

不同轻基质对杉木无性系组培苗生长的影响*

韦如萍¹ 胡德活¹ 刘 星² 晏 姝¹ 郑会全¹
王润辉¹ 黄德积² 郭立业² 贺学志²

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 连山壮族瑶族自治县森林病虫害防治检疫站, 广东 连山 513299)

摘要 以杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 无性系组培苗为材料, 选用 4 种育苗基质, 采用单形重心混料试验设计, 探究不同轻基质种类及对比对苗木质量的影响。结果表明, 基质种类和配比方式对杉木无性系组培苗保存率和苗木生长有较大影响, 基质中泥炭土所占的比例应控制在 20% 左右, 并配合珍珠岩或蛭石一起使用, 椰糠可不加或少加。总根长、总根表面积、总根体积、根冠比、平均根直径等根系形态参数是评价杉木无性系轻基质容器苗质量的重要指标。利用隶属函数值对不同配方的育苗效果进行综合评价, 筛选出泥炭土 20%+ 珍珠岩 40%+ 蛭石 40% 的 9 号配方为最佳组合, 移栽 6 个月后苗木保存率为 91.70%, 苗木高 / 径生长明显, 根系发达, 苗木综合质量明显优于黄心土容器苗。

关键词 杉木; 无性系; 组培苗; 轻基质

中图分类号: S723.1 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 06-0028-06

Effects of Light Media on Conal Seedlings of *Cunninghamia lanceolata*

WEI Ruping¹ HU Dehuo¹ LIU Xing² YAN Shu¹ ZHENG Huiquan¹
WANG Runhui¹ HUANG Deji² GUO Liye² HE Xuezhi²

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Forest Pest Control and Quarantine Station of Lianshan Zhuang and Yao Autonomous County, Lianshan, Guangdong 513299, China)

Abstract The trial was designed by simplex centroid mixture of four media to find out different media's effects on transplanting *Cunninghamia lanceolata* seedlings, propagated by tissue culture. After 6 months of transplanting, some indexes including survival rate, seedling height, ground diameter and root morphology index were observed. The results showed that the composition and proportion of light media had significant effects on seedling survival rate and quality. The proportion of peat soil in media should be around 20%, and it should be used together with perlite or vermiculite. On the contrary, coconut coir should not be added or added as little as possible. Root morphological parameters, including total root length, total root surface area, total root volume, root-shoot ratio and average of root diameter, are important indices for evaluating the quality of container seedlings of Chinese fir clones with light matrix. The quality of seedling was comprehensively evaluated by subordinate function values. And then, No. 9 media, which contained 20% peat soil, 40% perlite and 40% vermiculite, was selected as the best media. The seedlings, cultivated in NO.9 media, had a 91.70% survival rate, higher height, larger diameter and more developed roots than that cultivated in soil.

Key words *Cunninghamia lanceolata*; clone; tissue culture seedling; light media

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2018KJCX042); 国家重点研发计划项目课题 (2016YFD0600301)。

第一作者: 韦如萍 (1978—), 女, 研究员, 主要从事森林培育方面的研究工作, E-mail: wrpgx@163.com。

通信作者: 胡德活 (1962—), 男, 研究员, 主要从事林木育种方面的研究工作, E-mail: hudehuo@163.com。

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 是我国特有的速生用材及造林树种, 具有生长快、材质好、用途广等特点, 对我国商品林建设及木材战略储备具有举足轻重的作用^[1-2]。苗木质量直接影响着造林效果^[3], 而育苗技术又决定了苗木质量的好坏。常用的杉木育苗技术主要包括大田裸根苗培育以及黄心土容器苗培育^[4]。裸根苗在起苗过程中常易折损, 苗木根系不完整, 造林缓苗期长, 造林季节受限制; 而黄心土容器苗则存在根系不发达、质量大、起苗运输成本高等弊端^[5]。以泥炭土、珍珠岩、蛭石等轻型基质作为育苗介质可有效克服上述缺陷, 苗木具有根系发达、质量轻、运输方便、造林无缓苗期且成活率高等特点^[6-7], 因此, 轻基质容器苗的培育, 已成为现代林木工厂化育苗的一个发展趋势^[8-12]。本文以杉木无性系组培苗为材料, 探讨不同轻基质种类和对比对苗木质量的影响, 以期对杉木无性系轻基质优质容器苗的工厂化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以广东省林业科学研究院选育的“TL5”号杉木无性系组培苗为材料, 选择已经过生根培养45~50天, 根长1.0~1.5 cm的组培苗作为基质筛选试验的苗木。

1.2 试验地概况

试验地位于广东省林业科学研究院 (113°22' E, 23°11' N)。属于亚热带季风气候, 年平均气温20.4~21.9℃, 年平均日照时数为1 820~1 960 h, 年

平均降雨量约1 800 mm, 平均相对湿度77%。

1.3 试验设计

采用单因子重心混料实验设计 {4, 3} (表1), 对不同育苗基质种类 (泥炭土, 珍珠岩, 椰糠, 蛭石) 和配比的育苗效果进行研究。育苗基质提前2天用0.15%高锰酸钾溶液淋透, 然后覆盖薄膜备用。2018年1月16日进行苗木移栽。每个处理设置3个重复, 每个重复30株苗, 对照处理 (CK) 以黄心土为育苗基质。苗木移栽后20天内, 苗床湿度控制在75%~85%。苗木上袋2个月后, 每月喷施1%氮磷钾复合肥1次, 施肥后及时浇水清洗叶面, 以防烧苗。其他管理措施同苗圃日常管理措施一样, 各处理间保持一致。苗木移栽6个月后, 统计苗木保存率, 同时每个处理每个重复随机选取3株苗木进行苗木生长及根系形态指标测定。

1.4 指标测定

植株生物量测定时, 新鲜样品需经105℃杀青30min后再于70℃条件下烘干至质量恒重。利用Expression 11000XL (EPSON) 扫描根系, 然后用WinRHI20 (EPSON) 植物根系分析系统获取根平均直径、总根长、总根表面积、总根体积等根系形态参数。

1.5 数据分析

采用Excel 2010和SAS 8.1软件进行数据分析。各配方苗木质量综合评价采用隶属函数法, 计算公式如下^[13]:

$$R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \cdots \cdots (1)$$

$$R(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \cdots \cdots (2)$$

表1 轻基质种类及体积比
Table 1 Types and volume ratio of light media

处理号 Media number	泥炭土 Peat soil	珍珠岩 Perlite	椰糠 Coconut coir	蛭石 Vermiculite	处理号 Media number	泥炭土 Peat soil	珍珠岩 Perlite	椰糠 Coconut coir	蛭石 Vermiculite
1	1.00	0	0	0	9	0.20	0.40	0	0.40
2	0.20	0.8	0	0	10	0.20	0	0.40	0.40
3	0.20	0	0.80	0	11	0.46	0.27	0.27	0
4	0.20	0	0	0.80	12	0.46	0.27	0	0.27
5	0.60	0.40	0	0	13	0.46	0	0.27	0.27
6	0.60	0	0.40	0	14	0.20	0.27	0.27	0.26
7	0.60	0	0	0.40	CK	黄心土 soil			
8	0.20	0.40	0.40	0					

式中为性状测定值，与分别为试验材料某性状指标的最大值与最小值，当某性状与苗木质量呈正相关时使用隶属函数公式（1），当某性状与苗木质量呈负相关时使用反隶属函数公式（2）。

2 结果与分析

2.1 不同轻基质对幼苗保存率及生长的影响

由表 2 可知，移栽 6 个月后，苗木成活率在不同轻基质配方间存在较大差异，变幅为 20.00%~93.30%，其中不含椰糠的 1、2、4、5、7、9、12 号配方保存率均大于 60%，又以 2、4、7、9 号配方最好，保存率均在 80% 以上，优于对照配方（78.30%）；其余含有椰糠的 7 个配方，保存率都小于 60%，其中 3、6、11 号配方最差，保存率均不足 40%。苗高和地径在不同配方间的变化也较大，极差分别为 7.74 cm 和 0.57 mm，其中 4 号和 9 号配方的苗木生长最好，苗高分别比对照提高 19.66%、17.07%，地径分别提高 9.96%、6.43%，相应的苗木生物量累积也最大，根和茎叶干质量之和（总干质量）分别为 0.39 和

0.49 g，其中 9 号处理根、茎叶干质量分别比对照提高 29.73%、45.18%。根冠比的变异幅度为 0.05~0.15，除 2、13 号配方的根冠比明显高于对照外，其余配方的均小于或明显小于对照。

2.2 不同轻基质对幼苗根系形态参数的影响

不同轻基质配方对杉木无性系组培幼苗根系形态的影响见表 3。总根长、总根表面积、总根体积均优于对照的有 2、4、9 号配方，分别比对照提高 27.86%~72.44%、14.79%~61.25%、3.13%~50.00%，又以 9 号配方提高幅度最大。根系形态参数较小的为 5 号和 11 号配方，幼苗的总根长、总根表面积、总根体积分别比对照减少 34.38%~63.72%。根的平均直径在处理间的差异不大，总体平均值为 0.60 mm。由此表明，基质中泥炭土的比例对根系形态参数有显著影响，较低比例的泥炭土与珍珠岩或蛭石混合的基质更利于杉木无性系组培苗根系的生长。

2.3 轻基质容器苗质量综合评价

利用苗高、地径等 10 个性状指标的标准化数据做主成分分析（表 4）。前 3 个主成分累积贡献

表 2 不同轻基质对杉木苗木保存率及生长的影响
Table 2 Effect of light media on survival rate and growth of *C. lanceolata* seedlings

处理号 Media number	苗高 /cm Seedling height	地径 /mm Ground diameter	根干质量 /g Root dry weight	茎叶干质量 /g Stem and leaf dry weight	根冠比 Root-shoot ratio	保存率 /% survival rate
1	15.77 ± 2.85	2.26 ± 0.29	0.011 ± 0.005	0.233 ± 0.102	0.049 ± 0.006	66.67 ± 3.20
2	16.30 ± 2.92	2.30 ± 0.39	0.031 ± 0.014	0.233 ± 0.099	0.132 ± 0.024	93.33 ± 1.27
3	12.83 ± 3.07	2.20 ± 0.28	0.023 ± 0.016	0.190 ± 0.100	0.119 ± 0.054	20.00 ± 2.85
4	20.07 ± 2.21	2.68 ± 0.17	0.029 ± 0.022	0.360 ± 0.164	0.082 ± 0.044	81.67 ± 1.88
5	15.00 ± 4.42	2.450 ± 0.16	0.020 ± 0.022	0.256 ± 0.207	0.077 ± 0.027	65.00 ± 2.40
6	14.43 ± 4.85	2.16 ± 0.62	0.022 ± 0.013	0.198 ± 0.158	0.110 ± 0.113	33.03 ± 1.87
7	16.70 ± 1.44	2.19 ± 0.38	0.020 ± 0.012	0.225 ± 0.085	0.089 ± 0.036	93.03 ± 2.18
8	16.93 ± 2.84	2.23 ± 0.45	0.026 ± 0.016	0.233 ± 0.143	0.110 ± 0.004	50.00 ± 0.86
9	19.63 ± 3.52	2.60 ± 0.60	0.048 ± 0.019	0.437 ± 0.164	0.110 ± 0.027	91.67 ± 1.45
10	12.90 ± 3.26	2.12 ± 0.52	0.020 ± 0.023	0.167 ± 0.127	0.120 ± 0.048	56.67 ± 3.95
11	12.33 ± 2.70	2.58 ± 0.35	0.009 ± 0.004	0.145 ± 0.099	0.062 ± 0.023	33.33 ± 1.95
12	17.10 ± 2.72	2.33 ± 0.57	0.029 ± 0.021	0.273 ± 0.131	0.105 ± 0.027	76.67 ± 3.67
13	14.20 ± 1.57	2.11 ± 0.09	0.028 ± 0.021	0.188 ± 0.102	0.149 ± 0.034	56.67 ± 7.53
14	15.30 ± 3.64	2.42 ± 0.50	0.020 ± 0.012	0.204 ± 0.112	0.098 ± 0.014	46.67 ± 3.19
CK	16.77 ± 2.53	2.44 ± 0.52	0.037 ± 0.032	0.301 ± 0.158	0.123 ± 0.040	78.33 ± 4.08

注：表中数据为平均值 ± 标准差。Note: the data indicate mean ± standard error.

率为 91.04%，对数据组的总变异拥有较高的解释。第一主成分的贡献率较大（66.23%），对应较大特征向量的评价指标为总根长、总根表面积、总根体积和苗高、地径、根干质量、茎叶干质量以及

保存率，可统称为苗木质量因子；第二主成分对应较大特征向量的评价指标为根冠比，可称为根系生长因子；第三主成分对应较大特征向量的评价指标为平均根直径，可称为根系形态因子。由

表 3 不同轻基质对杉木幼苗根系形态参数的影响

Table 3 Effect of light media on root morphological parameters of *C. lanceolata* seedlings

处理号 Media number	总根长 /cm Total root length	总根表面积 /cm ² Total root surface area	总根体积 /cm ³ Total root volume	平均根直径 /mm Average of root diameter
1	75.68 ± 4.27	13.92 ± 1.75	0.20 ± 0.08	0.58 ± 0.02
2	118.36 ± 5.53	21.98 ± 1.40	0.33 ± 0.07	0.59 ± 0.01
3	84.75 ± 4.62	15.02 ± 1.81	0.22 ± 0.03	0.57 ± 0.11
4	127.00 ± 6.27	23.27 ± 2.17	0.34 ± 0.06	0.59 ± 0.03
5	58.99 ± 5.29	12.00 ± 1.09	0.19 ± 0.02	0.62 ± 0.04
6	77.61 ± 4.33	14.21 ± 1.97	0.21 ± 0.13	0.58 ± 0.03
7	88.72 ± 3.46	16.71 ± 1.75	0.25 ± 0.10	0.60 ± 0.01
8	86.66 ± 4.51	17.19 ± 1.86	0.27 ± 0.14	0.65 ± 0.05
9	159.63 ± 3.78	30.88 ± 2.46	0.48 ± 0.10	0.61 ± 0.02
10	70.32 ± 3.78	12.96 ± 1.39	0.20 ± 0.03	0.57 ± 0.07
11	46.42 ± 3.93	8.12 ± 1.13	0.11 ± 0.06	0.56 ± 0.01
12	105.62 ± 5.20	20.04 ± 2.30	0.30 ± 0.08	0.60 ± 0.03
13	86.79 ± 5.23	17.38 ± 2.17	0.28 ± 0.02	0.62 ± 0.04
14	83.04 ± 4.56	15.22 ± 1.15	0.22 ± 0.06	0.58 ± 0.01
CK	92.57 ± 4.67	19.15 ± 1.35	0.32 ± 0.08	0.64 ± 0.05

注：表中数据为平均值 ± 标准差。Note: the data indicate mean ± standard error.

表 4 主成分载荷矩阵

Table 4 Principal component loading matrix

指标 Index	主成分 Principal component		
	第一主成分 PIN1	第二主成分 PIN2	第三主成分 PIN3
总根长 Total root length	0.364	0.043	-0.354
总根表面积 Total root surface area	0.376	0.079	-0.225
平均根直径 Average of root diameter	0.194	0.259	0.875
总根体积 Total root volume	0.381	0.117	-0.101
苗高 Seedling height	0.352	-0.231	0.110
地径 Ground diameter	0.266	-0.435	0.087
根干质量 Root dry weight	0.350	0.281	-0.346
茎叶干质量 Stem and leaf dry weight	0.363	-0.213	0.035
根冠比 Root-shoot ratio	0.104	0.724	-0.119
保存率 Survival rate	0.290	-0.140	0.109
贡献率 /%Variance	66.23	16.62	8.19

表 5 苗木性状指标隶属函数值
Table 5 Membership function values of seedling traits indexes

处理号 Media number	$R(X_i)$ 值 $R(X_i)$ Value	排名 Order	处理号 Media number	$R(X_i)$ 值 $R(X_i)$ Value	排名 Order	处理号 Media number	$R(X_i)$ 值 $R(X_i)$ Value	排名 Oorder
1	0.42	7	6	0.30	11	11	0.23	15
2	0.54	3	7	0.45	6	12	0.53	4
3	0.28	14	8	0.35	10	13	0.29	12
4	0.75	2	9	0.86	1	14	0.39	8
5	0.38	9	10	0.28	13	对照	0.50	5

此可知，根系形态参数是评价杉木无性系轻基质容器苗质量的重要形态指标，同时苗高、地径、干物质累积量以及苗木保存率等性状指标也不容忽视。

根据主成分分析结果可知，10 个苗木性状指标均与苗木质量有密切联系。因此，取所有性状指标隶属函数值的平均值 $R(X_i)$ 作为不同基质配方苗木综合质量的评价指标， $R(X_i)$ 值越大，表示苗木综合质量越好（表 5）。其中，有 4 个配方的 $R(X_i)$ 值优于对照，又以 9 号配方最优，其次是 4 号、2 号及 12 号，这些配方均不添加椰糠，苗木综合质量较好。 $R(X_i)$ 值较低的配方为 3 号、10 号、11 号，这些配方中除泥炭土、珍珠岩或蛭石外，均添加了椰糠成分，苗木综合质量较差。进一步分析发现，添加了椰糠成分的 6、8、13、14 号配方，苗木 $R(X_i)$ 值也明显低于对照或其他配方。

3 结论与讨论

轻基质容器苗因其苗木质量好、根系发达、总体质量轻等特点，已在油茶（*Camellia oleifera*）^[9]、桉树（*Eucalyptus* spp.）^[10]、樟树（*Cinnamomum camphora*）^[5]、柚木（*Tectona grandis*）^[14] 等造林树种中得到广泛应用。已有的研究表明，较之黄心土，合理配置的轻基质可以显著促进苗木的生长以及根系形态的建成^[5-11]。本试验也有相似结果，在 14 个配方中，以泥炭土 20%+ 珍珠岩 40%+ 蛭石 40% 组成的 9 号配方苗木质量综合评价价值最高，苗木移栽后成活率为 91.7%，高 / 径生长明显，干物质累积量增大而且根系发达，可作为杉木无性系组培容器苗培育的参考基质。

轻基质容器苗的质量受到多方面的影响，其

中，基质种类和配比方式是重要因素^[5-7]。本试验也表明，不同轻基质种类和配比方式对杉木无性系组培苗移栽后的保存率、生长量及根系形态参数均有显著影响。在 14 个轻基质配方中，含椰糠成分的 7 个配方（3、6、8、10、11、13、14 号）苗木保存率和质量综合评价值均较低，苗木质量明显不如不含椰糠的配方以及对照的黄心土容器苗。类似的，配方中泥炭土的比例也对苗木质量有较大影响，所占比例越高越不利于苗木的生长。本试验设置的不含椰糠的配方中，泥炭土所占比例为 20% 的 2、4、9 号配方，苗木质量综合评价值均优于对照，而泥炭土所占比例为 60%~100% 的 1、5、7 号配方，苗木综合质量明显下降。此外，在同时含有椰糠和泥炭土的 3、6 号配方中，不仅苗木保存率非常低而且苗木质量综合评价值也比较小。究其原因，这可能与泥炭土和椰糠的组成及结构有关。泥炭土是在缺氧状态下，由大量的分解不充分的植物残体累积并形成泥炭层的土壤，具有巨大的持水和吸水性能^[5]，而椰糠由于具有海绵般孔隙结构，也具有超强的吸水性和保水性^[15]，再加上移栽初期苗床湿度较大，可能导致泥炭土或椰糠所占比例较高的基质中含水量过高，基质透气性变差，进而造成根系缺氧甚至腐烂死亡，对移栽成活率及苗木生长产生不利影响。因此，在杉木无性系组培苗轻基质移栽或育苗过程中，椰糠可不加或少加，泥炭土所占比例应控制在 20% 左右，并应与珍珠岩或蛭石等透气性良好的材料配合使用，才能达到改善基质结构和促进苗木生长的目的。此外，由于此次研究仅为苗木移栽 6 个月时的观测结果，不同基质间苗木质量的差异维持时间及其变化，还有待进一步观测。

参考文献

- [1] 郑会全, 胡德活, 李小川, 等. 广东杉木短轮伐期优质林培育策略[J]. 林业科技通讯, 2018(5): 20-23.
- [2] 郭立业, 黄德积, 胡德活, 等. 杉木组培苗采穗圃早期生长分析[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(3): 68-71.
- [3] 李国雷, 刘勇, 祝燕, 等. 国外苗木质量研究进展[J]. 世界林业研究, 2011, 24(2): 27-32.
- [4] 胡彦彪, 刘瑛, 曹雯. 杉木育苗造林技术[J]. 现代农业科技, 2011(19): 231-233.
- [5] 陈一群, 丘佐旺, 汪迎利, 等. 樟树组培苗轻基质育苗技术研究[J]. 亚热带植物科学, 2015, 44(2): 140-145.
- [6] 周志春, 刘青华, 胡根长, 等. 3种珍贵用材树种轻基质网袋容器育苗方案优选[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(1): 14-15.
- [7] 袁冬明, 林磊, 严春风, 等. 3种造林树种轻基质网袋容器苗造林效果分析[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(3): 19-23.
- [8] 贾宏炎, 曾杰, 黎明, 等. 西南桦组培苗培育的轻基质筛选[J]. 林业科学研究, 2012, 25(2): 241-245.
- [9] 朱雯, 徐佳琦, 许逸林, 等. 油茶轻基质育苗效果[J]. 经济林研究, 2016, 34(3): 158-162.
- [10] 杨小红, 尚秀华, 谢耀坚, 等. 桉树轻基质育苗成本效益分析[J]. 林业科技开发, 2011, 25(5): 97-100.
- [11] 范辉华, 汤行昊, 刘宝, 等. 闽楠轻基质育苗容器规格与分级培育试验[J]. 湖北林业科技, 2016, 45(1): 28-30.
- [12] 韩吉思, 玉志鹏, 王芳, 等. 生长调节剂及基质对杉木微扦插生根的影响[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(3): 44-47.
- [13] 范晓丹, 刘飞, 王衍安, 等. 不同苹果砧木对缺锌胁迫的耐性评价[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3045-3052.
- [14] 黄桂华, 梁坤南, 周再知, 等. 不同基质配方对柚木组培苗移植效果的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(1): 32-36.
- [15] 任志雨, 刘艳丽. 不同配比的椰糠与珍珠岩基质对番茄幼苗生长和育苗效果的影响[J]. 天津农业科学, 2018, 24(5): 63-66.