

Tecnologia para produção de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. por meio de miniestaquia seminal

Tiago R. Dutra¹, Reynaldo C. Santana², Marília D. Massad¹ & Miranda Titon²

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Fazenda Varginha, Km 02, Rodovia MG-404, Zona Rural, CEP 39560-000, Salinas-MG, Brasil. E-mail: tiagoreisdutra@gmail.com; mariliamassad@yahoo.com.br

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, Rodovia MG 367, n. 5000, Campus JK, Bloco 5, Alto do Jacuba, CEP 39100-000, Diamantina-MG, Brasil. E-mail: silviculturaufrpe@yahoo.com.br; mirandatiton@gmail.com

RESUMO

A aplicação da técnica de miniestaquia seminal na propagação vegetativa de espécies florestais nativas do Brasil, ainda é recente, necessitando de desenvolvimento e ajustes de métodos na produção de mudas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da miniestaquia seminal na propagação de copaíba em diferentes substratos e concentrações de ácido indolbutírico (AIB). O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições de dez miniestacas como unidade experimental, no esquema fatorial 3 x 5, sendo estudados o efeito de três substratos (Bioplant[®]; 40% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 30% fibra de coco - 40V+30CAC+30FC; 70% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada - 70V+30CAC) e quatro doses de AIB (1.000; 2.000; 4.000 6.000 mg L⁻¹), além do tratamento testemunha (água destilada). O substrato 70V+30CAC é responsável por proporcionar a maior porcentagem de enraizamento e conteúdo de nutrientes nas miniestacas de copaíba. A aplicação de AIB na concentração de 6.000 mg L⁻¹ proporciona maior porcentagem de enraizamento das miniestacas.

Palavras-chave: copaíba, propagação vegetativa, regulador de crescimento, substratos

*Technology for seedlings production of *Copaifera langsdorffii* Desf. through seminal minicutting*

ABSTRACT

The application of the technique of seminal minicutting in the vegetative propagation of native forest species is still recent in Brazil, requiring adjustments and development of methods for the production of seedlings. The aim of this study was to evaluate the feasibility of seminal minicutting propagation of 'copaiba' in different substrates and concentrations of butyric acid (IBA). The experiment was conducted in randomized complete block design with three replications each consisting of ten cuttings as experimental unit, in the factorial 3 x 5. The effect of three substrates (Bioplant[®], 40% vermiculite + 30% rice hulls + 30% coconut fiber - 40V+30CAC+30FC, 70% vermiculite + 30% rice hulls - 70V+30CAC) and four doses of IBA (1.000; 2.000; 4.000 6.000 mg L⁻¹), besides the control treatment (distilled water) was studied. The substrate 70V+30CAC is responsible for providing the highest percentage of rooting and nutrient content minicuttings 'copaiba'. The application of IBA at a concentration of 6.000 mg L⁻¹ provides more rooting of cuttings.

Key words: 'copaiba', vegetative propagation, growth regulator, substrates

Introdução

A copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), espécie arbórea da família Leguminosae, subfamília Caesalpiniaceae, classificada como clímax, pode ser encontrada no cerrado, na mata atlântica e nas matas de galeria. É uma espécie indicada para a silvicultura urbana e recuperação de áreas degradadas, além de sua madeira ser recomendada para uso na construção civil e na fabricação de móveis (Lorenzi, 2002).

Uma das dificuldades enfrentadas na produção de mudas de espécies florestais nativas do Brasil é o crescimento lento de muitas delas, particularmente daquelas classificadas como tardias ou clímax (Ferraz & Engel, 2011). Atualmente, é crescente o interesse na produção de mudas dessas espécies para recuperação de áreas degradadas, recomposição de reserva legal ou para o uso em diferentes setores da economia, como indústrias moveleira, química e de fitoterápicos.

A irregularidade na produção anual de sementes, as dificuldades de coleta, os problemas de germinação e armazenamento, muitas vezes desestimulam a produção de mudas arbóreas nativas. O uso das técnicas de propagação vegetativa para essas espécies deve ser considerado para superação desses problemas.

Informações técnicas sobre a produção de mudas por miniestaquia seminal de copaíba cujas sementes são ortodoxas (Pinto et al., 2004) e possuem dormência tegumentar são inexistentes na literatura. A viabilidade da propagação comercial de mudas por estaquia depende da capacidade de enraizamento de cada espécie, da qualidade do sistema radicial formado e do desenvolvimento posterior da planta. A dificuldade de enraizamento de estacas envolve a participação de fatores relacionados à própria planta também aos insumos para sua propagação, sendo importante o estabelecimento de técnicas auxiliares, como o uso de reguladores de crescimento (Sossella et al., 2008) e substratos adequados para o uso desta técnica.

Os reguladores de crescimento de plantas usados com maior frequência por favorecer a rizogênese, são as auxinas (Valentini et al., 2011; Dias et al., 2012). Estas contribuem para se ter um balanço hormonal adequado equilibrando os promotores e inibidores no processo de iniciação radicial (Ramos et al., 2003). Assim, a aplicação de reguladores de crescimento, como AIB (ácido indolbutírico), é a maneira mais usual de promover este equilíbrio (Bastos et al., 2006).

Quanto aos substratos, além de servirem de suporte para as plantas, devem possuir características físico-químicas capazes de lhes fornecer aeração adequada retenção de água e nutrientes. O desenvolvimento do sistema radicial depende da espécie a ser cultivada e das características físicas e químicas do substrato devendo o mesmo ser livre de patógenos e pragas (Lopes et al., 2003; Rickli et al., 2012).

O conhecimento adquirido sobre a propagação vegetativa de eucalipto, pinus, seringueira e o cacauete precisa, contudo, ser avaliado em outras espécies arbóreas que possuem elevado potencial comercial; entretanto, a propagação de espécies arbóreas não domesticadas pode apresentar peculiaridades que dificultam a adoção deste conhecimento e, por isto, necessitam ser avaliados para cada espécie de interesse.

Face ao exposto, é importante a definição de protocolos e estratégias que favoreçam a produção assexuada de mudas de espécies florestais brasileiras com padrão de qualidade que viabilize a produção em escala comercial; desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a propagação vegetativa de copaíba por miniestaquia seminal em diferentes substratos e concentrações de AIB.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais (CIPEF) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG, no período de dezembro de 2008 a abril de 2009.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições no esquema fatorial 3 x 5, sendo estudado o efeito de três substratos: Bioplant®; 40% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 30% fibra de coco - (40V+30CAC+30FC); 70% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada - (70V+30CAC) e quatro concentrações de AIB (1.000; 2.000; 4.000 e 6.000 mg L⁻¹), além do tratamento testemunha (apenas água destilada). Cada unidade experimental foi constituída de 10 miniestacas.

As miniestacas foram obtidas a partir de mudas produzidas via seminal, de sementes colhidas em sete árvores matrizes em setembro de 2008, na cidade de São Gonçalo do Rio das Pedras, MG. A semeadura foi realizada em tubetes de plástico de 180 cm³ de capacidade contendo os mesmos substratos anteriormente descritos. Antes da semeadura as sementes foram imersas em H₂SO₄ a 98% por cinco minutos e em seguida lavadas em água corrente, durante dez minutos; aos 40 dias após a semeadura coletaram-se as miniestacas para instalação do experimento, as quais apresentavam comprimento variando de 4 a 6 cm, obtidas acima dos cotilédones, contendo um par de folhas compostas cujo número de folíolos foi reduzido de quatro para dois pares utilizando-se uma tesoura de poda.

Imediatamente após a coleta e a redução do número de folíolos, as bases das miniestacas foram imersas por dez segundos nas soluções contendo as diferentes concentrações de AIB, sendo estaqueadas em tubetes de plástico de 55 cm³ contendo os substratos citados.

A caracterização química dos substratos foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFVJM conforme descrito por Embrapa (1997). Com vista à obtenção do carbono orgânico foi utilizado o método de Walkley & Black (1944). A caracterização física compreendeu a determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade aparente e capacidade máxima de retenção de água dos substratos, conforme metodologia proposta por Carvalho & Silva (1992) (Tabela 1).

As miniestacas permaneceram 40 dias em casa de vegetação coberta com filme de plástico (150 microns de espessura) e com tela de sombreamento de 50%, sob irrigação por nebulização intermitente com vazão de 8 L h⁻¹ visando manter a umidade relativa do ar acima de 70 %; em seguida, foram transferidas para a casa de sombra (sombreamento de 50%)

Tabela 1. Características químicas e físicas dos substratos utilizados na produção de mudas de copaíba

Características	Substrato		
	Bioplant®	40V+30CAC+30FC	70V+30CAC
C, dag kg ⁻¹	20,47	9,32	1,67
N, dag kg ⁻¹	0,31	0,11	0,13
C/N	66	85	13
M.O, dag kg ⁻¹	35,21	16,12	2,87
pH, água	5,0	6,7	6,7
P, mg dm ⁻³	935	37	69
K, mg dm ⁻³	1.061	240	313
Ca, cmol _c dm ⁻³	15,9	1,3	4,4
Mg, cmol _c dm ⁻³	4,6	8,4	11,0
H+Al, cmol _c dm ⁻³	5,8	1,5	1,7
Al, cmol _c dm ⁻³	0,9	0,3	0,2
t, cmol _c dm ⁻³	24,1	10,6	16,4
T, cmol _c dm ⁻³	29,0	11,8	17,9
SB, cmol _c dm ⁻³	23,2	10,3	16,2
m, %	4,0	3,0	1,0
V, %	80,2	87,0	91,0
Porosidade Total, dm ³ dm ⁻³	80,6	69,8	69,3
Macroporosidade, dm ³ dm ⁻³	34,7	37,7	33,9
Microporosidade, dm ³ dm ⁻³	45,9	32,1	35,4
Densidade aparente, kg dm ³	0,1	0,1	0,2
CMRA ⁽¹⁾ , mL/55 cm ⁻³	25,3	17,7	19,5

⁽¹⁾ CMRA = Capacidade máxima de retenção de água.

por 30 dias. Neste ambiente as irrigações foram realizadas por microaspersores bailarinhas com vazão de 240 L h⁻¹ três vezes ao dia, por 2 minutos.

Durante o período de permanência em casa de sombra as estacas receberam, semanalmente, adubações de cobertura (5 ml por miniestaca) utilizando-se: 5,5 kg de nitrato de cálcio, 1,5 kg de sulfato de magnésio, 2,63 kg de cloreto de potássio, 0,9 kg de fosfato monoamônio, 2,0 kg de sulfato de amônia, 0,035 kg ácido bórico, 0,004 kg de sulfato de cobre, 0,015 kg de sulfato de zinco, 0,017 kg de sulfato de manganês, 0,02 kg de ferrilene, 2,5 kg de superfosfato simples para 1000 L de água.

Aos 70 dias após a instalação do experimento foram mensurados o enraizamento (ENRZ; % de miniestacas enraizadas), massa seca da raiz (MSRZ; g planta⁻¹) e massa seca da parte aérea (MSPA; g planta⁻¹). Para determinação da massa seca de raiz e da parte aérea foram tomadas, aleatoriamente, cinco plantas de cada unidade experimental separando-se a parte aérea do sistema radicial. O sistema radicial das mudas foi lavado em água corrente para separar as raízes do substrato; em seguida, todo o material vegetal foi secado em estufa com circulação forçada de ar a aproximadamente 65 °C, até massa constante.

Para determinação de nutrientes nas folhas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão nítrico-perclórica para determinação dos teores de nutrientes. Os teores de P foram determinados por colorimetria, de K por fotometria de chama e de S por turbidimetria; Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de B foram determinados através de digestão por via seca (incineração a 550°C), seguida de determinação colorimétrica com azometina-H. O N total foi determinado pelo método Kjeldhal após digestão sulfúrica (Malavolta et al., 1997). A partir desses teores determinou-se o conteúdo dos nutrientes com base na massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando o efeito do tipo de substrato foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05). Os efeitos das doses de AIB foram analisados por meio de regressões e o valor de F foi corrigido sendo apresentadas somente as equações cujos coeficientes de maior grau foram significativos (p < 0,05). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar 5.1 Build 72.

Resultados e Discussão

Apenas os teores de Ca e S na parte aérea das mudas de copaíba apresentaram interação significativa entre os efeitos principais estudados, constatando-se que o substrato 70V+30CAC foi responsável por proporcionar os maiores valores desses macronutrientes em todas as concentrações de AIB avaliadas (Tabela 2). Para as demais variáveis ocorreu apenas o efeito isolado do tipo de substrato e/ou concentrações de AIB. Observou-se, ainda, que não houve efeito significativo dos tratamentos na produção de massa seca da parte aérea (Tabela 3); demonstrando a boa padronização das miniestacas.

O substrato Bioplant® apresentou-se como o tratamento que proporcionou resultados inferiores para as variáveis massa seca de raiz (MSRZ) e porcentagem de enraizamento das miniestacas (Tabela 3). Segundo padrões apresentados

Tabela 2. Teores de cálcio e enxofre em miniestacas de copaíba aos 70 dias em função do tipo de substrato e concentração de AIB

Substrato	AIB (mg L ⁻¹)				
	0	1000	2000	4000	6000
	Ca				
Bioplant®	0,274Ab	0,224Ab	0,198Ab	0,262Ab	0,230Ab
40V+30CAC+30FC	0,186Ab	0,210Ab	0,185Ab	0,213Ab	0,237Ab
70V+30CAC	0,678Aa	0,388Ba	0,469Ba	0,455Ba	0,557Aba
	S				
Bioplant®	0,075Ab	0,070Ab	0,068Ab	0,098Ab	0,084Ab
40V+30CAC+30FC	0,113Ab	0,108Ab	0,091Ab	0,075Ab	0,080Ab
70V+30CAC	0,690Aa	0,420Ba	0,383Ba	0,364Ba	0,455Ba

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. V = % de vermiculita; CAC = % de casca de arroz carbonizada; FC = % de fibra de côco.

Tabela 3. Efeito dos substratos em características de mudas de copaíba propagadas por miniestaca aos 70 dias de idade

Variáveis	Substratos		
	Bioplant®	40V+30CAC+30FC	70V+30CAC
MSPA (g)	0,104 a	0,117 a	0,119 a
MSRZ (g)	0,017 b	0,096 a	0,078 a
ENRZ (%)	34,0 c	61,0 b	82,0 a
N (mg)	1,71 b	2,03 b	2,42 a
P (mg)	0,183 c	0,258 b	0,439 A
K (mg)	0,455 b	0,519 b	0,688 A
Ca (mg)	0,237 b	0,206 b	0,509 A
Mg (mg)	0,197 b	0,216 b	0,269 A
S (mg)	0,079 b	0,093 b	0,462 A
Zn (µg)	2,608 b	3,727 a	3,482 A
Mn (µg)	19,6 a	13,5 b	8,87 C
Cu (µg)	0,621 b	0,811 a	0,877 A
B (µg)	7,72 b	10,2 a	11,7 A

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. V = % de vermiculita; CAC = % de casca de arroz carbonizada; FC = % de fibra de côco; MSPA - massa seca da parte aérea; MSRZ - massa seca de raiz; ENRZ - enraizamento das estacas; N, P, K, Mg = teor de macronutrientes; Zn, Mn, Cu, B = teor de micronutrientes.

por Gonçalves & Poggiani (1996), as características químicas e físicas do Bioplant® são consideradas adequadas para a produção de mudas florestais (Tabela 1). O menor desenvolvimento do sistema radicial das minestacas neste substrato pode ter ocorrido pelo maior acúmulo de água que reduziu a aeração na base da estaca prejudicando o processo de rizogênese. A maior microporosidade associada ao alto teor de matéria orgânica encontrado neste substrato provavelmente proporcionou maior capacidade de retenção de água, em média 23 e 30% superior aos substratos 40V+30CAC+30FC e 70V+30CAC, respectivamente (Tabela 1). Este resultado não significa que o referido substrato é inadequado para a produção de mudas por miniestaqueia mas, sim, que a irrigação utilizada necessita de ajustes para se trabalhar com o mesmo.

A maior produção de MSRZ foi observada nos substratos 40V+30CAC+30FC e 70V+30CAC; este último também foi responsável por proporcionar maior porcentagem de enraizamento das miniestacas (Tabela 3). A maior produção de raízes é fator imprescindível para viabilizar a propagação vegetativa de plantas no viveiro, além de proporcionar maior sucesso no plantio das mudas em campo. Alguns dos fatores que podem estar relacionados à superioridade dos dois substratos são suas melhores características de drenagem e aeração atribuídas à presença, na composição de suas misturas, da casca de arroz carbonizada (Tabela 1). Segundo Guerrini & Trigueiro (2004), a casca de arroz carbonizada é um material bastante leve indicado principalmente para o enraizamento de plantas por proporciona drenagem rápida e eficiente, boa homogeneidade no tamanho das partículas e baixa densidade.

Ao se comparar o substrato 40V+30CA+30FC com o 70V+30CAC observa-se que a adição da fibra de coco alterou as características dos substratos, o 70V+30CAC apresentou a relação C/N mais equilibrada e possui mais 18, 86, 30, 238, 31, 55, 57 e 10% respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg, t, SB, CMRA (Tabela 1). De forma geral, no substrato 70V+30CAC as plantas apresentaram os maiores teores de nutrientes (Tabela 3), no qual o conjunto dessas características refletiu no maior enraizamento das miniestacas seminais neste substrato.

A concentração foliar dos nutrientes obedeceu à seguinte ordem decrescente $N > K > Ca > P > Mg > S$. O Fe foi o micronutriente com maior concentração, seguido dos Mn, B, Zn e Cu (Tabela 4).

Os teores de nutrientes nas folhas da copaíba aos 70 dias de idade são muito semelhantes quando se compara o substrato Bioplant® com o 40V+30CAC+30FC. Por outro lado, o substrato 70V+30CAC possui a maior concentração média para todos os macronutrientes e para o Cu e B (Tabela 4). Apesar do Bioplant® possuir características químicas superiores às dos demais substratos (Tabela 1), isto não lhe conferiu os maiores teores de nutrientes foliares (Tabela 4). Este comportamento pode ser explicado, pelo menos em parte, pela observação de Duboc et al. (1996) na produção de mudas de copaíba, em que as mesmas demonstraram um pequeno requerimento nutricional, sobremaneira para os nutrientes Mg, K, B e Zn, sendo capazes de ajustar seu crescimento até mesmo na ausência desses elementos. Segundo Lambers et al. (2008), espécies classificadas como clímax apresentam baixa resposta ao fornecimento de nutrientes, sendo esta uma característica de adaptação a solos pouco férteis.

Analisando a Tabela 5 observa-se que o coeficiente de correlação entre os conteúdos de Mg e Fe foi positivo para os substratos Bioplant® e 40V+30CAC+30FC (Tabela 5); já o conteúdo foliar de B nas miniestacas de copaíba apresentou correlação positiva nos substratos Bioplant® e 70V+30CAC. Cunha et al. (2009a) também observaram efeitos positivos de Fe e B para o enraizamento de miniestacas de eucalipto; entretanto, o Mg não exerceu correlação significativa em nenhum dos clones avaliados.

O Mg desempenha papel importante e específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e na síntese de DNA e RNA (Taiz & Zeiger, 2008) demonstrando, desta forma, a significância deste nutriente na fase de indução radicial tendo em vista que a respiração gera energia para iniciação dos primórdios, tal como a síntese de ácidos nucleicos e proteínas, importantes nesta fase (Cunha et al., 2009b). Ainda segundo esses autores, concentrações adequadas de Fe são

Tabela 4. Concentração de nutrientes nas folhas de copaiba em função do tipo de substrato e concentrações de AIB aos 70 dias de idade

Substrato	Dose mg L ⁻¹	Concentração de nutrientes (mg kg ⁻¹)										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Bioplant®	0	1,52	0,17	0,38	0,25	0,17	0,07	23	310	171	6,2	70
Bioplant®	1000	1,79	0,19	0,44	0,23	0,20	0,07	29	321	199	5,9	72
Bioplant®	2000	1,65	0,17	0,43	0,20	0,17	0,07	25	332	138	5,9	80
Bioplant®	4000	1,59	0,19	0,47	0,26	0,20	0,10	24	280	225	5,7	77
Bioplant®	6000	1,72	0,16	0,47	0,22	0,21	0,08	26	439	213	6,2	74
40V+30CAC+30FC	0	1,89	0,25	0,47	0,14	0,16	0,09	27	322	81	7,3	78
40V+30CAC+30FC	1000	1,95	0,23	0,44	0,18	0,19	0,09	29	319	134	6,7	89
40V+30CAC+30FC	2000	1,59	0,19	0,41	0,15	0,19	0,07	35	335	109	6,8	95
40V+30CAC+30FC	4000	1,58	0,21	0,46	0,21	0,18	0,07	33	331	125	6,8	90
40V+30CAC+30FC	6000	1,65	0,22	0,43	0,22	0,21	0,07	35	403	135	7,0	86
70V+30+CAC	0	2,12	0,38	0,63	0,48	0,25	0,48	27	278	64	7,6	90
70V+30+CAC	1000	2,01	0,37	0,57	0,35	0,22	0,38	31	318	94	8,0	103
70V+30+CAC	2000	2,04	0,37	0,57	0,41	0,23	0,34	29	301	82	7,6	95
70V+30+CAC	4000	1,96	0,38	0,63	0,44	0,24	0,35	27	279	60	7,2	91
70V+30+CAC	6000	2,04	0,35	0,52	0,46	0,20	0,38	32	290	77	6,6	115
Bioplant®	média	1,65	0,18	0,44	0,23	0,19	0,08	25	336	189	6,0	75
40V+30CAC+30FC	média	1,73	0,22	0,44	0,18	0,19	0,08	32	342	117	6,9	88
70V+30+CAC	média	2,03	0,37	0,58	0,43	0,23	0,38	29	293	75	7,4	99

V = % de vermiculita; CAC = % de casca de arroz carbonizada; FC = % de fibra de coco.

Tabela 5. Coeficiente de correlação entre os conteúdos de nutrientes e o enraizamento das estacas de copaíba

Substrato	Enraizamento (%)	Macronutrientes (dag kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Bioplant®	34,0	0,30 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,89 ^{**}	-0,16 ^{ns}	0,66 ^{**}	0,66 ^{**}	0,12 ^{ns}	0,57 [*]	0,49 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,53 [*]
40V+30CAC+30FC	61,0	-0,76 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,50 ^{ns}	0,82 ^{**}	0,82 ^{**}	-0,80 ^{**}	0,91 ^{**}	0,80 ^{**}	0,70 ^{**}	-0,33 ^{ns}	0,45 ^{ns}
70V+30CAC	82,0	-0,56 [*]	-0,61 [*]	-0,53 [*]	0,18 ^{ns}	-0,74 ^{**}	-0,66 ^{**}	0,44 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,84 ^{**}	0,58 [*]

** significativo a 1%, * significativo a 5%, ns - não significativo a 5% de probabilidade.

muito importantes na fase de formação das raízes adventícias, em que sua deficiência está relacionada com a inibição do processo de alongação radicial.

A correlação positiva observada entre os conteúdos de B nas estacas de copaíba enraizadas nos substratos Bioplant® e 70V+30CAC demonstra que, possivelmente, elas apresentaram maiores exigências desse nutriente. Segundo Malvasi (1994), o B exerce efeito positivo no enraizamento cuja cadeia metabólica que o envolve está ligada diretamente ao metabolismo das auxinas, principal classe de hormônios envolvida no processo de enraizamento adventício.

As concentrações de AIB influenciaram significativamente a porcentagem de estacas enraizadas, além dos conteúdos foliares de N, P e Cu (Figura 1). A elevação da concentração da auxina determinou um aumento linear na porcentagem de enraizamento sem, contudo, atingir o máximo potencial (Figura 1A). Uma resposta linearmente crescente à aplicação de doses de AIB no enraizamento de estacas de acerola também foi observada por Lopes et al. (2003). Aplicações de reguladores de crescimento à base de auxinas aos propágulos vegetativos, proporcionam maior percentual de enraizamento embora as concentrações recomendadas variem em função da espécie e do estado de maturação, entre outros fatores (Xavier et al., 2003).

Os conteúdos foliares de N, P e Cu apresentaram resposta quadrática negativa à aplicação das diferentes concentrações de AIB (Figuras 1B, 1C e 1D, respectivamente), ou seja,

ocorreu tendência de redução no acúmulo desses nutrientes sempre que as concentrações de AIB foram elevadas, o que possibilita inferir que as estacas submetidas ao tratamento com ausência AIB (0 mg L⁻¹) apresentaram os maiores conteúdos desses nutrientes em sua parte aérea. Segundo Hartmann et al. (1997) isso pode ser explicado, em parte, pelo fato de que as miniestacas poderiam estar em pleno desenvolvimento no qual o balanço hormonal interno se mostrava favorável ocorrendo, portanto, uma resposta negativa às aplicações do AIB. Entretanto, incremento nos conteúdos foliares de P e K em plantas de *Citrange carrizo* (Souza et al., 2000) e de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) em pessegueiro (Nunes et al., 2010) foi notado com o aumento das concentrações da auxina (AIB).

Conclusões

O substrato 70V+30CAC é responsável por proporcionar a maior porcentagem de enraizamento e conteúdo de nutrientes nas miniestacas.

A aplicação de AIB na concentração de 6.000 mg L⁻¹ proporciona maior porcentagem de enraizamento das miniestacas seminais de copaíba.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro dado a esta pesquisa.

Literatura Citada

- Bastos, D. C.; Pio, R.; Scarpere Filho, J. A.; Libardi, M. N.; Almeida, L. F. P.; Galuchi, T. P. D.; Bakker, S. T. Propagação da Pitaya 'vermelha' por estaquia. *Ciência e agrotecnologia*, v.30, n.6, p.1106-1009, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000600009>>.
- Carvalho, C. M.; Silva, C. R. Determinação das propriedades físicas de substrato. Notas de aulas práticas. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas; Universidade Estadual Paulista, 1992. 6p.
- Cunha, A. C. M. C. M.; Paiva, H. N.; Barros, N. F.; Leite, H. G.; Leite, F. P. Relação do estado nutricional de minicépas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.3, p.591-599, 2009a. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300012>>.
- Cunha, A. C. M. C. M.; Paiva, H. N.; Xavier, A.; Otoni, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n.58, p.35-47, 2009b. <<http://dx.doi.org/10.4336/2009.pfb.58.35>>.

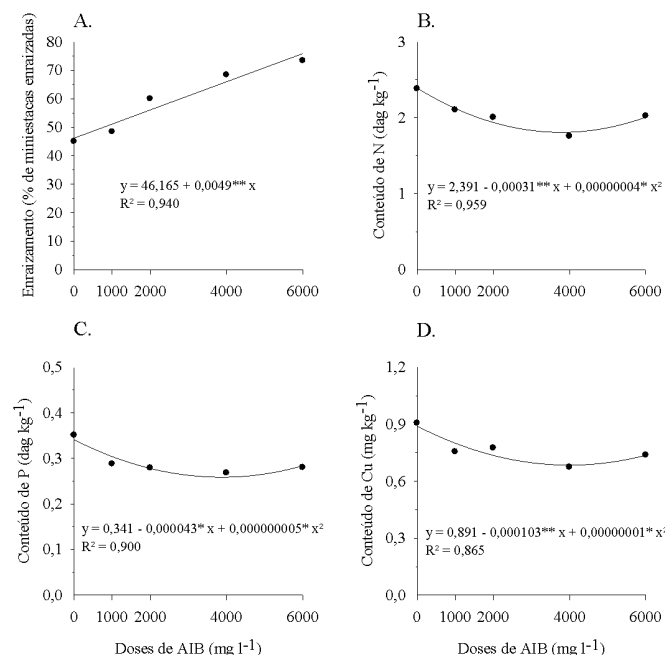


Figura 1. Porcentagem de enraizamento e conteúdos de N, P e Cu obtidos em função das diferentes concentrações de AIB para as miniestacas de copaíba aos 70 dias de idade

- Dias, J. R. M.; Silva, E. D. A.; Gonçalves, G. S.; Silva, J. F.; Souza, E. F. M.; Ferreira, E.; Stachiw, R. Enraizamento de estacas de cafeeiro imersas em extrato aquoso de tiririca. *Coffee Science*, v.7, n.3, p.259-266, 2012. <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/358/pdf>>. 12 Dez. 2012.
- Duboc, E.; Ventrin, N.; Vale, F. R.; Davide, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo Copaíba). *Cerne*, v.2, n.2, p.31-47, 1996. <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/16-02-20091286v2_n2_artigo%2003.pdf>. 05 Ago. 2013.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212p.
- Ferraz, A. V.; Engel, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e Guaruaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). *Revista Árvore*, v.35, n.3, p.413-423, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300005>>.
- Gonçalves, J. L. M.; Poggiani, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13., 1996, Águas de Lindóia-SP. Resumos... Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD Rom.
- Guerrini, A.; Trigueiro, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.6, p.1069-1076, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600016>>.
- Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies Júnior, F. T.; Gene, T. L. Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770p.
- Lambers, H.; Chapin, F. S.; Poons, T. L. H. Plant Physiological Ecology. 2. ed. Berlin: Springer, 2008. 591p.
- Lopes, J.C.; Alexandre, R.S.; Silva, A.E.C.; Riva, E.M. Influência do ácido indol-3-butírico e do substrato no enraizamento de estacas de acerola. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.9, n.1, p.79-83, 2003. <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/489/475>>. 15 Jul. 2013.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v.1, 368p.
- Malvasi, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas - perspectivas biológicas e operacionais. *Floresta e Ambiente*, v.1, n. único, p.131-135, 1994. <<http://www.floram.org/files/v1n%C3%BAnico/v1nunicoa16.pdf>>. 15 Jul. 2013.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Nunes, J. J. S.; Souza, P. V. D.; Marodin, G. A. B.; Fachinello, J. C. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e ácido indolbutírico sobre o desenvolvimento vegetativo de plântulas do porta-enxerto de pessegueiro 'ALDRIGHI'. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.80-86, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000100010>>.
- Pinto, A. M.; Inoue, M. T.; Nogueira, A. C. Conservação e vigor de sementes de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). *Acta Amazonica*, v.34, n.2, p.233-236, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000200011>>.
- Ramos, J. D.; Matos, L. E. S.; Gontijo, T. C. A.; Pio, R.; Junqueira, K. P.; Santos, F. C. Enraizamento de estacas herbáceas de 'Mirabolano' (*Prunus cerasifera* Ehrh) em diferentes substratos e concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.1, p.189-191, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452003000100053>>.
- Rickli, H. C.; Camargo, L. K. P.; Franco, R.; Kunze, A.; Biasi, L. A. Enraizamento de estacas de patchouli em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.7, n.3, p.446-450, 2012. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1723>>.
- Sossella, A. G.; Petry, C.; Nienow, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (Fabaceae) pelo processo de estaquia. *Revista Árvore*, v.32, p.163-171, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000100018>>.
- Souza, P. V. D.; Abad, M. A. M.; Almela, V. Desenvolvimento vegetativo e morfologia radicular de citrange carrizo afetado por ácido indolbutírico e micorrizas arbusculares. *Ciência Rural*, v.30, n.2, p.249-255, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782000000200009>>.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (Ed.). Fisiologia vegetal. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 820p.
- Valentini, C. M. A.; Almeida, J. D.; Coelho, M. F. B.; Ortíz, C. E. R.; Propagação de *Siparuna guianensis* Aublet (Siparunaceae) por estaquia caular. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.3, p.495-501, 2011. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i3a1342>>.
- Walkley, A.; Black, I. An examination of the Degtjarref method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chomic acid titration method. *Soil Science*, v.37, n.1, p.29-38, 1944. <<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>>.
- Xavier, A.; Santos, G. A.; Wendling, I.; Oliveira, M. L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. *Revista Árvore*, v.27, n.2, p.139-143, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000200003>>.