

杉木和湿地松容器育苗轻基质配方优选

徐清福¹, 吴仙花¹, 程红田², 赵敏¹

(1. 开化县林业技术推广站, 浙江 开化 324300, 2. 华埠镇农业农村办公室, 浙江 开化 324302)

摘要: 为了降低容器育苗轻基质成本, 提高林区易获取轻基质比例, 将泥炭、蛭石、珍珠岩、发酵牛粪、发酵松鳞、发酵木屑、砻糠按不同体积比配制成 7 种不同配方基质, 每立方米基质施加 N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 18%、6% 和 12% 的控释肥 4 kg, 研究其对杉木 *Cunninghamia lanceolata* 和湿地松 *Pinus elliottii* 1 年生实生容器苗成活率和生长量的影响。结果表明, 不同配方基质对 1 年生实生容器苗苗高、地径生长量和成活率均有显著影响, 综合生长性状和成本, 筛选出适合培育 1 年生杉木和湿地松实生容器苗的最优基质配方均为泥炭: 珍珠岩: 发酵牛粪: 发酵木屑: 发酵松鳞=0.3:0.1:0.2:0.15:0.25。尽管筛选的配方与传统配方(泥炭: 蛭石: 珍珠岩=0.4:0.3:0.3)在苗木生长量和成活率上没有显著差异, 但育苗成本降低了 25%。以上研究结果可为南方地区杉木和湿地松容器苗高效培育提供理论指导。

关键词: 杉木; 湿地松; 容器育苗; 轻基质

中图分类号: S791.246; S791.27

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776(2024)01-0048-06

Selection of Formula of Light Substrates for Container Seedlings of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus elliottii*

XU Qingfu¹, WU Xianhua¹, CHENG Hongtian², ZHAO Min¹

(1. Kaihua Forestry Extension Station of Zhejiang, Kaihua 324300, China; 2. Kaihua Huabu Agriculture and Rural Affairs Office of Zhejiang, Kuaihua 324300, China)

Abstract: Seven different formula of substrates for seedling cultivation of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus elliottii* were prepared with peat, vermiculite, perlite, fermented dairy manure, fermented pine bark, fermented wood chips, and rice hull. 4 kg controlled release fertilizer with 18% of N, 6% of P₂O₅ and 12% of K₂O was mixed in each cubic meter of substrate. On 16th December 2020, seeds of *C. lanceolata* and *P. elliottii* were sowed in plug. On 15th April 2021, seedlings were transplanted in 7 substrates. On 20th December 2021, investigations were carried out on ground diameter, seedling height and survival rate. The results showed that different substrates had significant effect on the growth and quality of container seedlings. The experiment resulted the optimal formula for cultivation of container *C. lanceolata* and *P. elliottii* seedlings was as follows: peat: perlite: fermented dairy manure: fermented wood chips: fermented pine bark=0.3:0.1:0.2:0.15:0.25. There was no significant difference in seedling growth and survival rate between the selected formula and the traditional formula (peat: vermiculite: perlite = 0.4:0.3:0.3), but the cost of the selected formula was reduced by 25%.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; *Pinus elliottii*; container seedling; light substrates

近年来, 容器育苗在林业生产中得到广泛应用。相对于传统的育苗技术, 容器育苗具有育苗周期短、容易运输、造林成活率高等优点^[1-2]。其中, 轻基质网袋育苗技术由于生产成本低、环保性能好, 而且造林运输方便,

收稿日期: 2022-12-12; 修回日期: 2023-10-25

作者简介: 徐清福, 林业高级工程师, 从事林业技术推广工作; E-mail: xuqingfu002@163.com。

适宜苗木的集约化与规模化发展, 加快了良种繁育, 提高了造林效率^[3]。近年来, 轻型基质容器育苗技术迅速发展。不同基质的物理化学性质显著影响容器苗生长。然而, 容器育苗传统栽培基质主要以泥炭、珍珠岩、蛭石等为主, 这些材料往往需要长途运输, 成本相对较高。因此, 有必要进一步研发生产成本低, 育苗效果好的新型轻基质。利用农林废弃物和工业固体生物质废料经过发酵等技术处理用作容器栽培基质原料, 这些原料来源广泛, 不仅可以降低生产成本, 减少不可再生资源泥炭的消耗, 而且对保护和改善生态环境有重要意义。

杉木 *Cunninghamia lanceolata* 和湿地松 *Pinus elliottii* 是浙江省主要造林树种, 材质好, 用途广, 在木材供给和改善生态环境方面发挥着重要作用^[4-5]。市场对这两个树种的优良种苗需求量大, 因而, 研发经济高效的容器育苗基质配方对降低造林成本, 提高造林成活率具有重要意义。理想的育苗基质要有较高的缓冲性、离子交换能力和良好的持水性、通气性。发酵牛粪、发酵木屑、发酵松鳞和砉糠在南方林区资源丰富, 价格和运输成本低于泥炭、珍珠岩、蛭石; 发酵牛粪和发酵木屑的缓冲性、持水性较好, 可部分替代泥炭; 发酵松鳞和砉糠的缓冲性、持水性、通气性都较好, 可部分替代珍珠岩、蛭石。为此, 本研究利用这 7 种材料设置 7 种不同基质配方, 比较不同基质配方下苗木成活率、苗高和地径生长状况和生产成本, 筛选出适宜杉木和湿地松容器育苗的最佳轻型基质, 为两个树种的壮苗培育提供依据。

1 试验地点概况

试验地点位于浙江省开化县城关镇翁村, 地处 118°18'25" E, 28°18'25" N, 属亚热带季风气候; 年降水量在 1 800 mm 左右, 主要集中在 3—7 月, 有效积温为 5 125 ℃, 无霜期为 260 d。

2 材料与方法

2.1 材料

本研究采用泥炭、蛭石、珍珠岩、发酵牛粪、发酵木屑、发酵松鳞和砉糠 7 种材料, 按照逐步提高林区易获取基质发酵牛粪、发酵木屑、发酵松鳞、砉糠比例的思路, 按照不同体积比例配制成 7 种基质 (表 1), 以常规配方泥炭、蛭石、珍珠岩作为对照, 每立方米基质加 N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 18%、6%、12%的控释肥 4 kg。发酵牛粪、发酵木屑、发酵松鳞和砉糠这些原料均来源于开化县芹阳办事处。发酵牛粪是将牛粪堆放在发酵池中, 一般每 3 d 翻堆 1 次, 以控制发酵温度和充分发酵; 发酵温度一般不超过 50 ℃, 温度过高就采取翻堆和通风措施降温, 否则会造成养分分解挥发。发酵木屑和发酵松鳞均是将木屑、松鳞堆放在发酵池中, 浇水至含水量 60%~70%, 每立方米加 0.5 kg 碳酸氢铵后搅拌均匀, 用薄膜覆盖保温保湿, 每 4~5 d 翻堆 1 次, 含水量下降需加水, 保证充分、均匀发酵。以上 3 种发酵, 经连续 2d 测温均为常温, 即发酵结束。不同基质的大孔隙、小孔隙、电导率、pH、持水力和容重根据《育苗基质 (T/CPPC 1026—2021)》团体标准进行测定^[6]。

表 1 不同基质配方
Tab. 1 Formula of different substrates

基质	泥炭/%	蛭石/%	珍珠岩/%	发酵牛粪/%	发酵木屑/%	发酵松鳞/%	砉糠/%
CK	40	30	30	0	0	0	0
A1	30	15	15	25	15	0	0
A2	25	20	15	30	10	0	0
A3	30	0	20	20	15	0	15
A4	30	0	20	25	0	25	0
A5	30	0	10	20	15	25	0
A6	35	0	15	20	10	0	20

2.2 试验方法

2020 年 12 月 16 日, 分别将杉木和湿地松种子装入 50 孔穴盘中进行育苗。杉木种子来源于浙江省开化县林场二代杉木良种种子园, 湿地松种子来源于杭州市余杭区长乐林场湿地松良种种子园。穴盘规格为 52 cm×26 cm, 每穴上口径为 5.5 cm, 下口径为 3 cm, 深度为 7 cm。培育基质为泥炭, 播种后并浇透水后放置在塑料

大棚中。基质表面发干就浇水，浇则浇透。

2021 年 4 月 15 日，选择生长一致的 2 个树种芽苗分别移植到 7 个不同配方的无纺布轻基质网袋容器（直径 4 cm，长度 8 cm）中，每个树种每种配方基质包括 150 株苗木，每 50 株为 1 组，共设置 3 组（3 次重复）。这样每个树种包括 1 050 株苗木（50 株·基质⁻¹×3 次重复×7 种基质）。所有试验苗木移植后立即浇水，置于自控荫棚下，遮阳网的透光率为 50%，日常管理包括定期浇水、病虫害防治和除草。芽苗移植后第 20 天，喷施 0.3% 尿素叶面肥，每隔 7 d 喷施 1 次，连续 3 次。

2021 年 12 月 20 日，在苗木停止生长时，调查苗木地径、苗高和成活率。用苗高除以地径来计算高径比，根据浙江省地方标准容器育苗相关规范来确定苗木合格率^[7-8]。

2.3 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 20.0 对所有数据进行处理和统计分析。不同配方基质下杉木和湿地松苗高、地径、高径比、成活率和合格率的差异采用单因素方差分析和 Duncan 多重比较进行检验，差异的显著性水平设为 0.05。

3 结果与分析

3.1 不同配方基质理化性质

基质是苗木生长的基础，基质的理化性质直接影响苗木的成活率和生长量。从表 2 可以看出，7 种基质中以 A1、A2、A3、A4 和 CK 基质的大孔隙比例较高，平均值为 41.3%；而 A5 和 A6 基质的大孔隙比例显著低于其他 4 种基质（ $P<0.05$ ），平均值仅为 33%。A5 基质小孔隙比例最高，达 41.7%，其次为 CK、A1、A2、A4 和 A6 基质，A3 基质小孔隙比例最低，仅为 32.9%。电导率和 pH 值在 7 种基质中没有显著差异（ $P>0.05$ ）。持水力以 A6 基质最高，其次为 A1、A5 和 CK，A2、A3 和 A4 基质持水力较低。A2、A3、A4 和 A5 基质的容重较为接近，高于其他 3 种基质。由此可见，孔隙度、持水力和容重在不同配方基质中差异较大。

表 2 不同基质理化性质 Tab. 2 Physiochemical properties of different substrates						
基质	大孔隙/%	小孔隙/%	电导率/(mS·cm ⁻¹)	pH	持水力/%	容重/(g·cm ⁻³)
CK	40.30±4.9a	39.8±3.8ab	1.85±0.36a	6.58±0.27a	215±26b	0.18±0.03ab
A1	41.10±3.5a	36.80±3.1bc	1.43±0.41a	6.61±0.17a	221±13b	0.17±0.03bc
A2	42.20±4.8a	37.70±2.9b	2.09±0.16a	6.53±0.11a	168±24c	0.22±0.02a
A3	43.00±4.3a	32.90±4.7c	1.16±0.65a	6.55±0.21a	176±15c	0.19±0.02ab
A4	39.80±3.6a	37.50±5.3bc	1.56±0.42a	6.53±0.15a	177±19c	0.21±0.03a
A5	32.30±5.1b	41.70±4.3a	2.14±0.19a	6.83±0.20a	230±21b	0.18±0.02ab
A6	33.70±4.6b	39.20±3.7ab	1.71±0.52a	6.75±0.16a	276±18a	0.14±0.03c

注：表中同一列不同小写字母表示基质间在 0.05 水平上具有显著差异，相同字母表示差异不显著；下同。

3.2 苗木生长状况

从表 3 和表 4 可以看出，不同配方基质对 1 年实生杉木容器苗生长有显著影响。

表 3 不同配方基质两个树种苗木生长情况 Tab. 3 Growth traits of <i>C. lanceolata</i> and <i>P. elliptii</i> seedlings in different substrates						
基质	杉木			湿地松		
	平均苗高/cm	平均地径/cm	高径比	平均苗高/cm	平均地径/cm	高径比
CK	23.90±4.8ab	0.36±0.09ab	65.05±7.1ab	21.40±4.3ab	0.34±0.08a	65.14±10.1a
A1	19.30±9.1cd	0.34±0.09b	57.20±17.4b	19.60±3.3c	0.33±0.05a	59.60±8.0b
A2	17.40±7.2d	0.30±0.10c	59.40±13.2b	20.50±3.9bc	0.34±0.06a	61.20±8.0b
A3	22.60±7.7b	0.35±0.10ab	65.00±12.2ab	20.80±4.5b	0.34±0.06a	61.40±7.6b
A4	20.10±8.6c	0.31±0.11c	68.30±16.5a	20.80±3.7b	0.34±0.04a	60.90±7.1b
A5	24.90±8.3a	0.39±0.08a	64.40±12.7ab	22.50±4.3a	0.33±0.05a	67.60±10.2a
A6	23.80±7.9ab	0.38±0.09a	63.50±11.9ab	19.00±3.3c	0.34±0.04a	56.50±7.7c

在 7 种基质中，A5 基质的杉木容器苗平均苗高最高，达 24.9 cm，其次为 CK、A6 和 A3，A4、A1 和 A2

基质的平均苗高相对较低, A5 基质的平均苗高比 A2 基质高 43%, 但与 CK 之间没有显著差异 ($P>0.05$)。杉木容器苗平均地径在 A5 和 A6 中较高, 其次为 CK、A3 和 A1, A2 和 A4 基质的平均地径相对较小, A5 基质的平均地径比 A2 基质高 30%, 但与 CK 之间也没有显著差异 ($P>0.05$)。杉木容器苗高径比以 A4 基质最大, 其他 6 种基质中高径比没有统计上的显著差异 ($P>0.05$)。

表 4 不同配方基质下杉木和湿地松苗木生长指标方差分析
Tab. 4 ANOVA on growth traits of *C. lanceolata* and *P. elliotii* seedlings in different substrates

树种	生长指标	离差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
杉木	苗高	6 518.6	6	1 086.4	18.037	<0.001
	地径	0.945	6	0.157	17.393	<0.001
	高径比	43 009.7	6	7 168.3	4.753	<0.001
湿地松	苗高	9 298.9	6	166.5	10.792	<0.001
	地径	0.01	6	0.002	0.699	0.651
	高径比	9 402.4	6	1 567.1	21.192	<0.001

根据方差分析, 不同配方基质对 1 年生实生湿地松容器苗的平均苗高和高径比有显著影响, 但对平均地径没有显著影响 (表 3 和表 4)。在 7 种基质配方中, A5 基质湿地松容器苗平均苗高最高, 达 22.5 cm, 其次为 CK、A2、A3 和 A4 基质, A1 和 A6 基质平均苗高相对较低, A5 基质平均苗高比 A6 基质的平均苗高高 18%。湿地松容器苗平均地径在 7 种基质中没有显著差异 ($P>0.05$), 平均值为 0.34 cm。湿地松容器苗高径比以 A5 和 CK 基质最大, A1、A2、A3 和 A4 基质中高径比没有显著差异 ($P>0.05$), A6 基质高径比最小。尽管 A5 基质的平均苗高和高径比略高于 CK 基质, 但二者之间没有显著差异 ($P>0.05$)。

由图 1 可知, 不同配方基质对杉木和湿地松容器苗成活率有显著影响。其中 A1 基质中杉木容器苗成活率较低, 为 85%; 其他 5 种基质杉木容器苗成活率较高, 在 94% ~ 98%之间。除 A1 基质外, 其他 5 种基质杉木容器苗成活率与 CK (97%) 之间均没有显著差异 ($P>0.05$)。相对于杉木, 湿地松容器苗成活率在 7 种配方基质均较低, 其中 A4、A5 和 A2 基质湿地松容器苗成活率较高, 分别为 91%、92%和 89%, 与 CK (89%) 之间差异不显著 ($P>0.05$); 其他基质湿地松容器苗的成活率均低于 85%, 尤其是 A1 和 A3 基质湿地松容器苗的成活率仅为 79%。

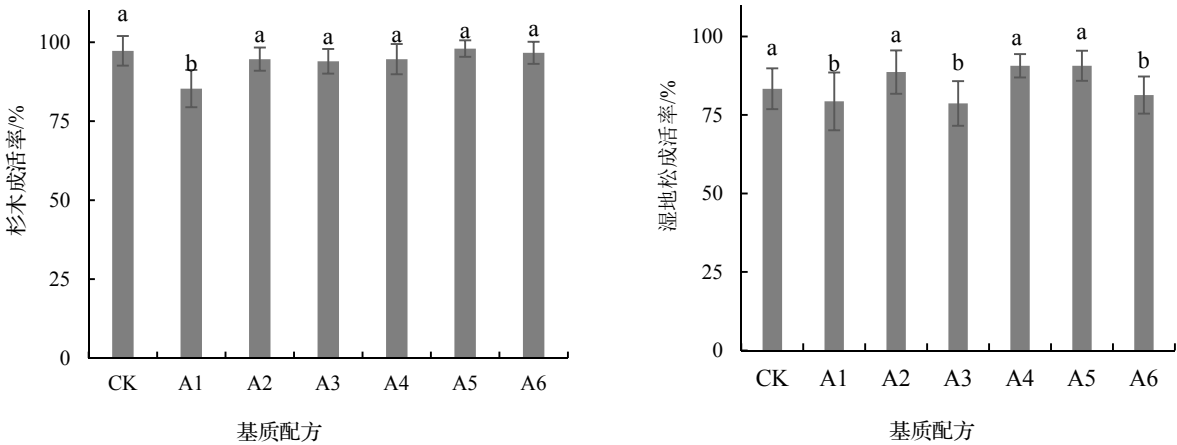


图 1 不同配方基质下杉木和湿地松苗木成活率

Fig. 1 Survival rate of *C. lanceolata* and *P. elliotii* seedlings in different substrates

不同配方基质对杉木和湿地松容器苗合格率也有显著影响 (图 2)。A5 基质中杉木容器苗合格率最高, 为 87%, 略高于 CK (85%), 但二种基质的苗木合格率没有显著差异 ($P>0.05$); 其次为 A6 和 A3 基质, 杉木容

器苗合格率分别为 82%和 78%; A1、A2 和 A4 基质的杉木容器苗合格率相对较低, 在 60%~66%之间。相对于杉木, 湿地松容器苗合格率在 7 种配方基质中相对较高, 平均值为 89%; 其中 A6 和 A4 基质苗木合格率均达到 96%, 高于 CK (92%), 其他 4 种基质苗木合格率相对较低, 在 84%~88%之间。

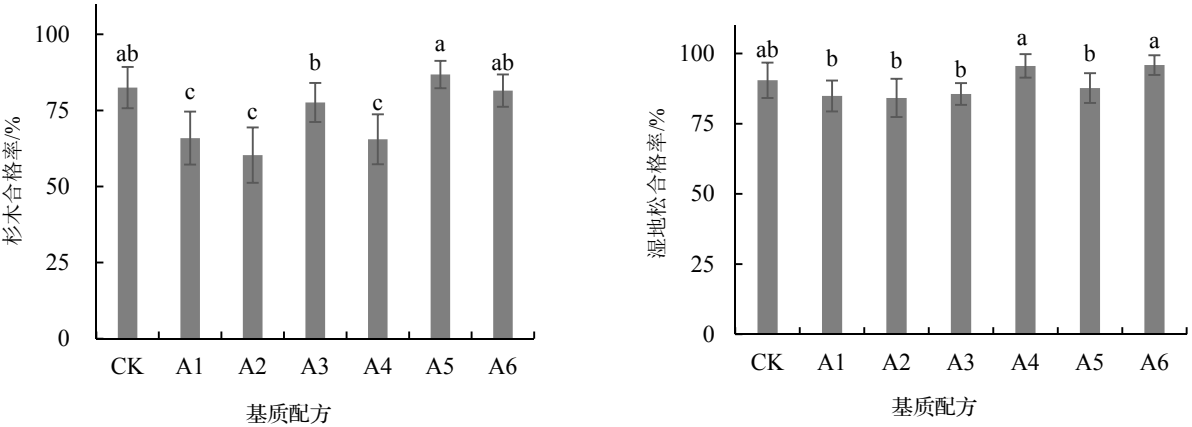
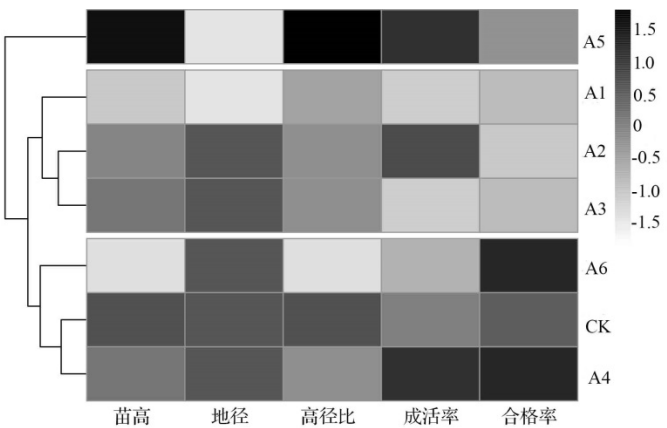


图 2 不同配方基质下杉木和湿地松苗木合格率
Fig. 2 Certified rate of *C. lanceolata* and *P. elliotii* seedlings in different substrates

根据 1 年生实生苗生长状况、成活率和合格率进行不同基质的综合评定。基于杉木苗综合性状的欧氏距离的聚类分析表明, 所有基质可以分为 3 类, 其中第一类包括 A5、A6 和 CK, 苗高、地径、成活率和合格率均表现最好, 尤其是 A5 配方综合表现更佳; 第二类包括 A3 和 A4, 高径比较高, 但苗高、地径、成活率和合格率均低于第一类; 第三类包括 A1 和 A2, 苗木生长状况、成活率和合格率指标均低于前两类, 总体表现较差 (图 3)。从不同配方基质的成本来看, 单个轻基质网袋容器成本 A3、A5、A6 最低, 均为 0.15 元·个⁻¹, 其次为 A1、A4 为 0.17 元·个⁻¹, A2 为 0.18 元·个⁻¹, 最高为 CK, 为 0.2 元·个⁻¹。因此, 综合生长性状和成本, 培育杉木实生苗的最优配方确定为 A5。



注: 图中颜色由浅到深表示标准化后数值的大小, 颜色越深表明数值越大, 下同。

图 3 不同配方基质下杉木苗综合性状的聚类分析
Fig. 3 Cluster analysis on multiple traits of *C. lanceolata* seedlings in different substrates

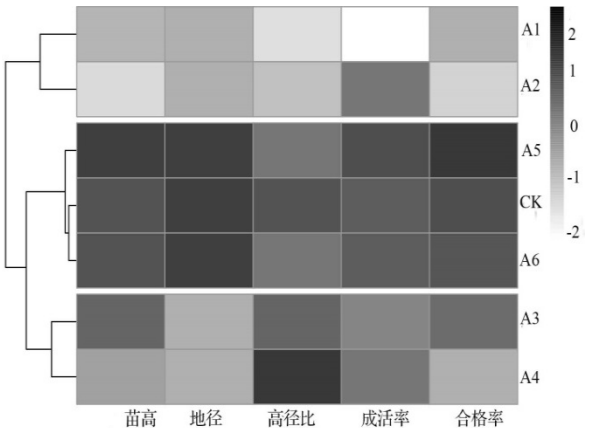


图 4 不同配方基质下湿地松苗综合性状的聚类分析
Fig. 4 Cluster analysis on multiple traits of *P. elliotii* seedlings in different substrates

对湿地松综合性状的欧氏距离的聚类分析表明,所有基质可以分为3类,其中第一类包括A5,苗高、高径比和成活率均较高,但苗木合格率相对较低;第二类包括A4,A6和CK,苗高和合格率相对较高;第三类包括A1、A2和A3,苗木生长指标表现中等,苗木合格率均低于其他3种配方,总体表现较差(图4)。综合生长和成本分析,培育湿地松实生苗的最优配方确定为A5。

4 小结与讨论

通过对7种不同配方基质上培育的杉木和湿地松容器苗生长状况和质量的综合分析,筛选出适合培育杉木和湿地松1年生实生容器苗的最优基质配方均为A5基质,即:泥炭:珍珠岩:发酵牛粪:发酵木屑:发酵松鳞=0.3:0.1:0.2:0.15:0.25。该配方基质苗木生长好,质量高,可能与其具有较好的物理性质有关。该配方基质小孔隙比例较高,持水能力强,在提高保水性的同时,增加了通透性,有利于苗木根系发育。张天宇等^[9]基于5种轻基质原料开展了7种不同基质配比的杉木容器育苗试验,发现泥炭:珍珠岩比例为4:1的配方杉木苗生长最好。唐家全^[10]基于4种轻基质原料开展了9种不同基质配比的杉木、湿地松和沙松 *Abies holophylla* 容器育苗试验,得出泥炭土:珍珠岩:蛭石比例为5:4:1的配方3个树种容器育苗效果最佳。此外,刘伟等^[11]也发现,不同轻型基质配方对木荷 *Schima superba*、紫楠 *Phoebe shearereri* 和黄檀 *Dalbergia hupeana* 容器苗生长性状有显著影响,根据树种苗期生长筛选了适宜的基质配方。相对于前人的研究结果,本研究筛选的基质配方大幅降低了泥炭和珍珠岩的使用比例,增加了林区易获取的牛粪、木屑和砻糠作为基质原料,同时也达到了较好的育苗效果。尽管筛选的A5配方基质苗高、地径、成活率和合格率与传统配方(泥炭:珍珠岩:蛭石=0.4:0.3:0.3)没有显著差异,但该配方林区易获取基质比例达到60%,且相对于传统配方成本(0.2元·个⁻¹)降低了25%。因此,本研究筛选的容器育苗轻基质配方有助于杉木和湿地松容器苗的高效培育,对促进轻基质容器苗发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 马维成. 容器育苗技术在林业育苗中的应用价值[J]. 温带林业研究, 2019, 2(4): 58-62.
- [2] 岳宝寿. 林木容器育苗基质探讨[J]. 山西林业科技, 2013(3): 50-51.
- [3] 王秀花, 吴小林, 张东北, 等. 杉木轻基质网袋容器苗圃地育苗技术[J]. 种子科技, 2019, 37(2): 70-71.
- [4] 徐海东, 苑海静, 熊静, 等. 杉阔异龄复层林对土壤团聚体稳定性和有机碳及养分储量的影响[J]. 林业科学研究, 2020, 33(3): 107-115.
- [5] 袁冬明, 林磊, 严春风, 等. 浙江主要生态经济造林树种轻基质育苗的容器筛选[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(1): 95-102.
- [6] 中国生产力促进中心协会. 育苗基质: T/CPPC 1026—2021[S]. 中国生产力促进中心协会.
- [7] 浙江省质量技术监督局. 林业育苗规程(第2部分): 林业容器育苗: DB33/T179.2—2016[S/OL]. [2016-11-23] <https://www.antpedia.com/standard/1030127306.html>.
- [8] 李庆荣, 何云芳, 应叶青, 等. 主要造林树种苗木质量等级: DB33/T177—2014[S]. 浙江省质量技术监督局, 2014-10-27.
- [9] 刘伟, 陈正金, 李因刚, 等. 3个阔叶树种容器育苗轻型基质配方探讨[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(5): 803-808.
- [10] 张天宇, 姚湘明, 詹永亮, 等. 不同材料配比的轻基质容器杉木育苗试验[J]. 山东林业科技, 2010, 40(6): 45-47.
- [11] 唐家全. 湿地松、沙松、杉树不同基质配比容器育苗试验研究[J]. 农业科技与信息, 2016, 11: 133-135.