

Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais¹

Growth of red angico seedlings cultivated in an agroindustrial fertilized substrate

Luciana de Lima Brandão Chaves², José Geraldo de Araújo Carneiro³ e Deborah Guerra Barroso³

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento das partes aérea e radicular, separadamente, de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), produzidas em sacos de polietileno preto (15 D x 18 H cm), em substrato peneirado de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2, v:v). Foram instalados dois experimentos: em cada um deles, foram adicionados ao substrato, separadamente, uréia e sulfato de amônio, em diferentes doses. Também ao substrato, foi adicionado um rizóbio específico. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Aos 180 dias após a semeadura, as mudas foram avaliadas em altura, diâmetro do colo, pesos de matéria seca do sistema radicular e da parte aérea, área foliar e o potencial de regeneração de raízes das mudas, expresso pelo número e comprimento de raízes novas. Concluiu-se que a inoculação com rizóbio foi suficiente para a produção de mudas de angico neste substrato, não sendo necessária adição de N.

Palavras-chave: Inoculação, Fertilização, Qualidade de mudas, *Anadenanthera macrocarpa*, Cana-de-açúcar

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the growth of *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) seedlings grown in (15 D x 18 H cm) black polyethylene bags. The growth medium were sieved and mixed residues of sugarcane bagasse + decomposed filter cake (3:2, v:v). Two experiments were carried out. In each one of them, separately, urea and ammonium sulfate, in different doses, were added. In both experiments, also a specific *Rhizobium* species was added. The completely randomized design with three replicates was used. In the 180 days after the sowing, the seedlings were evaluated regarding the height, root collar diameter, shoot and root dry matter weights, leaf area and root potential regeneration, by means of the number and length of new roots. It was concluded that the inoculation with *Rhizobium* was sufficient to stimulate the growth of the angico seedlings in this substrate. The tested fertilizers showed no efficiency in the stimulation of the seedlings growth.

Keywords: Inoculation, Fertilization, Quality of seedlings, *Anadenanthera macrocarpa*, Sugar cane

INTRODUÇÃO

Espécies florestais leguminosas são pioneiras, ocorrendo espontaneamente, na revegetação de áreas desmatadas ou degradadas, possibilitando o posterior estabelecimento de outras espécies mais exigentes e, ainda, estimulam o aumento da atividade biológica do solo (PRALON, 1999). A *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan, conhecida como angico vermelho, pertence a uma família, que tem a faculdade de formar associação com bactérias que fixam o N do ar. Segundo Costa Júnior (1997), suas bactérias podem chegar a fornecer para a planta de 60 a 100% de

suas necessidades deste nutriente.

Em áreas a revegetar com múltiplas espécies florestais, visando recuperar o estado anterior, o plantio de mudas de espécies leguminosas acelera o processo da regeneração natural. Ao longo dos anos, na sucessão natural, ocorre o surgimento das espécies secundárias (primárias e tardias) e, a seguir, o aparecimento das espécies climax. Segundo Carneiro (1995), neste contexto, a qualidade das mudas das leguminosas exerce importante papel, influenciando o percentual de sobrevivência, e o crescimento inicial, após o plantio. A qualidade das mudas é avaliada por características morfológicas e pelo

¹Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora

²Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Norte Fluminense

³Professor Titular do Laboratório de Fitopatologia da UENF – Universidade Estadual Norte Fluminense – Av. Alberto Lamego, n.200 – Parque Califórnia - Campos dos Goytacases, RJ – 28013-600 - E-mail: carneiro@uenf.br; deborah@uenf.br

Potencial de Regeneração de Raízes (PRR). Entre as primeiras, destacam-se a altura da parte aérea, diâmetro de colo, matéria fresca e seca (parte aérea e radicular) e área foliar. Já o PRR é avaliado por medições das raízes, usualmente, do seu número e comprimento, efetuadas em rizotrons.

A qualidade das mudas sofre influência de diversos fatores, entre eles, a qualidade do substrato. No presente trabalho, foram estudados os efeitos da fertilização e da inoculação com rizóbio no substrato. Misturas de vários resíduos têm sido testadas como substrato. Embora alguns deles sejam ricos em suas composições químicas, pouco é conhecido sobre a disponibilidade de nutrientes destes substratos. Por outro lado, também, são poucas as informações relacionadas às exigências nutricionais das espécies florestais, notadamente das nativas (KAGEYAMA, 1990). Morgado (1998) pesquisou diversas misturas de materiais na formação de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, concluindo que uma mistura de 60% de bagaço de cana-de-açúcar e 40% de torta de filtro de usina açucareira (v:v) foi adequada. Samôr (1999) produziu muda de angico vermelho, chegando à mesma conclusão. Entretanto, Barroso *et al.* (1998) e Leles *et al.* (1998) observaram clorose, em mudas de outras espécies, durante a fase inicial de crescimento, no viveiro, o que pode indicar limitação de fornecimento de N, pelo substrato, às mudas. Porém, segundo Sampaio *et al.* (1995), este nutriente pode ser considerado o mais limitante para produção de mudas, exceto para leguminosas. Entre os adubos nitrogenados, são muito freqüentemente utilizados a uréia e o sulfato de amônio.

Objetivou-se, neste trabalho, a avaliação da qualidade, com base em características morfológicas e no Potencial de Regeneração de Raízes, de mudas de angico vermelho produzidas em substrato oriundo da mistura de cana-de-açúcar e torta de filtro, após a fertilização com uréia e sulfato de amônio e inoculação, ou não, de rizóbio.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes para o estudo foram obtidas no Setor de Silvicultura da UFV e o rizóbio utili-

zado na inoculação, proveniente da EMBRAPA Agrobiologia, foi inoculado diretamente nas sementes. O experimento foi instalado na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes.

O substrato usado foi uma mistura de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira (3:2; v:v), de acordo com resultados encontrados por Morgado (1998) e Samôr (1999). Os dois materiais, separadamente, foram secos e, posteriormente, peneirados (malha de 0,5 cm). A torta de filtro é um resíduo de fabricação de açúcar e de álcool. A mistura, a seguir, foi tratada com brometo de metila, na dosagem de 60 mL 1.500 L⁻¹ de substrato. Amostras do substrato, para determinação dos nutrientes, foram submetidas à digestão sulfúrica e nítrica perclórica, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Na seqüência das operações, procedeu-se à fumigação do substrato e à adição dos fertilizantes nas doses pré-estabelecidas, de acordo com os tratamentos. Foram implantados dois experimentos: com e sem inoculação com rizóbio. Em cada um deles, foi adicionada uma fonte de N, aplicada com mesmas doses dos fertilizantes uréia e o sulfato de amônio, visando diferentes concentrações do nutriente. Em ambos os experimentos, a produção das mudas obedeceu às etapas relacionadas a seguir.

A semeadura foi realizada em sacos de polietileno preto (15 D x 18 H cm), com uma semente por recipiente. As regas foram procedidas de forma homogênea, todos os dias, durante todo o período no viveiro. A produção de mudas obedeceu ao sistema convencional, desenvolvido em três etapas: permanência das mudas em casa de vegetação, transferência para casa de sombra (sombrite 50%) e, posteriormente, visando a uma maior rustificação dos tecidos, colocadas a céu aberto. O período de permanência na primeira etapa foi de 41 dias, na segunda de 90 dias e, na terceira, 49 dias, perfazendo o total de 180 dias.

Nos dois experimentos, usou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, contendo 90 mudas por parcela.

Os experimentos foram constituídos pelos seguintes tratamentos:

Tabela 1. Análise química do substrato (bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro -3:2, v:v). (Chemical analysis of the substrate (sugar cane bagasse+ filter cake))

U	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
%	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	mg dm ⁻³					
19,5	10,2	17,9	3,1	186,8	73	15,83	18410	34	162,5	730,5

Experimento A: 1) sem inoculação - N; 2) com inoculação - N; 3) com inoculação + 25 mg de uréia dm^{-3} de substrato; 4) com inoculação + 50 mg de uréia dm^{-3} de substrato; 5) com inoculação + 75 mg de uréia dm^{-3} de substrato;

Experimento B: 1) sem inoculação - N; 2) com inoculação - N; 3) com inoculação + 25 mg de sulfato de amônio dm^{-3} de substrato; 4) com inoculação + 50 mg de sulfato de amônio dm^{-3} de substrato; 5) com inoculação + 75 mg de sulfato de amônio dm^{-3} de substrato.

Aos 180 dias, respeitando-se as bordaduras, as mudas foram amostradas, selecionando-se, de forma sistematizada, medindo-se mudas intercaladas na parcela, para avaliação das características: altura (H), diâmetro do colo (D), matéria seca da parte aérea (MSA) e do sistema radicular (MSR), área foliar (AF) e Potencial de Regeneração de Raízes (PRR).

Para avaliação da AF, foi usado o medidor de área eletrônico de bancada (LI-3000, LI-COR Inc.), sendo tomadas cinco mudas com diâmetro mais próximo da média, em cada parcela. Em seguida, foram seccionadas, em parte aérea e sistema radicular, e colocadas em estufa de circulação forçada a 75°C , por 72 horas para determinação da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, segundo Böhm (1979).

O preparo das mudas para a avaliação do PRR foi conduzido de acordo com procedimentos descritos por Böhm (1979), adaptados por Carneiro (1995) e Morgado (1998). As etapas consistiram na extração das mudas dos recipientes, com uma cuidadosa lavagem das raízes, seguida por uma poda radicular das raízes secundárias, a uma distância padronizada de 2,5 cm da raiz pivotante. Após a poda, imediatamente, as mudas foram transplantadas para dois tipos de rizotrons: tubos e aquários. Durante o período de coleta de informações, estes rizotrons, colocados em uma casa de vegetação, foram revestidos por folha de plástico preto, para evitar a incidência de luz. Os tubos eram constituídos por garrafas incolores de refrigerantes, seccionadas à altura do gargalo, contendo orifícios na sua parte inferior, para o escoamento do excesso de umidade. Nos aquários, usou-se uma solução nutritiva (Bolles Jones, $\frac{1}{2}$ força), sendo o pH mantido em torno de 5,5. Apenas durante a coleta dos dados, retirou-se, por alguns minutos, a proteção do plástico preto. Nos aquários, 15 dias após o transplantio, contou-se o número de raízes regeneradas, após o ponto da poda, e mediu-se o seu comprimento. Nos tubos,

nesta mesma ocasião, foi feita a contagem do número de raízes, após a regeneração da poda, quando as mesmas tocavam a superfície interna dos tubos e, também foi medido o comprimento das mesmas, ao longo dos tubos. Amostras do substrato utilizado, areia e substrato de cavas de extração de argila (3:2, v:v), foram retiradas para determinação de nutrientes, e submetidas à digestão sulfúrica e nítrico perclórica, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do substrato (areia + estéril de extração de argila, 3:2, v:v). (Chemical analysis of the substrate (sand + soil from a clay extraction area))

PH	P ¹	K ¹	Ca	Mg	Al	H+Al	Fe	Cu	Zn	Mn
mg dm^{-3}			cmolc dm^{-3}				mg dm^{-3}			
6,4	42	41	1,9	0,6	0	1,2	70	1,2	5,4	17,5

¹Extrator Carolina do Norte

C	MO	S.B.	T	t	m	V
%	g dm^{-3}	cmolc dm^{-3}			%	
0,52	9	2,7	3,9	2,7	0	69

Ambos os experimentos foram implantados em delineamento inteiramente casualizado; a análise das características morfológicas foi procedida com três repetições; na análise do PRR, com quatro repetições nos aquários e cinco, nos tubos; nestes rizotrons, cada repetição foi composta por uma única muda. Os dados, referentes às variáveis do PRR, quanto às pressuposições para a análise de variância, foram transformados em $\log(X + 10)$.

Nos dois experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas por teste de Tukey (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento A: efeito de uréia

Avaliação dos parâmetros biométricos

A aplicação de N a substratos, geralmente, segundo Neves *et al.* (1990) e Gomes e Paiva (2004), promove significativos aumentos no crescimento de mudas de eucalipto, possibilitando que seja exercido controle sobre o ritmo de crescimento, dimensões e vigor das mudas. Pela interpretação da Tabela 3, todavia, não se constatou este aumento de crescimento, resultado que divergiu da afirmativa destes autores. Porém, Chaves *et al.* (2003) pesquisaram o crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (sesbânia) não encontrando resultados de maior crescimento com aplicações de uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio, resultado que corrobora os do presente estudo.

Tabela 3. Alturas (H), diâmetro de colo (D) e área foliar (AF) das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de uréia, aos 180 dias após a semeadura. (Stem height (H), root collar diameter (D) and foliar area (AF) of the *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) seedlings inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium, submitted to different doses of urea 180 days after sowing).

TRAT	H (cm)	D(mm)	AF(cm ²)
NI + 0 mg dm ⁻³	16,94 b	3,36 b	53,80 bc
I + 0 mg dm ⁻³	29,19 a	5,43 a	95,33 a
I + 25 mg dm ⁻³	4,27 c	2,45 c	30,25 c
I + 50 mg dm ⁻³	9,38 c	2,50 c	74,64 ab
I + 75 mg dm ⁻³	8,93 c	2,58 bc	27,21 c
CV (%)	14,901	9,604	20,131

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Na Tabela 3, verificou-se que as mudas com os maiores valores de altura, diâmetro de colo e área foliar foram originadas de sementes inoculadas com rizóbio, diferenciando-se das médias dos demais tratamentos. Segundo Neves *et al.* (1990), a ausência de interferência de outros nutrientes, como um adequado suprimento de P, pode justificar o menor crescimento das mudas fertilizadas, como ocorreu neste presente estudo. A importância do P, também, é ressaltada por Schumacher *et al.* (2004). No presente estudo, as doses de N podem ter sido aplicadas fora do limite tolerado pela espécie, o que pode provocar, segundo Gomes e Paiva (2004), efeitos contrários ao esperado. Observou-se que as médias das mudas dos tratamentos que receberam uréia não diferiram, entre si, em altura e diâmetro.

A Tabela 4 mostra os valores médios de matéria seca do sistema radicular e parte aérea e da relação MSR/MSA.

Tabela 4. Matéria seca do sistema radicular (MSR), da parte aérea (MSA), total (MST) e relação (MSR/MSA) das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de uréia, 180 dias após a semeadura. (Dry matter of the root system (MSR), stem (MAS) and total (MST) and MSR/MST ratio of the *Anadenanthera macrocarpa* seedlings (red angico) inoculated (I) and nor inoculated (NI) with Rhizobium submitted to different doses of urea 180 days after sowing).

TRAT	MSR (g)	MSA (g)	MST (g)	MSR/MSA
NI+0 mg dm ⁻³	0,93 b	1,26 b	2,19 b	0,89 a
I+0 mg dm ⁻³	3,35 a	3,26 a	6,61 a	1,06 a
I+25 mg dm ⁻³	0,53 b	0,55 bc	1,08 bc	1,00 a
I+50 mg dm ⁻³	0,56 b	0,57 bc	1,13 bc	1,11 a
I+75 mg dm ⁻³	0,29 b	0,31 c	0,59 c	0,96 a
CV (%)	23,549	26,377	23,862	14,654

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

A média do MSA é um bom índice para determinar a capacidade de resistência das mudas às condições adversas após o plantio (Samôr,

1999), o que evidencia, neste experimento, a importância da inoculação com rizóbio.

As maiores médias do MSR das mudas, segundo Carneiro (1995), ao comparar-se mudas da mesma espécie, e com alturas semelhantes, têm maiores probabilidades de sobrevivência. Na avaliação do MSR, MSA e MST, os maiores valores também foram alcançados no tratamento onde houve apenas inoculação das sementes com rizóbio, o que não aconteceu com os tratamentos com fertilização. Todavia, Barroso *et al.* (2000) encontraram significativa diferença de matéria seca da parte aérea e radicular, no cultivo de mudas de sesbânia com aplicação de fertilização nitrogenada, o que divergiu dos resultados do presente estudo. De acordo com Gomes e Couto (1983) citados por Gomes *et al.* (2003), pode ocorrer menor produção de matéria seca onde N, P e K estão presentes ou onde houver adição de N, em doses mais elevadas, fato que pode ter ocorrido no presente estudo.

A relação MSR/MSA também é um indicativo da probabilidade de sobrevivência da mudas no campo. Daniel *et al.* (1997), citados por Schumacher *et al.* (2004) encontraram valor de equilíbrio desta relação, no cultivo de mudas de *Acacia mangium*, em um valor estimado de 0,45. No presente estudo, contudo, nenhum valor similar ao estimado pôde ser constatado. Mudanças grandes com desfavorável balanço entre o sistema radicular e a parte aérea têm menor chance de sobreviver. Nesta variável, constatou-se equivalência entre todos os tratamentos. Pelo fato de não se ter encontrado na literatura, padrões referenciais de fertilidade do substrato em que as mudas foram produzidas (Tabela 1), ficam prejudicadas possíveis conotações entre os crescimentos das partes aérea e radicular com a qualidade nutricional do mesmo.

Avaliação do potencial de regeneração de raízes

Pela análise da Tabela 5, constatou-se a evidência da importância da inoculação com rizóbio, quando se considera o número de raízes regeneradas nos aquários. Contudo, os tratamentos com inoculação e com N, independentemente do nível de fertilização, mostraram equivalência ao exclusivamente inoculado. Tal constatação evidenciou não ter ocorrido prejuízo ao enraizamento, provocado pelo nutriente em estudo, no que concerne ao número e ao comprimento das raízes, como aconteceu com as características morfológicas da parte aérea.

Estes resultados diferem dos dados obtidos por Samôr (1999), para mudas desta mesma espécie. Este autor observou que mudas com maiores dimensões dos parâmetros morfológicos resultaram em maiores valores de comprimento das raízes regeneradas na mesma solução hidropônica, porém com concentração diferente.

Não foram encontrados na literatura, estudos relativos à influência do N e da inoculação com rizóbio, no crescimento radicular, expresso por características como o número e comprimento de raízes.

Tabela 5. Número (N), comprimento total (C) de raízes regeneradas das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de uréia, 15 dias após o transplantio para os aquários. (Number (N), total length (C) of the regenerated roots of *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) seedlings inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium 15 days after transplanting to aquarium).

TRAT	N	C (cm)
NI + 0 mg dm ⁻³	100,00 b	363,89 a
I + 0 mg dm ⁻³	256,50 a	543,45 a
I + 25 mg dm ⁻³	134,50 ab	430,14 a
I + 50 mg dm ⁻³	111,75 ab	418,14 a
I + 75 mg dm ⁻³	196,00 ab	765,65 a
CV (%)	8,765	10,244

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Contrariamente ao observado no presente estudo, Barroso (1999), trabalhando com *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, observou que os maiores valores de PRR foram os das mudas que apresentaram maiores dimensões e pesos de matérias fresca e seca. Outros autores, como Brissette e Roberts (1984), Larsen e Boyer (1986) e Morgado (1998) também constataram uma correlação positiva entre o PRR e os parâmetros morfológicos. No presente experimento, o número de raízes regeneradas confirma a constatação destes autores, quando se considera o tratamento que sofreu, exclusivamente, a inoculação com rizóbio. Entretanto, as médias dos comprimentos não apresentaram a mesma sensibilidade, pois não foi detectada diferença entre os tratamentos. Segundo South (2000), inconsistências entre resultados podem estar relacionados às condições edafo-climáticas do sítio e metodologias de produção de mudas e características inerentes entre espécies.

Brissette *et al.* (1988), Bayley e Kietzka (1997) reportaram que a regeneração de raízes das mudas é um indicativo do seu vigor. A capacidade de produção de novas raízes, regeneradas após sofrer estresse, afeta a absorção de água e nutrientes (HALE e ORCUTT, 1987), poden-

do ocorrer diferenças de reação entre espécies, como mencionado neste trabalho.

Pela Tabela 6, constata-se que, nos tubos plásticos, o número de extremidades e o comprimento de raízes regeneradas, após a imposição da poda, tiveram os mesmos comportamentos observados na solução hidropônica. As maiores médias obtidas foram as do tratamento em que somente as sementes foram inoculadas com rizóbio, mostrando, mais uma vez, a eficiência da inoculação sobre a fertilização com uréia.

Tabela 6. Número (N) e comprimento (C) de raízes regeneradas de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de uréia, 15 dias após o transplantio para os tubos plásticos. (Number (N) and regenerated root length (C) of *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) seedlings inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium submitted to different doses of urea 15 days after the transplanting to the tubes).

TRAT	N	C (cm)
NI + 0 mg dm ⁻³	50,80 b	93,60 b
I + 0 mg dm ⁻³	96,20 a	162,80 a
I + 25 mg dm ⁻³	33,20 d	66,40 d
I + 50 mg dm ⁻³	33,20 e	55,40 e
I + 75 mg dm ⁻³	29,80 c	63,80 c
CV (%)	10,045	9,334

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Nenhuma distribuição irregular das raízes foi constatada, pois se verificou o surgimento de similares quantidades, nos quatro quadrantes dos tubos.

Experimento B: efeito de sulfato de amônio

Avaliação dos parâmetros biométricos

A aplicação de N com sulfato de amônio apresentou resultados semelhantes aos obtidos quando a fonte utilizada foi uréia. No texto do presente experimento, já se enfatizou a importância do N no cultivo de mudas de espécies florestais e a inter-relação deste macronutriente, notadamente, com o P, assim como a importância das características morfológicas na qualidade e desempenho das mudas. Adicionalmente, Neves *et al.* (2004), pesquisando crescimento de *Carapa guianensis* (andiroba), em função de diferentes doses de P, concluíram ter sido o N, o nutriente mais acumulado na parte aérea das mudas. Também, segundo Van Raij (1991), o P, em quantidades adequadas, estimula o crescimento das plantas. Provavelmente, ocorreu falta deste nutriente, provocando o pequeno crescimento das mudas deste experimento, conforme os dados da Tabela 7. Esta mostra que, no tratamento em que as sementes foram inoculadas

e não houve fertilização, as mudas alcançaram maiores valores, de altura, diâmetro de colo e área foliar, significativamente diferentes, em relação aos demais tratamentos. A exceção encontrada foi para área foliar, relativa à fertilização com a dose de 25 mg dm⁻³. A aplicação de sulfato de amônio ao substrato, juntamente com a inoculação das sementes, não possibilitou qualquer aumento de crescimento, provavelmente devido à inibição da nodulação. Não houve sobrevivência das mudas do tratamento, ao qual se adicionou 75 mg de sulfato de amônio/dm³, não se encontrando justificativa para esta ocorrência, na literatura.

Tabela 7. Altura (H), diâmetro do colo (D) e área foliar (AF) das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não-inoculadas (NI), submetidas a diferentes doses de sulfato de amônio, aos 180 dias após a semeadura. (Stem height (H), root collar diameter (D) and leaf area (AF) of the *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) seedlings inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium submitted to different doses of ammonium sulfate 180 days after sowing).

TRAT	H (cm)	D (mm)	AF (cm ²)
NI + 0 mg dm ⁻³	16,94 b	3,36 b	53,80 bc
I + 0 mg dm ⁻³	29,19 a	5,43 a	95,33 a
I + 25 mg dm ⁻³	8,75 c	2,47 c	65,43 ab
I + 50 mg dm ⁻³	7,53 c	2,02 d	25,28 c
I + 75 mg dm ⁻³			
CV (%)	10,013	3,346	24,498

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% de probabilidade.

A Tabela 8 revela idênticos resultados aos verificados na tabela anterior, evidenciando a importância da inoculação com rizóbio. A relação MSR/MSA acusou equivalência entre todos os tratamentos. Esta constatação pode ser atribuída ao valor mais alto do CV para o MSA, devido à variabilidade dos valores da altura das mudas e que constam na Tabela 7. A importância das matérias fresca e seca já foi discutida no item equivalente, quando da aplicação da uréia.

Tabela 8. Matéria seca do sistema radicular (MSR), da parte aérea (MSA), total (MST) e relação (MSR/MSA) das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de sulfato de amônio, 180 dias após a semeadura. (Dry matter of the root system (MSR), stem (MAS) and total (MST) and MSR/MST ratio of the *Anadenanthera macrocarpa* seedlings (red angico) inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium submitted to different doses of ammonium sulfate 180 days after sowing).

TRAT.	MSR (g)	MSA (g)	MST (g)	MSR/MSA
NI+0 mg dm ⁻³	0,93 b	1,26 b	2,19 b	0,89 a
I+0 mg dm ⁻³	3,35 a	3,26 a	6,61 a	1,06 a
I+25 mg dm ⁻³	1,07 b	1,27 b	2,34 b	0,91 a
I+50 mg dm ⁻³	0,34 c	0,39 c	0,73 c	0,99 a
I+75 mg dm ⁻³				
CV (%)	15,743	21,175	16,707	25,818

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Avaliação do potencial de regeneração de raízes

Pela Tabela 9, com referência ao número e comprimento de raízes regeneradas nos aquários, constatou-se que as mudas originadas de sementes inoculadas e fertilizadas com 50 mg dm⁻³ apresentaram diferença em relação aos demais tratamentos, que se equivaleram. Estes comportamentos foram idênticos aos observados quando da aplicação da uréia.

Tabela 9. Número (N), comprimento total (C) de raízes regeneradas das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de sulfato de amônio, 15 dias após o transplantio para os aquários. (Number (N), total length (C) of the *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) regenerated roots inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium submitted to different ammonium sulfate doses 15 days after the transplanting to aquarium).

TRAT	N	C (cm)
NI + 0 mg dm ⁻³	162,00 a	568,62 a
I + 0 mg dm ⁻³	488,00 a	493,50 a
I + 25 mg dm ⁻³	102,00 a	360,95 a
I + 50 mg dm ⁻³	33,50 b	81,72 b
I + 75 mg dm ⁻³		
CV (%)	32,524	33,414

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

A dosagem de 50 mg de sulfato de amônio/dm³ originou mudas com os menores valores de número e comprimento de raízes regeneradas. O mesmo foi observado na avaliação de altura, diâmetro de colo, área foliar e peso de matéria seca. A Tabela 10 mostra que o maior número de extremidades de raízes novas regeneradas, nos testes de PRR realizados nos tubos, foi encontrado nas mudas que somente foram inoculadas com o rizóbio específico. O mesmo ocorreu para o comprimento de raízes regeneradas.

Tabela 10. Número (N) e comprimento total (C) de raízes regeneradas de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), inoculadas (I) e não-inoculadas (NI) com rizóbio, submetidas a diferentes doses de sulfato de amônio, 15 dias após o transplantio para os tubos plásticos. (Number (N) and total length (C) of the regenerated roots of the *Anadenanthera macrocarpa* (red angico) seedlings inoculated (I) and not inoculated (NI) with Rhizobium submitted to different ammonium sulfate doses 15 days after the transplanting to tubes).

TRAT	N	C (cm)
NI + 0 mg dm ⁻³	93,6000 b	50,8000 b
I + 0 mg dm ⁻³	162,8000 a	96,2000 a
I + 25 mg dm ⁻³	58,0000 d	32,8000 d
I + 50 mg dm ⁻³	63,4000 c	35,4000 c
I + 75 mg dm ⁻³		
CV (%)	7,849	8,561

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem, entre si, pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Nenhuma irregularidade na distribuição do sistema radicular foi constatada, visto ter sido observada similar quantidade de raízes nos quadrantes

dos tubos. Pode-se inferir que, na falta de adequado suprimento de P, o tratamento que constituiu na aplicação de 50 mg/dm³ deste fertilizante pode ter limitado a regeneração das raízes, após a poda, tanto nos aquários, como nos tubos.

Nota-se que a adubação com sulfato de amônio não propiciou ganhos às mudas. Em função dos dados, pode-se constatar que somente a inoculação das sementes com rizóbio é o suficiente para atender à demanda de N das mudas. No item relativo ao PRR, no experimento A, já foram apresentados trabalhos e a discussão pertinente ao tema.

CONCLUSÕES

- A inoculação com rizóbio foi suficiente para produção de mudas, não sendo necessária a adição de N, nas fontes e doses estudadas;
- O substrato utilizado prestou-se para a produção de mudas de angico vermelho, sem a necessidade de fertilização com as fontes de N e doses pesquisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, D.G. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*, produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. 1999. 83p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.
- BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A.; MARINHO, C.S.; LELES, P.S.S.; NEVES, J.C.L.; CARVALHO, A.J.C. Efeitos da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agro-industriais. *Revista Árvore*, Viçosa, v.22, n.4, p.433-441, 1998.
- BARROSO, D.B.; CARVALHO, F.A.; CARNEIRO, J.G.A.; CHAVES, L.L.B. Efeito de diferentes doses de nitrogênio em mudas de sesbânia (*Sesbania virgata* Raddi) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), produzidas em resíduos agroindustriais como substrato. In: FOREST 2000, 2000, Porto Seguro. **Resumos técnicos...** Porto Seguro: Biosfera, 2000. p.120-121.
- BAYLEY, A.D.; KIETZKA, J.W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. *New Forests*, Dordrecht, v.13, p.341-356, 1997.
- BÖHM, W. *Methods of studying root systems*. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188p.
- BRISSETTE, J.C.; BARNETT, J.P.; GRAMLING, C.L. Root growth potential of southern pine seedlings grown at the W. Ashe nursery. In: SOUTHERN FOREST NURSERY ASSOCIATION, 1988, Charleston. **Proceedings**. New Orleans: USDA. Forest Service, 1988. p.173-183.
- BRISSETTE, J.C.; ROBERTS, T.C. Seedling size and lifting date effects on root growth potential of loblolly pine from two Arkansas Nurseries. *Tree Planters' Notes*, Washington, v.38, n.4, p.34-38, 1984.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba / Campos dos Goytacazes: UFPR-FUPEF/ UENE, 1995. 451p.
- CHAVES, L.L.B.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G.; LELES, P.S.S. Efeitos de inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbânia, em substrato constituído de resíduos agroindustriais. *Revista Árvore*, Viçosa, v.27, n.4, p.443-449, 2003.
- COSTA JÚNIOR, P.F. **Comportamento de leguminosas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio em estéril de argila**. 1997. 64p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1997.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. *Revista Árvore*, Viçosa, v.27, n.2, p.113-127, 2003.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 116p. (Caderno didático, 72)
- HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress**. New York: John Willey, 1987. 206p.
- KAGEYAMA, P.Y. Plantação de essências nativas, florestas de proteção e reflorestamentos mistos. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n.8, p.1-9, 1990.
- LARSEN, H.S.; BOYER, J.M. Root growth potential of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings from twenty Southern Nurseries. **Circular. Alabama Agricultural Experiment Station**, Auburn University, n.286, p.1-16, 1986.

- LELES, P.S.S.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G. Comportamento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Haine) e *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. produzidas sob três regimes de irrigação. *Revista Árvore*, Viçosa, v.22, n.1, p.11-19, 1998.
- MORGADO, I.F. **Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Saccharum* spp.** 1998. 102p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1998.
- NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.99-126.
- NEVES, O.S.C.; BENEDITO, D.S.; MACHADO, R.V.; CARVALHO, J.G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.28, n.3, p.343-349, 2004.
- PRALON, A.Z. **Produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio, em estéril de argila misturado com o resíduo Ferkal.** 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.
- SAMÔR, O.J.M. **Comportamento de mudas de *Sesbania virgata* e *Anadenanthera macrocarpa*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, destinadas à recuperação de áreas degradadas pela extração de argila.** 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, V.M.; ALVES, G.D. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.19, n.2, p. 270-279, 1995.
- SCHUMACHER, M.V.; CECONI, D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Paraptadenia rigida* (Benth) Brenan). *Revista Árvore*, Viçosa, v.28, n.1, p.149-155, 2004.
- SOUTH, D. B. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. *Forestry and Wildlife Series*, Auburn, v.1, p.1-14, 2000.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação.** 2.ed. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

Recebido em 10/08/2005
Aceito para publicação em 09/10/2006