

插穗来源及生根剂选取对半枫荷扦插生根的影响^{*}

姚凯霖¹ 谢宜芬² 林先国³ 汤行昊⁴ 范辉华⁴

(1. 广东省平远县大柘镇农业服务中心, 广东 平远 514699; 2. 广东省平远县林业局, 广东 平远 514699;
3. 广东省平远县林业科学研究所, 广东 平远 514699; 4. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012)

摘要 半枫荷 (*Semiliquidambar cathayensis*) 是中国特有树种, 为总结半枫荷扦插育苗技术, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计的方法研究了插穗来源及生根剂的选取对半枫荷扦插成活率的影响, 并通过验证试验探讨了不同基质处理下半枫荷的扦插生根情况。研究表明, 插穗来源、生根剂种类、生根剂浓度和生根剂的处理时间都极显著影响着半枫荷的扦插成活率, 且这4个因素对半枫荷扦插生根的影响排序为: 插穗来源(A) > 生根剂种类(B) > 生根剂处理时间(D) > 生根剂浓度(C)。半枫荷插穗选择最优方案为: 从半枫荷大树的树冠基部采集当年萌生的半木质化枝条制成长8 cm、直径0.5 cm左右的插穗, 经浓度为 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的ABT溶液处理1 000 s, 在泥炭土中进行扦插育苗, 可取得82.22%的扦插成活率, 且平均生根数可达9.06条, 平均根长可达12.58 cm。

关键词 半枫荷; 扦插; 插穗来源; 生根剂; 基质

中图分类号: S792 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2020) 04-0086-04

Effects of Cutting Source and Rooting Agent Selection on Rooting of *Semiliquidambar cathayensis*

YAO Kailin¹ XIE Yifen² LIN Xiainguo³ TANG Xinghao⁴ FAN Huihua⁴

(1. Agricultural Service Center of Dazhe Town in Pinyuan County, Pinyuan, Guangdong 514699, China; 2. Forestry Bureau of Pinyuan County, Pinyuan, Guangdong 514699, China; 3. Forestry Research Institute of Pinyuan County, Pinyuan, Guangdong 514699, China; 4. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou, Fujian 350012, China)

Abstract *Semiliquidambar cathayensis* is an endemic tree species in China. To summarize its cutting seedling technology, $L_9(3^4)$ orthogonal experiment was used to study the effect of cutting source and rooting agent on the survival rate of cuttings, and discussed the cutting rooting under different substrate treatments by Validation test. The results showed that the source of cuttings, the type of rooting agent, the concentration of rooting agent, and the treatment time of rooting agent all significantly affected the survival rate of the cuttings of *S. cathayensis*. They were followed as: the source of cuttings (A) > types of rooting agent (B) > treatment time of rooting agent (D) > concentration of rooting agent (C). The optimal choice is: collecting half-lignified branches germinated that year from the base of the crown of the big maple lotus tree to make cuttings with a length of 8 cm and a diameter of about 0.5 cm, and an ABT solution with a concentration of $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ after 1 000 s of treatment, when cutting in peat soil, the cutting survival rate can achieve 82.22%, and the average number of roots can reach 9.06, the average root length can reach 12.58 cm.

Key words *Semiliquidambar cathayensis*; cuttings; source of cuttings; rooting agent; substrate

^{*} 基金项目: 福建省种业创新与产业化工程项目 (ZYCX-LY-2017002); 广东省林业科技创新项目 (2016KJCX012)。

第一作者: 姚凯霖 (1972—), 男, 工程师, 主要从事林业生产与技术服务工作, E-mail: 13431848228@139.com。

通信作者: 汤行昊 (1985—), 男, 工程师, 主要从事生态栽培与森林保护学研究, E-mail: txh060404009@163.com。

半枫荷 (*Semiliquidambar cathayensis*) 是兼具枫香属和蕈树属综合性状的金缕梅科 (Hamamelidaceae) 半枫荷属 (*Semiliquidambar*) 高大乔木, 又名边荷枫、枫荷梨, 是我国特有物种, 现已列入国家二级保护植物名录^[1-2]。半枫荷干形通直、木材旋刨性能好, 是制作家具和工艺品的优良用材。此外, 半枫荷叶形多样, 嫩叶呈淡紫红色, 在阳光透射下清新淡雅, 美丽异常, 在南方庭院绿化应用中, 十分讨喜。其根、枝、叶, 都可入药, 有活血化瘀、除湿祛风的功效^[3-6], 福建、江西、广东以及贵州省等地民间常用于治疗风湿性关节炎、腰肌劳损、痛风及半身不遂等症^[7]。作为一种集用材、园林景观和药用于一体的多用途树种, 半枫荷的开发利用前景极为广阔。然而半枫荷资源分布零散, 近年来, 由于自然和人为因素, 半枫荷已处于濒危状态。加之半枫荷结实率低, 果实内种子量少, 种子涩粒比例高, 进行实生苗培育甚是不易。而进行半枫荷组织培养, 程序复杂且对仪器设备、操作条件要求较高^[8]。为此, 开展半枫荷扦插育苗试验, 对影响半枫荷扦插成败的关键因子进行研究和探讨, 进而总结出一套可用于指导生产实践的半枫荷扦插育苗技术, 将有助于解决半枫荷优良种苗市场短缺的窘境, 为合理开发半枫荷资源奠定基础。

1 试验地概况

试验地位于广东省梅州市平远县大柘镇田兴村的平远县林业科学研究所自营苗圃, 苗圃地处东经 115°51'31"、北纬 24°31'16"、海拔 190 m。苗圃所在的平远县因位于亚热带与中亚热带过渡的气候区, 气候温和, 年平均气温在 20.1~21.7℃之间, 年平均降水量为 1 683.6 mm, 雨量分布均匀, 年平均日照时数 1 860 h。

2 材料与方法

2.1 试验材料

插穗采自平远县林业科学研究所 20 年前移植的半枫荷大树上当年生半木质化的健康 (无损伤、无病虫害) 枝条; 采用本地黄心土、河沙以及市

售的泥炭土、珍珠岩作为扦插基质; 采用多菌灵和高锰酸钾作为扦插基质及穗条的消毒剂。采用市售的 ABT、IAA、NAA 作为扦插生根剂。

2.2 试验方法

2.2.1 插穗及生根剂的筛选 2018 年 5 月上旬在试验圃地整地做畦, 铺设扦插苗床, 苗床底部用透气透水的水泥砖铺设, 苗床上面根据试验设计盖上一层厚 15 cm 的黄心土。苗床铺设好后, 统一用 0.3 % 的高锰酸钾溶液淋溶消毒 24 h, 并于扦插当天清晨在半枫荷母树上根据试验设计要求采枝制作做成同一规格的插穗 (长 8 cm、直径 0.5 cm 左右), 根据 $L_9(3^4)$ 正交试验设计的方法进行试验, 各试验因子及水平如表 1 所示。共 9 个处理, 每个处理 3 次重复, 每次重复 30 根插穗。扦插完成后, 用喷壶立即浇 1 次透水, 用透光的薄膜拱棚封闭插床。扦插过程中, 注意将拱棚内的湿度保持在 90% 左右, 温度不超过 30℃。扦插 6 个月后, 调查各处理组的半枫荷扦插成活率。

2.2.2 正交试验的验证及扦插基质的筛选 2019 年 5 月上旬, 按 2.2.1 中试验所得的最优组合方案制作插穗和进行生根剂处理, 同时再设置 3 组试验, 即分别采用河沙、泥炭土、珍珠岩替代黄心土作为扦插基质。共 4 组试验, 每组试验 3 个重复, 每个重复 30 个插穗。扦插后管理同 2.2.1。

2.3 试验数据处理

扦插结束后, 调查不同处理下半枫荷插穗的生根情况, 统计生根率 (%), 测量生根的数量和长度 (cm)、粗度 (mm)。将测得的数据录入办公软件 Excel 中进行初步处理, 再采用 spss 19.0 对数据进行统计和分析。

3 结果与分析

3.1 半枫荷插穗及生根剂处理最优方案的确定

$L_9(3^4)$ 正交试验各处理组中半枫荷扦插成活情况如表 2 所示, 9 个处理组的扦插成活率出现了较大的分化, 扦插成活率最高的处理组为 75.56%, 但扦插成活率最低的处理组仅为 40.00%, 9 个处理组中, 7 号处理组的扦插成活率最高, 较次高的 8 号处理组的 65.56% 的扦插成活率高出了 10 个百分点, 且极显著高于其它 7 个处理组。扦插成活

表 1 半枫荷插穗及生根剂处理
Tab. 1 The source of cuttings and treatment of rooting agent for *Semiliquidambar cathayensis*

水平 Level	因素 Factor			
	A 插穗来源	B 生根剂类型	C 生根剂浓度 / (mg · L ⁻¹)	D 生根剂处理时间 /s
	A Source of cuttings	B Type of rooting agent	C Concentration of rooting agent	D Treatment time of rooting agent
1	树冠顶部	ABT	100	10
2	树冠中部	IAA	200	100
3	树冠基部	NAA	500	1 000

率超过 70% 的处理组仅 1 个, 而低于 60% 的处理组有 6 个, 其中还有 4 个处理组是低于 50%。且各处理组间半枫荷的扦插成活率存在极显著差异 ($F=13.158\ 0$, $P=0.000\ 1 < 0.01$), 这说明插穗来源、生根剂种类、生根剂浓度和生根剂处理时间都可能会对半枫荷的扦插成活率造成较大的影响。

4 个因素的 R 值表现为: $R_{\text{插穗来源}}=20.00 > R_{\text{生根剂类型}}=14.81 > R_{\text{生根剂处理时间}}=4.82 > R_{\text{生根剂浓度}}=3.34$, 说明在半枫荷扦插育苗的过程中, 插穗来源最为重要, 生根剂种类的选择次之, 生根剂处理时间和浓度再次之。插穗来源: $K_3 > K_2 > K_1$, 生根剂种类则有: $K_1 > K_2 > K_3$, 生根剂浓度: $K_3 > K_1 > K_2$, 生根剂处理时间: $K_3 > K_1 > K_2$; 这表明半枫荷扦插育苗中插穗来源及生根剂处理最优方案为 $A_3B_1C_3D_3$, 即理论上讲: 从半枫荷大树的树冠基部采集当年生半木质化的枝条制成长 8 cm、直径 0.5 cm 左右的插穗, 经浓度为 $500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 ABT 溶液处理 1 000 s, 最有利于半枫荷扦插成活。

3.2 正交试验的验证及不同基质半枫荷扦插生根结果

由于正交试验所得的半枫荷插穗及生根剂处理最优方案 $A_3B_1C_3D_3$ 不在试验设计的 9 个处理中,

为对正交试验的结论进行验证, 从半枫荷大树的树冠基部采集当年生半木质化的枝条制成长 8 cm、直径 0.5 cm 左右的插穗, 经浓度为 $500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 ABT 溶液处理 1 000 s, 分别在黄心土、河沙、泥炭土以及珍珠岩作为基质的苗床中进一步进行扦插试验。试验结果说明, 当插穗来源及生根剂处理方式相同时, 扦插基质不同, 半枫荷的扦插生根率、平均根数、平均根长等性状呈现极显著差异 ($F_{\text{生根率}}=12.321\ 0$, $P_{\text{生根率}}=0.002\ 3 < 0.01$; $F_{\text{平均根数}}=41.698\ 0$, $P_{\text{平均根数}}=0.000\ 1 < 0.01$; $F_{\text{平均根长}}=24.171\ 0$, $P_{\text{平均根长}}=0.000\ 2 < 0.01$); 表 3 中, 采用黄心土做基质的处理组中, 半枫荷扦插生根率达到 81.11%, 高于正交试验设计的 9 个处理中的最高值, 证实了正交试验得出的方案 $A_3B_1C_3D_3$ 确系最优。而根据表 3 还可以发现, 采用泥炭土作为扦插基质的处理组, 其生根率高达 82.22%, 是各处理组中最高的。与黄心土、河沙和珍珠岩相比, 泥炭土除了能提高扦插生根率, 还能促进不定根的萌蘖, 该试验组半枫荷平均生根数为 9.06 条, 略高于采用珍珠岩的试验组, 极显著高于黄心土和河沙, 其中使用黄心土的试验组, 平均生根数仅 5.12 条。在平均根长方面, 使用泥炭土的试验组也颇具优势, 平均根长达 12.58 cm, 而使用珍珠岩、河

表 2 半枫荷扦插正交试验结果

Tab.2 The orthogonal experiment results for *Semiliquidambar cathayensis* cuttings

处理组号 Processing group number	A 插穗来源 A source of cuttings	B 生根剂类型 B type of rooting agent	C 生根剂浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) C concentration of rooting agent	D 生根剂处理时间 / s D treatment time of rooting agent	平均成活率 / % Average survival rate
1	树冠顶部	ABT	100	10	$53.33 \pm 1.93\ \text{cdeBCDE}$
2	树冠顶部	IAA	200	100	$40.00 \pm 1.92\ \text{fE}$
3	树冠顶部	NAA	500	1 000	$45.56 \pm 1.11\ \text{efDE}$
4	树冠中部	ABT	200	1 000	$62.22 \pm 1.11\ \text{bcABC}$
5	树冠中部	IAA	500	10	$48.89 \pm 4.84\ \text{defCDE}$
6	树冠中部	NAA	100	100	$43.33 \pm 0.00\ \text{efE}$
7	树冠基部	ABT	500	100	$75.56 \pm 2.94\ \text{aA}$
8	树冠基部	IAA	100	1 000	$65.56 \pm 6.76\ \text{bAB}$
9	树冠基部	NAA	200	10	$57.78 \pm 2.22\ \text{bcdBCD}$
K_1	138.89	191.11	162.22	160.00	
K_2	154.44	154.45	160.00	158.89	
K_3	198.90	146.67	170.01	173.34	
极大值	46.30	48.89	53.33	52.96	
极小值	66.30	63.70	56.67	57.78	
极差 R	20.00	14.81	3.34	4.82	
因素主次	$A > B > D > C$				
最优组合	$A_3B_1C_3D_3$				

注: 不同小写字母表示不同的处理方式之间有显著差异 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示不同的处理方式之间有极显著差异 ($P < 0.01$)。Note: different lowercases in different ranks indicates significant difference ($P < 0.05$) between different treatments, different capital letters in different lines indicates great significant difference ($P < 0.01$) between different treatments.

表 3 不同基质类型下半枫荷扦插生根效果的比较
Tab. 3 Comparison of rooting effect for *Semiliquidambar cathayensis* cuttings in different substrate types

基质类型 Substrate type	成活率 / % Survival rate	平均根数 / 条 Average number of roots/strip	平均根长 / cm Average root length
黄心土	81.11 ± 2.22 aA	5.12 ± 0.23 bB	8.93 ± 0.36 cC
河沙	42.22 ± 2.94 bB	5.89 ± 0.28 bB	10.27 ± 0.39 bBC
泥炭土	82.22 ± 9.49 aA	9.06 ± 0.47 aA	12.58 ± 0.34 aA
珍珠岩	67.78 ± 2.94 aA	8.80 ± 0.18 aA	11.84 ± 0.19 aAB

注：不同小写字母表示不同的处理方式之间有显著差异 ($P < 0.05$)，不同大写字母表示不同的处理方式之间有极显著差异 ($P < 0.01$)。Note: different lowercases in different ranks indicates significant difference ($P < 0.05$) between different treatments, different capital letters in different lines indicates great significant difference ($P < 0.01$) between different treatments.

沙和黄心土的半枫荷的平均根长分别只有 11.84、10.27 和 8.93 cm。

4 结论与讨论

关于半枫荷扦插，孔凡芸等^[9]对半枫荷嫩枝及老枝扦插季节，穗条采集与处理进行了研究，但其插穗枝条选取时间限制为早晨，不利于插穗采集；陈家标^[10]探讨了扦插基质、插条剪制方式与木质化程度对半枫荷扦插生根率的影响，其最佳方案的生根率可达 90.3%，但对插穗枝条选取过于苛刻；黄道恩^[11]的扦插技术要求对插穗基部下切口进行双斜面处理，存在费时费力，影响扦插速度的缺点。而在本研究重点在插穗来源、生根剂的种类、浓度及处理穗条的时间，可克服以上的不足。试验结果证明，插穗来源、生根剂种类、浓度和处理时间都极显著的影响着半枫荷的扦插成活率，且这 4 个因素对半枫荷扦插生根的影响序为：插穗来源（A）>生根剂种类（B）>生根剂处理时间（D）>生根剂浓度（C）。半枫荷扦插育苗，应从半枫荷大树的树冠基部采集当年萌生的半木质化枝条制成长 8 cm、直径 0.5 cm 左右的插穗，经浓度为 500 mg · L⁻¹ 的 ABT 溶液处理 1 000 s，在黄心土中进行扦插育苗，可取得 81.11% 的扦插成活率。扦插基质也对半枫荷的扦插成活率有着极显著的影响，采用泥炭土作为扦插基质，扦插成活率可提升至 82.22%，平均生根数可达 9.06 条，平均根长可达 12.58 cm。采用珍珠岩作为扦插基质，虽平均生根数和平均根长较黄心土作为基质的处理组有极显著提升，但扦插成活率只有 67.78%，使用河沙作为扦插基质的处理组的扦插成活率仅 42.22%。

扦插试验中，不同处理组半枫荷扦插成活率差异极大，比较差的试验组扦插成活率仅 40.00%，比较高的试验组扦插成活率可高达 82.22%，且同一处理组内，扦插生根率也有较大差异，采用泥炭土作为扦插基质的 3 个重复中，有两个重复的扦插成活率达到了 90% 以上，分别为 90.00% 和 93.33%，但另外一个重复仅为 63.33%，调查其原

因时发现泥炭土虽营养丰富，但也利于细菌着生，基质消毒杀菌较其它基质要难。而汤行昊等人^[12]在龙脑樟（*Cinnamomum camphora* chvar. *borneol*）扦插过程中，也曾有过因基质消毒不彻底，基质中的病菌感染插穗，影响龙脑樟扦插存活的问题。而且，依靠半枫荷大树供应穗条，穗条质量良莠不齐，供应量也较少，因此，半枫荷扦插还需要在基质消毒剂和采穗圃营建方面做进一步的研究，进而选出扦插生根效果更好的技术方案，完善半枫荷扦插育苗技术体系。

参考文献

[1] 田晓明, 何志国, 颜立红, 等. 半枫荷研究进展及展望[J]. 湖南林业科技, 2017, 44(3): 97-100.

[2] 赵厚涛, 宋培浪, 韩国营, 等. 国家Ⅱ级保护植物半枫荷的最新研究进展[J]. 北方园艺, 2010(21): 21-12.

[3] 张颖, 负喆, 牛蓓, 等. 药用半枫荷植物资源研究[J]. 农业资源与环境科学, 2008, 24(8): 443-434.

[4] 杨武亮, 姚振生, 罗小泉, 等. 金缕半枫荷的镇痛和抗炎作用[J]. 江西科学, 1999(3): 176-179.

[5] 杨武亮, 姚振生, 舒任庚, 等. 半枫荷生药组织学的探讨[J]. 时珍国药研究, 1996(4): 16-17.

[6] 周光雄, 杨永春, 石建功, 等. 金缕半枫荷化学成分研究[J]. 中草药, 2002, 33(7): 16-18.

[7] 中科院植物所. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1988, 35(2): 58.

[8] 胡刚, 胡光平, 王桂萍, 等. 濒危植物半枫荷组织培养快繁技术研究[J]. 种子, 2012, 31(12): 781-782.

[9] 孔凡芸, 刘京蓉, 刘松涛. 半枫荷高效扦插繁育试验技术研究[J]. 中国林副产品, 2014(5): 47-49.

[10] 陈家标. 半枫荷扦插育苗技术[J]. 亚热带植物科学, 2015, 44(3): 345-348.

[11] 黄道恩. 半枫荷扦插繁殖技术试验[J]. 防护林科技, 2014(4): 33-36.

[12] 汤行昊, 范辉华, 黄建华, 等. 龙脑樟扦插繁殖技术研究[J]. 南方林业科学, 2017, 45(6): 48-51.