

不同栽培基质对浙江楠和 闽楠容器苗生长和根系发育的影响

王 艺^{1,2}, 王秀花³, 张丽珍³, 吴利荣³, 周志春², 徐有明^{1,①}

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;
3. 浙江省庆元县实验林场, 浙江 庆元 323800)

摘要: 按体积比 5:5、6:4、7:3 和 8:2 分别将泥炭与珍珠岩、谷壳、树皮粉和香菇废料混合制成 16 种栽培基质, 研究了不同基质组成和配比对浙江楠(*Phoebe chekiangensis* C. B. Shang) 和闽楠(*P. bournei* (Hemsl.) Yang) 容器苗生长状况(包括苗高、地径、总干质量和根冠比 4 个指标)以及根系发育状况(包括根总长、根表面积和根体积 3 个指标)的影响。结果表明:采用不同基质,浙江楠和闽楠容器苗的各项指标间均有差异,其中部分指标有显著差异。从基质组成看,使用泥炭-珍珠岩、泥炭-谷壳和泥炭-树皮粉 3 类基质,浙江楠和闽楠容器苗的生长和根系发育的各项指标均优于使用泥炭-香菇废料基质,表明前 3 种基质组成更有利于浙江楠和闽楠容器苗的生长和根系发育。从基质配比看,当基质中泥炭体积分数达到 70% 时,浙江楠和闽楠容器苗的苗高和地径最大;而当基质中泥炭体积分数达到 50% 时,其根总长、根表面积和根体积较大;但基质中泥炭比例对容器苗总干质量的影响无明显规律。除闽楠容器苗的地径外,基质组成与基质配比的交互作用对浙江楠和闽楠容器苗的生长和根系发育指标均有显著影响。综合分析结果表明:选用泥炭-谷壳或泥炭-树皮粉基质,按体积比 7:3 配制,适用于浙江楠容器苗的培育;按体积比 8:2 配制,适用于闽楠容器苗的培育。

关键词: 浙江楠; 闽楠; 容器苗; 栽培基质; 根系发育; 生长指标

中图分类号: S723.1⁺33; S792.24 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)03-0081-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.03.13

Effects of different cultivation substrates on growth and root system development of container seedlings of *Phoebe chekiangensis* and *P. bournei* WANG Yi^{1,2}, WANG Xiuhua³, ZHANG Lizhen³, WU Lirong³, ZHOU Zhichun², XU Youming^{1,①} (1. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China; 3. Qingyuan Experimental Forest Farm of Zhejiang Province, Qingyuan 323800, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, **22**(3): 81-87

Abstract: Sixteen cultivation substrates composed of peat with perlite, husk, bark powder and mushroom scrap according to volume ratio of 5:5, 6:4, 7:3 and 8:2 were made, respectively, and effects of different substrate combinations and proportions on growth status (including four indexes of height, ground diameter, total dry weight and root-shoot ratio) and root system development status (including three indexes of total root length, root surface area and root volume) of container seedlings of *Phoebe chekiangensis* C. B. Shang and *P. bournei* (Hemsl.) Yang were researched. The results show that by using different substrates, there are differences in all indexes of container seedlings of two species above, in which, some indexes with significant differences. In aspect of substrate combination, all indexes of growth and root system development of container seedlings of two species are superior in using three substrates of peat-perlite, peat-husk and peat-bark powder to in using peat-mushroom scrap substrate,

收稿日期: 2012-11-11

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项重大项目(201004008); 浙江省林木种苗产业创新团队项目(2011R09035-12); 福建省种业创新与产业化工程项目“珍贵树种产业创新与工厂化育苗”

作者简介: 王 艺(1987—),男,四川雅安人,硕士,主要从事亚热带珍贵树种的育种和培育技术研究。

①通信作者 E-mail: xuyouming@mail.hzau.edu.cn

meaning that the former three substrate combinations are more beneficial to growth and root system development of container seedlings of two species. In aspect of substrate proportion, height and ground diameter of container seedlings of two species are the largest when volume fraction of peat in substrate reaches 70%, while total root length, root surface area and root volume are larger when that reaches 50%. But peat ratio in substrat has no obvious rule in effect on total dry weight. Except ground diameter of container seedling of *P. bournei*, interaction between substrate combination and substrate proportion has a significant effect on indexes of growth and root system development of container seedlings of two species. The comprehensive analysis result indicates that peat-husk or peat-bark powder substrates prepared with volume ratio 7:3 are suitable for cultivating of *P. chekiangensis* container seedling, and those prepared with volume ratio 8:2 are suitable for cultivating of *P. bournei* container seedling.

Key words: *Phoebe chekiangensis* C. B. Shang; *P. bournei* (Hemsl.) Yang; container seedling; cultivation substrate; root system development; growth index

随着人们对森林可持续发展认识的逐步深入,珍贵阔叶树种的价值受到越来越多的关注,分布于中国亚热带地区的珍贵阔叶树种也渐渐被人们更多地认识和利用,如香樟 [*Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl]、闽楠 [*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang] 和红豆树 (*Ormosia hosiei* Hemsl. et Wils.) 等^[1]。然而,由于种质资源缺乏及育苗成林困难,珍贵阔叶树种的造林规模一直难以扩大^[2]。轻基质网袋容器育苗具有轻巧便捷、基质搭配灵活、育苗周期短、造林成活率高和便于管理等特点^[3],目前市场对于珍贵阔叶树需求量增大,利用轻基质容器育苗等技术提高珍贵树种苗木品质、降低育苗成本、提升造林成效,是珍贵阔叶树种发展的有效途径之一^[4]。

浙江楠 (*Phoebe chekiangensis* C. B. Shang) 和闽楠皆是樟科 (Lauraceae) 楠属 (*Phoebe* Nees) 常绿高大乔木,均为国家二级重点保护野生植物^[5]。二者干形通直、树冠雄伟、枝叶繁茂,是行道树、庭荫树及风景树的理想树种^[6-7];其木材纹理致密、剖面光滑美观且具香气,是高级建筑、家具、雕刻和精密木模的上等用材^[8]。浙江楠和闽楠均为中国中东部亚热带地区重点发展的珍贵阔叶树种,但因立地条件要求较高且林分生长缓慢其发展规模受到一定限制^[9]。通过培育优质容器苗可解决造林成活率低和成材周期长等技术瓶颈。杜佩剑等^[10]的研究结果表明:不同基质对浙江楠容器苗生长的影响差异显著,其中泥炭、蛭石和阔叶树木片组合基质更有利于其容器苗苗高和地径的生长。目前,对闽楠容器苗培育基质的研究也鲜有报道,且已有的研究均未深入探讨不同基质组合和配比对楠属植物根系发育的影响,对实际生产中育苗成本问题也较少涉及。

作者采用析因设计,以泥炭为主要基质,珍珠岩

及腐熟谷壳、树皮粉和香菇废料为辅助基质,进行基质组合及配比的二因素实验,研究不同基质组合和对比对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响,筛选出适用于容器苗产业化的基质组合和配比,以期为楠属植物容器育苗标准的制定提供理论依据。

1 实验地概况和实验方法

1.1 实验地概况

实验地位于浙江省庆元县实验林场育苗基地,地理坐标为东经 119°01'25"、北纬 27°38'48",海拔 510 m;属亚热带季风气候,温暖湿润、四季分明;年平均气温 17.6 °C,年降水量 1 721.3 mm,无霜期 245 d。

实验在具有自动喷雾设施的钢构大棚内进行。棚高 2.2 m,棚内通风良好,棚顶安装自动滴灌系统,顶盖用透光率 70% 的遮阳网遮光。

1.2 方法

1.2.1 基质配比及育苗 按体积比将泥炭与珍珠岩、谷壳、树皮粉和香菇废料分别混合作为基质,4 个基质分别为泥炭-珍珠岩 (C1)、泥炭-谷壳 (C2)、泥炭-树皮粉 (C3) 和泥炭-香菇废料 (C4),每个基质各设置 4 个比例 (体积比):5:5、6:4、7:3 和 8:2。实验前谷壳、树皮粉和香菇废料均经腐熟处理。配制基质时,按 2.5 kg · m⁻³ 加入缓释肥,所用缓释肥为美国爱贝施 (APEX) 长效控释肥,总氮含量 180 mg · g⁻¹ 以上、有效磷含量 60 mg · g⁻¹ 以上、有效钾含量 120 mg · g⁻¹ 以上,肥效 9 个月。

供试浙江楠和闽楠的种子分别采自浙江庆元和福建松溪。以直径 4.5 cm、高 10 cm 的无纺布容器袋为育苗容器,将上述基质分别装入容器袋;2011 年 4 月上旬将长至 1 芽 2 子叶的实生苗移入无纺布容器

袋中并放入方形托盘,每盘30袋。移栽后置于覆盖有遮阳网的钢构育苗大棚下,托盘直接置于地布上;栽植过程中及时喷雾并长期保持基质湿润和大棚通风,其他栽培措施与一般生产性轻基质网袋容器育苗一致。每个树种各16个处理,采用完全随机区组设计,3次重复,每个重复30株苗。

1.2.2 生长指标测定方法 于2011年11月下旬,从每个树种的每一处理中分别随机选取10株生长正常的容器苗,以单株为测量单位,分别用直尺(精度0.1 cm)和游标卡尺(精度0.01 cm)测量苗高和地径;并采用Win RHIZO STD 1600+型根系图像分析系统(加拿大REGENT公司)对根系进行扫描分析,得到根总长、根表面积及根体积等根系参数。然后将容器苗分为根、茎和叶3部分,经105℃杀青60 min后再置于80℃条件下烘干至恒质量,用电子分析天平

(精度0.000 1 g)分别称取各部分的干质量并计算单株总干质量。

1.3 数据统计分析

以单株测定值为单元,利用SAS 8.1软件中的GLM过程进行各性状的单因素及两因素方差分析,并在不同处理间进行多重比较,检验不同基质组合、配比主效应及其交互效应的显著性;在方差分析时根冠比数据经反正弦转换。

2 结果和分析

2.1 基质组成对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响

不同基质组成对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响见表1。

表1 不同基质组合对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响¹⁾

Table 1 Effect of different substrate combinations on growth and root system development of container seedlings of *Phoebe chekiangensis* C. B. Shang and *P. bournei* (Hemsl.) Yang¹⁾

基质组合 ²⁾ Substrate combination ²⁾	苗高/cm Height	地径/mm Ground diameter	总干质量/g Total dry weight	根冠比 Root-shoot ratio	根总长/cm Total root length	根表面积/cm ² Root surface area	根体积/cm ³ Root volume
浙江楠 <i>Phoebe chekiangensis</i>							
C1	25.2a	4.73a	3.715 9a	0.47b	427.11a	117.85a	2.60a
C2	24.4a	4.71a	3.555 0a	0.56a	419.71a	119.04a	2.70a
C3	25.1a	4.69a	3.642 5a	0.43bc	427.70a	115.47a	2.49a
C4	17.1b	4.00b	2.777 3b	0.39c	337.95b	91.48b	1.98b
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>							
C1	43.5a	3.91a	4.338 6a	0.22a	307.58ab	77.11ab	1.54ab
C2	44.0a	3.85a	4.356 2a	0.20b	305.05ab	78.25a	1.60a
C3	43.1a	3.90a	4.403 8a	0.18c	316.19a	79.57a	1.60a
C4	35.0b	3.46b	3.726 8b	0.21ab	282.81b	71.92b	1.46b

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示同一种类不同基质间差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference among different substrates of the same species ($P<0.05$).

²⁾ C1: 泥炭-珍珠岩 Peat-perlite; C2: 泥炭-谷壳 Peat-husk; C3: 泥炭-树皮粉 Peat-bark powder; C4: 泥炭-香菇废料 Peat-mushroom scrap.

2.1.1 对苗高和地径生长的影响 由表1可以看出:采用C1(泥炭-珍珠岩)、C2(泥炭-谷壳)和C3(泥炭-树皮粉)3种基质,浙江楠容器苗的苗高和地径生长量的差异幅度均未超过4.0%,最大苗高和地径分别为25.2 cm和4.73 mm,分别比C4(泥炭-香菇废料)基质高47.4%和18.3%,显示C1、C2和C3基质均符合浙江楠容器苗苗高和地径的生长要求。采用C1、C2和C3基质,闽楠容器苗的苗高均在40 cm以上,地径均在3.85以上;而采用C4基质,闽楠容器苗的苗高和地径均最小,仅为35.0 cm和3.46 mm,分

别比最大值低20.5%和11.5%。但考虑其苗高也超过30 cm以上,符合优质容器苗的出圃要求,因此,4种基质均可满足闽楠容器苗地上部生长的需求。多重比较结果表明:采用C1、C2和C3基质,浙江楠和闽楠容器苗的苗高和地径差异不显著。而单因素方差分析结果表明:采用不同基质,浙江楠和闽楠容器苗的苗高和地径均存在极显著差异。

2.1.2 对根系发育的影响 由表1还可见:采用C4基质,浙江楠容器苗的根总长、根表面积和根体积分别仅为337.95 cm、91.48 cm²和1.98 cm³,显著低于

其他3种基质处理组;且采用C1、C2和C3基质,浙江楠容器苗根总长、根表面积和根体积的差异均不显著。采用C3基质,闽楠容器苗根系发育最好,其根总长、根表面积和根体积分别为316.19 cm、79.57 cm²和1.60 cm³,较根系发育最差的C4基质处理组分别高11.8%、10.6%和9.6%,差异达显著水平。比较结果表明:C1、C2和C3基质更有利于浙江楠和闽楠容器苗根系的发育。单因素方差分析结果表明:采用不同基质,浙江楠容器苗的根总长、根表面积和根体积均有极显著差异,而闽楠容器苗的根总长、根表面积和根体积均无显著差异。

2.1.3 对总干质量和根冠比的影响 表1数据显示:采用C1、C2和C3基质,浙江楠和闽楠容器苗的总干质量均显著高于C4基质,浙江楠和闽楠容器苗的总干质量最高值分别达到3.7159和4.4038 g,分别较C4基质处理组高33.8%和18.2%。采用C2和C1基质,浙江楠和闽楠容器苗的根冠比最大,分别为0.56和0.22。总体上看,闽楠容器苗的总干质量明显高于浙江楠容器苗,表现出更好的速生性;而浙江

楠容器苗的根冠比则远高于闽楠容器苗,说明浙江楠容器苗根系发育较好而地上部生长相对较弱,闽楠容器苗的地上部生长则明显优于其根系的发育。单因素方差分析结果表明:采用不同基质,浙江楠容器苗的总干质量和根冠比均有极显著差异,而闽楠容器苗的总干质量无显著差异、根冠比则有极显著差异。

2.2 基质组成和对比对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响

2.2.1 对浙江楠容器苗生长和根系发育的影响 不同基质组成和对比对浙江楠容器苗生长和根系发育的影响见表2。由表2可见:除C4(泥炭-香菇废料)基质外,其他3种基质均以体积比7:3最佳,苗高和地径均最大。其中,采用V(泥炭):V(树皮粉)=7:3的基质,浙江楠容器苗的苗高和地径最大,分别为28.4 cm和5.08 mm;采用V(泥炭):V(香菇废料)=6:4的基质,其苗高和地径均最小,分别仅为15.7 cm和3.83 mm;最大苗高和地径分别是最小苗高和地径的1.81和1.33倍。说明适当提高泥炭比例有利于促进浙江楠地上部生长,当基质中泥炭的体积分数为70%

表2 不同基质组成和比例对浙江楠容器苗生长和根系发育的影响¹⁾

Table 2 Effects of different substrate combinations and proportions on growth and root system development of container seedling of *Phoebe chekiangensis* C. B. Shang¹⁾

基质组合及体积比 Substrate combination and volume ratio	苗高/cm Height	地径/mm Ground diameter	总干质量/g Total dry weight	根冠比 Root-shoot ratio	根总长/cm Total root length	根表面积/cm ² Root surface area	根体积/cm ³ Root volume
C1(泥炭-珍珠岩 Peat-perlite)							
5:5	24.5bcde	4.76abcd	3.9287abcd	0.52ab	490.52ab	135.04ab	2.97ab
6:4	25.0bcd	4.50cdef	3.4867cde	0.42defg	399.55cdef	104.25def	2.18efg
7:3	25.6bc	4.84abc	3.8077abcd	0.40g	391.51cdef	109.17cde	2.44cdef
8:2	25.7bc	4.80abcd	3.6407abc	0.54cdefg	426.86bcd	122.96abc	2.83abc
C2(泥炭-谷壳 Peat-husk)							
5:5	23.0de	4.46defg	3.6653abcd	0.59a	517.90a	141.05a	3.08a
6:4	23.8cde	4.64cde	3.3727de	0.49bcde	413.41cde	116.81bcd	2.64bcd
7:3	26.3ab	4.71bcd	3.8983ab	0.50bcdef	400.84cdef	114.70cd	2.62bcd
8:2	24.5bcde	5.05ab	3.2837abcd	0.67abc	346.71f	103.59def	2.48cde
C3(泥炭-树皮粉 Peat-bark powder)							
5:5	25.0bcd	4.62cde	3.7167abcd	0.41fg	446.14bc	116.99bcd	2.46cde
6:4	24.5bcde	4.68cde	3.7127bcde	0.41efg	434.24bcd	114.84cd	2.42cdef
7:3	28.4a	5.08a	4.2597a	0.42defg	484.17ab	134.91ab	3.00ab
8:2	22.4e	4.36efg	2.8810ef	0.49efg	346.23f	95.13efg	2.09efg
C4(泥炭-香菇废料 Peat-mushroom scrap)							
5:5	18.3f	4.12gh	3.1003fg	0.34fg	350.18ef	93.59efg	2.00fg
6:4	15.7g	3.83h	2.6523h	0.30fg	273.17g	79.02g	1.83g
7:3	16.9fg	3.88h	2.6710gh	0.43bcd	349.75ef	90.51fg	1.88g
8:2	17.6fg	4.16fgh	2.6857fgh	0.52ab	378.70def	102.80def	2.23defg

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

时最佳。然而泥炭比例低的基质显然更有助于根系发育,如采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=5:5$ 和 $V(\text{泥炭}):V(\text{谷壳})=5:5$ 这2种基质,浙江楠容器苗根系发育均较好;采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{树皮粉})=7:3$ 的基质,根系发育也较好。干物质积累量的大小体现出容器苗的速生性,采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{树皮粉})=7:3$ 、 $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=5:5$ 和 $V(\text{泥炭}):V(\text{谷壳})=7:3$ 这3种基质,浙江楠容器苗的苗高、地径和根系发育均具有一定优势,其总干质量分别比最小值(2.652 3 g)高 60.6%、48.1%和 47.0%,速生性良好。单因素方差分析结果表明:采用不同基质和不同配比,浙江楠容器苗的各项生长和根系发育指标均有极显著差异。

综合考虑以上分析结果认为:以总干质量为主,并以苗高和地径均不低于平均值的 1.1 倍作为优选标准, $V(\text{泥炭}):V(\text{谷壳})=7:3$ 和 $V(\text{泥炭}):V(\text{树皮粉})=7:3$ 这2种基质可用于浙江楠容器苗的培育。

2.2.2 对闽楠容器苗生长和根系发育的影响 不同基质组成和对比对闽楠容器苗生长和根系发育的影响见表3。随基质中泥炭比例的提高,在 C1(泥炭-珍

珠岩)和 C2(泥炭-谷壳)基质中闽楠容器苗的苗高和地径生长量呈先升高后降低的趋势,当基质中泥炭体积分数为 70% 时苗高和地径均最大。采用 C3(泥炭-树皮粉)基质,当基质中泥炭体积分数达到 80% 时闽楠容器苗的苗高最大,为 46.0 cm;当基质中泥炭体积分数为 70% 时其地径最大,为 4.13 mm,分别较泥炭体积分数 50% 时高 18.9% 和 9.8%。随基质中泥炭比例的提高,闽楠容器苗根系的各项指标均呈逐渐减小的趋势,但在泥炭体积分数 70% 的基质中根系各项指标总体上最小,当基质中泥炭体积分数提高至 80% 时,各项指标或略有减小或明显增加。其中,采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=5:5$ 基质,闽楠容器苗的根总长、根表面积和根体积均最高,分别达到 375.02 cm、92.14 cm² 和 1.81 cm³,比采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=7:3$ 基质分别高 40.5%、33.9% 和 27.5%;采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{树皮粉})=8:2$ 基质,其根系发育也较为良好,其根表面积和根体积仅次于采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=5:5$ 基质,其总根长也较长。对总干质量的比较结果表明:采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{谷壳})=8:2$ 和 $V(\text{泥$

表3 不同基质组成和比例对闽楠容器苗生长和根系发育的影响¹⁾

Table 3 Effects of different substrate combinations and proportions on growth and root system development of container seedling of *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang¹⁾

基质组合及体积比 Substrate combination and volume ratio	苗高/cm Height	地径/mm Ground diameter	总干质量/g Total dry weight	根冠比 Root-shoot ratio	根总长/cm Total root length	根表面积/cm ² Root surface area	根体积/cm ³ Root volume
C1(泥炭-珍珠岩 Peat-perlite)							
5:5	41.5cd	3.88bc	4.302 7bcde	0.23bcd	375.02a	92.14a	1.81a
6:4	45.4ab	3.95abc	4.615 7abc	0.20cde	320.07bc	80.21abcd	1.61abcd
7:3	46.8a	4.18a	4.673 1ab	0.20cde	266.85ef	68.82cdefg	1.42def
8:2	40.4de	3.61def	3.754 0efg	0.23bcd	268.39def	67.27efg	1.35ef
C2(泥炭-谷壳 Peat-husk)							
5:5	39.8de	3.75cde	3.839 7defg	0.24bc	311.84bcde	80.47abc	1.66abcd
6:4	45.4ab	3.83cd	4.453 0abcd	0.18cdef	319.46bc	80.32abcd	1.61abcd
7:3	46.1a	3.95abc	4.462 0abcd	0.19cdef	264.50ef	68.23defg	1.41def
8:2	45.0ab	3.86cd	4.682 5ab	0.14ef	324.40b	84.00ab	1.74abc
C3(泥炭-树皮粉 Peat-bark powder)							
5:5	38.7ef	3.76cd	3.986 8cdef	0.22cd	349.40ab	84.80ab	1.65abcd
6:4	43.3bc	3.85cd	4.193 3bcde	0.20cde	321.40bc	78.73bcde	1.54bcdef
7:3	44.3ab	4.13ab	4.391 7abcde	0.17def	273.85cdef	69.77cdefg	1.42def
8:2	46.0ab	3.85c	5.042 0a	0.13f	320.09bc	84.99ab	1.80a
C4(泥炭-香菇废料 Peat-mushroom scrap)							
5:5	34.7gh	3.50ef	5.161 3fg	0.29b	315.05bcd	76.65bcdef	1.49cdef
6:4	33.2h	3.39f	2.779 7h	0.43a	258.17f	65.31fg	1.32f
7:3	35.8gh	3.46f	3.198 3gh	0.40a	251.02f	63.66g	1.29f
8:2	36.3fg	3.49f	3.768 0efg	0.23bcd	307.02bcde	82.04ab	1.75ab

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

炭):V(树皮粉)=8:2 基质,闽楠容器苗总干质量均较高;根据优选标准,选取这2种基质作为闽楠的优化容器育苗方案。单因素方差分析结果表明:采用不同配比的基质,闽楠容器苗的生长和根系发育指标均存在极显著差异。

2.3 基质组成和对比对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的交互作用分析

基质组成和对比对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的交互作用分析见表4。由表4可以看出:浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育不仅受基质组

成和配比的影响,同时还受两者交互作用的显著影响。两因素方差分析结果表明:基质组成是对浙江楠容器苗生长和根系发育影响最大的变异来源,其次为基质配比。闽楠容器苗的苗高、地径、总干质量及根冠比受基质组成影响较大,而其根总长、根表面积和根体积则主要受基质配比的影响。同时基质组成及基质配比的交互作用均对浙江楠容器苗7个生长和根系发育指标以及闽楠容器苗除地径外的其他6个生长和根系发育指标有显著影响,说明调整基质中的泥炭比例有助于控制容器苗的生长和出圃质量。

表4 基质组成和对比对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育影响的方差分析¹⁾

Table 4 Variance analysis in effects of substrate combination and proportion on growth and root system development of container seedlings of *Phoebe chekiangensis* C. B. Shang and *P. bournei* (Hemsl.) Yang¹⁾

变异来源 ²⁾ Source of variation ²⁾	Df	F 值 F value						
		苗高 Height	地径 Ground diameter	总干质量 Total dry weight	根冠比 Root-shoot ratio	根总长 Total root length	根表面积 Root surface area	根体积 Root volume
浙江楠 <i>Phoebe chekiangensis</i>								
SC	3	93.19 **	31.97 **	25.77 **	23.31 **	13.66 **	15.29 **	16.22 **
SP	3	5.22 **	2.41	8.70 **	19.80 **	8.78 **	5.73 **	3.64 **
SC×SP	9	3.19 **	3.47 **	2.62 **	2.59 **	4.61 **	4.08 **	3.74 **
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>								
SC	3	75.51 **	21.27 **	15.97 **	36.60 **	2.70 *	2.33	2.04
SP	3	15.41 **	5.07 **	1.96	7.95 **	12.19 **	9.49 **	7.82 **
SC×SP	9	4.89 **	1.83	2.75 *	4.87 **	2.01 *	2.21 *	2.54 **

¹⁾*: $P=0.05$; **: $P=0.01$.

²⁾SC: 基质组合 Substrate combination; SP: 基质配比 Substrate proportion.

3 讨论和结论

研究表明:浙江楠和闽楠容器苗对栽培基质的组成和配比的变化敏感,其生长和根系发育受基质组成和配比的影响极为显著。对供试的4种基质进行方差分析,结果表明:珍珠岩、谷壳和树皮粉3种辅助基质均适用于浙江楠和闽楠容器苗的培育,香菇废料对浙江楠生长的促进作用较小,不宜单独与泥炭组合用于浙江楠容器苗的培育;但采用泥炭和香菇废料组成基质,闽楠容器苗的平均苗高已符合优质容器苗的出圃要求,可在一定程度上应用于闽楠容器苗的规模化生产。目前,食用菌产业在部分南方林区已得到重点发展,每年都有数量可观的香菇废料产生,若能将其有效利用于容器育苗中,一方面可减少泥炭等不可再生资源的过度利用,另一方面又能变废为宝、降

低育苗成本^[11]。本研究结果表明:仅以香菇废料为辅助基质不利于浙江楠和闽楠容器苗的生长和根系发育,在生产中可考虑将香菇废料与珍珠岩、谷壳和泥炭等多种基质组成复合型基质,提高基质的利用效率,同时降低大规模生产成本。

基质配比是影响容器苗生长的另一个重要因素^[12],基质组成和基质配比的交互作用对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育均有影响显著^[13]。在泥炭分别与珍珠岩、谷壳和树皮粉混合的基质中,体积比7:3最有利于浙江楠和闽楠地上部的生长,而体积比5:5对根系发育的促进作用最大。推测原因是泥炭具有较高黏性,当基质中泥炭比例较低时(如体积比5:5),基质较为松散,有助于根系延伸和生长;随着基质中泥炭比例的提高,其理化性质发生变化,虽然较高比例的泥炭可提供丰富的有机质,有利于容器苗的营养生长和干物质积累,但同时也导致基质黏性增

大、阻力增大,影响根系的延伸和生长。

进一步分析结果表明:采用泥炭分别与谷壳和树皮粉以体积比 7:3 的比例混合的基质,浙江楠容器苗地上部生长和根系发育均较好,而采用泥炭分别与谷壳和树皮粉以体积比 8:2 比例混合的基质,闽楠容器苗的生长和根系发育状况总体较好,且在这 4 种基质中浙江楠和闽楠容器苗的总干质量较高。这一现象一方面反应出幼苗具有较快的生长速率和对养分的高效吸收与利用;另一方面也充分说明采用这些基质可使苗木体内储存较为充足的碳水化合物,对于移栽后苗木的生根速率及造林成活率均有促进作用^[10]。另外,从实验结果也可看出:在同样的基质中闽楠容器苗的平均总干质量较浙江楠高约 20%,这是因为闽楠主要分布区的纬度低于浙江楠,优越的水热条件使得闽楠具有更强的速生性。较快的生长速率决定了闽楠容器苗对养分需求更高,因此,闽楠容器苗的最佳基质中泥炭比例应高于浙江楠。在进行轻基质容器苗研究和生产时,应充分考虑不同树种或同一树种不同种源区或生态型的地理变异及生长速率差异,以及这种差异所决定的容器苗对养分需求程度的差异,从而为各树种选定特异的、最合适的基质组成和配比。

综合考虑容器苗产业化生产对成本控制的要求,在保证容器苗品质的前提下,可选用廉价易得的谷壳和树皮粉等基质替代价格昂贵且不可再生的泥炭和珍珠岩。以浙江楠为例,采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=5:5$ 的基质,其容器苗总干质量与采用 $V(\text{泥炭}):V(\text{谷壳})=7:3$ 和 $V(\text{泥炭}):V(\text{树皮粉})=7:3$ 的基质相近,地上部生长状况和根系发育也大体一致;但从成本上看,珍珠岩价格为 $254 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ 、谷壳为 $47 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ 、

树皮粉约为 $60 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ (含加工费),从经济效益和资源利用角度考虑,谷壳和树皮粉都更适合作为浙江楠容器苗的育苗基质,在实际生产过程中可根据实际情况和基质价格变化进行选择。

参考文献:

- [1] 陈存及,陈伙法.阔叶树种栽培[M].北京:中国林业出版社,2000:3-5.
- [2] 金国庆,周志春,胡红宝,等.3种乡土阔叶树种容器育苗技术研究[J].林业科学研究,2005,18(4):387-392.
- [3] 乌丽雅斯,刘勇,李瑞生,等.容器育苗质量调控技术研究评述[J].世界林业研究,2004,17(2):9-13.
- [4] 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].林业科学,2011,47(10):172-178.
- [5] 李冬林,丁彦芬,向其柏.浙江楠引种育苗技术[J].林业技术开发,2003,17(3):43-45.
- [6] 王中生.樟科观赏树种资源及园林应用[J].中国野生植物资源,2001,20(4):31-33,43.
- [7] 傅立国,金鉴明.中国植物红皮书:稀有濒危植物[M].北京:科学出版社,1991.
- [8] 福建森林编委会.福建森林[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [9] 陈存及,刘宝,李生,等.闽楠人工林的经营效果[J].福建林学院学报,2007,27(2):101-104.
- [10] 杜佩剑,徐迎春,李永荣.浙江楠容器育苗基质的比较和筛选[J].植物资源与环境学报,2008,17(2):71-76.
- [11] 刘荣松,胡根长,叶庭旺,等.废菌棒复合基质对3种阔叶树容器苗生长的影响[J].浙江林业科技,2011,31(4):43-46.
- [12] 王月生,周志春,金国庆,等.基质配比对南方红豆杉容器苗及其移栽生长的影响[J].浙江林学院学报,2007,24(5):643-646.
- [13] 马雪红,胡根长,冯建国,等.基质配比、缓释肥量和容器规格对木荷容器苗质量的影响[J].林业科学研究,2010,23(4):505-509.

(责任编辑:张明霞)