

# 枫香优良无性系组织培养研究\*

刘盼盼<sup>1</sup> 许冲勇<sup>2</sup> 孙红梅<sup>1</sup> 蓝燕群<sup>3</sup>  
廖浩斌<sup>1</sup> 连辉明<sup>3</sup> 何波祥<sup>3</sup>

(1. 中山市国有森林资源保护中心, 广东 中山 528407; 2. 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642;  
3. 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

**摘要** 以选育的枫香 (*Liquidambar formosana*) 优良单株为材料, 开展枫香优良无性系组织培养快繁育苗技术研究。结果表明, 枫香适宜芽诱导的基本培养基为 DCR; 最佳芽增殖培养基为 DCR+6-BA 1.5 mg · L<sup>-1</sup> +KT 0.5 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 0.4 mg · L<sup>-1</sup>, 其芽增殖倍数为 5.2 倍; 最优生根培养基为 1/2 MS+IBA 1.8 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 1.6 mg · L<sup>-1</sup> + NAA 0.6 mg · L<sup>-1</sup> +6-BA 0.2 mg · L<sup>-1</sup>, 其生根率达到 100%。探索出适宜的驯化、移栽和后期管理技术, 使生根苗的移栽存活率高达 90% 以上。

**关键词** 枫香; 组织培养; 优良无性系

中图分类号: S722.3<sup>+</sup>7 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 02-0014-06

## Tissue Culture of Superior Clone of *Liquidambar formosana*

LIU Panpan<sup>1</sup> XU Chongyong<sup>2</sup> SUN Hongmei<sup>1</sup> LAN Yanqun<sup>3</sup>  
LIAO Haobin<sup>1</sup> LIAN Huiming<sup>3</sup> HE Boxiang<sup>3</sup>

(1.State Forest Resource Conservasion Center of Zhongshan City, Zhongshan, Guangdong 528407,China; 2. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agriculture University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 3.Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** A newly-selected superior clone of *Liquidambar formosana* was used for tissue culture. DCR was a suitable basic medium for bud induction. The best secondary medium was DCR+6-BA 1.5 mg · L<sup>-1</sup> +KT 0.5 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 0.4 mg · L<sup>-1</sup>, and the bud multiples was 5.2. Optimal rooting medium was 1/2 MS + IBA 1.8 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 1.6 mg · L<sup>-1</sup> + NAA 0.6 mg · L<sup>-1</sup> +6-BA 0.2 mg · L<sup>-1</sup>, the rooting rate reached 100%. The suitable domestication, transplanting and late management techniques were explored, which made the transplanting survival rate of root seedlings as high as 90%.

**Key words** *Liquidambar formosana*; tissue culture; superior clone

枫香 (*Liquidambar formosana*) 是金缕梅科枫香树属树种, 落叶大乔木, 高达 40 m, 最大胸径达 1 m 以上; 树干通直, 树冠圆锥形<sup>[1]</sup>。枫香主要分布于我国长江流域以南, 东至台湾省、西至云南省、南达海南省、北到河南省, 在海南省以五

指山为最常见<sup>[2]</sup>。在我国南方低山、丘陵地区的湿润肥沃土壤可生长成参天大树, 十分壮丽。枫香树姿美雅, 叶色有明显季相变化, 初冬叶色变黄, 至次年春季落叶前变红, 是构成南方红叶秋景的主要树种<sup>[3]</sup>, 为良好的庭园风景树、绿荫树

\* 基金项目: 中山市财政资金; 广东省林业科技创新项目 (2018KJCX015)。

第一作者: 刘盼盼 (1986—), 女, 工程师, 主要从事苗木育种及林业管理工作, E-mail: 769936661@qq.com。

通信作者: 何波祥 (1966—), 男, 研究员, 主要从事林木育种遗传研究, E-mail: heboxiang@163.com。

和防风树。枫香生长迅速，主根深扎，根系发达，能耐干旱、瘠薄，是南方阔叶林中的优良先锋树种<sup>[4-5]</sup>。又因枫香具有较强的耐火性和对有毒气体的抗性，可用于厂矿区绿化<sup>[2]</sup>。近些年来随着人们环保意识加强和对商品林建设需求的增加，枫香人工林开始大量发展，枫香良种苗木用量逐年递增，苗木市场前景广阔。

枫香苗木培育主要为种子培育和扦插繁育，但易受季节限制以及管理措施、基质配方等诸多因素的影响，成活率难以保证，且苗木生产过程中单株分化大，质量参差不齐<sup>[6]</sup>。因此，研究开发枫香无性繁殖技术对枫香优良无性系的繁育有重要的意义。近年来，已有研究人员应用组织培养技术对枫香进行繁育研究：如龚峥等<sup>[7]</sup>以2年生枫香的嫩芽为外植体，进行组培快繁育苗技术研究；樊靖等<sup>[8]</sup>以各性状表现优良的5年生枫香树单株休眠芽为外植体，进行茎尖诱导及试管苗增殖和生根的研究；以及王泽伟等<sup>[9]</sup>主要以北美枫香为母本，中国枫香为父本进行杂交，选用子一代杂种枫香的子叶、子叶节以及下胚轴为外植体材料建立高效的组培再生体系，并对3种外植体的分化能力进行比较研究。广东省林业科学研究院自2003年启动了枫香良种选育工作，收集了广东全分布区的枫香种质资源，且已选育出一批优树。本试验以选育的枫香优良单株为材料，开展组培快繁技术研究，以期建立高效的枫香优良无性系繁育体系，实现枫香优良无性系的规模化生产，满足我省对枫香良种苗木的需求。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验材料为广东省林业科学研究院选育的枫香优良单株，试验选当年生的嫩梢做外植体。

### 1.2 方法

1.2.1 外植体灭菌 嫩梢去掉叶片、切段，使每段为带有1~2个腋芽的茎段，茎段用0.1%升汞，2~5滴吐温80，处理3~5 min，无菌水清洗6次后

备用<sup>[10]</sup>，随后接种到诱导培养基中。

1.2.2 芽诱导培养 完成灭菌后，将经灭菌的枝条切成每段1~2 cm长的茎段或顶梢，茎段带1个腋芽，顶梢带2~3个腋芽，将其接种到芽诱导培养基中。诱导培养的基本培养基分别为DCR<sup>[11]</sup>、MS、B<sub>5</sub>，每个处理30瓶，每瓶1个外植体。植物激素组合采用6-BA 0.5 mg·L<sup>-1</sup>+NAA 0.05 mg·L<sup>-1</sup>。接种后，经过15 d的培养，观察芽的萌动状态，统计萌芽率。

1.2.3 芽增殖培养 待长出的新芽培养30 d后，将其从芽诱导培养基中切下取出，接到芽增殖培养基上培养，每次处理30瓶，每个重复10瓶，每瓶5个单芽。以DCR为基本培养基，采用4种植物激素6-BA、KT、IBA、IAA的不同浓度组合进行继代培养基筛选，用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表进行试验设计(表1)。在芽增殖培养基上培养15 d，并统计芽增殖倍数<sup>[12]</sup>，以粗细适中、无愈伤组织、无芽顶尖坏死、无叶片卷曲、无黄叶的芽为生长最佳状态。

1.2.4 生根培养 选取长1.5~2 cm生长健壮、叶片展开的单芽，分割下来接到生根培养基中诱导生根，每次处理12瓶，每个重复3瓶，每瓶10株，以1/2MS为基本培养基，采用IBA、IAA、NAA和6-BA共4种植物激素的不同浓度组合进行生根培养基筛选，用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表进行试验设计(表2)，在生根培养基中培养15 d，据茎基部诱导出根情况，进行统计。

1.2.5 优选生根培养基 从枫香生根的L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验中优选出各因素的最优水平为生根培养基的配方，作为生根验证试验。2个重复，每个重复100株(10瓶，每瓶10株)，在生根培养基中培养15 d，统计生根情况。

1.2.6 培养条件 芽诱导培养和芽增殖培养的培养基均附加4.0%的蔗糖，生根培养的培养基均附加2.0%蔗糖、0.3 g/L的AC和0.7%的卡拉胶。培养室内采用自然光照加人工光照培养，培养室的光照、温度等培育条件同文献<sup>[13]</sup>。

表1 枫香芽增殖试验因素及水平

Table 1 Factors and levels of bud proliferation test of *L. formosana*

mg·L<sup>-1</sup>

水平 Level	6-BA	KT	IBA	IAA
1	0.1	0.1	0.0	0.0
2	0.5	0.5	0.2	0.2
3	1.5	1.5	0.4	0.4

表2 枫香生根试验因素及水平  
Table 2 Rooting factors and levels of *L. formosana*

mg · L<sup>-1</sup>

水平 Level	IBA	IAA	NAA	6-BA
1	1.6	1.6	0.5	0.0
2	1.8	1.8	0.6	0.1
3	2.0	2.0	0.7	0.2

表3 不同基本培养基对枫香外植体腋芽诱导的效果  
Table 3 Effect of different basic medium on axillary bud induction of *L. formosana* explants

基本培养基 Basic medium	萌芽率 / % Germination rate	生长状况 Growing situation
DCR	70.45	无褐化, 芽绿且粗壮, 叶片展开, 无愈伤组织。
MS	69.74	无褐化, 腋芽出现玻璃化且偏黄, 叶片卷曲, 有愈伤组织。
B <sub>5</sub>	66.67	褐化较重, 芽浓绿但纤细, 叶片不展开, 节间长, 有愈伤组织。

1.2.7 驯化与移栽 完成生根转接后, 对试管瓶苗进行炼苗。当苗诱导生根后, 将瓶苗置于遮荫度为70%的大棚中炼苗30~40 d, 苗高2.5 cm以上, 叶面具光泽, 可进行移栽。以泥炭土和珍珠岩按3:1(V/V)比例均匀混合作基质, 穴盘作容器, 将基质填充入穴盘。定植前2 d用0.5 g/L的多菌灵溶液淋透消毒。移植后30 d内, 温度控制在20~28 ℃, 空气湿度保持在80%~90%, 75%的遮阳网遮盖, 30 d后揭去薄膜和遮阳网。移苗当天喷防病药剂1次, 以后每周喷药1次, 可施用3~4次, 0.1%的多菌灵、甲基托布津和百菌清交替使用<sup>[14]</sup>。进行2个批次的移栽, 移栽的株数分别为2 000和10 000株, 30 d后统计移植成活率。

### 1.3 数据处理

试验数据的初步处理用Microsoft Excel软件进行, 芽增殖倍数与生根率的方差分析和多重比较用SAS 9.2<sup>[15]</sup>软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 芽诱导培养

将灭菌后的枫香外植体茎段接种到芽诱导培养基上培养6~15 d, 腋芽开始萌动, 并长出新芽(图1-A)。经比较观测发现, 3种基本培养基均可诱导腋芽的发生(表3), 且芽的萌发力较强, DCR培养基萌芽率为70.45%, 高于MS、B<sub>5</sub>培养基。据观测发现, 采用MS、B<sub>5</sub>时, 腋芽出现玻璃化, 芽褐化而死, 不适合枫香芽的培养, 这可能与无机盐浓度过高有关。采用DCR培养基时, 诱导生长的腋芽无芽褐化现象, 芽浓绿且粗壮,

叶片展开, 无愈伤组织, 在本试验中, DCR是最适宜枫香芽诱导的基本培养基。

### 2.2 芽增殖培养

枫香芽增殖的不同植物激素组合及不同处理间方差分析结果表明, 不同植物激素之间的差异均达到极显著, 9种不同处理间也呈极显著差异。不同植物激素组合对枫香芽增殖的正交试验结果见表4。芽增殖效果最好的是处理8, 6-BA 1.5 mg · L<sup>-1</sup> + KT 0.5 mg · L<sup>-1</sup> + IBA 0.0 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 0.4 mg · L<sup>-1</sup> 组合, 其芽增殖倍数达到5.2, 苗叶片展开, 生长粗壮(图1-B)。4种植物激素对枫香的芽增殖影响程度各异, 由极差分析结果发现, 植物激素6-BA对枫香芽的增殖影响最大, R值为2.99, 其次是KT, 为1.05, 而IBA和IAA较小, 分别是0.59、0.54。根据不同植物激素最优水平的分析结果, 最优的枫香芽增殖培养基配方是DCR+6-BA 1.5 mg · L<sup>-1</sup> + KT 1.5 mg · L<sup>-1</sup> + IBA 0.0 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 0.2 mg · L<sup>-1</sup>; 本试验芽增殖倍数最高的枫香芽增殖培养基的配方为DCR+6-BA 1.5 mg · L<sup>-1</sup> + KT 0.5 mg · L<sup>-1</sup> + IBA 0.0 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 0.4 mg · L<sup>-1</sup>。

### 2.3 生根培养

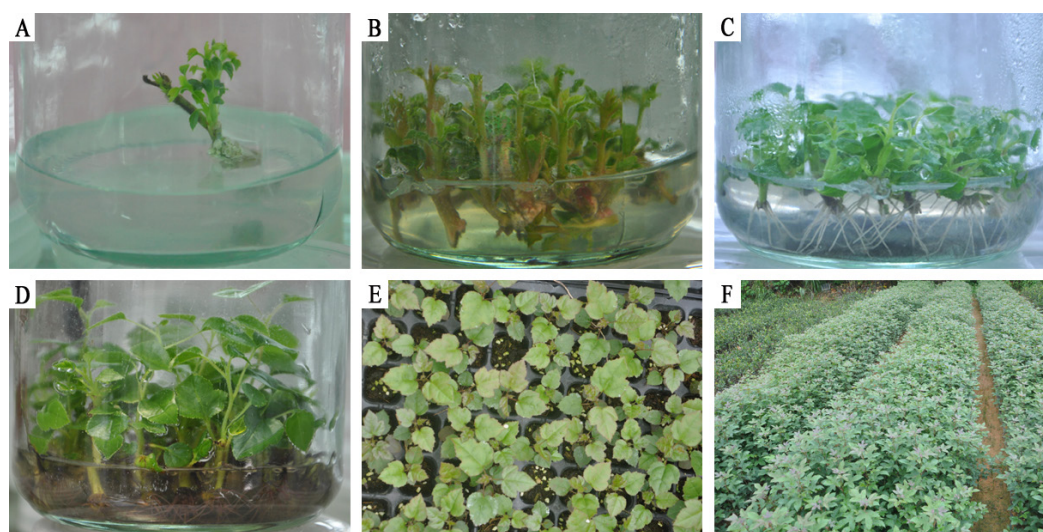
枫香生根的不同植物激素及不同处理间的方差分析结果表明, 植物激素IBA、IAA、NAA、6-BA之间差异不显著, 9种不同处理间的差异显著。由表5可知, IBA为主要因素, 其次是6-BA, 再次是IAA, 最后是NAA。根据不同植物激素最优水平的分析结果可知, 最适宜的枫香生根培养基配方是1/2 MS+IBA 2.0 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 1.6

mg · L<sup>-1</sup> + NAA 0.6 mg · L<sup>-1</sup> + 6-BA 0.2 mg · L<sup>-1</sup>；本试验枫香生根率最高的培养基的配方为 1/2 MS + IBA 1.8 mg · L<sup>-1</sup> + IAA 1.6 mg · L<sup>-1</sup> + NAA 0.6 mg · L<sup>-1</sup> + 6-BA 0.2 mg · L<sup>-1</sup>，其生根率达 98.15%。

表 4 不同植物激素组合对枫香芽增殖影响的正交 L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>) 试验结果分析Table 4 Result analysis of orthogonal experiment L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) on different phytohormone combinations

处理号 Processing	6-BA /(mg · L <sup>-1</sup> )	KT /(mg · L <sup>-1</sup> )	IBA /(mg · L <sup>-1</sup> )	IAA /(mg · L <sup>-1</sup> )	增殖倍数 Proliferation multiple	
					平均值 Mean	方差 Variance
1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.15 g	0.003
2	0.1	0.5	0.2	0.2	1.80 f	0.012
3	0.1	1.5	0.4	0.4	2.20 e	0.032
4	0.5	0.1	0.2	0.4	1.98 ef	0.012
5	0.5	0.5	0.4	0.0	2.56 d	0.039
6	0.5	1.5	0.0	0.2	3.80 c	0.120
7	1.5	0.1	0.4	0.2	4.33 b	0.123
8	1.5	0.5	0.0	0.4	5.20 a	0.003
9	1.5	1.5	0.2	0.0	4.60 b	0.005
$\bar{x}_1$	1.72 c	2.49 c	3.38 a	2.77 b		
$\bar{x}_2$	2.78 b	3.19 b	2.79 c	3.31 a		
$\bar{x}_3$	4.71 a	3.53 a	3.03 b	3.13 a		
R	2.99	1.05	0.59	0.54		
最优水平 Optimal level	3	3	1	2		
因素主次 Primary and secondary factors	1	2	3	4		

注： $\bar{x}_1 \sim \bar{x}_3$  为各因素各水平的平均数，R 是各因素各水平平均数的极差。不同小写字母表示在  $\alpha=0.05$  水平上差异显著  
Note:  $\bar{x}_1 \sim \bar{x}_3$  is average number of each factor, R is the difference between the average of each factor. Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level



A: 初代培养; B: 继代培养; C: 生根培养; D: 生根炼苗; E: 枫香驯化苗; F: 枫香出圃规格组培袋苗  
A: primary culture; B: subculture; C: rooting culture; D: hardening; E: domesticated seedling; F: tissue culture seedling

图 1 枫香无性系组培育苗过程

Fig. 1 Tissue culture and seedling raising of *L. formosana* clones

表5 不同植物激素组合对枫香生根正交  $L_9(3^4)$  试验结果分析Table 5 Result analysis of orthogonal experiment  $L_9(3^4)$  on different phytohormone combinations for rooting of *L. formosana* in tissue culture rooting

处理号 Processing	IBA / (mg · L <sup>-1</sup> )	IAA / (mg · L <sup>-1</sup> )	NAA / (mg · L <sup>-1</sup> )	6-BA / (mg · L <sup>-1</sup> )	生根率 /%Rooting rate	
					平均值 Mean	方差 Variance
1	1.6	1.6	0.5	0.0	97.50 ab	0.063
2	1.6	1.8	0.6	0.1	93.98 b	0.023
3	1.6	2.0	0.7	0.2	95.98 ab	0.023
4	1.8	1.6	0.6	0.2	98.15 a	0.026
5	1.8	1.8	0.7	0.1	94.14 b	0.021
6	1.8	2.0	0.5	0.1	90.23 c	0.020
7	2.0	1.6	0.7	0.1	97.50 ab	0.063
8	2.0	1.8	0.5	0.2	98.02 a	0.044
9	2.0	2.0	0.6	0.0	97.58 ab	0.063
$\bar{x}_1$	95.82 ab	97.71 a	95.25 a	96.41 a		
$\bar{x}_2$	94.17 b	95.38 ab	96.57 a	93.90 ab		
$\bar{x}_3$	97.70 a	94.60 b	95.87 a	97.38 a		
R	3.54	3.13	1.32	3.5		
最优水平 Optimal level	3	1	2	3		
因素主次 Primary and secondary factors	1	3	4	2		

注:  $\bar{x}_1 \sim \bar{x}_3$  为各因素各水平的平均数, R 是各因素各水平平均数的极差。不同小写字母表示在  $\alpha=0.05$  水平上差异显著  
 Note:  $\bar{x}_1 \sim \bar{x}_3$  is average number of each factor, R is the difference between the average of each factor. Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level

表6 枫香生根优选培养基生根率

Table 6 Rooting optimum medium test for *L. formosana*

重复 Repeat	株数 Plant	生根数 Take root number	生根率 /% Rooting rate
1	100	100	100
2	100	100	100

## 2.4 优选生根培养基

枫香生根优选培养基试验结果表明(表6), 最优生根培养基其生根率达到100%, 且苗木生长健壮, 根系白、均匀无愈伤组织, 每株生根5~8条(图1-C)。枫香优良无性系的生根培养基最优配方为1/2 MS+IBA 1.8 mg · L<sup>-1</sup>+ IAA 1.6 mg · L<sup>-1</sup>+ NAA 0.6 mg · L<sup>-1</sup>+6-BA 0.2 mg · L<sup>-1</sup>。

## 2.5 驯化与移栽

枫香试管苗经短期炼苗后, 叶片舒展, 具光泽, 植株直挺, 不易折断, 为今后的移栽成活提供良好的基础(图1-D)。将小苗分批次从培养基中取出洗净后进行移栽、管理。30 d后统计枫香优良单株的生根苗移栽平均成活率为90%以上

(表7, 图1-E), 且苗木生长健壮, 说明该驯化、移栽和管理方法适宜枫香组培苗(图1-F)。

表7 枫香移栽试验成活率

Table 7 Testing results of transplant for *L. formosana*

试验批号 Test batches	种植株数 Number of plants	成活株数 Number of living plants	成活率 /% Rooting rate
1	2 000	1 898	94.90
2	10 000	9 016	90.16

## 3 结论与讨论

本研究目的是克服现有种子繁育和扦插繁育技术的不足, 提供一种枫香无性系组织培养育苗

技术方法，实现枫香优良品系的快速繁育，对推动枫香无性系育种，解决良种规模扩繁和推广都有重要作用。

3.1 试验结果表明，DCR、MS、B<sub>5</sub> 3种基本培养基均可诱导腋芽的发生，DCR培养基萌芽率最高，且诱导芽无黄化现象，无褐化、叶片舒展、无愈伤组织。因此，DCR是最佳芽诱导的基本培养基。这3种基本培养基中MS是高盐成份培养基，B<sub>5</sub>是硝酸盐含量较高的培养基，MS和B<sub>5</sub>培养基中的硝酸盐含量分别是DCR培养基的41倍和75倍。这也表明试验所采用的培养材料不适宜用硝酸盐含量较高的培养基培养。

枫香芽增殖的不同植物激素及不同处理的方差分析结果表明，不同植物激素间的差异均达到极显著，9种不同处理间也呈极显著差异。从不同植物激素组合的正交试验结果来看，芽增殖培养中4种植物激素对枫香芽增殖的影响大小依次为：6-BA>KT>IBA>IAA，其中6-BA对枫香芽增殖的影响力是KT的2.8倍，KT对枫香芽增殖的影响力将近是IBA及IAA的2倍。各处理间芽增殖倍数差异显著，其中处理8的芽增殖倍数最大，达5.2倍。选用各不同植物激素最优浓度水平，组合形成优化的继代培养基配方为DCR+6-BA 1.5 mg·L<sup>-1</sup>+KT 0.5 mg·L<sup>-1</sup>+IBA 0.0 mg·L<sup>-1</sup>+IAA 0.4 mg·L<sup>-1</sup>。

枫香生根的不同植物激素及不同处理间的方差分析结果显示，植物激素IBA、IAA、NAA、6-BA之间差异不显著，9种不同处理间的差异显著。生根诱导中4种植物激素对根诱导的影响大小依次为IBA>6-BA>IAA>NAA。其中处理4的生根率最高，达98.15%。综合生根率及其瓶苗的生长表现，选用各激素最优浓度水平，组合形成优化的生根培养基配方为1/2 MS+IBA 1.8 mg·L<sup>-1</sup>+IAA 1.6 mg·L<sup>-1</sup>+NAA 0.6 mg·L<sup>-1</sup>+6-BA 0.2 mg·L<sup>-1</sup>，以该生根培养基配方进行枫香无性系生根培养，生根率达100%，其生根瓶苗根生长粗细适中、苗健壮，生长表现好。

3.2 龚峥等<sup>[7]</sup>、樊靖等<sup>[8]</sup>都用MS作为枫香芽增殖培养的基本培养基，而本研究的芽增殖培养的基本培养基用的是DCR，MS培养基出现芽偏黄且透明玻璃化，芽尖易褐化死等不良现象，DCR培养基培养出的芽浓绿、叶片舒展，因此，DCR

培养基更适宜本研究枫香优良无性系培养。造成这种明显差异的原因可能是枫香遗传背景不同，还有基本培养基中成分、元素的浓度含量的差别，其机理有待于进一步研究<sup>[12]</sup>。本研究与樊靖研究的芽增殖培养的极差分析结果一致，6-BA是影响枫香试管苗增殖倍数的主要因子<sup>[8]</sup>。本研究的最优生根培养基的生根率达到100%，与已有报道的生根率100%一致<sup>[8]</sup>，移栽成活率90%以上，略高于已有报道的89.9%<sup>[7]</sup>，表明枫香无性系组织培养技术成功，可产业化快繁。

## 参考文献

- [1] 施季森, 成铁龙, 王洪云, 等. 中国枫香育种研究现状[J]. 林业科技开发, 2002, 16(3): 17-19.
- [2] 翁琳琳, 蒋家淡, 张鼎华, 等. 乡土树种枫香的研究现状与发展前景[J]. 福建林业科技, 2007, 34(2): 184-189.
- [3] 王建雄. 速生树种枫香开发利用及育苗造林技术[J]. 现代农业科技, 2009(24): 203-204.
- [4] 广东省林业局, 广东省林学会. 广东省商品林100种优良树种栽培技术[M]. 广州: 广东科技出版社, 2003: 261-263.
- [5] 林丽平, 徐期瑚, 罗勇, 等. 广东主要乡土阔叶树种单木生长模型构建[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(3): 14-22.
- [6] 杨柳青, 刘楚儒. 枫香苗期生长节律及主要育苗技术措施[J]. 湖南林业科技, 2001, 28(4): 83-85.
- [7] 龚峥, 王洪峰, 张卫华, 等. 枫香组织培养快繁育苗技术研究[J]. 广东林业科技, 2012, 28(5): 45-50.
- [8] 樊靖, 郑勇平, 王春, 等. 枫香组织培养试验[J]. 技术开发, 2014, 28(1): 81-83.
- [9] 王泽伟, 张炎, 齐帅征, 等. 杂种枫香组织培养再生研究[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(8): 42-49.
- [10] 周丽华, 蓝燕群, 何波祥, 等. 木荷木荷优良家系的组织培养研究[J]. 林业与环境科学, 2015, 31(2): 1-6.
- [11] 李胜, 李唯. 植物组织培养原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 248-254.
- [12] 李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学[M]. 北京: 科技出版社, 2003: 149-157.
- [13] 周丽华, 蔡燕灵, 曾令海, 等. 樟树优良家系的组培育苗技术研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(1): 67-73.
- [14] 张谦, 周丽华, 汪迎利, 等. DB 44/T 1914—2016枫香组培育苗技术规程[S]. 广州: 广东省技术质量监督局, 2016.
- [15] 黄少伟, 谢维辉. 实用SAS编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.