

Omissão de macronutrientes no crescimento inicial de *Tabebuia ochraceae*

Macronutrients omission on initial growth of *Tabebuia ochraceae*

Cristiane Ramos Vieira^{1(*)}
Oscarlina Lúcia dos Santos Weber²
José Fernando Scaramuzza³

Resumo

Conhecer as exigências nutricionais de uma espécie permite intervir com práticas mais eficientes de adubação desde seu crescimento inicial. Uma das técnicas que auxiliam na obtenção de dados nutricionais é a de omissão de nutrientes. Portanto, objetivou-se identificar a sintomatologia visual das deficiências de macronutrientes, avaliar o crescimento e qualidade das mudas de ipê amarelo (*Tabebuia ochraceae* Cham.) Standl., cultivadas em solução nutritiva. O experimento foi realizado na casa de vegetação da Universidade Federal de Mato Grosso, onde o clima predominante é o tropical úmido, precipitação média de 1300 mm e temperatura média de 26 °C. As mudas de *Tabebuia ochraceae* foram produzidas em tubetes e transplantadas para tubos de PVC com areia ao atingirem 20 cm e submetidas, por 15 dias, à solução nutritiva completa, com renovação a cada cinco dias. Em seguida, foram submetidas, por 90 dias, às soluções nutritivas: completa (com macro e micronutrientes) e com omissões de N, P, K, Ca, Mg e S, em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Após 90 dias, verificou-se o crescimento em altura, diâmetro de colo, além da qualidade das mudas, massa seca e os teores de macronutrientes. Os sintomas de deficiências foram identificados a cada 15 dias. Aos dados obtidos aplicou-se a Anova e Tukey a 5% e concluiu-se que P foi o macronutriente que mais limitou o crescimento das mudas de *Tabebuia ochraceae*; N, K e Ca limitaram a produção de massa seca, sendo que as maiores concentrações verificadas foram de N, P e K.

Palavras-chave: Ipê amarelo; elemento faltante; nutrição de plantas.

-
- 1 Dr.^a; Engenheira Florestal; Professora do Departamento de Agronomia da Universidade de Cuiabá, UNIC; Endereço: Rua Manoel de Arruda, no 3100 - Bairro Jardim Europa, CEP: 78065-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil; E-mail: cris00986@hotmail.com (*) Autora para correspondência.
 - 2 Dr.^a; Engenheira Agrônoma, Química; Professora Adjunto do Departamento de Solos e Engenharia Rural na FAMEV/UFMT; Endereço: Avenida Fernando Corrêa da Costa, no 2367 - Bairro Boa Esperança, CEP: 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil; E-mail: ososan@uol.com.br
 - 3 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT; Endereço: Avenida Fernando Corrêa da Costa, no 2367 - Bairro Boa Esperança, CEP: 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil; E-mail: jscaramuzza@uol.com.br

Recebido para publicação em 16/01/2015 e aceito em 27/01/2016

Ambiência Guarapuava (PR) v.12 n.4 p. 869 - 883 Set./Dez. 2016 ISSN 2175 - 9405
DOI:10.5935/ambiencia.2016.04.08

Abstract

To understand the nutritional requirements of a species allows the intervention practices with more efficient fertilizer since its initial growth. One of the techniques that assist in obtaining nutritional data is the omission of nutrients. This study aimed to identify the visual symptoms of macronutrients deficiencies, evaluate the growth and quality of yellow tree seedlings (*Tabebuia ochraceae* Cham.) Standl., submitted to nutrient solution. The experiment was conducted in a green house at the *Mato Grosso Federal* University, where the climate is humid tropical, with average rainfall of 1300 mm and average temperature of 26 °C. *Tabebuia ochraceae* seedlings were grown in plastic tubet and transplanted to PVC tubes with sand when they reached 20 cm and were submitted by 15 days to nutritive complete solution, with renewal every five days. Then, submitted by 90 days to complete solutions (with macro and micronutrients) and omission of N, P, K, Ca, Mg and S in a completely randomized design with seven treatments and four replications. After 90 days was verify the growth in height, diameter, seedlings quality, dry weight and macronutrient concentration. The symptoms disabilities were identified every 15 days. It was applied the analysis of variance and Tukey 5% test for the data, concluding that P was the macronutrient that more limited the growth of *Tabebuia ochraceae* seedlings; N, K and Ca in biomass. The highest concentrations were of N, P and K.

Key words: Yellow ipe; missing elements; nutrition plants.

Introdução

O Cerrado passa por intensivo processo de degradação promovido, principalmente, pelas queimadas e ocupação de áreas para fins agropecuários. Várias espécies nativas estão sendo dizimadas, dentre elas o ipê amarelo (*Tabebuia ochraceae* Cham.) Standl., árvore pertencente à família Bignoniaceae que, segundo Oliveira (2014), pode ser encontrada em Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Essa espécie pode ser utilizada como árvore ornamental e na recuperação de áreas degradadas por ser adaptada a ambientes secos. Sua madeira, muito pesada e dura, resistente ao corte, de

alta resistência e longa durabilidade, é utilizada para a confecção de postes, dormentes e na construção civil (LORENZI, 2002).

A produção de mudas da espécie se faz interessante, tanto na questão de reflorestamento das áreas desmatadas, quanto para a sua utilização em plantios comerciais. No entanto, a obtenção de mudas de qualidade exige a utilização de substrato que forneça os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta. Um dos problemas é quando se utiliza o solo de áreas de Cerrado como substrato. Nos reflorestamentos, apesar de aparente rusticidade da maioria das espécies produtoras de madeira, o uso de solos naturalmente férteis ou com adubação

equilibrada pode contribuir com acréscimos significativos em produtividade.

O uso de corretivos e de fertilizantes se torna fundamental na formação de mudas (FAVARE et al., 2012), com efeitos posteriores na melhora da produtividade, da qualidade e do estabelecimento dos plantios florestais (CARLOS et al., 2014). Para isso, o conhecimento das exigências nutricionais da espécie se faz necessário (FEITOSA et al., 2011). No entanto, como inexistente uma recomendação específica para cada espécie, a maioria das recomendações é baseada na estabelecida para o eucalipto, com algumas adaptações (CAIONE et al., 2012). Uma prática incorreta, pois, as espécies florestais possuem diferentes exigências nutricionais.

Uma maneira de identificar as exigências nutricionais das espécies é a diagnose nutricional. A avaliação do estado nutricional da planta consiste na comparação entre a planta que se deseja avaliar e outra planta considerada padrão. Essa planta padrão deve ter em seus tecidos todos os nutrientes em quantidades e proporções adequadas, que seja capaz de dar altas produções, tendo um bom aspecto visual (MALAVOLTA et al., 1997). A técnica mais utilizada é a do elemento faltante, que, de acordo com Chaminade (1972), indica quais os nutrientes que se apresentam deficientes, a importância relativa dessa deficiência e a velocidade de redução da fertilidade do solo, além de ser um método que fornece a ideia semiquantitativa da necessidade de adubação.

Alguns autores têm utilizado essa técnica para fornecer informações sobre a nutrição de espécies florestais, comprovando que estas diferem quanto aos seus requerimentos nutricionais mesmo quando se trata de indivíduos do mesmo gênero. Valeri et al. (2014) verificaram que

a omissão de N limitou o crescimento em altura das plantas de *Caesalpinia echinata* Lam. e as omissões dos demais nutrientes não interferiram no crescimento das plantas. Em mudas de *Toona ciliata* M. Roemer, P, N e S foram os macronutrientes mais demandados segundo Moretti et al. (2011); de acordo com Vieira et al. (2011) em *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Smith N, P e S foram os mais requeridos; em *Azadirachta indica* A. Juss. e *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., segundo Silva et al. (2011) e Souza et al. (2012), respectivamente, os maiores requerimentos foram por N e Ca; enquanto que, para as mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns, foram por N, B, K, S e Mg, segundo Camacho et al. (2014).

Contrariamente ao observado anteriormente, as omissões de nutrientes não limitaram o crescimento e desenvolvimento das mudas de *Caryocar brasiliense* Camb. (CARLOS et al., 2014).

Dessa forma, conhecer os níveis adequados dos nutrientes mais requeridos para cada espécie se faz necessário, por isso, o estudo teve por objetivo identificar a sintomatologia visual das carências de macronutrientes e avaliar o crescimento inicial das mudas de *Tabebuia ochraceae*.

Material e Métodos

O estudo ocorreu, inicialmente, no viveiro da Faculdade de Engenharia Florestal (FENF) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Cuiabá, com a produção de mudas de *Tabebuia ochraceae* a partir de sementes coletadas de 10 árvores matrizes, separadas em 100 m entre si. O clima local é do tipo tropical úmido, com precipitação média de 1300 mm e temperatura média de 26 °C.

As sementes foram beneficiadas e colocadas para germinar em tubetes de 180 cm³ contendo areia, sem tratamento para quebra de dormência. As primeiras germinações ocorreram 20 dias após a semeadura e, ao atingirem 20 cm de altura, o que ocorreu 25 dias após o começo da germinação, as mudas foram consideradas aptas ao transplante.

As mudas foram transportadas para a casa de vegetação sem controle de temperatura. O transplante ocorreu no período da manhã, retirando-se as mudas do tubete para o replantio em tubos de PVC de 40 cm de comprimento, vedados com tela sobre recipiente plástico, preenchido com areia lavada previamente tratada com hipoclorito.

Após o transplante, as mudas permaneceram em período de adaptação por mais 15 dias, com irrigação uma vez ao dia, com 50 ml de água em copo descartável. Foram consideradas adaptadas quando apresentaram novas brotações.

As mudas passaram pela adaptação da solução nutritiva completa (com todos os macros e micronutrientes), para garantir condições nutritivas semelhantes em todos os indivíduos. Para isso, utilizou-se solução completa com ¼ de força (25% da concentração de nutrientes sugerida na metodologia), conforme recomendado por Sarruge (1975), por 15 dias, e renovação de solução a cada cinco dias. O pH da solução foi mantido a $5,9 \pm 0,1$ e quando necessário, foram feitas as correções com HCl 1,0 M ou NaOH 1,0 M. Manter o pH nessa faixa foi necessário para ter prontamente disponíveis os macro e micronutrientes presentes nas soluções nutritivas.

Após o período de adaptação à solução nutritiva completa, iniciou-se a aplicação das

soluções completa e com omissões, com 50 ml de solução com 100% de força, renovadas a cada cinco dias, permanecendo durante 90 dias. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas: C (solução nutritiva completa; N (omissão de N); P (omissão de P); K (omissão de K); Ca (omissão de Ca); Mg (omissão de Mg) e S (omissão de S). As soluções foram preparadas com reagentes puros (P.A.), sendo que, a solução completa, segundo Sarruge (1975) teve a seguinte composição: N – 210 mg L⁻¹; P – 31 mg L⁻¹; K – 234 mg L⁻¹; Ca – 200 mg L⁻¹; Mg – 48 mg L⁻¹; S – 64 mg L⁻¹.

A irrigação se deu uma vez ao dia com 50 ml de água corrente, exceto no dia de aplicação das soluções.

As sintomatologias visuais de deficiências foram descritas a cada cinco dias, durante 90 dias, enquanto, a caracterização morfológica foi realizada apenas ao final do experimento. A altura da parte aérea, em cm, foi medida com régua graduada, a 5 cm da superfície do solo. O diâmetro, em mm, foi medido com paquímetro digital PROFIELD®, na região do coleto. Para a obtenção da biomassa seca, as mudas foram seccionadas em parte aérea e parte radicular. As raízes foram lavadas e, em seguida, todo o material foi levado à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C. Ao atingir peso constante, o material seco foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0005g (unidade que designa o erro de linearidade ao proceder com a pesagem nessa balança).

O material seco foi moído em moinho tipo Willey e, posteriormente, submetido às digestões sulfúrica e nitro-perclórica, para determinações das concentrações de macronutrientes conforme metodologia

proposta por Malavolta et al. (1997), a saber: N total por semi-micro Kjeldahl; P por colorimetria do metavanadato; S por turbidimetria do sulfato de bário; K por fotometria de chama de emissão; Ca e Mg por quelatometria com EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético), obtidas por diferença.

Para processamento e análise dos dados utilizou-se o *Software* Assistat 7.6 beta (Assistat, 2013). A análise estatística foi realizada aplicando-se a técnica de análise de variância e comparações múltiplas de médias,

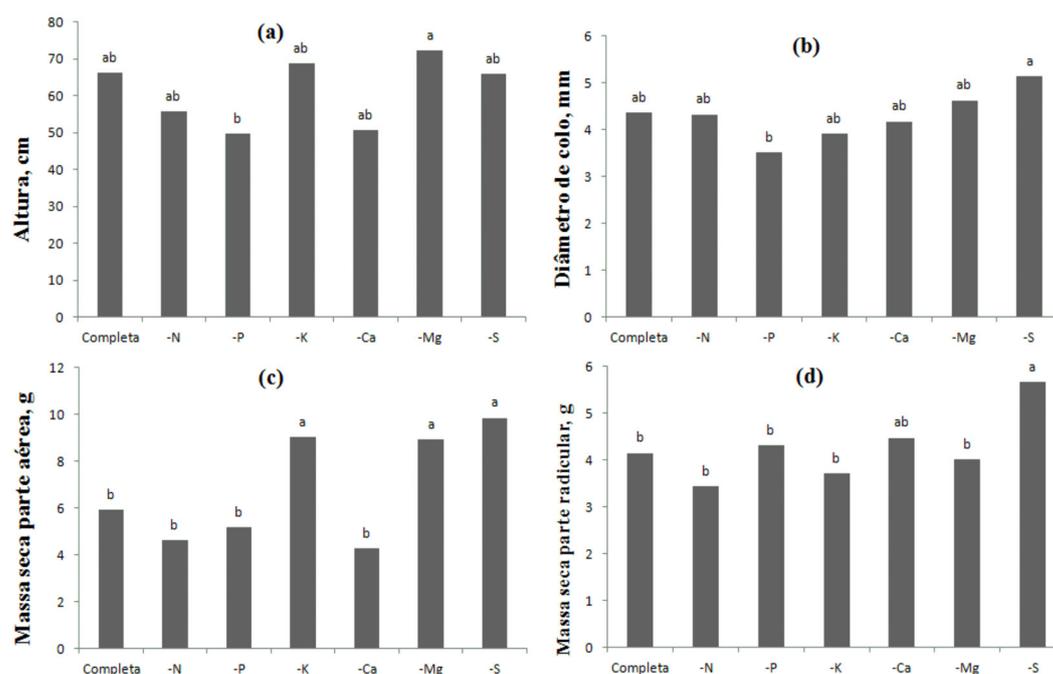
pelo teste Tukey, considerando significância de 95% ($p > 0,05$), após constatação da normalidade dos dados.

Resultados e Discussão

Crescimento inicial das mudas

O crescimento em altura, diâmetro de colo, biomassa seca das partes aérea e radicular de mudas de *Tabebuia ochraceae*, submetidas a diferentes soluções nutritivas, estão apresentados na figura 1. Pôde-se

Figura 1 – Altura (a), diâmetro de colo (b), produção de massa seca nas partes aérea (c) e radicular (d) em mudas de *Tabebuia ochraceae* em soluções com omissão de macronutrientes



Fonte: Vieira, C. R. et al. (2014).

observar que a omissão de macronutrientes (Figura 1) limitou o crescimento da espécie, o que significa que a espécie pode ter seu crescimento mais rápido ao ser adubada considerando os elementos mais demandados.

Ou apresentar deficiências, caso a adubação não seja equilibrada, ou seja, caso algum macronutriente esteja disponível em maiores concentrações que os demais requeridos pela espécie, podendo causar uma interação

Tabela 1 – Coeficientes de variação (CV%) das características morfológicas altura, diâmetro, massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da parte radicular (MSPR) em mudas de *Tabebuia ochraceae* em soluções com omissão de macronutrientes

Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA (g)	MSPR (g)
18,57	12,31	11,69	9,94

Fonte: Vieira, C. R. et al. (2014).

negativa entre eles.

Altura e diâmetro

A omissão de P foi a que mais limitou o crescimento em altura e em diâmetro das mudas. Resultado semelhante foi observado por Benedetti et al. (2009) e Moretti et al. (2011) em *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek e *Toona ciliata*, respectivamente.

Esse elemento desempenha papel na fotossíntese, respiração, divisão e crescimento celular e, na transferência de energia como parte do trifosfato de adenosina (ATP) (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Uma vez que existe deficiência de P na planta, há também a redução no crescimento da mesma.

De acordo com Gomes; Paiva (2004), um adequado suprimento em P é importante no início do crescimento da planta para a formação dos primórdios vegetativos, uma vez que as raízes de plantas jovens absorvem fosfato mais rapidamente que raízes de plantas mais velhas. Além disso, a geometria das raízes influencia o crescimento da planta e a aquisição de nutrientes, especialmente daquelas com baixa mobilidade no solo, a exemplo do P (STAHL et al., 2013).

Contrariamente ao observado para a omissão de P, as omissões de Mg e de S não limitaram o crescimento em altura e em diâmetro, respectivamente. Isto pode indicar o baixo requerimento da espécie pelos elementos nesta fase de crescimento. Outras possibilidades é que a planta tenha conseguido suprir suas necessidades por Mg e por S das reservas de suas sementes ou, que a etapa de adaptação à solução nutritiva completa tenha fornecido Mg e S suficientes para manter o crescimento até os 90 dias, o que já foi constatado em alguns trabalhos como o de Wallau et al. (2008) em mudas de *Swietenia macrophylla* King.

Uma das possibilidades que pouco se observa na literatura é que as concentrações desses elementos, nas soluções completa e com omissões, podem ter sido suficientes para manter o crescimento da espécie. Resultado que pode ser reforçado pelo fato de omissões de N, K e Ca terem promovido crescimento semelhante ao observado nas mudas do tratamento completo. Valeri et al. (2014) também observaram baixa exigência em K, Ca, Mg e S no crescimento em altura e em diâmetro de mudas de *Caesalpinia echinata*. Porém, não é um resultado que se espera no caso da omissão de N, pois, de acordo com Gonçalves et al. (2012), esse é o macronutriente mais requerido pelas plantas. Dessa forma, quando se omite N do substrato, as plantas apresentarão deficiências e retardo no crescimento. Nesse sentido, outro estudo deve ser realizado, para comprovar a eficácia da solução nutritiva utilizada, implicando a aplicação de outras metodologias para a preparação das soluções nutritivas.

Considerando que, de acordo com Xavier et al. (2009), as mudas devem ter entre 20 e 40 cm de altura e 2 mm de diâmetro para serem transplantadas para o campo, todos

os tratamentos proporcionaram condições adequadas de crescimento após 90 dias.

Biomassa

As omissões de N, de P e de Ca limitaram o incremento em massa na parte aérea das mudas, porém as médias observadas nesses tratamentos foram consideradas estatisticamente iguais as do tratamento completo. Isto reforça a possibilidade de que as soluções nutritivas não se adequam a essa espécie, corroborando a necessidade de novos estudos com a espécie e com soluções nutritivas.

Considerando que, de acordo com Cruz et al. (2004), a maior massa seca de folhas é interessante para o melhor desenvolvimento das mudas, pois representa maior capacidade fotossintética e maior vigor, as mudas necessitam de concentrações adequadas de N, P e Ca. Portanto, N e Ca não foram significativos para o crescimento em altura e diâmetro das mudas, porém, foram para o incremento em biomassa, não podendo ser omitidos, já que isso poderá acarretar declínio na produção de massa da espécie. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2009) e Moretti et al. (2011), em *Jatropha curcas* L. e *Toona ciliata*, respectivamente.

As exigências em N estão ligadas às suas funções como a participação na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular; em caso de restrições, haverá redução de crescimento (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, o nível de N na planta influencia a absorção ou a distribuição de praticamente todos os nutrientes (MALAVOLTA; VIOLANTE NETO, 1989).

Autores como Wallau et al. (2008),

Benedetti et al. (2009), Silva et al. (2011), Vieira et al. (2011), Camacho et al. (2014) e Valeri et al. (2014) também observaram redução na produção de biomassa na parte aérea das mudas de *Swietenia macrophylla*, *Maytenus ilicifolia*, *Azadirachta indica*, *Amburana acreana*, *Bombacopsis glabra*, *Caesalpinia echinata*, respectivamente, ao omitir N. Comprovando que, a falta de N pode limitar a produção de massa das espécies, quando se trata de massa foliar; isso implica em redução no processo fotossintético, pois o N está diretamente relacionado com esse processo na planta.

Na parte radicular, o tratamento completo gerou incremento em massa semelhante ao verificado para as omissões de N, de P, de K e de Mg. Essa redução (em relação às omissões de S) no desenvolvimento radicular pode explicar a limitação no crescimento em altura e em diâmetro, uma vez que a absorção de P se faz mais eficientemente com um sistema radicular bem desenvolvido, o que também pode ser mencionado para K (MATOS et al., 2012). Ressalta-se ainda que o comprometimento no sistema radicular das mudas também reduz a absorção de Ca, que se faz por interceptação radicular, o que pode explicar os resultados observados na produção de biomassa da parte aérea.

Silva et al. (2009), Souza et al. (2012), Camacho et al. (2014) e Carlos et al. (2014) também observaram redução na produção de biomassa na parte radicular das mudas de *Jatropha curcas*, *Rollinia mucosa*, *Bombacopsis glabra* e *Caryocar brasiliense*, respectivamente, ao omitir N e K. Essa redução é dependente da espécie e da sua fase de crescimento, neste caso, pode ter ocorrido em função da demanda nutricional da *Tabebuia ochraceae* nos primeiros meses

de crescimento. A produção de biomassa é uma das características que influenciam no desenvolvimento da parte aérea e na sobrevivência das plantas no campo.

O crescimento em altura foi reduzido na seguinte ordem: P>Ca>N>S>Completa>K>Mg. O diâmetro: P>K>Ca>N>Completa>Mg>S. A produção de massa seca na parte aérea: Ca>N>P>Completa>Mg>K>S; na parte radicular: N>K>Mg>Completa>P>Ca>S.

Sintomatologia visual das deficiências de macronutrientes

Deficiência de N

Os primeiros sintomas foram observados após 30 dias, com o aparecimento de manchas amareladas em folhas velhas (folhas totalmente desenvolvidas, geralmente na parte baixa da planta), progredindo para o completo amarelecimento. Segundo Malavolta et al. (1997), o N é facilmente redistribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos. Quando seu suprimento é insuficiente, o N das folhas velhas é mobilizado para os órgãos e folhas mais novas. Consequentemente, plantas deficientes em N apresentam os sintomas primeiramente nas folhas velhas. A coloração amarelada está associada à menor produção de clorofila e com modificações na forma dos cloroplastos por causa da falta de N, resultado da proteólise e redistribuição (SORREANO et al., 2011).

Algumas plantas apresentaram clorose nas bordas das folhas, as quais se tornaram completamente necrosadas e, após 30 dias, caíram. Resultado condizente com a literatura, pois, de acordo com Epstein (1975) a carência de N provoca clorose nas folhas, reduzindo, assim, a sua capacidade fotossintética, bem como o ritmo de crescimento das plantas,

podendo, em casos extremos, até causar a paralisação do crescimento. Esses sintomas foram semelhantes aos observados por Silva et al. (2009), Silva et al. (2011), Vieira et al. (2011), Corcioli et al. (2014), Camacho et al. (2014) e Valeri et al. (2014). Observou-se também enrugamento nas folhas velhas. De acordo com Wallau et al. (2008), esses sintomas promovem a estabilidade do crescimento, e as plantas ficam com porte reduzido e com folhas pequenas, o que, provavelmente, está relacionado às funções do N no interior da planta.

Deficiência de P

Os sintomas começaram a se manifestar aos 30 dias, com o aparecimento de manchas verde claras ou amareladas nas folhas mais velhas, que progrediram para todo o limbo, promovendo seca e queda das folhas. Esses sintomas também foram descritos por Corcioli et al. (2014). Algumas folhas, tanto novas quanto velhas apresentaram clorose e enrugamento nas bordas, resultado também observado por Vieira et al. (2011) e Valeri et al. (2014). Em algumas mudas, também se observou ponteira morta, o que provocou bifurcações, aspecto indesejado na produção de mudas.

Deficiências de K

As folhas velhas apresentaram manchas cloróticas por todo o limbo após 30 dias, e, após 90 dias, se tornaram totalmente secas e caíram, semelhante ao descrito por Corcioli et al. (2014). De acordo com Faquin (2005), isso ocorre devido ao acúmulo da poliamina putrescina, causado pela redução na síntese protéica e acúmulo de aminoácidos básicos em plantas deficientes em K. As mudas também apresentaram ponteira morta e consequente bifurcação.

Deficiências de Ca

Após 30 dias, observaram-se folhas novas e velhas com manchas amareladas, que atingiram todo o limbo, ocorrendo a queda. Algumas folhas apresentaram, ainda, o ápice enrugado. Aos 60 dias, as ponteiros das mudas secaram o que causou bifurcações, sintoma também observado por Silva et al. (2009) e Valeri et al. (2014). De acordo com Malavolta (2006), a insolubilidade dos compostos de Ca na planta e sua localização na célula explicam, em parte, a falta de redistribuição em condições de deficiência, o que provoca o aparecimento de sintomas de carência em órgãos ou partes mais novas. Quando há deficiência, as membranas começam a “vazar”, a compartimentação celular é rompida e a ligação do Ca com a pectina da parede celular é afetada.

Deficiência de Mg

As plantas apresentaram folhas velhas amareladas com queda aos 30 dias, ou somente, manchas verde claras. Uma das funções de Mg é compor a molécula da clorofila, como relatado por Malavolta et al. (1997) e Silva et al. (2011). A queda das folhas também foi observada por Silva et al. (2009) e Valeri et al. (2014). Observou-se ainda, enrugamento das bordas de folhas velhas e ponteira morta com consequente bifurcação. De acordo com Mengel; Kirkby (2001), os sintomas de deficiência de Mg ocorrem, inicialmente, nas folhas mais velhas, com amarelecimento internerval ou clorose e, em casos extremos, tornam-se necróticas, diminuindo a concentração de clorofila.

Deficiência de S

Após 30 dias, as folhas novas e velhas apresentaram pequenos pontos

com manchas amareladas ou coloração verde mais claro tornando-se, após 15 dias, totalmente amareladas, até caírem. Como o S é constituinte essencial das proteínas, sua deficiência resulta na inibição da síntese de proteínas e aminoácidos, contendo esse elemento, como, por exemplo, a metionina e a cisteína (MARSCHNER, 1995). Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Wallau et al. (2008), Silva et al. (2009), Vieira et al. (2011) e Camacho et al. (2014). Observou-se a ponteira morta e consequente bifurcação. Os sintomas foram semelhantes aos observados na omissão de N, porém, as deficiências de S foram verificadas com maior intensidade nas folhas novas, porque o S é pouco móvel nas plantas.

Concentrações de macronutrientes

As concentrações de macronutrientes nas partes aérea e radicular das mudas de *Tabebuia ochraceae* estão apresentadas na tabela 2.

Concentração de N

As maiores concentrações de N foram encontradas na parte aérea das mudas, indicando fácil mobilidade, com valores significativamente superiores no tratamento com omissão de K e, em geral, semelhantes aos observados por Benedetti et al. (2009), Moretti et al. (2011) e Vieira et al. (2011). Wallau et al. (2008) também observaram aumento na concentração de N devido à omissão de K em mudas de *Swietenia macrophylla*, o que, segundo Souza et al. (2010) é devido à competição entre N e K. De acordo com Zhang et al. (2010), esse antagonismo pode ser atribuído como simples efeito competitivo, no mesmo sítio de absorção. A concentração de N foi

Tabela 2 – Concentrações de macronutrientes, em g.kg⁻¹, na parte aérea e radicular de mudas de *Tabebuia ochracea* submetidas às omissões de macronutrientes

Trat.	Parte aérea					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	20,55 ab	19,82 a	7,92 ab	5,03 a	4,50 a	2,80 bc
-N	13,25 c	8,16 b	8,58 ab	5,17 a	2,50 ab	3,71 ab
-P	21,84 ab	8,51 b	6,50 ab	5,07 a	4,50 a	4,81 a
-K	22,96 a	6,73 b	6,83 b	5,20 a	2,00 b	1,20 de
-Ca	16,71 bc	11,78 b	8,67 ab	5,27 a	3,00 ab	1,52 cde
-Mg	17,55 bc	6,05 b	9,50 a	5,23 a	1,50 b	0,52 e
-S	16,99 bc	12,88 ab	8,58 ab	5,20 a	2,50 ab	2,32 bcd
CV (%)	10,32	26,23	10,69	1,89	27,38	21,85
Trat.	Parte radicular					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	9,33 abc	5,21 a	6,75 a	5,23 a	3,00 a	2,07 ab
-N	7,08 c	6,63 a	7,17 a	5,13 a	3,50 a	2,59 a
-P	12,23 ab	4,93 a	6,33 a	5,13 a	3,00 a	2,22 ab
-K	13,44 a	4,74 a	5,83 a	5,17 a	2,00 a	0,91 b
-Ca	8,68 bc	6,35 a	6,75 a	5,27 a	3,50 a	1,84 ab
-Mg	11,11 abc	4,73 a	6,42 a	5,20 a	2,50 a	1,57 ab
-S	11,76 ab	5,72 a	6,33 a	5,27 a	2,00 a	1,60 ab
CV (%)	14,16	14,89	10,43	1,61	26,27	26,42

Fonte: Vieira, C. R. et al. (2014).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

reduzida ao omitir N, Ca, Mg e S com valores significativamente menores na omissão de N, tanto na parte aérea quanto na radicular. Considerando a recomendação de Malavolta et al. (1997), para as concentrações de N, 12 e 35 g.kg⁻¹, em espécies florestais, verificou-se que todos os tratamentos disponibilizaram concentrações adequadas de N na parte aérea das mudas de *Tabebuia ochraceae*. Isto confirma os resultados em que as concentrações de macronutrientes presentes

nas soluções nutritivas não são adequadas para a verificação de sintomas de deficiências para a espécie estudada.

Concentração de P

As maiores concentrações de P foram encontradas na parte aérea das mudas, destacando-se no tratamento completo, resultado esperado nesse tipo de estudo, pois P é móvel na planta. As omissões de N, de P, de K, de Ca e de Mg reduziram

as concentrações de P na parte aérea das mudas. Observando a adequação dessas concentrações, segundo recomendações de Malavolta et al. (1997) verificou-se que todos os tratamentos proporcionaram concentrações de P acima da recomendada, pois a faixa é de 1,0 e 2,3 g.kg⁻¹. Prado; Vidal (2008) sugerem que a elevação dos teores de alguns nutrientes seja pelo efeito de concentração, pois o menor crescimento pode ter concentrado os nutrientes no tecido vegetal. Resultado similar já foi relatado por Marques et al. (2004), em *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke e Maia et al. (2014) em *Jatropha curcas*, que explicaram que, se os nutrientes ficam concentrados na biomassa produzida, isso pode acarretar altos teores de nutrientes, mesmo em plantas de menor porte.

Concentração de K

As maiores concentrações de K também foram observadas na parte aérea das mudas de *Tabebuia ochraceae*, pois o K é móvel na planta, por ter facilidade em ser translocado e redistribuído pelo floema. Apresentando médias semelhantes aos observados por Vieira et al. (2011), entre 6,33 g kg⁻¹ e 7,83 g kg⁻¹ e Valeri et al. (2014), entre 5,34 g kg⁻¹ e 14,10 g kg⁻¹. As maiores concentrações foram verificadas em mudas submetidas à omissão de Mg, devido à interação negativa entre K e Mg já que competem pelo mesmo sítio de absorção nas plantas. Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2006), em que houve aumento na concentração de K ao omitir Mg. Segundo Mendonça et al. (1999), existe um antagonismo entre Ca, Mg e K, em que o aumento na concentração de um desses elementos implica a diminuição da absorção

dos outros. As menores concentrações foram observadas nas mudas submetidas à omissão de K. Porém, em todos os tratamentos se observou concentrações de K menores que as recomendadas para espécies florestais, segundo Malavolta et al. (1997), entre 10 e 15 g.kg⁻¹, em todos os tratamentos, provavelmente devido as concentrações de K nas soluções nutritivas. Indicando um baixo requerimento em K já que a espécie não apresentou limitações no crescimento em altura, em diâmetro e na produção de biomassa da parte aérea quando submetidas à omissão de K, portanto, não apresentou essa deficiência.

Concentração de Ca

Segundo Malavolta et al. (1997), as concentrações de Ca na parte aérea de espécies florestais estão entre 3,0 e 12 g.kg⁻¹. Em todos os tratamentos as concentrações desse elemento estiveram dentro da faixa adequada, entre 5,03 g kg⁻¹ e 5,27 g kg⁻¹ o que corrobora com os dados de crescimento, em que a omissão de Ca pouco limitou o crescimento em altura e em diâmetro das mudas.

Concentração de Mg

As mudas do tratamento completo (4,50 g kg⁻¹) e as da omissão de P (4,50 g kg⁻¹) apresentaram concentrações de Mg significativamente superiores, na parte aérea. Com valores semelhantes aos observados por Moretti et al. (2011), entre 1,40 g kg⁻¹ e 4,80 g kg⁻¹ e Vieira et al. (2011), entre 3,00 g kg⁻¹ e 6,50 g kg⁻¹. Já as omissões de K e Mg foram as que mais reduziram as concentrações de Mg. Todos os tratamentos apresentaram concentrações consideradas adequadas para espécies florestais, entre 1,5 e 5 g.kg⁻¹, de acordo com Malavolta et al. (1997).

Concentração de S

As maiores concentrações de S na parte aérea foram observadas nas omissões de N e de P, com valores semelhantes aos observados por Carlos et al. (2014), entre 0,33 g.kg⁻¹ e 7,23 g.kg⁻¹. As omissões de K, Ca, Mg e S reduziram a concentração de S, o que pode ter ocorrido devido a uma interação entre esses elementos, no entanto, mesmo com essa redução, todos os tratamentos (exceto no caso da omissão de Mg) proporcionaram concentrações de S acima das recomendadas por Malavolta et al. (1997) entre 1,4 e 2,0 g.kg⁻¹. Esse fato também foi observado por Wallau et al. (2008), em mudas de *Swietenia macrophylla*. Em relação à parte radicular, as maiores concentrações de S foram observadas na omissão de N (2,59 g.kg⁻¹), e as menores, na omissão de K (0,9 g.kg⁻¹).

Conclusões

Os sintomas de deficiências em mudas de *Tabebuia ochracea* podem ser facilmente

descritos, pois a espécie exige substratos mais férteis durante a fase inicial de crescimento.

O crescimento inicial em altura e em diâmetro foi limitado pela omissão de P e a produção de massa seca nas partes aérea e radicular, pelas omissões de N, K e Ca.

A omissão de Mg não limitou o crescimento em altura e a produção de massa seca na parte aérea das mudas e a omissão de S não reduziu o crescimento radicular bem como a produção de massa seca das raízes, sugerindo baixa demanda por Mg e S na fase inicial de crescimento.

Os macronutrientes mais absorvidos pela *Tabebuia ochraceae* foram N, P e K, sugerindo maior demanda desses na fase inicial de crescimento dessa espécie.

Agradecimento

Ao técnico do viveiro florestal da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Sr. Divino Teixeira, pelo apoio à pesquisa.

Referências

BENEDETTI, E. L.; WINK, C.; SANTIN, D.; SEREDA, F.; ROVEDA, L. F.; SERRAT, B. M. Crescimento e sintomas em mudas de espinheira-santa com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.2, 0.353-343, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v39i2.14560>

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, v.40, n.94, p.213-221, 2012.

CAMACHO, M. A.; CAMARA, A. P.; ZARDIN, A. R. Diagnose visual de deficiência de nutrientes em mudas de *Bombacopsis glabra*. **Cerne**, v.20, n.3, p.427-431, 2014.

CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M.; GARCIA, M. B.; FARIAS, E. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Floresta**, Santa Maria, v.24, n.1, p.13-21, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509813318>

CHAMINADE, R. Recherches sur fertlilite et la fertilisation des sols em régions tropicales. **Agronomie Tropicale**, Montpellier, v.27, n.9, p.891-904, 1972.

CORCIOLI, G.; BORGES, J. D.; JESUS, R. P. Sintomas de deficiência nutricional de macronutrientes em mudas de *Kbaya ivorensis* cultivadas em solução nutritiva. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.34, n.78, p.159-164, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2014.pfb.34.78.641>

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, 2004.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p.91-107.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de teca em um Latossolo de textura média. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.4, p.693-702, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050987551>

FEITOSA, D. G.; MALTONNI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R.; PAIANO, M. O. Crescimento de mudas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.401-411, 2011.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. **Viveiros florestais**: propagação sexuada. Viçosa: UFV, 2004. 116p.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.2, p.219-228, 2012.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v.2. 4. ed. São Paulo: Nova Odessa, 2002. 368p.

MAIA, J. T. L. S.; BONFIM, F. P. G.; GUANABENS, R. E. M.; TRENTIN, R.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-manso cultivadas em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.5, p.723-731, 2014.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTI NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e abubação dos citros**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato, 1989. 153p.

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 Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

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

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.

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

MATOS, G. S. B.; SILVA, G. R.; GAMA, M. A. P.; VALE, R. S.; ROCHA, J. E. C. Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v.42, n.4, p.491-500, 2012.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

MORETTI, B. S.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, S. I. C.; FURTINI, I. V.; MAGALHÃES, C. A. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v.17, n.4, p.453-463, 2011.

OLIVEIRA, I. **Ipê amarelo**. 2014. Disponível em: <<http://arq.sefaz.ms.gov.br/age/Balanco2005/nossacapa.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

PRADO, R. M.; VIDAL, A. A. Efeitos da omissão de macronutrientes em solução nutritiva sobre o crescimento e a nutrição do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.3, p.208-214, 2008.

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

SILVA, E. B.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JUNIOR, P. S. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.392-397, 2009.

SILVA, R. C. B.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F. Sintomas de deficiências nutricionais e matéria seca em plantas de nim, cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.17, n.1, p.17-22, 2011.

- SILVA, F. A. S. **Assistat® versão 7.6 beta**. Campina Grande: 2011.
- SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, Lavras, v.17, n.3, p.247-352, 2011.
- SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, L. R. G. Adubação mineral do ipê-roxo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.261-270, 2006.
- SOUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**, Manaus, v.40, n.3, p.515-522, 2010.
- SOUZA, M. F.; MARTINS, M. Q.; SILVA, M. F. O.; COELHO, R. I. Omissão de macronutrientes em mudas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* [Jacq.] Baill) cultivadas em solução nutritiva. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.30, n.1, p.41-45, 2012.
- STAHL, J.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; CHAVES, D. M.; NEVES, C. U. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.287-295, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050989275>
- VALERI, S. V.; PIZZAIA, L. G. E.; SÁ, A. F. L.; CRUZ, M. C. P. Efeitos da omissão de nutrientes em plantas de *Caesalpinia echinata*. **Cerne**, Lavras, v.20, n.1, p.73-80, 2014.
- VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F.; COSTA, A. C.; SOUZA, T. R. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Floresta**, Curitiba, v.41, n.4, p.789-796, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v41i4.25343>
- WALLAU, R. L. E.; SOARES, A. P.; CAMARGOS, S. L. Concentração e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.6, n.1, p.1-12, 2008.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa: UFV, 2009. 272p.
- ZHANG, F.; NIU, J.; ZHANG, W.; CHEN, X.; LI, C.; YUAN, L.; XIE, J. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. **Plant and Soil**, v.335, p.21-34, 2010.