

## Presença de folhas e ácido indol butírico no enraizamento de estacas de quiri

Carlos André Stuepp<sup>1\*</sup>, Katia C Zuffellato-Ribas<sup>1</sup>, Ivar Wendling<sup>2</sup>,  
Henrique S Koehler<sup>1</sup>, Cleusa Bona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Colombo, PR, Brasil

\*Autor correspondente, e-mail: carlos.stuepp@ufpr.br

### Resumo

*Paulownia fortunei* (Scrophulariaceae), natural do leste da Ásia, possui ampla distribuição geográfica. Neste trabalho estudou-se a rizogênese de estacas caulinares de quiri com e sem folhas, coletadas em três estações do ano, com a aplicação de ácido indol butírico (AIB), comparando possíveis diferenças anatômicas entre as estações. A partir de brotações do ano coletadas no outono/2011, primavera/2011 e verão/2012, foram confeccionados dois tipos de estacas: com cerca de 10-12 cm de comprimento, corte em bisel na base e reto no ápice, com duas folhas reduzidas a uma superfície de 78,5 cm<sup>2</sup>; e com as mesmas especificações, sem a presença das folhas. Após desinfestação, a base das estacas foi tratada com AIB (0, 500, 1000, 1500 e 2000 mg L<sup>-1</sup>). O estaqueamento foi realizado em tubetes de 110 cm<sup>3</sup>, com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1) acondicionados em casa de vegetação climatizada. Após 60 dias verificou-se que a ausência de folhas favoreceu o enraizamento das estacas em todas as estações, com o maior enraizamento no outono (12,75%). A aplicação de AIB não influenciou no enraizamento de nenhum dos tipos de estacas. Não foram observadas diferenças anatômicas nas bases das estacas coletadas nas diferentes estações.

**Palavras chaves:** auxina, *Paulownia fortunei* var. *mikado*, propagação vegetativa, Scrophulariaceae.

### Leaf presence and indolebutyric acid on cuttings rooting of dragon tree

#### Abstract

*Paulownia fortunei* (Scrophulariaceae), native to East Asia, has a wide geographical distribution. In this work was studied the rooting of *Paulownia fortunei* cuttings, with and without leaves, collected in three seasons and treated with the application of indolebutyric acid (IBA). Cuttings were also compared for possible anatomical differences between seasons. Originated from current year shoots in autumn/2011, spring/2011 and summer/2012, two types of cuttings were prepared: one about 10-12 cm long, with bevel cut on the base and straight at the apex, with two leaves reduced to an area of 78.5 cm<sup>2</sup>; the other with the same specifications, with leaves completely removed. After disinfection, base of the cuttings was treated with IBA (0, 500, 1.000, 1.500 and 2.000 mg L<sup>-1</sup>). Planting was made in tubes of 110 cm<sup>3</sup>, with medium size vermiculite particles and carbonized rice hull (1:1) and installed in a greenhouse with intermittent mist. After 60 days it was verified that the absence of leaves favored the adventitious rooting in all the seasons, with the highest rooting percentage in autumn (12.75%). The application of IBA did not have influence on rooting of any type of cuttings. No anatomical differences were observed between the bases of cuttings collected in the studied seasons.

**Keywords:** auxin, *Paulownia fortunei* var. *Mikado*, scrophulariaceae, vegetative propagation,.

## Introdução

A propagação vegetativa, muito comum em espécies frutíferas e ornamentais cultivadas, também vem sendo aplicada nos últimos anos com o objetivo de manter a superioridade genética e ampliar a produtividade em espécies arbóreas de interesse econômico (Xavier & Silva, 2010). O sucesso dessa técnica depende de diversos fatores que estão diretamente relacionados ao enraizamento, variando para cada espécie, de acordo com o tratamento subsequente, sendo a maior ou menor facilidade de enraizar explicada pelo conhecimento dos fatores intrínsecos, como estágio fisiológico, balanço hormonal, juvenildade e idade da planta matriz, e extrínsecos ao material, como a estação do ano, luz, temperatura e umidade (Ferriani, 2008; Rios et al., 2012; Wendling et al., 2014).

A aplicação de reguladores vegetais, principalmente do grupo das auxinas, vêm sendo citada como fator favorável ao processo de enraizamento adventício em diversas espécies e, embora o ácido índole-3-acético (IAA) seja a auxina mais abundante nos vegetais, a utilização de ácido indol butírico têm se mostrado mais estável e eficaz na maioria dos casos (Sauer et al., 2013).

Da mesma forma, é importante ter conhecimento das características anatômicas da planta, visando identificar possíveis barreiras ao enraizamento presentes nas estacas, tendo em vista que durante a formação dos primórdios radiciais, ocorre uma série de eventos anatômicos logo após a desdiferenciação e rediferenciação, sendo que divisões celulares produzem um aglomerado simétrico e radial, que culmina em um meristema radicial com desenvolvimento e protusão do primórdio através da epiderme (Blakesley et al., 1991).

O gênero *Paulownia*, pertencente à família Scrophulariaceae, é originário do leste da Ásia, sendo popularmente conhecido como quiri. Das 15 espécies pertencentes a este gênero, as mais conhecidas e cultivadas são *Paulownia elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. glabrata*, *P. taiwaniana*, e *P. tomentosa* (Bonner & Burton, 1974).

A lentidão, aliada a grande variação

fenotípica resultante da propagação sexuada para o gênero *Paulownia*, gera a necessidade de estudos mais detalhados no que diz respeito a outras vias para a propagação de quiri, tornando a propagação vegetativa convencional interessante para a obtenção de uma grande quantidade de mudas em curto espaço de tempo (Bergmann, 1997). Entretanto, a ausência de trabalhos no Brasil que apresentem protocolos de propagação para este gênero, tem dificultado a utilização eficiente dessa espécie.

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o enraizamento de estacas caulinares de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, com e sem folhas, coletadas em três estações do ano, com a aplicação de ácido indol butírico em diferentes concentrações, a fim de indicar um tratamento para o enraizamento da espécie, que seja eficiente do ponto de vista técnico para fins de resgate de material superior, bem como verificar por meio de análises anatômicas e histoquímicas, a possível existência de barreiras físicas e químicas à emissão de raízes adventícias.

## Material e Métodos

### Estaquia

Para a realização dos experimentos foram utilizadas brotações do ano provenientes de 10 árvores matrizes de quiri localizadas no município de Aurora-SC (27°23'28.57"S e 49°38'43.30"W), com altitude aproximada de 700 m. O clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média do mês mais quente acima de 22 °C, apresentando verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo-PR.

Brotações do ano de *Paulownia fortunei* foram coletadas de 10 plantas matrizes com cerca de 60-80 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), em três estações do ano, realizadas nas seguintes datas: 04/04/2011 (outono), 03/10/2011 (primavera) e 23/01/2012 (verão).

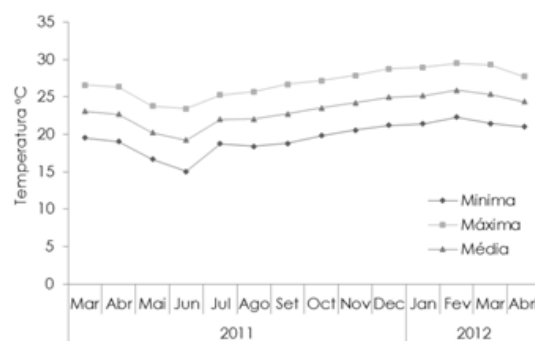
Foram confeccionados dois tipos de estacas caulinares lenhosas com 10 a 12 cm de comprimento, com corte em bisel na base e reto acima da última gema apical, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície circular aproximada de 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior da estaca; o segundo, com as mesmas especificações, porém sem a presença das folhas.

As estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos (ação bactericida), e lavadas em água corrente por 10 minutos, sendo posteriormente tratadas com Benlate® 0,1% também por 10 minutos (ação fungicida). Na sequência, procedeu-se o tratamento das bases das estacas com ácido indol butírico (AIB) conforme os seguintes tratamentos (T): T1: 0 mg L<sup>-1</sup> AIB (testemunha); T2: 500 mg L<sup>-1</sup> AIB; T3: 1000 mg L<sup>-1</sup> AIB; T4: 1500 mg L<sup>-1</sup> AIB; T5: 2000 mg L<sup>-1</sup> AIB.

Para os tratamentos envolvendo diferentes concentrações de AIB, as bases das estacas foram imersas por 10 segundos em solução hidroalcolica (50% v/v) de ácido indol butírico P.A. (Merck). As estacas referentes ao tratamento T1 (0 mg L<sup>-1</sup> AIB) não foram submetidas a tratamentos com regulador vegetal, sendo apenas imersas em solução de água destilada e álcool (50% v/v). O plantio das estacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 110 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 3 cm de profundidade, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24 °C ± 2 °C e umidade relativa do ar superior a 80%). As médias de temperatura máxima, média e mínima da casa de vegetação no decorrer do experimento estão apresentadas na Figura 1.

Transcorridos 60 dias da instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis: porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes de pelo menos 2 mm de comprimento); número de raízes/estaca; comprimento das três maiores raízes/estaca (cm); porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na

base); porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução radicular nem formação de calos) e porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados).



**Figura 1.** Médias das temperaturas máximas, médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas entre os meses de março/2011 a abril/2012

#### Análise estatística

Os experimentos foram instalados em um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x5 [2 tipos de estacas (com e sem folhas) x 5 concentrações de AIB], com quatro repetições contendo 20 estacas por unidade experimental, repetido nas estações do outono/2011, primavera/2011 e verão/2012.

A análise dos dados foi realizada separadamente em cada estação do ano. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Stuepp et al., 2014).

Os dados quantitativos foram ainda submetidos a análise de regressão polinomial ( $p < 0,05$ ). As equações foram escolhidas de acordo com a significância da análise de regressão e melhor ajuste ( $R^2$ ). Foram testados os modelos lineares e quadráticos para escolha do melhor ajuste.

#### Análises Anatômicas

Nas estações do outono e primavera/2011 e verão/2012, antes da instalação dos experimentos de estacquia, foram coletadas amostras de cerca de 3 cm da base das estacas, as quais foram fixadas em FAA a 70% por 24 horas (Johansen, 1940), e

posteriormente conservadas em álcool 70% até a confecção dos blocos e análises anatômicas, realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal-Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba-PR.

O material previamente armazenado em álcool 70% foi seccionado em fragmentos de 1,0 cm e incluído em blocos com PEG (polietilenoglicol 1500). Estes blocos foram fixados em tutores de madeira e mantidos em geladeira por 24 horas para uma boa fixação dos mesmos. Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação (Olympus CUT 4055) e laminados com uma espessura de 15 µm.

Conforme foram confeccionados os cortes em forma de fita, estes foram submergidos em placas de petri com água destilada, para dissolução do PEG. Realizou-se então a seleção destes, visando a qualidade na confecção das lâminas, e estes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de grãos de amido; cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos e; sudam III, para identificação de lipídios. Alguns cortes foram submetidos ainda a dupla coloração com safrablau (5 mL de solução aquosa de safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1%) para identificação de celulose e lignina.

Após estes procedimentos foram confeccionadas lâminas semi-permanentes com a utilização de gelatina-glicerinada, e posterior vedação com esmalte incolor. Em seguida as lâminas foram analisadas e documentadas através de fotomicrografias em fotomicroscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada, realizadas no Laboratório de Ficologia-Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba-PR.

## Resultados e Discussão

### *Outono/2011*

Observou-se uma porcentagem reduzida de enraizamento das estacas em todos os tratamentos, sendo o melhor resultado verificado em estacas sem folhas (12,75%), diferindo estatisticamente de estacas com folhas (Figura 2). Levando-se em consideração a idade das plantas matrizes, esse fato pode

ser explicado por estas já serem plantas adultas (20 anos de idade), uma vez que, tanto a idade quanto as condições fisiológicas da planta estão entre os principais fatores que podem afetar a propagação, além de outros como variabilidade genética, tipo e diâmetro da estaca, estação do ano em que são coletadas, condições ambientais a que são submetidas após a estaquia, e substrato utilizado (Silva et al., 2010), indicando que a capacidade de uma estaca emitir raízes adventícias depende de fatores endógenos da planta e das condições ambientais presentes durante o processo de enraizamento.

Apesar das baixas porcentagens de enraizamento verificadas, pode-se observar no presente estudo uma superioridade na porcentagem de enraizamento em estacas sem folhas, em comparação a estacas com folhas, fato este, que pode ser explicado pela queda precoce (cinco dias após a instalação) das folhas em estacas com um par de folhas, atingindo uma queda total com cerca de 30 dias após a instalação. Isso pode ter ocorrido devido ao tamanho do pecíolo das estacas, que variou de 15 a 25 cm de comprimento, gerando um peso excessivo sobre a base das mesmas.

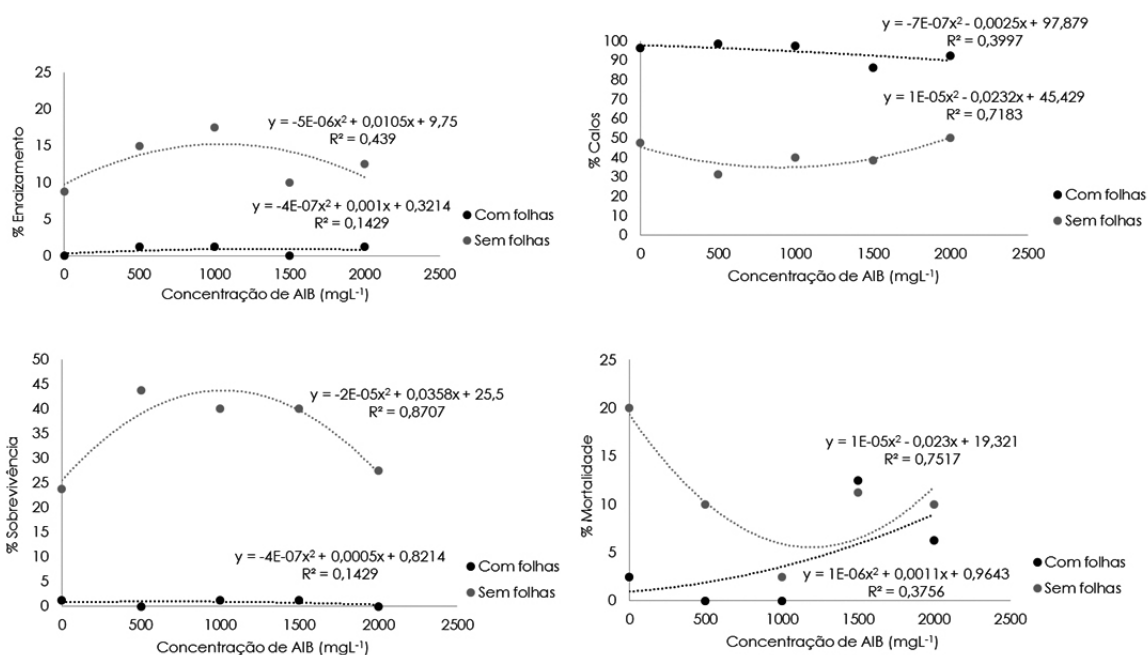
O baixo percentual de enraizamento em estacas com folhas, pode estar associado à grande área foliar apresentada pela espécie, bem como sua heterogeneidade. Procurando amenizar os efeitos negativos decorrentes dessa característica, padronizou-se esta área foliar, estabelecendo-se a redução das duas folhas apicais a um círculo com 10 cm de diâmetro (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar), a fim de atenuar o efeito da transpiração foliar, bem como a deposição do excesso de água na lâmina foliar (efeito guarda-chuva). Tal efeito é verificado em espécies com grande área foliar, onde há a sobreposição das folhas em casa de vegetação, dificultando a passagem de água da irrigação para o substrato. Mesmo com a redução da área foliar, verificou-se um pequeno efeito de sobreposição das folhas, inicialmente corrigido com regas adicionais e posteriormente normalizado com a queda natural das folhas.

A maior porcentagem de enraizamento de estacas no outono encontrada para

brotações do ano pode estar associada a uma maior reserva de carboidratos presentes nos ramos nesta estação. Os carboidratos produzidos são essenciais na sobrevivência das estacas, garantindo melhores condições fisiológicas, sobretudo, no suprimento da energia necessária ao processo de enraizamento adventício (Oliveira et al., 2012).

O melhor resultado para número de raízes/estaca foi verificado em estacas sem folhas, com 2,18 raízes/estaca, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, com

0,30 raízes/estaca (Tabela 1). De acordo com Guo et al. (2009), o uso de reguladores vegetais, especificamente o ácido indol butírico (AIB), é aconselhável por estimular e acelerar o processo de formação de raízes adventícias, aumentando o índice de enraizamento, a velocidade de formação, qualidade e uniformidade do sistema radicial (Hartmann et al., 2011). Entretanto, no presente experimento não foi verificada influência do ácido indol butírico sobre o enraizamento e número de raízes/estaca de quiri.



**Figura 2.** Porcentagem de enraizamento, calos, sobrevivência e mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, com presença e ausência de folhas, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011

**Tabela 1.** Número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011

[AIB] mg L <sup>-1</sup>	[TIPOS DE ESTACAS]		Médias
	Com folhas	Sem folhas	
Número de raízes/estaca			
0	0,00	1,17	0,58 a
500	1,00	1,94	1,47 a
1000	0,25	2,69	1,47 a
1500	0,00	2,17	1,08 a
2000	0,25	2,96	1,60 a
Médias	0,30 B	2,18 A	
Coeficiente de variação = 159,27%			
Comprimento médio de raízes/estaca			
0	0,00	2,95	1,48 a
500	0,51	2,46	1,48 a
1000	0,52	1,85	1,19 a
1500	0,00	3,49	1,75 a
2000	0,50	2,67	1,59 a
Médias	0,31 B	2,39 A	
Coeficiente de variação = 130,75%			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para o comprimento médio das três maiores raízes/estaca, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 2,39 cm/estaca, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, com 0,31 cm/estaca (Tabela 1). Para produção de mudas de qualidade é necessário um bom crescimento radicular durante o período de emissão de raízes adventícias, uma vez que o vigor radicular é um fator diretamente relacionado com o crescimento das mudas a campo (Brondani et al., 2009).

Com relação a porcentagem de calos, não foram verificadas diferenças significativas para estacas com folhas entre as médias das concentrações de AIB avaliadas, já para estacas sem folhas, as concentrações 2000 e 0 mg L<sup>-1</sup> de AIB apresentaram-se superiores, com 50,00% e 47,50%, respectivamente, diferindo estatisticamente apenas da concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de AIB, com 31,25% de estacas com calos (Figura 2).

Esta grande formação de calos pode indicar condições ambientais favoráveis ao enraizamento de estacas, embora também possa indicar a baixa juvenilidade do material em questão. O declínio na capacidade de enraizamento em espécies florestais está geralmente atrelado aos efeitos da maturação destas plantas (Xavier & Silva, 2010; Ferreira et al., 2010), onde, de forma generalizada, estacas provenientes de plantas ou ramos mais jovens tendem a um melhor enraizamento e uma diminuição na formação de calos (Reineke et al., 2002), fato este que pode explicar as altas porcentagens de formação de calos em estacas provenientes de brotações do ano de *P. fortunei*, tendo em vista que o material vegetal em questão foi coletado de plantas adultas de quiri.

Em relação à sobrevivência, houve diferenças estatísticas entre estacas confeccionadas com folhas e sem folhas, sendo que as estacas sem folhas apresentaram-se superiores estatisticamente em todas as concentrações estudadas. Entre as médias das concentrações de AIB estudadas, para estacas com folhas, verificou-se não haver diferenças significantes, sendo que os valores apresentados foram praticamente nulos, não

ultrapassando 1,25% de estacas vivas. Na comparação das médias para estacas sem folhas, as concentrações 500, 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de AIB apresentaram-se superiores, com 43,75%, 40% e 40%, respectivamente, diferindo estatisticamente das demais concentrações (Figura 2). Tais resultados estão diretamente relacionados aos observados para enraizamento neste experimento, uma vez que, para as estacas sem folhas, a alta sobrevivência em casa de vegetação pode refletir em um maior percentual de estacas enraizadas se estas forem expostas a um período mais longo de avaliação.

A mortalidade apresentou-se superior em estacas sem folhas (10,75%), diferindo estatisticamente de estacas confeccionadas com folhas (4,25%). Entre as médias das concentrações de AIB estudadas, verificou-se que as concentrações de 1500 e 0 mg L<sup>-1</sup> foram superiores, com 11,87% e 11,25%, respectivamente, diferindo estatisticamente apenas da concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup>, com 1,25% de estacas mortas (Figura 2).

A baixa mortalidade de estacas de *P. fortunei* encontrados no outono pode estar relacionada às condições fisiológicas apresentadas pelas plantas matrizes nesta estação do ano, uma vez que, como já mencionado, a planta inicia neste período o estoque de reservas no caule, com o intuito de nutrir-se durante o período de dormência vegetativa (Hartmann et al., 2011).

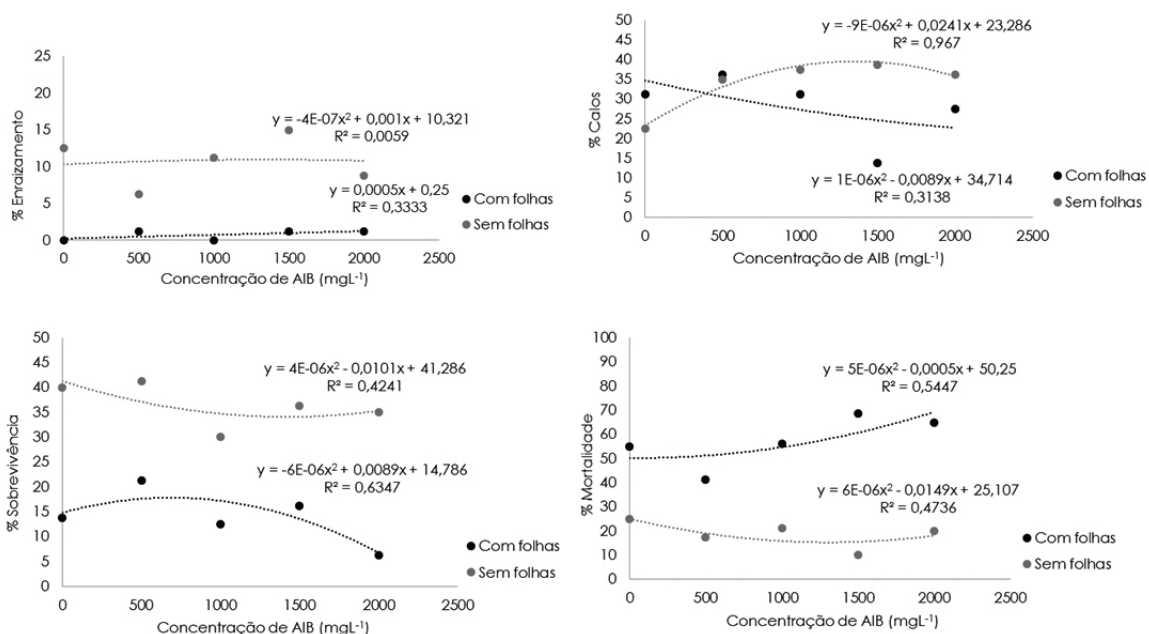
#### Primavera/2011

Para a porcentagem de enraizamento em estacas de *P. fortunei*, coletadas na primavera, o melhor resultado foi verificado naquelas sem folhas, com 10,75%, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, as quais apresentaram apenas 0,75% (Figura 3).

Da mesma forma que o observado no outono, as estacas com um par de folhas começaram a perde-las 5 dias após a instalação, atingindo uma queda total com cerca de 30 dias da instalação. Tal fato, como já mencionado, pode estar associado ao tamanho do pecíolo das estacas, o qual pode ter gerado um peso excessivo sobre a base das mesmas e resultando

em sua queda precoce. Além disso, o efeito guarda-chuva também foi observado, apesar da redução da área foliar a um círculo com 10 cm de diâmetro (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar), pode ter causado um impedimento à chegada de água em quantidades suficientes no substrato,

devido a maior deposição de água na lâmina foliar. Outros efeitos, como o maior aporte de brotos e com maior vigor em estacas sem folhas, parecem não estar relacionados aos diferentes períodos de coletas, uma vez que isso se repetiu nessa estação.



**Figura 3.** Porcentagem de enraizamento, calos, sobrevivência, e mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, com presença e ausência de folhas, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011

A coleta das estacas aconteceu no mês de outubro, quando as plantas matrizes estavam em estágio fenológico de floração e em retomada do crescimento vegetativo, tendo em vista sua caducifolia. Tal fato pode ter limitado o enraizamento de estacas em função da utilização das reservas de carboidratos para fins de floração, não estando dessa forma disponíveis para o enraizamento. Os carboidratos têm sido citados como ótimos marcadores, principalmente por serem produtos diretos da fotossíntese e constituírem uma importante fonte de energia, além de apresentarem muitas vezes uma correlação positiva com a capacidade de enraizamento em diversas espécies (Aslmoshtaghi & Shahsavari, 2010). Esta diferença entre os teores de carboidratos entre as fases vegetativa e reprodutiva das plantas foi verificado por Denaxa et al. (2012) onde os autores afirmam que a presença de carboidratos na base das estacas é um fator preponderante ao sucesso

no processo de rizogênese.

Para o número de raízes na primavera, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 3,04 raízes/estaca, diferindo estatisticamente daquelas com folhas, com 0,25 raízes/estaca (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Stuepp et al. (2013), trabalhando com estacas semilenhosas de melaleuca, onde não encontraram diferenças significativas ao nível de 5% para a variável número de raízes/estaca.

De acordo com Sousa et al. (2013), a utilização de auxinas em concentrações adequadas é recomendada para o estímulo de emissão de raízes adventícias e ampliação dos índices de enraizamento. Entretanto, no presente experimento, não foi verificada a influência das diferentes concentrações estudadas sobre a variável número de raízes/estaca de quiri. Fato verificado por Denaxa et al. (2012), onde trabalhando com duas variedades de oliveira (*Olea europaea* L.) pode observar que a para

a variedade de difícil enraizamento "Kalamata", a aplicação de AIB exógeno não resultou em ampliação nos índices de enraizamento.

Com relação ao comprimento médio das três maiores raízes, na primavera, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 5,02 cm/estaca, diferindo estatisticamente daquelas com folhas, com 0,84 cm de raízes/

estaca (Tabela 2). Resultado semelhante foi verificado por Ferriani et al. (2008), onde, trabalhando com estacas semilenhosas, provenientes de brotações do ano de plantas adultas de vassourão-branco, verificaram não haver influência positiva da aplicação de AIB sobre o comprimento das três maiores raízes por estaca.

**Tabela 2.** Número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, com presença e ausência de folhas, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011

[AIB] mg L <sup>-1</sup>	[TIPOS DE ESTACAS]		Médias
	Com folhas	Sem folhas	
	Número de raízes/estaca		
0	0,00	2,46	1,23 a
500	0,25	4,62	2,44 a
1000	0,00	2,87	1,44 a
1500	0,75	2,61	1,68 a
2000	0,25	2,62	1,44 a
Médias	0,25 B	3,04 A	
Coeficiente de variação = 111,45%			
	Comprimento médio de raízes/estaca		
0	0,00	4,04	2,02 a
500	2,32	4,33	3,33 a
1000	0,00	4,82	2,41 a
1500	0,46	5,13	2,79 a
2000	1,42	6,77	4,10 a
Médias	0,84 B	5,02 A	
Coeficiente de variação = 69,28%			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

A grande formação de calos (38,75%) pode indicar condições ambientais favoráveis ao enraizamento de estacas, por outro lado, pode indicar também a baixa juvenilidade do material em questão (Reineke et al., 2002), tendo em vista que o material vegetal em questão foi coletado de plantas adultas de quiri (Figura 3).

A sobrevivência foi superior em estacas sem folhas (36,5%), diferindo estatisticamente das com folhas (14%) (Figura 3). A sobrevivência das estacas está relacionada, entre outros fatores, com a capacidade de enraizamento das mesmas, sendo que para este experimento as estacas sem folhas apresentaram maior enraizamento em relação às estacas com folhas.

A mortalidade apresentou-se superior em estacas com folhas em todas as concentrações de AIB avaliadas (Figura 3). Para as concentrações de AIB estudadas, na comparação das médias para estacas com folhas, as concentrações 1500 e 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB apresentaram-se superiores, com 68,75% e 65,00%, respectivamente, diferindo

estatisticamente apenas da concentração de 500 mg L<sup>-1</sup>, com 41,25% de estacas mortas (Figura 3).

#### Verão/2012

Para a porcentagem de enraizamento de estacas no verão (Figura 4), estacas sem folhas apresentaram-se estatisticamente superiores àquelas com folhas somente nas concentrações de 1000 e 0 mg L<sup>-1</sup>, apresentando 6,25% de estacas enraizadas em ambas as concentrações. Entre as médias das concentrações de AIB estudadas, para estacas com folhas, o melhor resultado foi verificado na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup>, com 5,25% de estacas enraizadas, diferindo apenas da testemunha (0 mg L<sup>-1</sup>) que apresentou-se nula.

Os baixos índices verificados para enraizamento em estacas provenientes de brotações do ano no verão podem ser explicados pela maturidade apresentada pelas plantas matrizes utilizadas na coleta do



material vegetal, as quais eram árvores adultas, com aproximadamente 20 anos de idade. Este fato pode ter refletido na diminuição da capacidade de formação de raízes adventícias

com o aumento da idade, pois ramos maduros tendem a ter menores concentrações de auxinas, em comparação a ramos mais jovens (Reineke et al., 2002; Wendling et al., 2009).

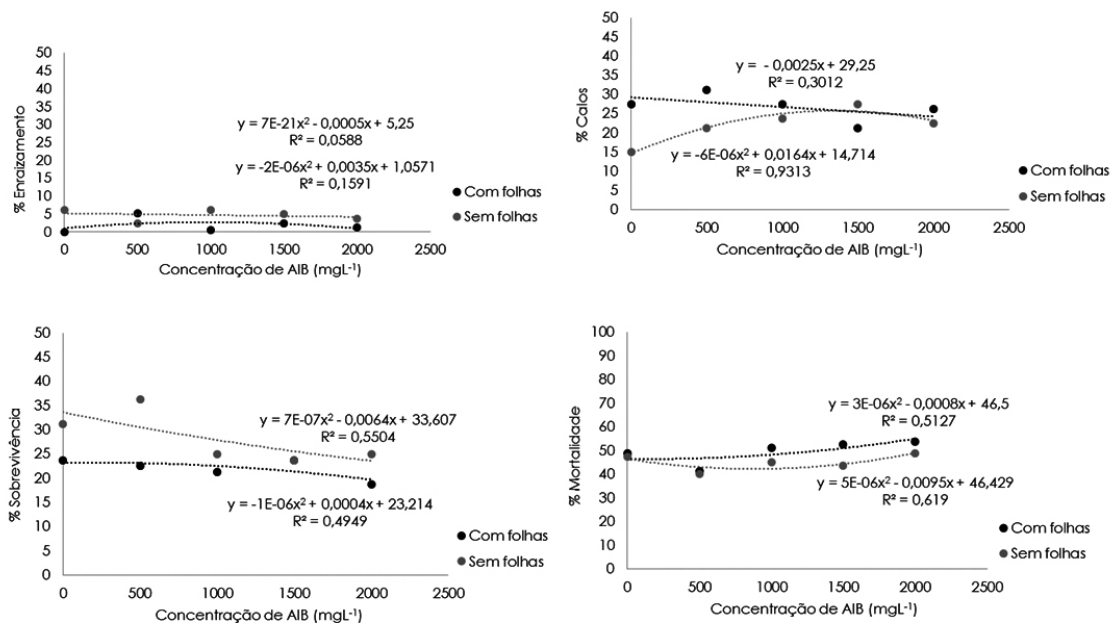


Figura 4. Porcentagem de enraizamento, calos, sobrevivência e mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012

Assim como nas estações do outono e primavera, pode-se observar no verão o efeito da queda das mesmas ao longo do experimento, com sua queda total cerca de 30 dias após instalação. Foram verificados também, efeitos relativos a grande área foliar das estacas, que mesmo com a diminuição e padronização em 10 cm de diâmetro (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar) apresentaram um efeito guarda-chuva evidente.

Para o número de raízes/estaca não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados nessa estação. Também não houve diferença significativa entre as médias das diferentes concentrações de AIB aplicadas, sendo que o tratamento com 1000 mg L<sup>-1</sup> de AIB, associado à ausência de folhas, apresentou média de 1,87 raízes/estaca (Tabela 3).

Tabela 3. Número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, com presença e ausência de folhas, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012

[AIB] mg L <sup>-1</sup>	[TIPOS DE ESTACAS]		Médias
	Com folhas	Sem folhas	
	Número de raízes/estaca		
0	0,00	1,62	0,81 a
500	1,44	0,75	1,09 a
1000	0,00	1,87	0,94 a
1500	0,75	1,46	1,10 a
2000	0,42	1,04	0,72 a
Médias	0,52 A	1,35 A	
Coeficiente de variação = 161,66%			
	Comprimento médio de raízes/estaca		
0	0,00	3,10	1,55 a
500	2,37	0,74	1,56 a
1000	0,00	3,70	1,85 a
1500	0,86	1,80	1,33 a
2000	1,27	5,27	3,27 a
Médias	0,90 B	2,92 A	
Coeficiente de variação = 115,82%			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em relação ao comprimento médio das três maiores raízes, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 2,92 cm/estaca, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, com 0,90 cm de raízes/estaca (Tabela 3). O comprimento das raízes, juntamente com outros fatores, reflete diretamente na qualidade das mudas produzidas, ou seja, uma resposta satisfatória para esta variável indica uma melhor qualidade das mudas, tendo em vista que um melhor desenvolvimento do sistema radicular amplia as condições de sobrevivência a campo (Reis et al., 2000).

As porcentagens de calos mantiveram-se altas no verão, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de AIB, associado a estacas sem folhas, apresentou média de 31,25% de estacas com calo (Figura 4). De acordo com Reineke et al. (2002), as altas porcentagens de calos podem estar relacionadas a juvenilidade das plantas matrizes, neste caso, plantas adultas com baixa juvenilidade, resultando em elevadas porcentagens de estacas com calos.

A sobrevivência de estacas no verão mostrou-se promissora, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de AIB, associado a ausência de folhas, apresentou média de 36,25% de estacas vivas (Figura 4).

Os elevados índices de mortalidade (53,75%) apresentados no verão (Figura 4) podem estar relacionados às condições ambientais e climáticas próprias da estação, onde mesmo no interior da casa de vegetação, apesar do controle de temperatura e umidade, pode haver desidratação das estacas, gerando estresse fisiológico nas mesmas. Outro fator que pode ter favorecido à alta mortalidade encontrada em estacas confeccionadas com folhas, diz respeito ao efeito guarda-chuva, onde a presença de folhas, por impedir que a água chegue ao substrato, pode ter gerado um estresse hídrico nas estacas levando à mortalidade precoce das mesmas, principalmente durante os primeiros 5 (cinco) dias de instalação, a partir do qual iniciou-se a queda das folhas.

A precoce abscisão foliar verificada na primeira semana de instalação do experimento pode também ter levado à alta mortalidade de

estacas de quiri, uma vez que a queda precoce das folhas impossibilita que os carboidratos necessários ao processo de rizogênese sejam translocados das folhas para as estacas em tempo hábil para que possam ser utilizados no processo de emissão de raízes adventícias (Denaxa et al., 2012).

Observa-se, portanto, que mesmo não satisfatórios, os resultados encontrados podem ser considerados interessantes do ponto de vista de resgate destas plantas matrizes, uma vez que, em se tratando de propagação massal de espécies florestais para fins de silvicultura clonal, a técnica efetivamente utilizada e recomendada seria a miniestaquia, que apresenta por sua vez vantagens para este fim. Atualmente, a miniestaquia se apresenta como a melhor opção para clonagem massal de *Eucalyptus* (Xavier & Silva, 2010) e, para ser viável em *P. fortunei*, ainda são necessários estudos com o intuito de proporcionar aumento no percentual de enraizamento e, sobretudo, desenvolver uma metodologia que facilite a propagação de quiri.

#### Análises anatômicas

Analisando as secções da base de estacas lenhosas provenientes de brotações do ano de *P. fortunei* var. *mikado* coletadas nas estações do outono/2011 (Figura 5A), primavera/2011 (Figura 5B) e verão/2012 (Figura 5C), verificou-se a existência de diferenças anatômicas entre as três épocas de coleta.

O caule encontrava-se em crescimento secundário, com felogênio instalado na camada subepidérmica, a periderme apresentava externamente o súber, formado por células regulares, em geral de formato quadrangular, com organização de disposição homogêneas, formado por aproximadamente 21 camadas de células. Verificou-se que a camada de súber encontrava-se mais desenvolvida em estacas coletadas nas estações de outono e verão e ausente nas estacas coletadas na primavera.

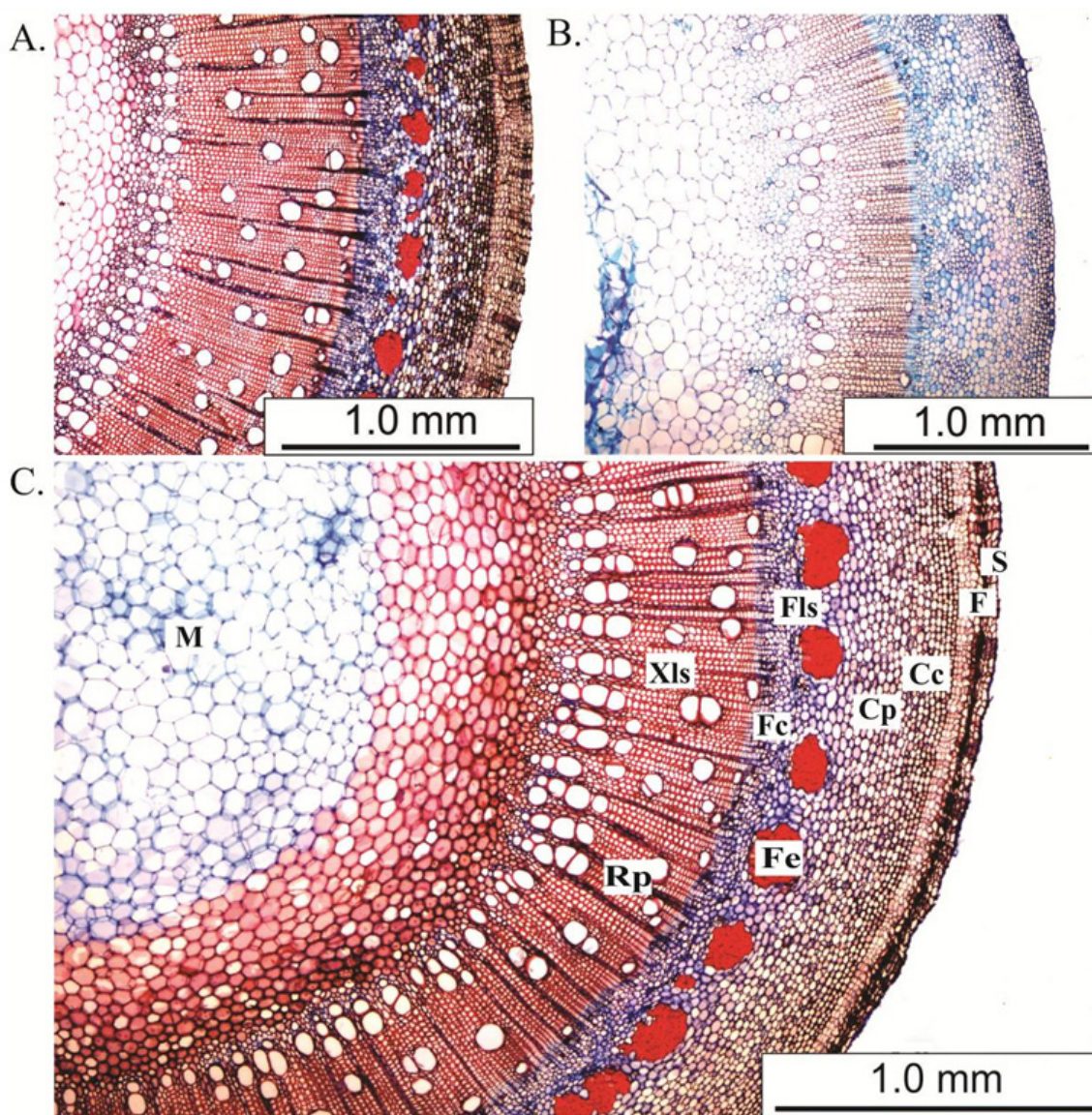
O córtex é composto externamente por 6-8 camadas de colênquima e internamente por cerca de 10-12 camadas de parênquima. Ainda na região cortical são identificados feixes de fibras, dispostos em um anel descontínuo (Figura

5C). Estas fibras possuíam maior espessamento de paredes em estacas coletadas nas estações do outono e verão, em comparação à primavera.

O floema secundário é contínuo, formado por elementos de tubo crivado, células companheiras e parênquima axial e radial. A faixa cambial é formada por várias camadas de células indiferenciadas, sendo possível verificar uma maior atividade celular no verão e primavera em relação ao outono. No xilema secundário pode-se verificar a existência de raios parenquimáticos, com 2, 3 ou 4 fileiras de células,

apresentando vasos em sua maioria isolados, com parênquima paratraqueal e fibras, sendo menos desenvolvido em estacas coletadas na estação da primavera, em comparação às demais estações. (Figura 5C).

A medula é composta por parênquima, o qual sofre lise com o passar do tempo, formando uma fistula ou lacuna (Figura 5C). Não foi evidenciada a presença de grãos de amido e compostos fenólicos, respectivamente, nas estacas nas diferentes épocas de coleta.



**Figura 5.** Secções transversais de estacas caulinares lenhosas, provenientes de brotações do ano de *Paulownia fortunei* var. *mikado*. A. Vista geral do corte na estação do outono; B. Vista geral do corte na estação da primavera; C. Vista geral do corte na estação do verão: Súber (S), felogênio (F), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), feixes de esclerênquima (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), xilema secundário (Xls) e medula (M)

**Conclusões**

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho conclui-se que:

Devido ao baixo percentual de enraizamento de estacas lenhosas de *P. fortunei* var. *mikado* a propagação via estaquia não é recomendada para esta espécie.

Dentre as três estações estudadas, o outono, com estacas sem folhas, apresenta a maior porcentagem de enraizamento em estacas oriundas de brotações do ano de *Paulownia fortunei* var. *mikado*.

Não se verificou efeito positivo das concentrações de ácido indol butírico (AIB) para a indução de raízes nesta espécie, tanto para estacas com folhas como sem folhas, em nenhuma das estações do ano estudadas.

Não foram observadas barreiras anatômicas ao enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de quiri em nenhuma das estações estudadas.

**Referências**

- Asmoshtaghi, E., Shahsavari, A.R. 2010. Endogenous soluble sugars, starch contents and phenolic compounds in easy- and difficult-to-root olive cuttings. *Journal of Biological & Environmental Sciences* 4: 83-86.
- Bergmann, B.A., Moon, H.K. 1997. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. *Plant Cell Reports* 16: 315-319.
- Blakesley, D., Weston, G.D., Hall, J.F. 1991. The role of endogenous auxin in root initiation. *Plant Growth Regulation* 10: 341-353.
- Bonner, F.T., Burton, J.D. 1974. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Suc. *Royal paulownia*. In: Schopmeyer, C. S. Seeds of Woody plants in the United States. Washington, p.572-573.
- Brondani, G.E., Wendling, I., Araújo, M.A., Santin, D., Benedetti, E.L., Roveda, L.F. 2009. Composições de substratos e ambientes de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. *Revista Floresta* 39: 41-49.
- Denaxa, N.K., Vemmos, S.N., Roussos, P.A. 2012. The role of endogenous carbohydrates and seasonal variation in rooting ability of cuttings of an easy and a hard to root olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 143: 19-28.
- Ferreira, B.G.A., Zuffellato-Ribas, K.C., Wendling, I., Koehler, H.S., Nogueira, A.C. 2010. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. *Ciência Florestal* 20: 19-31.
- Ferriani, A.P., Mayer, J.L.S., Zuffellato-Ribas, K.Z., Bona, C., Koehler, H.S., Deschamps, C., Carpanezzi, A.A., Oliveira, M.C. 2008. Estaquia e anatomia de vassourão-branco. *Scientia Agraria* 9: 159-166.
- Guo, X.F., Fu, X.L., Zang, D.K., Ma, Y. 2009. Effect of auxin treatments, cuttings collection date and initial characteristics on *Paeonia* 'Yang Fei Chu Yu' cutting propagation. *Scientia Horticulturae* 119: 177-181.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies J.F.T., Geneve, R.L. 2011. *Plant propagation: principles and practices*. 8 Ed. São Paulo: PrenticeHall, 915p.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. New York: McGraw-Hill, 523 p.
- Oliveira, R.J.P., Bianchi, V.J., Aires, R.F., Campos, A.D. 2012. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtilheiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 1199-1207.
- Reineke, R.A., Hackett, W.P., Smith, A.G. 2002. Lignification associated with decreased adventitious rooting competence of English ivy petioles. *Journal of Environmental Horticulture* 20: 236-239.
- Reis, J.M.R., Chalfun, N.N.J., Lima, L.C.O., Lima, L.C. 2000. Efeito do estiolamento e do ácido indol butírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. *Ciência Agrotécnologia* 24: 931-938.
- Rios, S.E.M.C., Pereira, L.S., Santos, T.C., Souza, V.G.R. 2012. Concentrações de ácido indol butírico comprimento e época de coleta de estacas na propagação de umbuzeiro. *Revista Caatinga* 25: 52-57.
- Sauer, M., Robert, S., Kleine-Vehn, J. 2013. Auxin: simply complicated. *Journal of Experimental Botany* 64: 2565-2577.
- Silva, R.L., Oliveira, M.L., Monte, M.A., Xavier, X. 2010. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. *Agronomia Costarricense* 34: 99-104.
- Sousa, C.M., Busquet, R.N., Vasconcellos, M.A.S., Miranda, R.M. 2013. Efeitos de auxina e nebulização no enraizamento de estacas herbáceas e lenhosas de figueira. *Revista Ciência Agronômica* 44: 334-338.
- Stuepp, C.A., Pereira, G.P., Zem, L.M., Peña, M.L., Bueno, P.M. C., Spader, V., Zuffellato-Ribas, K.C., Rosa, G.M. 2013. Enraizamento de melaleuca: influência da altura de coleta das estacas e

aplicação de iba. *Colloquium Agrariae* 9: 01-09.

Stuepp, C. A., Zuffellato-Ribas, K.C., Wendling, I., Koehler, H.S., Bona C. 2014. Vegetative propagation of mature dragon trees through epicormic shoots. *Revista Bosque* 35(3).

Wending, I., Dutra, L.F., Hoffmann, H.A., Bettio, G., Hansel, F. 2009. Induccion de brotes ortotropicos para la propagacion vegetativa de arboles adultos de *Araucaria angustifolia*. *Agronomia Costarricense* 33: 309-311.

Wending, I., Trueman, S, Xavier, A. 2014. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests* 1: 1-14.

Xavier, A., Silva, R. L. 2010. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. *Agronomia Costarricense* 34: 93-98.