotec. 26 (3): 472-479.

Correa GC, Naves RV, Rocha MR, Chaves LJ, Borges JD (2008). Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata Vog.*), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. Bioscience Journal. 24 (4): 42-47.

Donadio LC, Möro FV, Servidone AA. (2002). Frutas Brasileiras. Jaboticabal: Novos Talentos. 288 p.

Epstein E, Bloom AJ (2006). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Planta, Londrina, Brasil 401p.

Fontes, PCR (2011). Nutrição Mineral de Plantas - avaliação e diagnose. Arka Editora, 296 p.

Gonçalves FG, Neves OSC, Carvalho JG (2006). Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. Pesq. Agropec. Bras. 41(6):1053-1057.

Hoagland D, Arnon DI (1950). The water culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station Circular. 347 p.

Lavres Júnior J, Boaretto RM, Silva MLS, Correia D, Cabral CP, Malavolta E. (2005) Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. Pesq. Agropec. Bras. 40 (2): 145-151.

Maia JTLS, Guilherme DO, Paulino MAO, Silveira HRO, Fernandes LA (2011). Efeito da omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pinhão-manso. *Revista Caatinga*. 24 (2): 174-179.

Malavolta E (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Livroceres. 638 p.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós. 319 p.

Malézieux E, Bartholomew DP (2003). *Plant Nutrition*. In: DP Bartholomew, RE Paul, KG Rohrbach. eds. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu, HI, USA: CABI Publishing, p. 143-165.

Marques TCLLSM, Carvalho JG, Lacerda MPC, Mota, PEF (2004). Crescimento inicial do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. *Cerne*. 10 (2): 184-195.

Marschner, H (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, New York, NY. 889 p.

Mills HA, Jones Jr JB (1996). *Plant analysis handbook ii*. 2. ed. athens: micro-macro. 422 p.

Prado RM (2008). *Nutrição de Plantas*. Editora Unesp, São Paulo, Brasil. 407 p.
Ramos MJ, Monnerat PH, Carvalho AJC, Pinto JLA, Silva JA (2009). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de Boro em Abacaxizeiro Imperial. *Rev. Bras. Frutic*. 31(1): 252-256.

Ribeiro AC; Guimarães PTG; Alvarez VVH (1999). *Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a Aproximação*. Viçosa. 359 p.

Richards, NK (1992). Cashew tree nutrition related to biomass accumulation, nutrient composition and nutrient cycling in sandy red earths of Northern Territory, Australia. *Science Horticulturae*. 52:125-142.

Rouached H, Secco D, Arpat AB (2009). Getting the most sulphate from soil: regulation of sulphate uptake transporters in *Arabidopsis*. *Journal of Plant Physiology*, 166: 893–902.

Sarcinelli TS, Ribeiro SRJR, Dias LE, Lynch LS (2004). Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. *Rev. Árvore*. 28 (2): 173-181.

Silva E de B, Gonçalves NP, Pinho, PJ de (2005). Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas. *Acta Sci. Agron*. 27 (1): 55-59.

Silva JT A da, Carvalho JG de (2005). Avaliação nutricional de bananeira prata-anã (aab), sob irrigação no semiárido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. *Ciênc. Agrotec*. 29 (4): 731-739.

Silva Junior ML da, Seabra DA, Melo VS de, Santos MM de LS, Santos PCTC dos (2007). Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiências de pariri cultivado sob omissão de macronutrientes. *Rev. ciênc. agrar*. (48): 85-97.

Taiz L, Zeiger E (2004). Nutrição Mineral. In: Taiz L, Zeiger E. (eds.) Trad. Santarém RE. et al. *Fisiologia Vegetal*. 3a ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113.

Viégas IJ, Gonçalves AAS, Fração DAC, Conceição HEO (2008). Efeitos das omissões de macronutrientes e boro na sintomatologia e crescimento em plantas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). *Revista de Ciências Agrárias*. 50 (50): 129-141.

Vieira RF, Costa TSA, Silva DB, Ferreira FR, Sano SM (2006). Frutas Nativas da Região Centro-Oeste. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 320 p.

White PJ, Broadley MR (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets: iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*. 182 (1): 49-84.

Wu Y, Zhao Q, Gao L, Yu XM, Fang P J, Oliver DJ, Xiang CB (2010). Isolation and characterization of low-sulphur-tolerant mutants of *Arabidopsis*. *Journal Experimental Botany*. 61(12): 3407-3422.

OMISSÃO DE MICRONUTRIENTES EM MUDAS DE *Anacardium othonianum* Rizz., ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO – O caju-de-árvore-do-cerrado é uma frutífera nativa do cerrado brasileiro. Considerando a escassez de informações sobre a nutrição e o crescimento desta planta, conduziu-se experimento com o objetivo de caracterizar os sintomas visuais de carências de micronutrientes, avaliar os efeitos da deficiência no crescimento, produção de massa da matéria seca e teor de micronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, cultivadas em solução nutritiva, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de solução nutritiva completa e omissão individual de boro, cobre, ferro, manganês, zinco e molibdênio. A ausência individual dos micronutrientes na solução nutritiva comprometeu o desenvolvimento das plantas, levando a alterações morfológicas, com sintomas característicos de deficiência nutricional. Os teores foliares médios de B (60,50 mg kg⁻¹); Cu (1,86 mg kg⁻¹); Mn (128,17 mg kg⁻¹); Zn (18,84 mg kg⁻¹); Fe (519,58 mg kg⁻¹) são considerados adequados para o crescimento de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado.

Palavras-chave: *Anacardium othonianum* Rizz., sintomas visuais de deficiências, nutrição mineral, frutífera do cerrado, hidroponia.

ABSTRACT - The cashew-tree-of-the-savannah is a fruit native to the Brazilian savannah. Considering the lack of information on nutrition and growth of this plant, we conducted experiments aimed at characterizing the visual symptoms of micronutrient deficiencies, assess the effects of disability on growth, production of dry matter and content of micronutrients in plants cashew-of-the-tree-savannah, cultivated in nutrient solution in a randomized block design with four replications. The treatments consisted of nutrient solution and the omission of boron, copper, iron, manganese, zinc and molybdenum. The absence of individual micronutrients in the nutrient solution compromised the development of plants, leading to morphological changes, with characteristic symptoms of nutritional deficiency. The average foliar concentrations of B (60.50 mg kg⁻¹), Cu (1.86 mg kg⁻¹), Mn (128.17 mg kg⁻¹), Zn (18.84 mg kg⁻¹), Fe (519.58 mg kg⁻¹)

are considered suitable for the growth of seedlings of cashew-tree-of-savannah.

Keywords: *Anacardium othonianum* Rizz., Visual symptoms of deficiencies, mineral nutrition, fruit of the cerrado, hydroponics.

Lista de abreviaturas:

DAT: Dias após o transplântio

CR: Crescimento Relativo

MSC: Massa da matéria seca do caule

MSF: Massa da matéria seca da folha

MSR: Massa da matéria seca da raiz

MST: Massa da matéria seca total

PA/R: Relação parte aérea raiz

INTRODUÇÃO

O caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), pertence à família Anacardiaceae, é uma espécie frutífera nativa do cerrado brasileiro, também conhecida como cajuzinho e cajuí. É uma planta arbórea com altura e diâmetro de copa com cerca de três a quatro metros, e se destaca das demais espécies na região Central do Brasil por ser o principal cajueiro de importância econômica (Agostini-Costa et al, 2006). O pseudofruto maduro apresenta coloração que varia do amarelo ao vermelho e a polpa branca amarelada é utilizada no consumo *in natura* ou na forma de sucos, licores, doces e infusões em aguardente. A castanha (fruto verdadeiro) torrada é consumida com sal, apresentando alto teor de óleo (Correa et al, 2008).

A espécie *A. occidentale* L. é a única do gênero que é cultivada e as demais são exploradas por extrativismo (Vieira et al, 2006; Correa et al, 2008). As formas de cultivo para as espécies de cajueiros da região Centro-Oeste e as práticas culturais ainda não foram determinadas, usando informações disponíveis somente para o *A. occidentale* L. (Vieira et al, 2006).

A exploração comercial do cajueiro se destaca por sua importância econômica para região, sendo bastante produtivo e a propagação é predominantemente realizada por meio de sementes que possui fácil germinação, no entanto, em condições naturais ou viveiros normalmente é irregular e lenta dificultando a produção de mudas. A qualidade das mudas é

fator fundamental para atingir a homogeneidade, o rápido desenvolvimento e a precocidade de produção, garantindo a expansão dessa cultura no Brasil. Para se obter mudas de alta qualidade, é necessário atender à demanda adequada de nutrientes (Barros et al, 2002).

A falta ou o excesso de um nutriente para a planta traduzem em anormalidades, típicas de cada nutriente. O motivo pelo qual o sintoma é típico é que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie de planta. Tais sintomas que aparecem nas folhas, caules e raízes contribuem para avaliar o estado nutricional do vegetal. O conhecimento de sintomas visuais de deficiência nutricional também é útil para decidir sobre a necessidade de realizar fertilizações (Silva et al, 2009).

A diagnose visual consiste em comparar o aspecto da amostra com o do padrão. Na maior parte dos casos, compara-se um órgão, geralmente a folha, dependendo do elemento (Malavolta, 2006).

Para Fontes (2011), por meio de procedimentos diretos ou indiretos, é possível determinar o estado nutricional das plantas. Os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes (análise visual) e ou reais (análise da matéria seca) dos nutrientes são determinadas. Os indiretos são aqueles em que a concentração de determinado nutriente na planta é estimada por meio de uma característica cujos valores sejam correlacionados com as concentrações do nutriente na planta.

A diagnose visual de deficiências minerais em caju-de-árvore-do-cerrado pode constituir uma técnica auxiliar na avaliação da necessidade de fertilizantes, diminuindo com isso os custos e aumentando a produtividade de mudas comercializáveis. Assim, o presente trabalho teve os objetivos de caracterizar, em solução nutritiva com omissão de nutrientes, os sintomas de deficiência nutricionais de micronutrientes e avaliar o efeito da deficiência nutricional no crescimento e o teor em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, com as coordenadas geográficas 17° 48' 15.9" S – 50° 54' 19,5" W no período de janeiro a setembro de 2011.

Os frutos de caju-de-árvore-do-cerrado foram coletados na fazenda Gameleira localizada no município de Montes Claros, Goiás, com as coordenadas geográficas 16° 06' 20" S – 51° 17' 11" W a 592 m de altitude. A exsicata do material vegetal está depositada no Herbário Jataiense, da Universidade Federal de Goiás -Campus Jataí, sob o número de coleta 3793.

As sementes foram extraídas manualmente, lavadas seguidamente com água corrente e submetidas à aplicação com fungicidas Vitavax-Thiram® [Ingrediente Ativo (carboxina + tiram): 200 + 200 g L⁻¹], na dosagem de 300 mL de produto para cada 100 kg de sementes, posteriormente, essas foram semeadas em bandejas plásticas (50x35x8 cm) contendo areia como substrato. Aos 30 dias após a semeadura as mudas, com três-quatro folhas completamente desenvolvidas, foram transferidas para os vasos de oito litros contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com 50% da sua força iônica, por um período de 30 dias. Posteriormente, as plantas foram submetidas aos tratamentos constituídos pela solução completa e omissão individual de boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e molibdênio (Mo).

Durante a condução do experimento as plantas foram cultivadas sob irradiância média de 200 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, a solução nutritiva mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente a $5,5 \pm 0,5$ com adição de HCl ou NaOH, quando necessário e, a troca da solução nutritiva realizada com o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica. As avaliações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais foram realizadas diariamente, sendo estes, descritos e fotografados.

Aos 30 dias após o transplântio (DAT) das mudas, para as soluções contendo os tratamentos iniciaram as avaliações de crescimento das plantas por meio das características de comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e comprimento da maior raiz que, posteriormente, ocorreram a cada 15 dias até a coleta das plantas à medida que as deficiências se acentuaram, conforme a omissão do nutriente. Essas foram coletadas, levadas para o laboratório, onde ocorreu a separação em folha, caule e raiz. Esses órgãos foram pesados e posteriormente colocados em estufa a 65°C até atingirem massa constante para a obtenção da massa da matéria seca. Após a secagem as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20

mesh e encaminhado para o laboratório de análise foliar da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para determinação dos teores dos B, Cu, Mn, Zn e Fe seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

A relação entre parte aérea e raiz (PA/R) foi calculada através da somatória da matéria seca do caule e da folha dividido pela matéria seca da raiz. O crescimento relativo (CR) corresponde a cem vezes a relação entre a massa da matéria seca total dos tratamentos com deficiência e a massa da matéria seca total do tratamento completo.

Os tratamentos foram arranjos no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições em um total de 28 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de oito litros de solução nutritiva contendo duas plantas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve necessidade de transformar os valores observados de massa seca do caule, massa seca da raiz, massa seca das folhas, massa seca total, crescimento relativo, relação entre parte aérea e raiz e teor de micronutrientes em raiz de $x+1$ para se obterem a distribuição normal e homogeneidade de variâncias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiência nutricional

Os sintomas visuais de deficiência de boro foram observados inicialmente aos 60 dias após o transplante (DAT). As folhas mais jovens apresentaram clorose seguida de necrose que iniciou nas folhas seguindo para as gemas terminais, ocorrendo formação de folhas menores e mais espessas (Figura 1). Observou-se também a redução no comprimento do caule e das raízes. Neves et al. (2004) observaram que os sintomas de deficiência de B em umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr) começaram a aparecer nitidamente a partir dos 20 dias após o início do tratamento. A deficiência foi observada nas folhas mais jovens, que apresentaram leve clorose internerval, posteriormente evoluindo do centro para as bordas das folhas. Sintomas semelhantes foram observados por Viégas et al. (2004) em camucamuzeiro (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh) aos 50 dias depois de iniciados os tratamentos. As folhas novas apresentaram

retorcidas, atrofiadas, pequenas e grossas, e, com a intensidade dos sintomas, ocorreu morte do meristema apical do caule.

Os sintomas visuais de deficiência de cobre iniciaram aos 65 DAT. As folhas apresentaram clorose que iniciaram no ápice das folhas jovens e evoluiu em direção a base da folha ao longo das margens (Figura 1). Os sintomas observados foram semelhantes aos descritos por Neves et al. (2004) em umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.).

Os sintomas visuais de deficiência de manganês foram observados inicialmente aos 50 DAT. Houve clorose internerval nas folhas velhas, sob um reticulado grosso de nervura que permaneciam verdes. Com evolução dos sintomas observou-se o aparecimento de manchas necróticas e encarquilhamento de folhas (Figura 1). As raízes apresentaram longas e com coloração clara. Neves et al. (2004) ao estudarem a deficiência de Mn em plantas de umbu, os pontos cloróticos a necróticos foram se multiplicando sem, contudo, ocasionar a queda das folhas. As plantas deficientes apresentaram, durante um determinado período, desenvolvimento aparentemente normal, com as folhas atingindo dimensões até mesmo maiores quando comparadas as plantas do tratamento completo.

A omissão de zinco acarretou os primeiros sintomas visuais de deficiência aos 55 DAT. Inicialmente as folhas novas apresentaram clorose. Com a intensificação da deficiência as plantas mostraram folhas menores, encarquilhadas, encurtamento dos internódios e as raízes bem desenvolvidas (Figura 1). Sintomas semelhantes também foram observados por Neves et al. (2004) em umbuzeiro com produção de folhas pequenas e estreitas, com áreas cloróticas entre nervuras. A deficiência de Zn compromete importantes eventos fisiológicos e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento da planta (Zabini et al, 2007). O suprimento insuficiente de Zn leva a uma redução na atividade da enzima (Cu/ZnSOD) favorecendo o incremento dos danos oxidativos, ocasionando a diminuição no teor de clorofila (Taiz e Zeiger, 2004).

O tratamento com omissão de ferro foi o primeiro a expressar os sintomas de deficiência que ocorreu aos 45 DAT. As folhas jovens apresentavam clorose que iniciava na base do pecíolo e caminhando em direção a ponta das folhas. Com a evolução dos sintomas as folhas ficaram menores e totalmente esbranquiçadas (Figura 2). As raízes tiveram um crescimento limitado com

coloração clara. Neves et al. (2004) observaram que os sintomas de deficiência de Fe em umbuzeiros começaram aos 30 dias, com alterações na coloração das folhas mais novas e uma tonalidade arroxeadada no caule, contrastando nitidamente com o resto amarelado do limbo. Em espécies frutíferas como pêssigo, pera, cítrico e kiwis, sintomas como clorose e com consequentes limitações na produtividade, qualidade dos frutos e vigor da planta, são consequências do suprimento insuficiente de Fe (Rombola e Tagliavini, 2006).

Para o molibdênio, os sintomas visuais de deficiência foram observados inicialmente aos 65 DAT. Houve clorose das folhas velhas evoluindo para necrose, com abscisão precoce das folhas (Figura 1). A deficiência de Mo pode reduzir a síntese da enzima nitrogenase, promovendo diminuição da fixação biológica do N e, desta forma reduz a produtividade (Moraes et al, 2008).

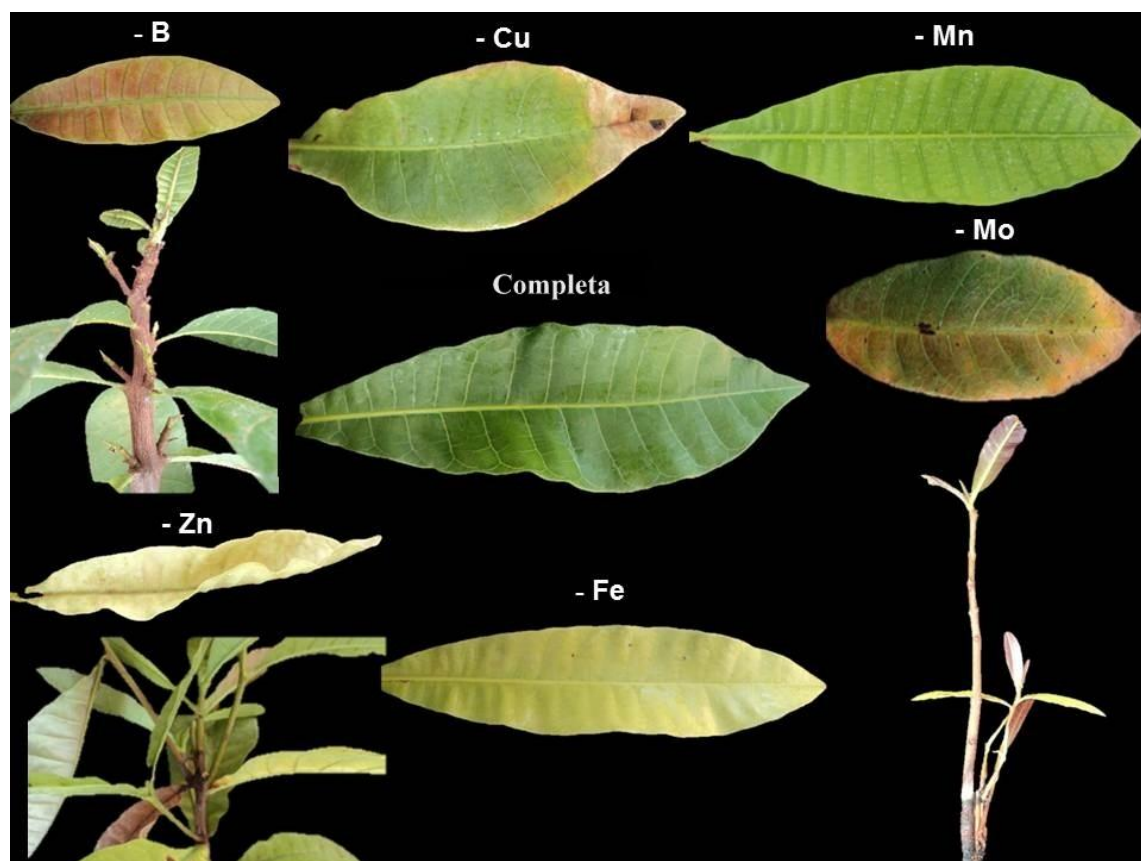


Figura 1. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, Fe, Mo).

Crescimento vegetativo

O comprimento do caule nas plantas cultivadas em solução com omissão de nutrientes, com exceção da omissão de Zn, foi reduzido em relação ao tratamento com a solução nutritiva completa. Ao longo do ciclo de produção das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, as plantas cultivadas em solução sem Cu apresentaram a maior redução do comprimento do caule com 12 cm, aos 195 DAT, acarretando redução de 35,65% em relação às plantas cultivadas em solução completa (Figura 2). Marques et al. (2004) observaram em mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* H) que as plantas com omissão de Fe mostraram menor crescimento. Oliveira et al. (2009) também observaram comportamento semelhante para o tomateiro.

As deficiências de micronutrientes afetaram negativamente o desenvolvimento da planta, reduzindo o comprimento do caule durante o ciclo de produção das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, obedecendo à seguinte ordem Cu>Mn>Fe>Mo>B>Zn.

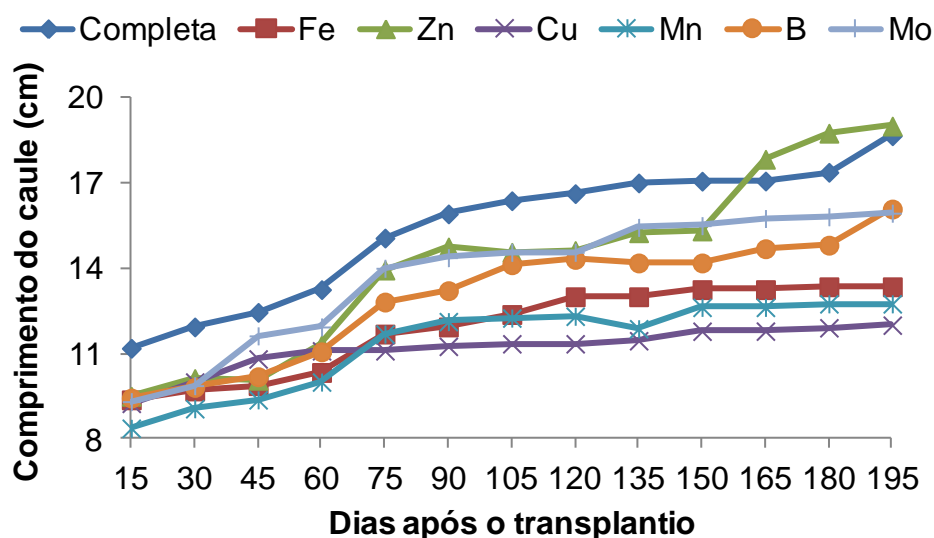


Figura 2. Comprimento do caule (cm) de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes em função dos dias após o transplante.

Os tratamentos com omissão de micronutrientes limitaram o crescimento do diâmetro do caule de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado quando comparada ao tratamento com solução nutritiva completa (Figura 3). A omissão

de Cu foi a que mais limitou o desenvolvimento do diâmetro do caule para mudas de caju-de-árvore-do-cerrado com 5,32 mm aos 195 dias após o transplântio em relação ao tratamento completo com 6,91 mm para o mesmo período. Neves et al. (2004) observaram em mudas de umbuzeiro que o Fe foi o micronutriente que mais limitou o desenvolvimento do diâmetro com 9,4mm.

A deficiência de micronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado afetou negativamente o desenvolvimento do diâmetro do caule, obedecendo à ordem $Cu > B > Mn > Fe > Mo > Zn$.

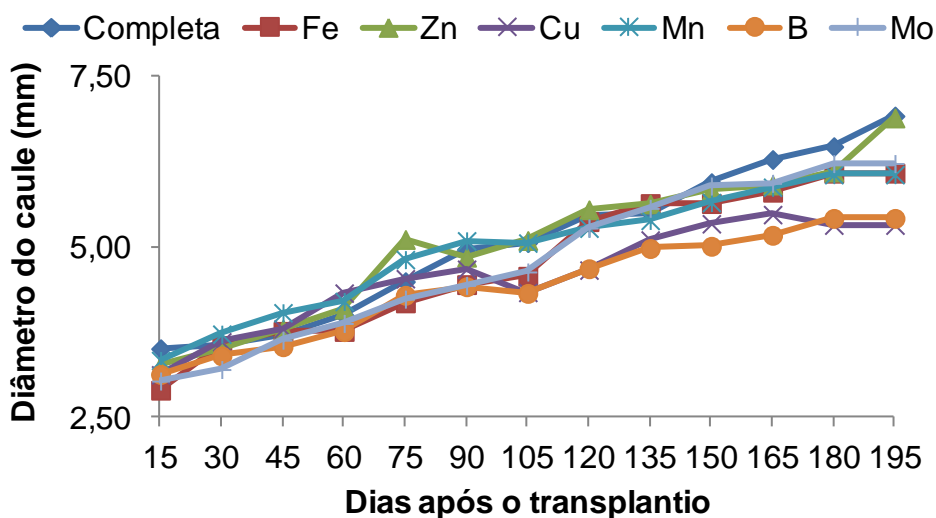


Figura 3. Diâmetro do caule (mm) de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes em função dos dias após o transplântio.

As mudas de caju-de-árvore-do-cerrado submetidas aos tratamentos com omissão individual de micronutrientes reduziram o número de folhas, quando comparadas com o tratamento completo (Figura 4). A solução com ausência de Cu foi a mais limitante em relação ao número de folhas, com cinco folhas aos 195 dias após o transplântio, quando comparada com a solução completa com 11 folhas no mesmo período. As reduções no número de folhas foram de 54,54% para o Cu em relação à completa. Neves et al. (2004) também observaram que o Fe foi o elemento mais limitante para o desenvolvimento no número de folhas para umbuzeiros.

A deficiência de micronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado afetou negativamente o número de folha, obedecendo à ordem Cu>Mn>Fe>B>Zn>Mo.

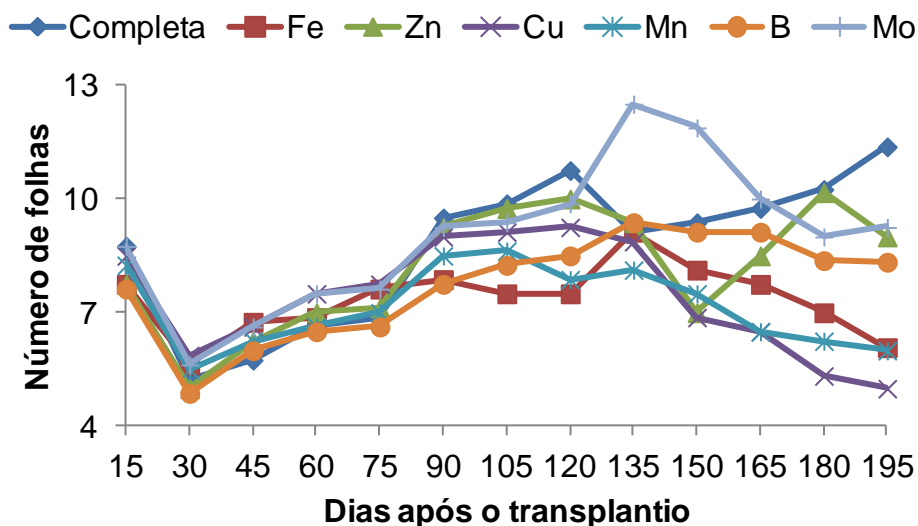


Figura 4. Número de folhas de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes em função dos dias após o transplante.

As plantas com omissão de micronutrientes limitaram o crescimento do comprimento da raiz de plantas de caju-de-árvore-do-cerrado quando comparada com as plantas com solução nutritiva completa (Figura 5). A solução com deficiência de B foi a que mais limitou o crescimento das raízes com 7,56 cm aos 195 dias, enquanto a completa apresentou valores de 18,2 para a mesma data. As reduções no comprimento da raiz foram de 58,46% para a deficiência de B em relação à solução completa. Espécies frutíferas sob deficiência deste elemento apresentam limitações no desenvolvimento, vigor e produtividade (Rombola e Tagliavini, 2006). Epstein e Bloom (2006) a deficiência de B afeta o sistema radicular das plantas e estas ficam mais suscetíveis ao ataque de bactérias e de fungos.

A deficiência de micronutrientes em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado afetou negativamente o crescimento das raízes, obedecendo à ordem B>Cu>Mn>Fe>Mo>Zn.

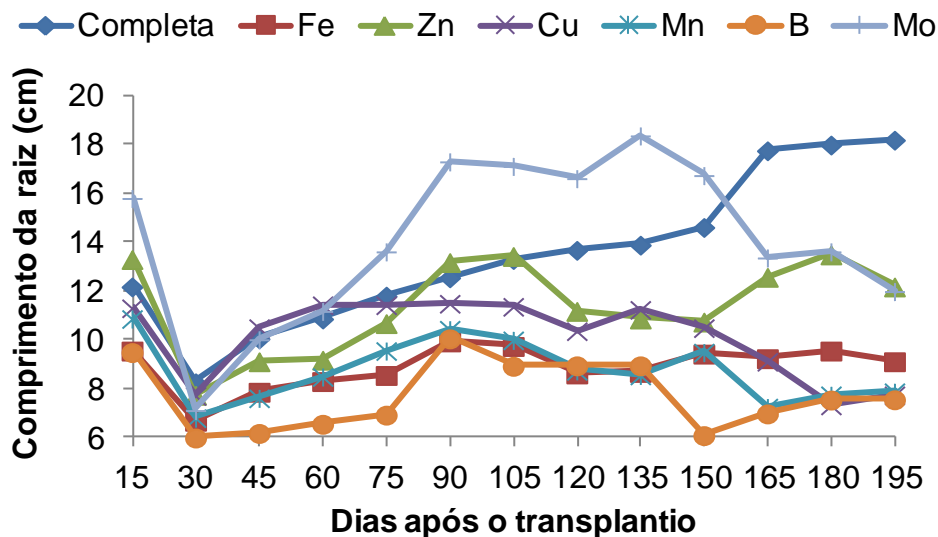


Figura 5. Comprimento da raiz (cm) de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes em função dos dias após o transplante.

Produção de matéria seca

A relação entre a parte aérea e raiz não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 1).

A omissão de Cu na solução nutritiva foi o tratamento mais limitante na produção de massas da matéria seca das folhas, matéria seca do caule, matéria seca total e o crescimento relativo, diferindo em todos estes do tratamento completo. Houve redução de 75,23%, 68,75%, 68,50% e 68,87% respectivamente, comparando o tratamento com omissão de Cu com a solução nutritiva completa (Tabela 1). A deficiência de Cu afeta o metabolismo celular, limitando a atividade de várias enzimas, como a ascorbato oxidase, fenolase, citocromo, plastocianinas e superóxido dismutase. Dessa forma, peróxidos, superóxidos e outros radicais se acumulam, danificando as células (Sorreano et al, 2008).

O tratamento com omissão de B da solução nutritiva reduziu a produção de massa da matéria seca das raízes diferindo da solução completa. Houve redução de 67,01% comparando as raízes das plantas sem boro com as que receberam solução nutritiva completa.

Tabela 1. Matéria seca de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e total (MST), crescimento relativo (CR) e relação parte aérea e raiz (PA/R) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

TRATAMENTOS	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MST (g)	CR %	PA/R
COMPLETA	2,14 ¹ a ²	1,92 a	1,94 a	6,00 a	100 a	2,10 a
- B	0,70 b	0,83 b	0,64 b	2,17 b	36,87 b	3,38 a
- Cu	0,53 b	0,60 b	0,76 b	1,89 b	31,13 b	1,43 a
- Mn	0,68 b	0,96 b	0,74 b	2,38 b	39,11 b	2,14 a
- Zn	1,09 ab	1,41 ab	1,07 ab	3,58 ab	58,62 ab	2,33 a
- Fe	0,89 b	0,79 b	0,93 ab	2,61 b	43,77 b	2,12 a
- Mo	1,42 ab	1,17 ab	0,94 ab	3,53 ab	59,51 ab	3,72 a
CV(%)³	12,06	9,25	11,98	15,06	10,02	17,20

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coeficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

Teor de micronutrientes

Os valores médios dos teores (mg kg⁻¹) de B, Cu, Mn, Zn e Fe nas folhas das plantas do tratamento completo e com omissão de nutrientes foram, respectivamente B = 60,50 e 37,02; Cu = 1,86 e 2,90; Mn = 128,17 e 71,92; Zn = 18,84 e 15,46 e Fe = 519,58 e 453,49 (Tabela 2). Os teores de micronutrientes das folhas do tratamento completo obedeceram à seguinte ordem de absorção Fe>Mn>B>Zn>Cu, indicando que o Fe é o micronutriente de maior concentração nas folhas de caju-de-árvore-do-cerrado. Não houve

diferença para os teores de Cu, Zn e Fe foliar comparando o tratamento com solução completa e com omissão dos nutrientes (Tabela 2).

No caule, os valores médios dos teores (mg kg^{-1}) de B, Cu, Mn, Zn e Fe nas plantas do tratamento completo e com omissão de nutrientes foram, respectivamente B = 32,66 e 39,93; Cu = 1,71 e 3,83; Mn = 14,17 e 4,11; Zn = 7,55 e 6,62 e Fe = 191,95 e 245,89. Os teores de micronutrientes do caule do tratamento completo obedeceram à seguinte ordem de extração Fe>B>Mn>Zn>Cu.

Nas raízes, os valores médios dos teores (mg kg^{-1}) de B, Cu, Mn, Zn e Fe nas plantas do tratamento completo e com omissão de nutrientes foram, respectivamente B = 51,20 e 54,58; Cu = 11,47 e 13,11; Mn = 148,45 e 8,81; Zn = 18,39 e 14,13 e Fe = 673,05 e 496,01. Os teores de micronutrientes das raízes da solução completa obedeceram à seguinte ordem Fe>Mn>B>Zn>Cu. Estes resultados indicam que o Fe é o micronutriente mais requerido para as mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, foi o elemento de maior concentração nas folhas, caules e raízes.

Os teores dos micronutrientes foliar do tratamento completo foram de 60,50 mg kg^{-1} de B; 1,86 mg kg^{-1} de Cu, 128,17 mg kg^{-1} de Mn, 18,84 mg kg^{-1} de Zn e 519,58 mg kg^{-1} de Fe, sendo esses valores sugeridos como referência nesta pesquisa.

Tabela 2. Teores de micronutrientes das folhas, caules e raízes das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), cultivada em solução nutritiva completa e com omissão de micronutrientes. Rio Verde. IF Goiano. 2011.

TRATAMENTOS	FOLHA				
	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	TEOR (mg kg^{-1})				
COMPLETO	60,50 ¹ ab ²	1,86 a	128,17 ab	18,84 a	519,58 a
-B	37,02 b	3,52 a	186,18 a	20,24 a	486,23 a
-Cu	62,73 ab	2,90 a	112,26 ab	16,50 a	480,63 a
-Mn	53,27 ab	5,58 a	71,92 b	22,30 a	408,09 a
-Zn	77,64 a	1,80 a	181,55 ab	15,46 a	537,55 a

-Fe	61,43 ab	3,77 a	151,13 ab	20,65 a	453,49 a
C.V ³ %	7,99	23,8	14,74	9,33	6,96
CAULE					
TRATAMENTOS	B	Cu	Mn	Zn	Fe
COMPLETO	32,66 ¹ a ²	1,71 c	14,71 bc	7,55 bc	191,95 a
-B	39,93 a	6,72 a	27,11 ab	19,88 a	258,03 a
-Cu	32,97 a	3,83 abc	31,34 a	13,07 b	265,60 a
-Mn	29,71 a	4,67 abc	4,11 c	12,06 bc	231,55 a
-Zn	35,93 a	2,55 bc	23,28 ab	6,62 c	251,50 a
-Fe	42,61 a	5,74 ab	31,03 a	24,47 a	245,89 a
C.V ³ %	15,32	14,35	12,29	8,12	8,32
RAIZ					
TRATAMENTOS	B	Cu	Mn	Zn	Fe
COMPLETO	51,20 ¹ a ²	11,47 ab	148,45 a	18,39 b	673,05 ab
-B	54,58 a	13,50 ab	176,21 a	27,80 b	741,69 a
-Cu	50,94 a	13,11 ab	155,62 a	23,45 b	734,28 a
-Mn	57,70 a	9,98 ab	8,81 b	25,10 b	488,01 b
-Zn	45,27 a	6,08 b	160,54 a	14,13 b	638,77 b
-Fe	45,27 a	76,27 a	247,05 a	71,59 a	496,01 b
C.V ³ %	12,26	37,11	12,57	8,79	2,31

¹Médias apresentadas com valores originais; ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³Coeficiente de variação obtidos com os dados transformados em raiz de x+1.

CONCLUSÃO

1. A ausência individual dos micronutrientes na solução nutritiva comprometeu o desenvolvimento das plantas, levando a alterações morfológicas, com sintomas característicos de deficiência nutricional.

2. Os teores foliares médios de B (60,50 mg kg⁻¹); Cu (1,86 mg kg⁻¹); Mn (128,17 mg kg⁻¹); Zn (18,84 mg kg⁻¹); Fe (519,58 mg kg⁻¹) são considerados adequados para o crescimento em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado neste experimento.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de pós-doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pelo apoio financeiro e também ao Sr. Arlindo Thomaz da Silva e família pela doação do material vegetal utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

Agostini-Costa TS, Faria JP, Naves RV, Vieira RF (2006). Cajus do Cerrado. In: RF Vieira, T da S Agostini-costa, DB Silva, FR Ferreira, SM Sano, (Ed.) Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.136-151.

Barros LM, Paiva JR, Cavalcanti JJV, Araújo JPP (2002). Cajueiro. In: Bruckner CH. (ed). Melhoramento de frutíferas tropicais. Viçosa, MG: UFV. p.156-176.

Correa GC, Naves RV, Rocha MR, Chaves LJ, Borges JD (2008) Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. Bioscience Journal. 24 (4): 42-47.

Epstein E; Bloom AJ (2006). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Planta, Londrina, Brasil 401 p.

Fontes, PCR (2011). Nutrição Mineral de Plantas - avaliação e diagnose. Arka Editora, 296 p.

Hoagland D, Arnon DI (1950) The water culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station Circular. 347 p.

Malavolta E (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Livroceres. 638 p.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós. 319 p.

Marques TCLLSM, Carvalho JG, Lacerda MPC, Mota, PEF (2004). Crescimento inicial do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. *Cerne*. 10 (2): 184-195.

Moraes LMF, Lana RMQ, Mendes C, Mendes E, Monteiro A, Alves JF (2008). Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. *Ciência Agrotecnologia*. 32 (5): 1496-1502.

Neves OSC, Sá JS, Carvalho JG (2004). Crescimento e sintomas visuais de deficiência de micronutriente em umbuzeiros. *Rev. Bras. Frutic*. 26 (2): 306-209.

Oliveira RH, Lima MJS, Pereira Junior HA, Rebouças TNH, Morais OM, Guimarães VC, Nolasco CA (2009). Caracterização de sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em tomateiro do grupo salada. *Semina: Ciências Agrárias*. 30 (1): 1093-1100.

Rombola AD, Tagliavini M (2006). Iron nutrition of fruit tree crops. In: L Barton, J Abadia (eds) *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms*. Springer Verlag, in press, p. 61-83.

Silva EB, Tanure LPP, Santos SRJ, Resende Junior PS (2009). Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. *Pesq. Agropec. Bras.* 44 (4): 392-397.

Sorreano MCM, Malavolta E, Silva DH, Cabral CP, Rodrigues RR (2008). Deficiência de micronutrientes em mudas de Sangra d'água (*Croton urucurana* Baill). *Cerne*. 14 (2): 126-132.

Taiz L, Zeiger E (2004) Nutrição Mineral. In: Taiz, L., Zeiger, E. (eds.) Trad. Santarém, R.E. et al. Fisiologia Vegetal. 3a ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113.

Viegas IJM, Thomaz MAA, Silva JF, Conceição EO, Naiff APM (2004). Efeitos da omissão de macronutrientes e Boro no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. Rev. Bras. Frutic. 26 (2): 315-319.

Vieira RF, Costa TSA, Silva DB, Ferreira FR, Sano SM (2006) Frutas Nativas da Região Centro-Oeste. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 320 p.

Zabini AV, Martínéz HEP, Finger FL, Silva CA (2007). Concentração de micronutrientes e características bioquímicas de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) eficientes no uso de zinco. Bioscience Journal. 23 (4): 95-103.

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM MUDAS DE CAJU-DE-ÁRVORE-DO-CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz.) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO

Os conhecimentos sobre o crescimento e os aspectos nutricionais de caju-de-árvore-do-cerrado, frutífera nativa do cerrado brasileiro ainda são incipientes. O presente trabalho teve como objetivos caracterizar o crescimento e o acúmulo de nutrientes de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), em solução nutritiva. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições e seis tratamentos, durante 180 dias a partir do transplantio (DAT). Cada tratamento correspondeu a uma época de avaliação, realizada a cada 30 dias. Em cada época de amostragem foram avaliadas as características relacionadas ao crescimento e acúmulo de nutrientes na planta. O crescimento da planta foi contínuo ao longo do ciclo atingindo, aos 180 dias após o transplantio 16,76 cm comprimento do caule, 8,09 mm diâmetro do caule, 11,27 folhas/planta e 329,60 cm² área foliar, respectivamente. A taxa mensal de acúmulo das massas da matéria fresca e seca da planta foi de 3,15 e 1,05 g, respectivamente. O acúmulo de macronutrientes nas mudas de caju-de-árvore-do-cerrado obedeceu à seguinte ordem: Ca>N>K>P>Mg>S e micronutrientes Fe>Mn>B>Zn>Cu.

Palavras-chave: *Anacardium othonianum* Rizz., análise de crescimento, produção de biomassa, acumulação de nutrientes, cultivo hidropônico.

ABSTRACT - Knowledge of growth and nutritional aspects of cashew-tree-of-the-savannah, native fruit of Brazil's cerrado are still incipient. This study aimed to characterize the growth and nutrient accumulation of seedlings of cashew-tree-of-the-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) In nutrient solution. The experiment was a randomized blocks design with four replications and six treatments during 180 days after transplanting (DAT). Each treatment corresponded to a time of evaluation, conducted every 30 days. At each sampling time were evaluated factors related to growth and accumulation of nutrients in the plant. The growth was continuous throughout the cycle reaching at 180 days after transplanting 16.76 cm stem length, stem diameter 8.09 mm,

11.27 leaves / plant and leaf area 329.60 cm², respectively, the monthly rate of accumulation of masses of fresh and dry plant was 3.15 g and 1.05, respectively. The accumulation of nutrients in the seedlings of cashew-tree-of-the-savannah in the following order: Ca>N>K>P>Mg>S and micronutrients Fe>Mn> B> Zn> Cu.

Key-words: *Anacardium othonianum* Rizz., Analysis of growth, biomass production, nutrient accumulation, hydroponic.

INTRODUÇÃO

O *Anacardium othonianum* Rizz., pertence à família Anacardiaceae, é uma espécie frutífera nativa do cerrado brasileiro, também conhecida como caju-de-árvore-do-cerrado, cajuzinho e cajuí. É uma planta arbórea com altura e diâmetro de copa com cerca de três a quatro metros, e se destaca das demais espécies na região Central do Brasil por ser o principal cajueiro nativo de importância econômica (Agostini-Costa et al., 2006). O pseudofruto maduro apresenta coloração que varia do amarelo ao vermelho e a polpa branca amarelada é utilizada no consumo *in natura* ou na forma de sucos, licores, doces e infusões em aguardente. A castanha (fruto verdadeiro) torrada é consumida com sal, apresentando alto teor de óleo (Correa et al., 2008).

A exploração comercial do cajueiro está intimamente relacionada à produção de mudas, sendo que o primeiro passo é a obtenção de mudas saudáveis que se estabeleçam em viveiros, o que garantirá a sanidade da planta no campo (Barros et al., 2002). A qualidade das mudas é fator fundamental para atingir a homogeneidade, o rápido desenvolvimento e a precocidade de produção, garantindo a expansão dessa cultura no Brasil. Para obter mudas de alta qualidade, é necessário atender à demanda adequada de nutrientes. Portanto, a formação de mudas constitui numa etapa crucial do processo de produção e pode possibilitar aos agricultores a obtenção, em viveiro, de plantas com melhor qualidade para suportar as condições adversas de campo. Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados através da fertilização mineral, com reflexos no melhor desenvolvimento, na precocidade e na maior sobrevivência em campo.

A análise de crescimento é usada para interpretar a forma e a utilidade da planta (Hunt et al., 2002). Os princípios e as práticas da análise têm como objetivo descrever e interpretar o desempenho de determinada espécie crescendo em condições de ambiente natural ou controlado (Hunt, 1990). O acúmulo de massa da matéria seca ao longo do ciclo da planta é a essência da análise de crescimento, sendo complementado pela quantificação da área foliar. A área foliar ao longo do tempo é importante para a interceptação do fluxo de luz fotossinteticamente ativa. O fator determinante do acúmulo de massa da matéria seca é a eficiência fotossintética, que pode variar de acordo com a cultivar, condições edafo-climáticas e manejo da cultura.

Os índices envolvidos, determinados na análise de crescimento, indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos. Portanto, a análise de crescimento expressa as condições morfofisiológicas da planta e quantifica a produção líquida, derivada do processo fotossintético, sendo o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo. A cinética do crescimento permite conhecer o padrão de crescimento da planta de forma matemática, sendo possível quantificar diferenças entre plantas, espécies e sistemas de produção (Taiz e Zeiger, 2004).

O crescimento pode ser caracterizado pontualmente, em determinados períodos do ciclo da planta. O crescimento e o desenvolvimento das plantas, especialmente de massa da matéria seca e os sucessivos estádios de desenvolvimento, têm sido estudados para racionalizar os métodos de cultivo. Na ausência de uma curva de crescimento a produção de massa da matéria seca é importante visto que fornece uma boa aproximação do acúmulo de nutrientes (Sousa e Coelho, 2001).

A produção de massa da matéria seca de planta é utilizada para indicar a intensidade de crescimento, por sua vez, o conhecimento dos padrões de acúmulo de matéria seca de uma cultura possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados com a nutrição mineral, conseqüentemente, com a adubação, visto que, a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de

crescimento da planta (Marschner, 1995). A marcha de absorção de nutrientes é referência importante para o fornecimento dos mesmos em doses adequadas ao bom desenvolvimento das plantas durante os vários estádios de desenvolvimento da planta (Gurgel et al., 2010), podendo auxiliar no manejo das adubações durante a permanência das mudas no viveiro.

Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o crescimento e o acúmulo de nutrientes por mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, com as coordenadas geográficas 17° 48' 15.9" S – 50° 54' 19,5" W, no período de janeiro a setembro de 2011.

Os frutos de caju-de-árvore-do-cerrado foram coletados na fazenda Gameleira localizada no município de Montes Claros, Goiás, com as coordenadas geográficas 16° 06'20" S – 51° 17' 11" W a 592 m de altitude. A exsiccata do material vegetal está depositada no Herbário Jataiense, da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí, sob o número de coleta 3793. As sementes foram extraídas manualmente, lavadas seguidamente com água corrente e submetidas à aplicação com fungicidas Vitavax-Thiram® [Ingrediente Ativo (carboxina + tiram): 200 + 200 g L⁻¹], na dosagem de 300 mL de produto para cada 100 kg de sementes.

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas (50x35x8 cm) contendo areia como substrato. Aos 30 dias após a semeadura, quando apresentavam três a quatro folhas completamente desenvolvidas, as mudas foram transferidas para os vasos de oito litros contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com 50% da sua força iônica, por um período de 30 dias,

Durante a condução do experimento as plantas foram cultivadas sob irradiância média de 200 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, a solução nutritiva mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente a $5,5 \pm 0,5$ com adição de HCl ou NaOH, quando necessário e, a troca da solução nutritiva realizada com o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica.

O experimento constou de seis tratamentos dispostos em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada tratamento foi uma época de amostragem, em intervalos de 30 dias, a partir da data de transplante das mudas. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de oito litros de solução nutritiva contendo duas plantas.

Em cada época de avaliação (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplante), a planta foi coletada e determinando o crescimento por meio das seguintes características: comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e comprimento da maior raiz. Em seguida, foi separada em folha, caule e raízes e avaliando a área foliar. A área foliar foi obtida a partir da integração das imagens das folhas em um software de tratamento de imagens. As partes amostradas foram pesadas para obter a massa fresca, e posteriormente essas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até a massa seca constante. Após a secagem as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh e encaminhado para o Laboratório de Análise Foliar da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para determinação dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, B e Mn) seguindo a metodologia de proposta por Malavolta et al. (1997). Com os valores das massas da matéria seca e dos teores de cada nutriente nas folhas, foram calculados os conteúdos nas plantas, multiplicando a massa seca das folhas, caules e raízes pela concentração de cada nutriente, obtendo-se o conteúdo em g/planta.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando o software sisvar e o tablecurve 2D. Os modelos de regressão foram escolhidos baseados: nos maiores coeficientes de determinação, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t ao nível de até 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características de crescimento

Ao longo do ciclo de produção das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, durante as seis épocas de avaliações houve um aumento contínuo no crescimento das plantas avaliado pelo comprimento e diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e massas das matérias frescas e secas (Figuras 1

e 2). O comprimento da raiz não foi influenciado pelas épocas de avaliações, obtendo o valor médio de 15,47 cm.

O número estimado de folhas e a área foliar por planta aumentaram até 11,27 folhas e 329,60 cm², aos 180 DAT, respectivamente. As plantas apresentaram aumento contínuo no índice de área foliar indicando que a emissão constante de novas folhas e ou sua expansão foi superior aos processos de senescência e abscisão.

O crescimento inicial foi lento, com um pequeno incremento na taxa mensal de crescimento de 1,26 cm comprimento do caule, 0,93 mm diâmetro do caule, 0,72 número de folhas e 48,96 cm² área foliar (Figura 1). Barbosa et al. (2003) observaram em mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.), crescimento médio quinzenal de 3,3 cm altura e 0,51 mm diâmetro do caule. O incremento diário estimado foi de 0,042 cm para comprimento do caule; 0,031 mm para diâmetro do caule; 0,024 para número de folhas e 1,623 cm² de área foliar (Figura 1).

De maneira semelhante, o acúmulo de massas das matérias frescas e secas aumentou em função das épocas de avaliações (Figura 2).

Aos 180 dias após o transplântio as massas das matérias frescas total, folha, caule e raízes atingiram os maiores valores estimados em g/planta de: 21,92; 4,61; 6,16 e 11,16, respectivamente (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos em mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa* Vog. Macbride) (Nicoloso et al. 2001), umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) (Melo et al. 2005) e amoreira (*Morus alba* L) (Vale et al. 2009).

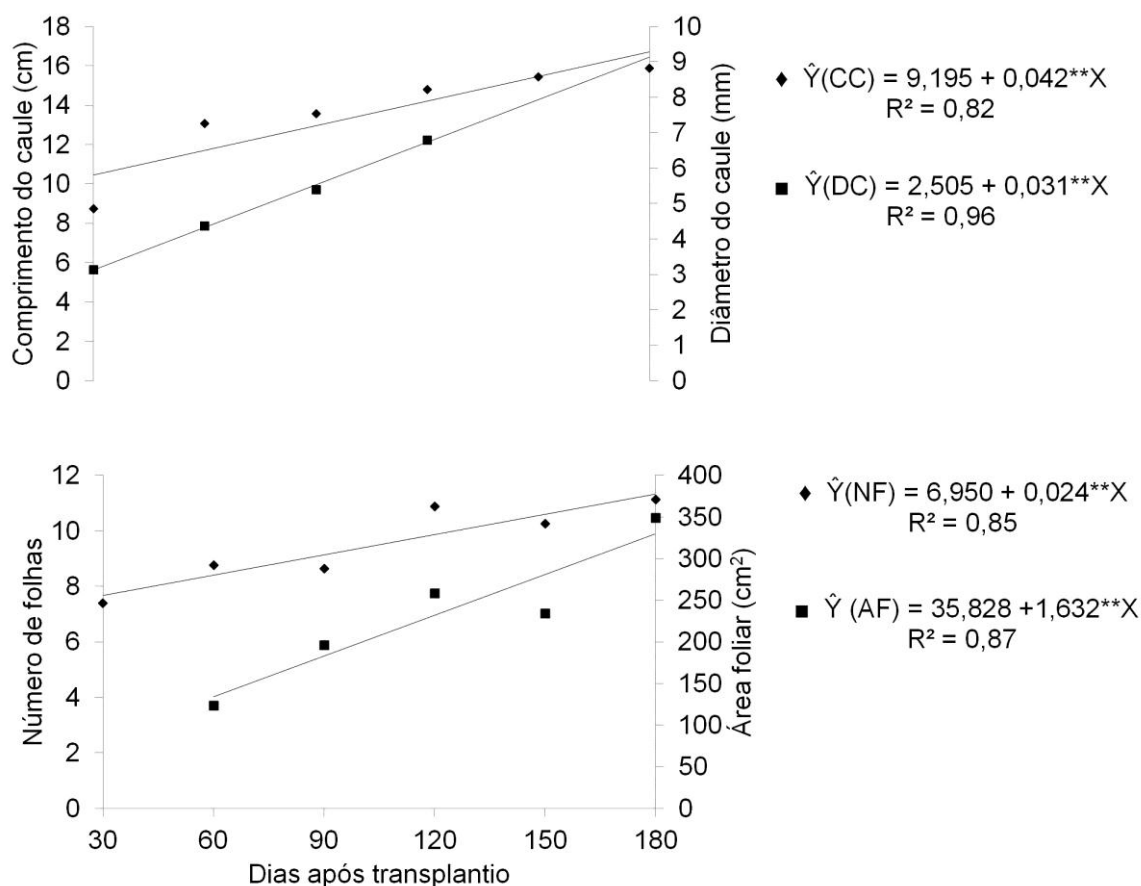


Figura 1 – Comprimento do caule (CC) e diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função dos dias após o transplantio. ** Significativo pelo teste F ($p < 0,01$).

A massa da matéria fresca obteve um acúmulo estimado com taxa mensal de 3,15 g massa da matéria fresca total, 0,42 g massa da matéria fresca das folhas, 0,96 g massa da matéria fresca do caule, 1,74 g massa da matéria fresca da raiz.

O acúmulo das massas das matérias seca total e folha atingiu 6,64 e 1,82 g/planta, respectivamente aos 180 dias após o transplantio (Figura 2). Além das folhas, as massas das matérias secas de caule e raízes contribuíram para o acúmulo total, atingindo 2,01 e 3,57 g/planta. Ao longo das épocas avaliadas nesse experimento as raízes foram os drenos principais da planta.

A massa da matéria seca obteve um acúmulo estimado com taxa mensal de 1,05 g massa da matéria seca total, 0,18 g massa da matéria seca da folha, 0,33 g massa da matéria seca caule, 0,54 g massa da matéria seca da raiz, e

estes acúmulos representam um incremento diário para as massas das matérias secas total, folha, caule e raízes de: 0,035, 0,006, 0,018 e 0,011 g, respectivamente. Barbosa et al. (2003) observaram taxa média de crescimento quinzenal para mudas de gravioleiras de 1,62 g aos 195 dias após a repicagem para massa seca total.

Podem ser adotadas como padrões de crescimento as seguintes características da planta aos 180 DAT: 16,76 cm de comprimento de caule; 8,09 mm de diâmetro de caule; 11,27 folhas/planta, 329,60 cm² de área foliar, 21,92 g/planta de massa da matéria fresca total, 4,62 g/planta de massa da matéria fresca folha, 6,16 g/planta massa da matéria fresca do caule, 11,16 g/planta massa da matéria fresca das raízes, 6,64 g/planta massa da matéria seca total, 1,82 g/planta massa da matéria seca da folha 2,01 g/planta massa da matéria seca do caule e 3,57 g/planta massa da matéria seca das raízes.

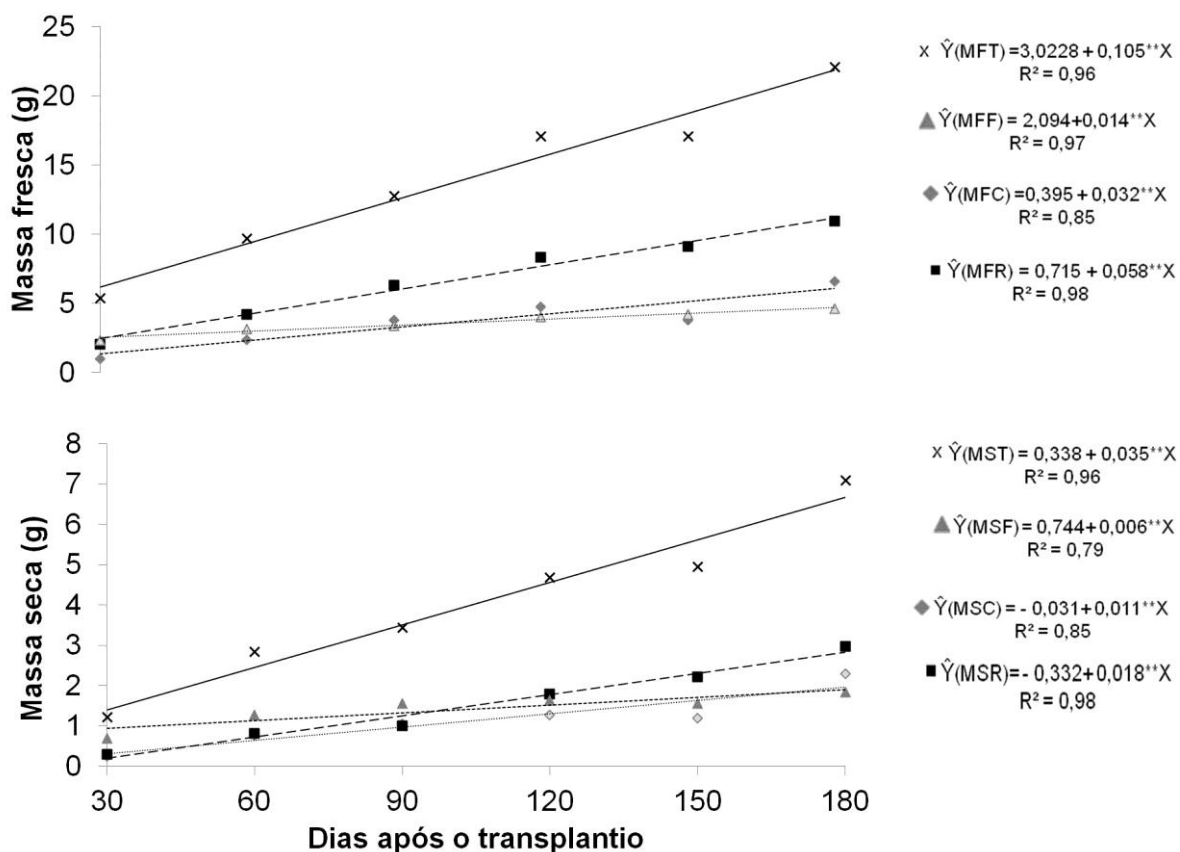


Figura 2 – Produção de massas das matérias frescas (MF) e secas (MS) total (T), folha (F), caule (C) e raiz (R) em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), em função dias após o transplantio.

Acúmulo de nutrientes

O acúmulo de macronutrientes ao longo do ciclo foi influenciado pelas épocas de avaliações (Figura 3).

A quantidade máxima acumulada de nitrogênio (N) ocorreu aos 94 DAT nas folhas. A partir dessa época de avaliação, verificou-se decréscimo no acúmulo de N (Figura 3). O total acumulado de N, aos 180 DAT, foi 0,0803 g/planta distribuídos em 0,027 g nas folhas, 0,0173 g no caule e 0,036 g nas raízes (Figura 3). Aos 150 dias de cultivo em mudas de gravioleira o conteúdo de N foi 177,35 mg/planta (Barbosa et al., 2003). Franco et al. (2007), aos 120 dias de cultivo em sistema hidropônico, mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) cultivares Paluma e Século XXI obtiveram o conteúdo de N: 0,552 e 0,585 g/planta, respectivamente. Augustinho et al. (2008) encontraram, aos 120 DAT em mudas de goiabeira 'Pedro Sato' os conteúdos de N em folhas, caule e raízes foram de 0,22, 0,049 e 0,065 g/planta, respectivamente.

O maior conteúdo de fósforo (P) ocorreu nas raízes quando as mudas estavam com 169 DAT. No final do ciclo a quantidade acumulada de P foi de 0,021 g/planta, com 0,004 g provenientes das folhas, 0,005 g do caule e 0,012 g das raízes (Figura 3). A quantidade de P em mudas de gravioleira, aos 150 dias de cultivo foi de 8,21 mg/planta (Barbosa et al., 2003). Aos 120 dias de cultivo em sistema hidropônico, mudas de goiabeira cultivares Paluma e Século XXI obteve o conteúdo de P: 0,064 e 0,066 g/planta, respectivamente (Franco et al., 2007). Em mudas de goiabeira 'Pedro Sato', aos 120 DAT os conteúdos de P em folhas, caules e raízes foram de 0,028, 0,006 e 0,01 g/planta, respectivamente (Augustinho et al., 2008).

A quantidade de potássio (K) acumulado ocorreu aos 180 DAT nas raízes. O acúmulo de K aos 180 DAT foi de 0,051 g/planta, distribuídos em 0,013 g das folhas, 0,013 g do caule e 0,025 g das raízes (Figura 3). Barbosa et al. (2003) encontraram em mudas de gravioleira, aos 150 dias de cultivo o conteúdo de K de 327,12 mg/planta. Em mudas de goiabeira 'Paluma e Século XXI', aos 120 dias de cultivo em sistema hidropônico o conteúdo de K foi de: 0,726 e 0,696 g/planta, respectivamente (Franco et al., 2007). Aos 120 DAT, em mudas de goiabeira cultivar Pedro Sato os conteúdos de K nas folhas,

caule e raízes foram de 0,26, 0,064 e 0,053 g/planta, respectivamente (Augustinho et al., 2008).

A máxima quantidade de cálcio (Ca) ocorreu aos 180 DAT nas raízes. Aos 180 DAT a planta acumulou 0,087g que correspondem a 0,023 g das folhas; 0,020 g do caule e 0,044 g das raízes (Figura 3). Em mudas de gravioleira, aos 150 dias de cultivo a quantidade de Ca foi de 159,74 mg/planta (Barbosa et al., 2003). Franco et al. (2007), aos 120 dias de cultivo em sistema hidropônico, mudas de goiabeira cultivares Paluma e Século XXI obtiveram o conteúdo de Ca de: 0,293 e 0,302 g/planta, respectivamente. Augustinho et al. (2008) encontraram, aos 120 DAT em mudas de goiabeira 'Pedro Sato' os conteúdos de Ca nas folhas, caules e raízes foram de 0,10, 0,042 e 0,047 g/planta, respectivamente.

O maior acúmulo de magnésio (Mg) ocorreu aos 174 DAT nas raízes. No fim do ciclo de cultivo das mudas o valor acumulado de Mg foi 0,0112 g/planta, com 0,003 g das folhas, 0,0028 g do caule e 0,0054 g das raízes (Figura 3). O conteúdo de Mg obtido em mudas de gravioleira, aos 150 dias de cultivo foi de 22,42 mg/planta (Barbosa et al., 2003). Aos 120 dias de cultivo em sistema hidropônico mudas de goiabeira 'Paluma e Século XXI' obtiveram o conteúdo de Mg de: 0,039 e 0,041 g/planta, respectivamente. Em mudas de goiabeira 'Pedro Sato', aos 120 DAT Augustinho et al. (2008) encontraram os conteúdos de Mg em folhas, caule e raízes foram de 0,02, 0,007 e 0,006 g/planta, respectivamente.

A quantidade de enxofre (S) acumulado ocorreu aos 169 DAT nas raízes. O acúmulo de S nas plantas aos 180 DAT foi de 0,0061 g/planta distribuídos em 0,0013 g das folhas, 0,0014 g do caule e 0,0034 g das raízes (Figura 3). Franco et al. (2007), aos 120 dias de cultivo em sistema hidropônico, mudas de goiabeira cultivares Paluma e Século XXI obtiveram o conteúdo de S de: 0,073 e 0,066, respectivamente. Augustinho et al. (2008) encontraram, aos 120 DAT em mudas de goiabeira 'Pedro Sato' os conteúdos de S em folhas, caule e raízes foram de 0,033, 0,008 e 0,006 g/planta, respectivamente.

A soma total de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulado pela planta foi de 0,256 g e a massa da matéria seca de 7,10 g (Figura 3), portanto o acúmulo de macronutrientes na planta representaram 3,60% da massa da matéria seca. Augustinho et al. (2008) encontraram 5,3%

de acúmulo total de nutrientes em relação a massa da matéria seca para goiabeira 'Pedro Sato', enquanto Silva Júnior et al. (2006) encontraram 17% para o meloeiro (*Cucumis melo* L).

O acúmulo de macronutrientes nas mudas de caju-de-árvore-do-cerrado obedeceu à seguinte ordem: Ca>N>K>P>Mg>S. Enquanto em goiabeira, cultivar Pedro Sato foi: K>N>Ca>S>P>Mg (Augustinho et al., 2008). Resultados semelhantes foram encontrados por Franco et al. (2007) para goiabeira, cultivares Paluma e Século XXI.

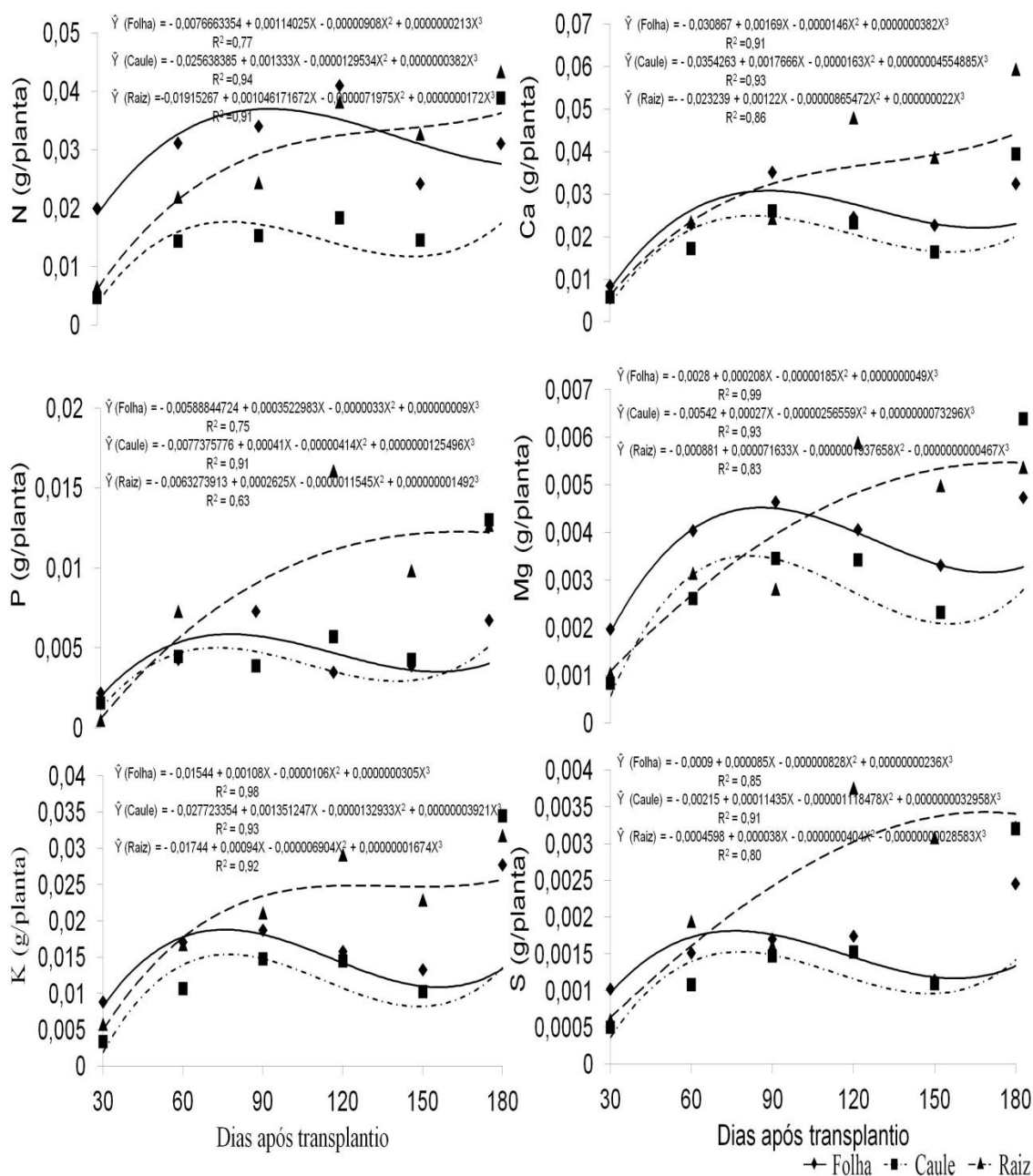


Figura 3. Acúmulo de macronutrientes em folha, caule e raízes de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função dos dias após o transplântio.

Durante o ciclo de produção das mudas, o acúmulo foliar do boro não foi influenciado em nenhum momento pelas épocas de avaliações, obtendo o valor médio de 0,0089 g/planta (Figura 4).

O acúmulo de boro (B) ocorreu aos 180 DAT nas raízes. A quantidade acumulada de B foi de 0,024 g/planta provenientes de 0,00441 g nas folhas, 0,0096 g no caule e 0,0108 g nas raízes (Figura 4). Franco et al. (2008) observaram em goiabeira cultivares Paluma e Século XXI, aos 135 DAT o conteúdo de B nas folhas, caules e raízes foi de: 0,45, 0,13 e 0,12 g/planta, respectivamente. Augustinho et al. (2008) o conteúdo de B nas folhas e caules de mudas de goiabeiras cultivar Pedro Sato, aos 120 DAT foi de 0,454 e 0,069 g/planta, respectivamente.

A quantidade acumulada de cobre (Cu) ocorreu aos 180 DAT nas raízes. No final do ciclo o conteúdo de Cu acumulado foi de 0,00227 g/planta sendo 0,0002 g provenientes das folhas, 0,00017 g de caule e 0,0019 g de raízes (Figura 4). Barbosa et al. (2003) em mudas de gravioleira, aos 150 dias de cultivo obtiveram o conteúdo de cobre de 0,068 mg/planta. Aos 135 DAT em goiabeira 'Paluma e Século XXI' o conteúdo de Cu nas folhas, caules e raízes foi de: 0,069, 0,41 e 0,036 g/planta, respectivamente (Franco et al., 2008). O conteúdo de Cu nas folhas e caules de mudas de goiabeiras cultivar Pedro Sato, aos 120 DAT foi de 0,02 e 0,0130 g/planta, respectivamente (Augustinho et al., 2008).

O maior acúmulo de manganês (Mn) ocorreu aos 180 DAT nas folhas. O conteúdo de Mn acumulado pela planta foi de 0,0715 g correspondendo a 0,045 g das folhas, 0,0035 g do caule e 0,023 g das raízes (Figura 4). Aos 150 dias de cultivo Barbosa et al. (2003) obtiveram em mudas de gravioleira o conteúdo de Mn de 0,23 mg/planta. Em goiabeira 'Paluma e Século XXI', aos 135 DAT o conteúdo de Mn nas folhas, caules e raízes foi de: 1,90, 0,52 e 0,95 g/planta, respectivamente (Franco et al., 2008). Augustinho et al. (2008) o conteúdo de Mn nas folhas e caules de mudas de goiabeiras cultivar Pedro Sato, aos 120 DAT foi de 1,07 e 0,381 g/planta, respectivamente.

A maior quantidade de ferro (Fe) ocorreu aos 180 DAT nas raízes. No final do ciclo de cultivo das mudas o acúmulo de Fe foi de 0,2437 g/planta provenientes de 0,051 g das folhas, 0,039 g do caule e 0,1537 g das raízes (Figura 4). Em mudas de gravioleira, aos 150 dias de cultivo o conteúdo de Fe foi de 1,31 mg/planta (Barbosa et al., 2003). Franco et al. (2008) aos 135 DAT em goiabeira 'Paluma' e 'Século XXI' obtiveram o conteúdo de Fe nas folhas, caules e raízes de: 1,83; 0,43 e 4,55 g/planta, respectivamente. O conteúdo de Fe nas folhas e caules de mudas de goiabeira cultivar Pedro Sato, aos 120 DAT foi de 0,89 e 0,21, respectivamente (Augostinho et al., 2008).

O conteúdo de zinco (Zn) foi maior aos 180 DAT nas raízes. A quantidade de Zn acumulada aos 180 DAT foi de 0,0105 g/planta com 0,0024 g das folhas, 0,0021 g do caule e 0,006 g das raízes (Figura 4). Barbosa et al. (2003) em mudas de gravioleira aos 150 dias de cultivo encontraram o conteúdo de Zn de 0,51 mg/planta. Em goiabeira 'Paluma' e 'Século XXI', aos 135 DAT o conteúdo de Zn nas folhas, caules e raízes foi de: 0,424; 0,18 e 0,26 g/planta, respectivamente (Franco et al., 2008). Em mudas de goiabeira cultivar Pedro Sato, aos 120 DAT Augostinho et al. (2008) o conteúdo de Zn nas folhas e caules foi de 0,20 e 0,135 g/planta, respectivamente.

A soma total de boro, cobre, manganês, ferro e zinco acumulado por planta foi de 0,35 g e a massa da matéria seca da planta de 7,10 g (Figura 4), portanto, os micronutrientes acumulados na planta representam 4,92% da massa da matéria seca total.

O acúmulo de micronutrientes nas mudas de caju-de-árvore-do-cerrado obedeceu à seguinte ordem: Fe>Mn>B>Zn>Cu. Resultados semelhantes foram encontrados por Augostinho et al. (2008) para goiabeira cultivar Pedro Sato e por Franco et al. (2008) em goiabeira cultivares Paluma e Século XXI.

De acordo com os resultados, observou-se que maior acúmulo de nitrogênio e manganês ocorreu nas folhas, ao contrário dos demais nutrientes que ocorreu nas raízes. As quantidades de nutrientes são variáveis de acordo com as condições edafoclimáticas, disponibilidades de nutrientes e características morfológicas e fisiológicas da planta (Marschner, 1995).

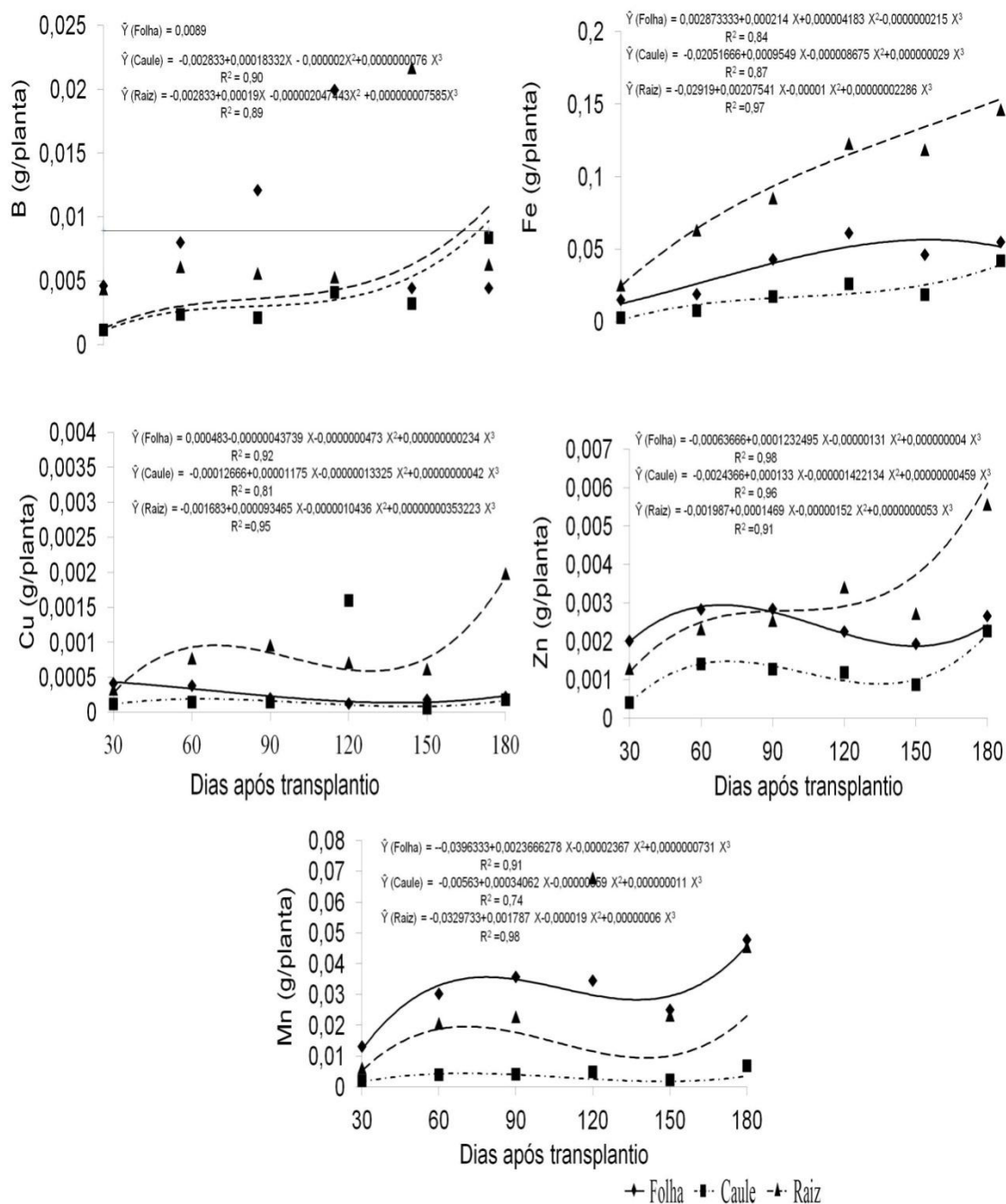


Figura 4. Acúmulo de micronutrientes em folha, caule e raízes de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) em função dos dias após o transplântio.

CONCLUSÃO

O crescimento da planta foi contínuo ao longo do ciclo atingindo, aos 180 dias após o transplântio 16,76 cm comprimento do caule, 8,09 mm diâmetro do caule, 11,27 folhas/planta e 329,60 cm² área foliar, respectivamente,

A taxa mensal de acúmulo das massas da matéria fresca e seca da planta foi de 3,15 e 1,05 g, respectivamente.

O acúmulo de macronutrientes nas mudas de caju-de-árvore-do-cerrado obedeceu à seguinte ordem: Ca>N>K>P>Mg>S e micronutrientes Fe>Mn>B>Zn>Cu.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de pós-doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pelo apoio financeiro e, também ao Sr. Arlindo Thomaz da Silva e família pela doação do material vegetal utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

Agostini-Costa TS, Faria JP, Naves RV, Vieira RF (2006). Cajus do Cerrado. In: R. F Vieira, T. da S Agostini-costa, D. B Silva, F. R Ferreira, S. M Sano, (Ed.) Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.136-151.

Augustinho LMD, Prado RMde, Rozane DE, Narimã F (2008). Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'pedro sato'. *Bragantia*, 67 (3): 577-585.

Barbosa Z, Soares I, Crisostomo LA (2003). Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. *Ver. Bras. Frutic.* 25 (3): 519-522.

Barros LM (2002). Frutas do Brasil: caju, produção. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical, 148 p.

Correa GC, Naves RV, Rocha MR, Chaves LJ, Borges JD (2008). Determinações Físicas em frutos e sementes de Baru (*Dipteryx alta* Vog.), Cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. *Bioscience Journal*, 24 (4): 42-47.

Franco CF, Prado RM, Braghirolli LF, Rozane DE (2007). Curva de crescimento e marcha de absorção de macronutrientes em mudas de goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31 (6): 1429-1437.

Franco CF, Prado RM, Braghirolli LF, Rozane DE (2008). Marcha de absorção dos micronutrientes para mudas de goiabeiras cultivares paluma e século XXI. *Bragantia*, 67 (1): 83-90.

Gurgel MT, Uyeda CA, Gheyi HR, Oliveira FHTde, Fernandes PD, Silva FVda (2010). Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14 (1): 3-10.

Hoagland D, Arnon DI (1950). The water culture method for growing plants without soil. *California Agriculture Experimental Station Circular*. 347 p.

Hunt R (1990) *Basic growth analysis*. London: Unwin Hyman, 112 p.

Hunt R, Causton DR, Shipley B, Askew P (2002). A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90 (4): 485-488.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós. 319 p.

Marschner H (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, New York, NY. 889 p.

Melo AS, Gois MPP, Brito MEB, Viégas PRA, Araújo FP, Mélo DLMF, Mendonça MC (2005). Desenvolvimento de porta-enxertos de umbuzeiro em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. *Ciência Rural*. 35 (2) 324-331.

Nicoloso FT, Fogaça MAdeF, Zanchetti F, Missio E (2001). Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em argissolo vermelho distrófico arenoso: Efeito da adubação NPK no crescimento. *Ciência Rural*. 31 (6) 991-998.

Silva Junior M, Medeiros JF, Oliveira FHT, Dutra I (2006). Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro “pele-de-sapo”. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*. 10 (2): 364-368.

Sousa VDde, Coelho EF (2001). Manejo de fertirrigação em fruteiras. In: Folegatti, M. V (Ed.). *Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. 2: 289-317.

Taiz L, Zeiger E (2004). *Nutrição Mineral*. In: Taiz L, Zeiger E. (eds.) Trad. Santarém RE. et al. *Fisiologia Vegetal*. 3a ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113.

Vale DWdo, Prado RdeM, Gondim ARO, Takahashi R, Correia MAR (2009). Curva de crescimento e marcha de absorção de macronutrientes em três cultivares de amoreira (*Morus alba* L). *J. Soil Sc. Plant Nutr*. 9 (1): 1-13.

CONCLUSÃO GERAL

Para mangaba, concluiu que a omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo na solução nutritiva, resultaram em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional em mangabeira. As ausências dos macro e micronutrientes promoveram diminuição no crescimento e produção de matéria seca, comparada ao tratamento completo. O acúmulo de nutrientes apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes e micronutrientes: N>K>Ca>P>S>Mg e Fe>Mn>Cu>Zn>B em folhas de plantas de mangaba, respectivamente.

Para o caju-de-árvore-do-cerrado, concluiu que a ausência individual dos macro e micronutrientes na solução nutritiva comprometeu o desenvolvimento das plantas, levando a alterações morfológicas, com sintomas característicos de deficiência nutricional. As ausências dos macro e micronutrientes promoveram diminuição no crescimento e produção de matéria seca, comparada ao tratamento completo. Os teores dos macro e micronutrientes foliares, em mudas de caju-de-árvore-do-cerrado, dos tratamentos completos foram de 22,3 g kg⁻¹ de N, 2,1 g kg⁻¹ de P, 13,4 g kg⁻¹ de K, 2,9 g kg⁻¹ de Mg, 1,64 g kg⁻¹ de Ca e 1,63 g kg⁻¹ de S e 60,50 mg kg⁻¹ de B, 1,86 mg kg⁻¹ de Cu, 128,17 mg kg⁻¹ de Mn, 18,84 mg kg⁻¹ de Zn, 519,58 mg kg⁻¹ de Fe, obedecendo as seguintes ordens: N>K>Mg>P>Ca>S e Fe>Mn>B>Zn>Cu, respectivamente.

O crescimento das mudas de caju-de-árvore-do-cerrado foi contínuo ao longo do ciclo atingindo, aos 180 dias após o transplântio 16,76 cm comprimento do caule, 8,09 mm diâmetro do caule, 11,27 folhas/planta e 329,60 cm² área foliar, respectivamente. A taxa mensal de acúmulo das massas da matéria fresca e seca da planta foi de 3,15 e 1,05 g, respectivamente e o acúmulo de macronutrientes nas mudas de caju-de-árvore-do-

cerrado obedeceu à seguinte ordem: Ca>N>K>P>Mg>S e micronutrientes Fe>Mn>B>Zn>Cu.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredito que a maior dificuldade encontrada neste experimento foi conseguir massa seca suficiente para que se fizessem os teores dos nutrientes em mudas de mangabeira. Sugiro para trabalhos futuros que se trabalhe com um maior número de repetições de mangaba por vaso ou que se trabalhe com mudas que estejam com pelo menos 90 dias após a data da semeadura.