

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE TAXI-BRANCO
(*Sclerolobium paniculatum* Voguel) EM RESPOSTA À OMISSÃO
DE MACRONUTRIENTES¹**

**Tathiane Santi SARCINELLI²
Leila de Souza LYNCH³
Emerson Silva RIBEIRO Jr.⁴
Luiz Eduardo DIAS⁵**

RESUMO: O taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) é uma espécie leguminosa arbórea nativa da região amazônica, de caráter pioneiro e boa produção de biomassa. Para o melhor aproveitamento do potencial da espécie, seja para plantios comerciais ou para a recuperação de áreas degradadas, é necessária melhor compreensão de suas características nutricionais. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento de mudas de taxi-branco submetidas a diferentes soluções nutritivas com ausência de macronutrientes. Sementes de taxi-branco foram escarificadas mecanicamente e colocadas para germinar em leito de areia lavada, sendo posteriormente repicadas para recipientes de 1/2 litro. Durante a formação das mudas, estas receberam solução nutritiva completa. Os tratamentos constituíram-se de 7 soluções nutritivas: 1) Solução completa (SC); 2) SC -N; 3) SC -P; 4) SC -K; 5) SC -Ca; 6) SC -Mg; 7) SC -S. O tratamento -N resultou em menor produção de matéria seca total, o que evidencia a grande demanda de N exigida pelas espécies leguminosas. O decréscimo na produção de matéria seca total apresentou-se na seguinte ordem: -N > -K, -S > -Mg, -Ca > -P > SC. Houve manifestação de sintomas de deficiência para todos os macronutrientes.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Espécies Nativas, Recuperação de Áreas Degradadas, Nutrição Mineral, Deficiência Nutricional, Macronutrientes.

**GROWTH OF SEEDLINGS OF WHITE-TAXI (*Sclerolobium
paniculatum* Voguel) AS A FUNCTION OF MACRONUTRIENTS
OMISSION FROM A NUTRITIVE SOLUTION**

ABSTRACT: The white-taxi (*Sclerolobium paniculatum*) is tree leguminous specie native of the Amazon region with a pioneer character and good production of biomass. In order to take advantage of the potential of this specie for commercial plantings or the reclamation of degraded areas it is necessary a better understanding of its nutritional status. The objective of this work was to determine

¹ Aprovado para publicação em 21.06.2004

² Engenheira Florestal, Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Bolsista CAPES

³ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas da UFV, Bolsista CAPES.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Bolsista da Fundação Arthur Bernardes – FUNARBE.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da UFV, Bolsista CNPq.

the behavior of seedlings of white-tachi submitted to different nutritive solutions with absence of macronutrients. Seeds of white-tachi were subjected to a mechanical dormancy break and put to germinate in a substrate of washed sand and subsequently replanted to vases of 1/2 liter. These seedlings received a complete nutritive solution during its formation. The treatments were: 1) Complete Solution (SC); 2) SC -N; 3) SC -P; 4) SC -K; 5) SC -Ca; 6) SC -Mg; 7) SC -S. The omission of N from the complete solution (SC-N) decreased total dry matter production of white-tachi, suggesting a high N requirement by the legume specie. The decrease in the total dry matter production was in the following order: -N > -K, -S > -Mg, -Ca > -P > SC. White-tachi showed deficiency symptoms of all macronutrients.

INDEX TERMS: Native Species, Reclamation of Degraded Areas, Mineral Nutrition, Nutritive Deficiency, Macronutrients.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vêm sendo desenvolvidas diferentes metodologias para a recuperação de áreas degradadas no Brasil, a maioria baseada na busca de um método de rápida cobertura vegetal do terreno (GRIFFITH; DIAS; JUCKSCH, 1994). Dentre as diversas espécies utilizadas para este fim, as leguminosas florestais de rápido crescimento têm se destacado. Neste grupo enquadra-se o taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel), espécie pertencente à subfamília Caesalpinaceae das leguminosas, nativa da região amazônica, que apresenta elevada produção de biomassa (CARPANEZZI; MARQUES; KANASHIRO, 1983), capacidade de associar-se com bactérias do gênero *Rhizobium* e com fungos micorrízicos (THOMAZ et al., 2001).

O taxi-branco tem mostrado comportamento silvicultural extremamente promissor em plantios experimentais (BRIENZA Jr.; DIAS; PEREIRA, 1996), fato que é reforçado por suas características ecológicas: é uma espécie pioneira,

agressiva, aparecendo em ampla faixa de condições climáticas edáficas, inclusive em algumas terras marginais, como em cerradões sob solos mais arenosos e distróficos. A madeira desta espécie apresenta características comparáveis àquelas usadas no Sul do Brasil, em se tratando de sua utilização como fonte de energia (TOMASELLI et al., 1983). Além disso, esta espécie é muito utilizada para construção civil, arborização urbana, paisagismo (IPEF, 2003), como, também, para carpintaria e marcenaria (THOMAZ et al., 2001).

Em Porto Trombetas (PA), o taxi-branco, também conhecido como taxi da terra firme, vem sendo utilizado tanto no reflorestamento de estéril como nos tanques de rejeito, mostrando boa capacidade de adaptação e produção de biomassa. Apesar de apresentar um crescimento radicular não muito expressivo, fato que causou tombamento de alguns exemplares pela ação de ventos, seu uso não pode ser dispensado nos programas de revegetação de áreas mineradas em Porto Trombetas.

Para o melhor uso dessa espécie, seja para plantios comerciais, seja para recuperação de áreas degradadas associadas a outras espécies, faz-se necessária melhor compreensão de suas características nutricionais. A diagnose nutricional consiste em comparar o aspecto da amostra com o do padrão. Na maior parte dos casos, compara-se o de um órgão, geralmente a folha. Se houver falta ou excesso de um dado elemento, isto será traduzido em anormalidades visíveis, possibilitando o conhecimento dos sintomas visuais de deficiência de determinados nutrientes.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a sintomatologia visual das carências de macronutrientes e avaliar a produção de matéria seca, o teor e o conteúdo de nutrientes nas raízes e na parte aérea de plantas de *Sclerolobium paniculatum* Voguel, submetidas a diferentes soluções nutritivas com exclusão de macronutrientes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *Sclerolobium paniculatum* Voguel, procedentes da região de Porto Trombetas (PA), foram escarificadas com lixa, de modo a quebrar a dormência e semeadas em leito de areia lavada com ácido muriático e, posteriormente, com água até pH em torno de 6. Após nove semanas da emergência, as mudas foram repicadas para recipientes individuais de 1/2 litro, também tendo areia como substrato. Durante todo o período de formação das mudas, anterior à aplicação dos tratamentos, foi fornecida solução nutritiva completa às plantas, segundo Dias, Faria e Franco (1994).

Em experimento previamente conduzido, após a obtenção das plântulas, estas foram colocadas em solução nutritiva completa para que adquirissem biomassa suficiente para a indução de deficiências nutricionais. No entanto, estas não apresentaram desenvolvimento satisfatório. Alguns fatores podem estar associados a este comportamento, como o balanceamento da solução nutritiva, deficiência de oxigenação ou questões relativas à dependência da espécie frente ao ambiente propício para o desenvolvimento radicular. Desta maneira, optou-se pela utilização de leito de areia lavada para a condução de todas as fases do experimento.

Quando as plantas estavam com seis meses, foram aplicados os tratamentos, envolvendo sete soluções nutritivas distintas (Tabela 1): a) Solução nutritiva completa (SC); b) SC menos N (-N); c) SC menos P (-P); d) SC menos K (-K); e) SC menos Ca (-Ca); f) SC menos Mg (-Mg) e g) SC menos S (-S). O ensaio foi conduzido em casa de vegetação num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, perfazendo um total de 21 unidades experimentais constituídas pelos vasos com uma planta cada.

Noventa dias após a aplicação dos tratamentos, procedeu-se à colheita do ensaio. Os tratamentos foram avaliados quanto à produção de matéria seca de raízes, folhas novas, velhas e ramos + caule. À exceção dos nódulos, as demais partes das plantas foram submetidas à digestão nitro-perclórica, para determinação dos teores de Ca e Mg (espectrometria de absorção atômica), K (fotometria de chama), S (turbidimetria) e P (colorimetria). Os teores de N foram determinados pelo método semimicro Keljdhall.

Tabela 1 – Concentração de nutrientes das soluções nutritivas utilizadas nos diferentes tratamentos¹

Tratamento ²	N	P	K	Ca	Mg	S
	mMol/L					
SC ^{3/}	5,5	0,7	2,0	1,4	0,3	0,3
-N	–	0,7	2,0	1,4	0,3	0,3
-P	5,5	–	2,0	1,4	0,3	0,3
-K	5,5	0,7	–	1,4	0,3	0,3
-Ca	5,5	0,7	2,0	–	0,3	0,3
-Mg	5,5	0,7	2,0	1,4	–	0,3
-S	5,5	0,7	2,0	1,4	0,3	–

¹ Micronutrientes aplicados, em dose única, a todos os tratamentos (RUIZ, 1986).

² As concentrações de Ca e Mg foram reduzidas à 1/3 da original e a dos demais nutrientes a 1/2.

³ Solução nutritiva completa.

As plantas foram monitoradas quanto ao aparecimento de sintomas de deficiências nutricionais. Quando do aparecimento, estes foram descritos e fotografados tomando-se as plantas com sintomas e comparando-as com plantas testemunhas, que receberam solução nutritiva completa.

Os valores de matéria seca de parte aérea e de raízes e os teores e conteúdos de macronutrientes nas diferentes partes das plantas foram submetidos à análise de variância e os valores médios comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA VEGETAL

De acordo com Teles et al. (1999), programas de recuperação ambiental que utilizam o potencial das espécies leguminosas podem ser prejudicados pelo baixo

estabelecimento e desenvolvimento inicial de mudas, em consequência de limitações químicas, que pode tanto ser pelo fornecimento inadequado de nutrientes essenciais à planta ou pela toxidez de elementos que inibem o desenvolvimento das raízes.

No presente trabalho, observou-se também certa dificuldade na formação das mudas de taxi-branco, que apresentaram crescimento lento e, também, alta mortalidade. Estes problemas podem ser solucionados por meio da utilização de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e estirpes de rizóbio específicas, cujas interações benéficas favorecem a absorção de nutrientes e água, bem como a fixação de N₂ e uma maior tolerância a estresses diversos (SOUZA; SILVA, 1996).

Analisando-se a produção de biomassa nas mudas dos diversos tratamentos, notou-se que as plantas do tratamento -N

apresentaram menor produção de matéria seca de folhas (MSF), seguida daquelas dos tratamentos -K e -S (Tabela 2). As mudas que receberam solução nutritiva ausente em P ficaram atrás apenas daquelas que receberam solução nutritiva completa (SC) em produção de MSF. A mesma tendência da MSF foi observada para a matéria seca de caule + ramos (MSCR) e, conseqüentemente, para a matéria seca da parte aérea (MSPA), que é a soma da MSF e MSCR.

Quanto à produção total de matéria seca (MST), as mudas do tratamento -SC foram as que apresentaram produção superior, seguidas daquelas do tratamento -P. A fase inicial de crescimento das plantas certamente possibilitou o acúmulo de P em quantidades suficientes para promover a formação de biomassa a um nível que não se diferenciou daquela produzida pelas plantas submetidas à SC. Comportamento semelhante também foi observado para

plantas de *Acacia holosericea* submetidas à solução nutritiva ausente de P, cuja produção de biomassa foi superior àquela produzida pelas plantas submetidas à solução completa (SARCINELLI et al., 2004).

Em um experimento analisando a influência da inoculação de fungos micorrízicos e níveis crescentes de P no crescimento inicial do taxi-branco, Teles et al. (1999) observaram que a inoculação com FMA favoreceu a acumulação de matéria seca total da planta nos menores níveis de P. A inoculação também favoreceu a nodulação das plantas e o maior crescimento das mudas pode ter sido beneficiado tanto pelo melhor suprimento de P, favorecido tanto pela micorriza, quanto pelo maior aporte de N, favorecido pela fixação biológica de N₂. Estes resultados mostraram, por um lado, a baixa exigência nutricional, e, por outro, a alta dependência micorrízica do taxi-branco.

Tabela 2 – Produção de matéria seca das folhas novas (MSFN), das folhas velhas (MSFV), dos ramos + caule (MSRC), das raízes (MSR) e total (MST) de *Sclerolobium paniculatum*, obtidas com os diferentes tratamentos

Trat.	MSF	MSCR	MSPA	MSR	MST
	————— g/vaso —————				
SC	7,475 A	2,035 A	9,510 A	0,830 A	10,340 A
-N	1,180 C	0,500 C	1,680 C	0,540 A	2,220 C
-P	5,305 AB	1,710 AB	7,015 AB	0,840 A	7,855 AB
-K	2,170 BC	0,620 C	2,790 BC	0,465 A	3,255 BC
-Ca	4,160 ABC	1,230 ABC	5,390 ABC	0,930 A	6,320 ABC
-Mg	3,885 ABC	0,970 BC	4,855 ABC	0,515 A	5,370 ABC
-S	2,660 BC	0,740 BC	3,400 BC	0,675 A	4,075 BC

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "t" ao nível de 5% de probabilidade.

A ausência de N resultou em menor produção de matéria seca total (MST) das mudas, o que evidencia a grande demanda de N exigida pelas espécies da família Leguminosae (THOMPSON; SMITH; MADISON, 1986). Comparativamente às mudas do tratamento com solução completa (SC), as dos demais tratamentos resultaram em decréscimo de produção de MST, que se manifestou na seguinte ordem: -N > -K, -S > -Mg, -Ca > -P > SC.

A produção de matéria seca nos diferentes órgãos do taxi-branco no tratamento SC em ordem decrescente foi: MST > MSPA > MSF > MSCR > MSR, resultado este idêntico ao obtido por Thomaz et al (2001) quando do estudo da produção de matéria seca do taxi-branco em função da idade das mudas. A baixa produção de matéria seca de raízes (MSR) pode ser devida à grande necessidade desta espécie em estabelecer relações benéficas com a microbiota existente na rizosfera de sua região de ocorrência natural ou mesmo em função de ser uma característica genética desta espécie não apresentar um crescimento radicular muito expressivo.

3.2 SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS OBSERVADOS, TEORES E CONTEÚDOS DE NUTRIENTES NOS TECIDOS

Os sintomas visuais observados para as folhas de taxi-branco em função da omissão de macronutrientes são apresentados na Figura 1.

Como as reações metabólicas são bastante integradas, uma perturbação

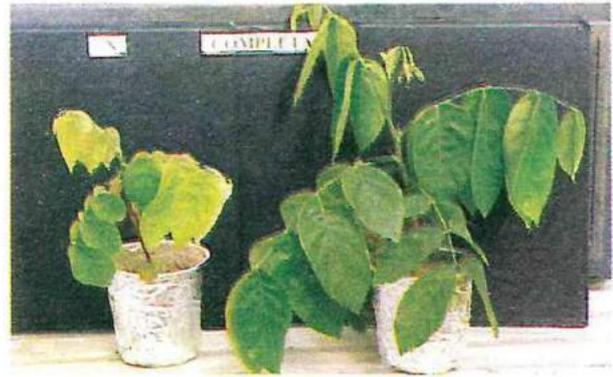
específica causada por um determinado nutriente pode desencadear uma série de reações, que levam a uma sintomatologia geral como o enfezamento, a clorose ou a necrose (PERES, 2003). Assim, é muito difícil diagnosticar qual nutriente está em falta a partir da observação de sintomas de deficiência, devendo-se, para tal, proceder-se à chamada análise foliar. Através desta análise, pode-se quantificar os nutrientes presentes nos tecidos vegetais e saber qual deles está presente em quantidades consideradas subótimas de modo a corrigir sua deficiência no solo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989), da mesma maneira que conhecer algumas interações que ocorrem entre os diversos nutrientes mediante determinada deficiência.

A deficiência de N apresentou toda a sintomatologia padrão que ocorre em situações de deficiência deste nutriente (Quadro 1). Inicialmente, as folhas mais velhas apresentaram clorose, devido à alta mobilidade deste nutriente no floema e ao fato do N, da mesma forma que o Mg e o Fe, ser um elemento envolvido na formação da molécula de clorofila, conforme a fórmula empírica: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ (DEVLIN, 1969).

Com o aumento do tempo de omissão deste nutriente, o sintoma manifestou-se, também, nas folhas novas. Como não foi realizada a nodulação das raízes das plantas, não ocorreu fixação simbiótica de N_2 . Desta forma, as plantas que receberam o tratamento -N sofreram muito com a ausência de N, o que resultou em plantas de pequeno porte e menor produção de matéria seca dentre todos os tratamentos (Tabela 3).



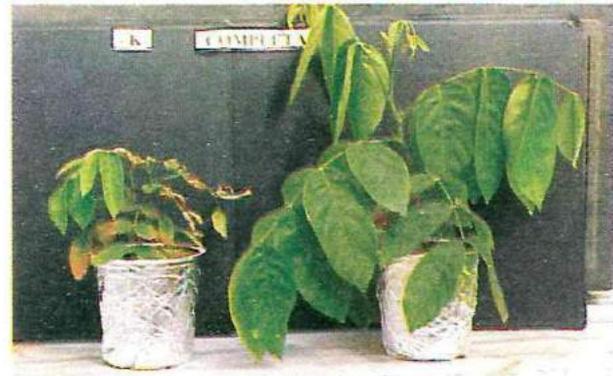
(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Figura 1 – Sintomas de deficiência nutricional em muda de *Sclerolobium paniculatum* submetidas às diferentes soluções nutritivas com omissão de macronutrientes. (A) Comparação entre muda que recebeu solução nutritiva completa (SC) e que recebeu o tratamento. -N; (B) SC-P; (C) SC-K; (D) SC-Ca; (E) SC-Mg; (F) SC-S.

Quadro 1 – Sintomas visuais de deficiência nutricional apresentados pelas plantas de *Sclerolobium paniculatum*, submetidas aos diferentes tratamentos

Nutriente	Sintoma Visual da Deficiência
N	Redução no tamanho de folhas. Folhas com clorose generalizada.
P	Redução no tamanho de folhas. Folhas mais velhas com coloração verde escura e encurvamento dos bordos foliares.
K	Drástica redução no crescimento de folhas (comprimento muito maior que largura). Necrose de folhas velhas, iniciando pelas pontas e bordas e progredindo em forma de “V” invertido para o centro do limbo foliar.
Ca	Redução no tamanho de folhas. Folhas novas com clorose generalizada.
Mg	Folhas velhas com clorose internerval.
S	Folhas novas com clorose generalizada.

Tabela 3 – Teores e conteúdos de N nas folhas velhas (FV) de plantas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	Teor	Conteúdo
	dag/kg	
SC	0,293 A	142,582 A
-N	0,164 A	10,959 C
-P	0,297 A	112,479 AB
-K	0,193 A	51,782 BC
-Ca	0,329 A	99,464 AB
-Mg	0,182 A	94,115 AB
-S	0,239 A	47,866 BC
CV (%)	43,58	45,65

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de “t” ao nível de 5% de probabilidade

As mudas dos tratamentos -N, -Mg e -K foram as que apresentaram, respectivamente, os menores teores de N nas folhas velhas (Tabela 4). Já as maiores concentrações deste nutriente foram observadas nas plantas dos tratamentos -Ca, -P e SC. No entanto, analisando-se estatisticamente esses dados, não há diferença entre os teores de N entre todos os tratamentos. O conteúdo de N nas folhas velhas da planta apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 3). As plantas do tratamento -N foram as que apresentaram menor conteúdo de N, seguidas das plantas dos tratamentos -S e -K. O maior conteúdo de N foi observado nas plantas do tratamento SC.

A deficiência de P foi a que menos afetou a produção de matéria seca total das plantas (Tabela 2). As folhas mais velhas das plantas do tratamento -P apresentaram curvamento nas bordas e coloração verde mais intensa que a das folhas novas, o que pode ser observado comparando-as com o controle (tratamento SC). O sintoma típico de deficiência de P encontrado na literatura, que não foi observado nas plantas de taxi-branco, é o aparecimento de pontos arroxeados internervais, pois na ausência deste nutriente os carboidratos não usados no seu metabolismo podem ser usados para a biossíntese de antocianinas e acumulação deste pigmento (PERES, 2003).

Os maiores teores foliares de P foram observados nas plantas do tratamento -N (Tabela 4), ao passo que os maiores conteúdos foliares nas plantas do tratamento

SC (Tabela 5). Já o menor teor e conteúdo de P nas folhas velhas foi das plantas submetidas à solução ausente em P. Para as folhas novas, os menores conteúdos de P foram encontrados nas plantas dos tratamentos -K e -Ca, respectivamente. Nas raízes, as plantas do tratamento -P também apresentaram o menor teor e conteúdo. O maior teor de P nas raízes foi observado nas plantas do tratamento -K. Porém, os maiores conteúdos de P nas raízes foram encontrados nas plantas das soluções sem Ca e N.

De acordo com Thomaz et al. (2001), o fósforo é um elemento muito importante para a nutrição das leguminosas e para a fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Esta importância está relacionada, entre outros fatores, à demanda de energia (ATP) para o processo de fixação.

O potássio não é um componente estrutural da planta. No entanto, ele é um macronutriente, dado que está presente em altas concentrações no suco celular exercendo as funções de manter o turgor, controlar o movimento estomático, estabilizar o pH e regular o balanço iônico das células (DELL; MALAJCZUK; GROVE, 1995). O sintoma de deficiência de K foi similar ao encontrado normalmente para outras espécies, seguindo o padrão, como o ocorrido para a goiabeira, de acordo com Salvador, Moreira e Muraoka (1998), cujo sintoma mais tardio observado para a carência de K foram lesões necróticas, iniciando no ápice e caminhando, em forma de um V dos bordos para o centro do limbo. A necrose ocorreu pelo fato de poder ter havido um acúmulo de putrescina

(tetrametileno diamina), cuja síntese é desencadeada pela falta de K (EPSTEIN⁶, 1972; MALAVOLTA⁷, 1980, citados por SALVADOR; MOREIRA; MURAOKA, 1998). Além desse sintoma típico, também houve significativa redução no crescimento das folhas, que apresentaram o comprimento muito maior que a largura.

Tabela 4 – Teores de P nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN				FV				RC				RZ			
	—dag/kg—															
SC	0,597	B	1,133	C	1,441	AB	0,785	CD								
-N	1,860	A	3,357	A	1,992	AB	1,765	AB								
-P	0,338	B	0,404	D	0,473	C	0,345	D								
-K	0,633	B	2,146	B	2,201	A	1,949	A								
-Ca	0,446	B	1,376	C	1,400	B	1,094	C								
-Mg	0,620	B	1,939	B	1,519	AB	1,196	BC								
-S	0,753	B	2,146	B	2,047	AB	1,353	ABC								
CV	35,95		15,51		24,94		25,74									

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de “t” ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Conteúdo de P nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN				FV				RC				RZ			
	—mg/planta—															
SC	11,558	A	57,082	A	29,558	A	6,333	AB								
-N	6,577	B	26,655	CD	9,959	B	9,746	A								
-P	3,423	BCD	16,363	D	7,363	B	2,638	B								
-K	2,620	D	35,808	ABCD	13,017	B	8,557	AB								
-Ca	3,070	CD	46,757	ABC	17,392	AB	10,268	A								
-Mg	6,203	BC	53,923	AB	14,612	B	6,050	AB								
-S	5,726	BCD	26,655	CD	13,228	B	8,714	AB								
CV (%)	27,91		27,62		40,75		42,50									

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de “T” ao nível de 5% de probabilidade.

⁶ EPSTEIN, E. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. New York: J. Wiley, 1972. 412 p.

⁷ MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p.

O maior teor foliar de K foi observado nas plantas do tratamento -N (Tabela 6). Este resultado deve-se ao baixo peso seco das folhas deste tratamento, uma vez que o maior conteúdo foliar de K foi observado no tratamento SC (Tabela 7). Nas raízes, o maior conteúdo de K foi observado nas mudas que receberam solução ausente de Ca. As plantas que receberam tratamento -K apresentaram os menores teores e conteúdos de K em todas as suas partes, exibindo sintoma de deficiência e drástica redução no crescimento.

O sintoma de deficiência de Ca não apresentou o comportamento normalmente observado para outras espécies. As plantas do tratamento -Ca apresentaram as folhas novas menores quando comparadas ao tratamento SC e com clorose generalizada. O sintoma padrão de deficiência de Ca se manifesta pela presença de folhas novas curvadas, dado que a maioria do Ca presente na planta ocorre na parede celular, onde este se encontra associado com a pectina na lamela média (DELL; MALAJCZUK; GROVE, 1995). Estes mesmos autores observaram, em *Eucalyptus globulus*, folhas novas deficientes em Ca que apresentaram deformações e curvaturas ou tomaram a forma de uma foice.

Os teores de Ca mostraram-se inferiores em todas as partes das plantas

do tratamento -Ca (Tabela 8). O conteúdo de Ca é superior nas folhas velhas do que nas novas, dado à imobilidade deste nutriente no floema (Tabela 9). O conteúdo de Ca nas folhas velhas das plantas do tratamento SC foi cerca de três vezes maior do que nas folhas novas das plantas do mesmo tratamento. As plantas do tratamento SC apresentaram os maiores conteúdos de Ca na parte aérea.

As folhas mais velhas das plantas que receberam o tratamento -Mg apresentaram clorose internerval, que é um sintoma típico de deficiência de Mg. Esse padrão de clorose se dá porque a clorofila nas nervuras permanece inalterada por longos períodos quando comparada à clorofila das células ao redor das nervuras (PERES, 2003). Vale ressaltar que o magnésio, juntamente com o nitrogênio, também estão presentes na molécula de clorofila.

Os menores teores de Mg foram observados nas plantas do tratamento -Mg para todas as suas partes (Tabela 10). As mudas que receberam solução com omissão de Mg apresentaram os menores conteúdos deste nutriente no caule + ramos e nas raízes (Tabela 11). Os maiores teores foliares foram encontrados no tratamento -N e o maior teor nas raízes no tratamento -K. No entanto, nas folhas novas e velhas, o maior conteúdo de Mg foi observado nas plantas do tratamento SC.

Tabela 6 – Teores de K nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum*, submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— dag/kg —			
SC	11,558 A	57,082 A	29,558 A	6,333 AB
SC	1,712 B	2,247 B	1,764 A	1,617 BC
-N	2,405 A	2,835 A	1,773 A	2,147 A
-P	1,428 B	1,407 DE	1,628 A	1,890 AB
-K	0,659 C	0,788 F	0,521 C	0,315 D
-Ca	1,397 B	1,733 C	1,586 A	2,163 A
-Mg	1,439 B	1,628 CD	1,659 A	1,866 AB
-S	1,542 B	1,292 E	1,119 B	1,229 C
CV (%)	17,90	9,32	11,40	14,31

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "T" ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7 – Conteúdo de K nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— mg/planta —			
SC	36,134 A	117,590 A	33,825 A	13,721 AB
-N	8,807 B	22,497 BC	8,867 CD	11,845 ABC
-P	16,124 AB	61,469 B	28,708 AB	16,842 AB
-K	3,008 B	11,865 C	2,963 D	1,465 C
-Ca	9,890 B	58,968 B	19,656 ABC	20,166 A
-Mg	14,390 B	46,568 BC	16,176 BCD	9,926 ABC
-S	15,826 AB	20,931 BC	8,079 CD	7,524 BC
CV (%)	68,43	45,96	47,86	48,61

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "T" ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 – Teores de Ca nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— dag/kg —			
SC	0,5447 AB	0,741 A	0,657 A	0,437 B
-N	0,658 A	0,630 AB	0,605 AB	0,496 AB
-P	0,357 B	0,535 B	0,514 B	0,381 BC
-K	0,474 AB	0,621 AB	0,646 A	0,467 AB
-Ca	0,279 B	0,321 C	0,329 C	0,278 C
-Mg	0,408 AB	0,566 B	0,668 A	0,467 AB
-S	0,392 AB	0,590 AB	0,709 A	0,590 A
CV (%)	31,00	14,48	10,56	16,78

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de “T” ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9 – Conteúdo de Ca nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— mg/planta —			
SC	12,066 A	39,662 A	13,814 A	3,685 A
-N	2,250 B	4,997 B	3,023 B	2,701 A
-P	4,030 B	24,145 AB	9,035 AB	3,337 A
-K	1,965 B	10,354 B	3,961 B	2,076 A
-Ca	1,935 B	11,100 B	4,011 B	2,583 A
-Mg	4,076 B	15,946 B	6,468 AB	2,282 A
-S	3,679 B	10,022 B	5,041 B	4,013 A
CV (%)	80,21	52,69	62,17	56,80

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de “T” ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10 – Teores de Mg nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum*, submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— dag/kg —			
SC	0,077 BC	0,096 BC	0,149 AB	0,145 B
-N	0,107 A	0,143 A	0,212 A	0,206 AB
-P	0,057 C	0,071 CD	0,104 BC	0,117 BC
-K	0,064 BC	0,106 B	0,247 A	0,283 A
-Ca	0,083 B	0,080 BCD	0,215 A	0,133 BC
-Mg	0,033 D	0,046 D	0,030 C	0,026 C
-S	0,059 C	0,084 BC	0,184 AB	0,152 B
CV (%)	15,77	19,18	31,61	35,11

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "T" ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11 – Conteúdo de Mg nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum*, submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— mg/planta —			
SC	1,602 A	5,008 A	3,123 A	1,190 A
-N	0,390 B	1,135 B	1,058 BC	1,010 A
-P	0,604 B	3,149 AB	1,673 ABC	1,090 A
-K	0,293 B	1,788 B	1,685 ABC	1,230 A
-Ca	0,576 B	2,790 B	2,585 AB	1,236 A
-Mg	0,331 B	1,244 B	0,287 C	0,1319 B
-S	0,536 B	1,167 B	1,220 BC	0,7612 AB
CV (%)	56,35	46,910	47,30	38,00

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "T" ao nível de 5% de probabilidade.

O sintoma de deficiência de S também se mostrou semelhante ao padrão, com as folhas mais novas exibindo clorose generalizada. Também observou-se considerável redução da matéria seca de folhas (35,6% com relação ao tratamento com SC), devido ao S ser um dos constituintes dos aminoácidos essenciais cisteína e metionina (MARSCHNER, 1995), e estes, por sua vez, das proteínas, provocando inibição da síntese protéica e conseqüente paralisação no desenvolvimento foliar da planta. De acordo com Salvador, Moreira e Muraoka (1998), plantas de goiabeira deficientes em S apresentaram-se com as folhas do terço superior pequenas, cloróticas, estreitas, com os bordos formando uma concavidade para cima ou encanoadas, como uma colher.

Os teores e conteúdos de S foram inferiores nas plantas que receberam solução nutritiva com omissão de S para todos os órgãos da planta analisados (Tabelas 12 e 13). Nas raízes, as plantas submetidas à ausência de N também apresentaram baixo teor e conteúdo de S. Não foi possível detectar, por meio da metodologia utilizada, os valores de S nas folhas novas e no caule + ramos das plantas do tratamento -S. O maior conteúdo foliar de S foi encontrado nas mudas do tratamento SC e os maiores conteúdos radiculares de S naquelas dos tratamentos SC e -Ca. Nos caules + ramos, o maior conteúdo foi observado nas plantas da solução -P, seguida daquelas dos tratamentos SC, -Ca e -K.

Tabela 12 – Teores de S nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum*, submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	— dag/kg —			
SC	0,082 B	0,066 A	0,073 A	0,157 A
-N	0,307 A	0,059 A	0,021 A	0,023 C
-P	0,071 B	0,061 A	0,108 A	0,075 ABC
-K	0,017 B	0,078 A	0,113 A	0,059 BC
-Ca	0,088 B	0,053 AB	0,088 A	0,128 AB
-Mg	0,063 B	0,068 A	0,010 A	0,043 BC
-S	0,000 B ^{1/}	0,022 B	0,000 A ^{1/}	0,018 C
CV (%)	85,13	29,26	52,97	30,76

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "T" ao nível de 5% de probabilidade

^{1/} Abaixo do limite de resolução da metodologia.

Tabela 13 – Conteúdo de S nas folhas novas (FN), nas folhas velhas (FV), nos ramos + caule (RC) e nas raízes (RZ) de plantas de *Sclerolobium paniculatum*, submetidas aos diferentes tratamentos

Tratamento	FN	FV	RC	RZ
	mg/planta			
SC	1,470 A	3,302 A	1,604 AB	1,280 A
-N	1,021 AB	0,464 D	0,104 B	0,127 C
-P	0,731 B	2,609 AB	2,031 A	0,645 B
-K	0,122 C	1,237 CD	0,682 AB	0,266 C
-Ca	0,610 B	1,689 BC	1,132 AB	1,169 A
-Mg	0,631 B	1,916 BC	0,090 B	0,259 C
-S	0,000 C ^{1/}	0,402 D	0,000 B ^{1/}	0,136 C
CV (%)	36,00	34,66	70,01	30,58

Valores seguidos da mesma letra nas colunas diferem significativamente pelo teste de "T" ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} Abaixo do limite de resolução da metodologia.

4 CONCLUSÃO

O cultivo do taxi-branco em solução nutritiva apresentou sérias dificuldades para a condução inicial do experimento. A adoção de areia lavada como substrato permitiu o desenvolvimento adequado das plantas, possibilitando a observação de sintomas de deficiência nutricional para todos os tratamentos com omissão de macronutrientes, que, também, apresentaram redução de matéria seca e altura com relação ao tratamento SC.

Observou-se uma tendência de acúmulo de Ca nas raízes de todos os tratamentos com exclusão de macronutrientes, com exceção daquele referente a ausência deste elemento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIENZA Jr, S.; DIAS, L.E.; PEREIRA, C.A. Reclamation of degraded areas in Eastern Amazonian: the potential of *Sclerolobium paniculatum* Vogel. In: ANNUAL MEETING AMERICAN SOCIETY FOR SURFACE MINING AND RECLAMATION, 30., 1996, Knoxville. *Proceedings...* Knoxville: American Society for Surface Mining and Reclamation, 1996 p. 863-870.
- CARPANEZZI, A.A.; MARQUES, L.C.T.; KANASHIRO, M. *Aspectos ecológicos e silviculturais de taxi-branco-da-terra-firme (Sclerolobium paniculatum)*. Curitiba: EMBRAPA/URFCS, 1983. 10p. (Circular Técnica, 8).

- DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. *Nutrient disorders in plantation eucalypts*. Canberra: BPD Graphic Associates, 1995. 110p. (ACIAR Monograph, 31).
- DEVLIN, R.M. *Plant physiology*. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1969.
- DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes. *Revista Árvore*, v. 18, n. 2, p. 123-131, 1994.
- GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS, 1994, Foz do Iguaçu. *Anais...* Curitiba: Ed. e Papelaria Reunidas, 1994. p. 31-43.
- IPEF. Identificação de espécies florestais. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=65>>. Acesso em: 04 ago. 2003.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889p.
- PERES, L.E.P. Nutrição mineral de plantas. Disponível em: <http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/grad01/05_nutricao_mineral/NutricaoMineral.pdf> Acesso em: 05 ago. 2003.
- RUIZ, H.A. *Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos*. 1986. 86 p. Tese (Doutorado) – Univ. Fed. de Viçosa, Viçosa (MG), 1986.
- SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrente da omissão simultânea de dois macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.33, n.10, p.1623-1631, out. 1998.
- SARCINELLI, T.S.; RIBEIRO JR, E.S.; DIAS L.E.; LYNCH, L.S. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericar* em resposta à omissão de macronutrientes. *Revista Árvore*, v.28, n. 2, p.173-181, 2004.
- TELES, C.S.; SILVA, M.F.; SOUZA, F.A., FRANCO, A.A. *Influência da inoculação com fungos micorrízicos e níveis crescentes de P no crescimento inicial do taxi dos campos (Sclerolobium paniculatum Voguel)*. Seropédica: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, 1999. (Comunicado Técnico, n. 34).
- THOMAZ, M.A.A.; VIÉGAS, I.J.M.; SAMPAIO, M.C.T.; MATOS, A.O.; CONCEIÇÃO, H.E.O. Crescimento de plantas jovens de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel) em função da idade e da aplicação de fosfato de trauíra. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n.35, p. 15-24, jan./jun. 2001.
- THOMPSON, J.F.; SMITH, I.K.; MADISON, J.I. Sulfur metabolism in plants. In: TABATABAI, M.A. (Ed.). *Sulfur in agriculture*. Madison: ASA, 1986. p.57-122.