

刨花楠种源苗期性状比较及其质量综合评价

陈嘉静^{1,2}, 钟全林^{1,2*}, 程栋梁^{1,2}, 张中瑞^{1,2}, 余 华^{1,2}, 李 静^{1,2}

(1. 福建师范大学福建省植物生理生态重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学地理研究所, 福州 350007)

摘 要: 幼苗是树木生命周期中最关键的阶段, 其质量对造林和绿化具有直接的影响, 为达到苗木定向经营目的, 实现苗木效益最大化, 以同质园内 8 个不同种源刨花楠 (*Machilus pauhoi*) 苗木为对象, 通过测定其苗期形态、生理等 13 个指标, 采用主成分分析方法 (principal component analysis, PCA) 和聚类分析法 (clustering analysis, CA) 对其质量进行综合比较, 确定影响其质量的主要因子及其定向经营的优良种源。结果表明: (1) 3 个主成分分别反映了苗木的色彩、用材和冠形。(2) 各种源质量高低依次为: 安福>茶陵>仁化>永新>遂川>建德>建甌>延平。(3) 影响刨花楠苗木景观功能的主导因子是叶绿素 a、叶绿素 b 含量以及冠幅; 影响其用材的主导因子为苗高、地径。综上所述, 认为茶陵种源较适合培育绿化苗, 遂川种源较适合培育用材林或工业原料林, 而安福种源适宜大范围种植。

关键词: 刨花楠种源; 主成分分析; 苗期性状; 定向经营; 质量评价

中图分类号: S723.13

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)04-0638-07

Comparison of traits and the quality comprehensive evaluation of *Machilus pauhoi* provenances at the seedling stage

CHEN Jiajing^{1,2}, ZHONG Quanlin^{1,2}, CHENG Dongliang^{1,2}, ZHANG Zhongrui^{1,2}, YU Hua^{1,2}, LI Jing^{1,2}

(1. Fujian Provincial Key Laboratory for Plant Eco-physiology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007;

2. Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007)

Abstract: Seedling is the most essential stage in a life cycle of trees, and the quality of seedling has a direct impact on afforestation and greening. In order to achieve the directional management and maximize the benefits of seedlings, eight different *Machilus pauhoi* seedlings from different provenances collected in common garden were used to evaluate the seedling quality through determining 13 indicators such as their morphology and physiology at the seedling stage, using principal component analysis (PCA) and cluster analysis (CA) to compare their quality, and determining main factors affecting the quality and the superior provenance for directional management. The results showed: (1) the three principal components reflected the color, timber and crown-shaped of the seedlings, respectively; (2) the order of provenance quality was Anfu>Chaling>Renhua>Yongxin>Suichuan>Jiande>Jianou>Yanping; (3) the main influencing factors affecting the landscape function of *Machilus pauhoi* seedlings were chl_a, chl_b content and canopy width, and the dominant factors affecting the timber were seedling height and ground diameter. In conclusion, Chaling provenance, Suichuan provenance and Anfu provenance are suitable for cultivating green seedlings, cultivation of timber or industrial raw material forest, and a wide range of plantation, correspondingly.

Key words: *Machilus pauhoi* provenances; principal component analysis; seedling traits; directional management; quality evaluation

苗木质量是指以最低成本实现营林目标 (用材林、经济林等) 的程度^[1], 对苗木的造林和景观绿化等有直接的影响。由于苗木质量具有复杂性与动态

变化性的特征, 仅仅通过单个性状指标很难完全反映苗木整体质量, 因此, 许多学者提出采用综合指标进行苗木质量评价^[2]。近年来, 关于苗木质量的研

收稿日期: 2018-01-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(31170596, 31170374, 31370589), 国家重点研发计划 (2017YFC0505400), 福建省种业创新和产业化工程项目(2014S1477-4)和福建省科技厅重大项目(2014N5008)共同资助。

作者简介: 陈嘉静, 硕士研究生。E-mail: 1074788080@qq.com

* 通信作者: 钟全林, 教授, 博士生导师。E-mail: qlzhong@126.com

究多用于优良种源的选择^[3]和制定苗木分级标准^[4], 但对分功能定向经营的优良种源苗期筛选方面的研究并不多见。不同种源的苗木由于其所处的环境条件不同, 其生长限制因子也存在差异, 而基于同质园试验开展不同种源苗期质量综合评价与比较, 可以很好地消除环境差异对苗木质量的影响, 为开展优良种源的苗期精准选择提供新的研究思路。

刨花楠 (*Machilus pauhoi*) 又名刨花润楠、刨花树, 是我国特有的亚热带优良常绿阔叶乡土树种, 主要分布在湖南、江西、福建和浙江等地, 具有较高的经济价值和生态价值。其适应性强, 生长迅速; 木材剖面光滑、材质好, 是胶合板、制浆、家具和造纸等纤维工业和建筑的优良用材; 同时, 它也是优良的景观树种和绿化树种, 其树干通直圆满, 树形高大挺拔, 树冠浓郁, 具有很高的观赏价值^[3,5]。目前国内外对该树种已进行了较多研究, 主要集中在生长生理特点^[6]、培育技术^[7]及种子贮藏技术^[8]等方面, 但对影响刨花楠苗期质量的主要因子及其分功能经营的研究并不多见。因此, 本研究基于同质园试验, 以种子来源于江西、浙江、福建、广东以及湖南等 8 个种源地的刨花楠幼苗为研究对象, 依据苗木质量评价标准及前人相关研究成果^[9-11], 考虑到易于获取及实用性原则, 结合刨花楠具有多种功能用途等特点, 选取刨花楠苗木共 13 个表型与生理指标作为刨花楠种源苗期质量评价指标, 运用主成分分析方法和聚类分析法确定影响刨花楠苗木质量的主要性状指标, 并对其苗期质量进行综合评价。研究结果可为科学选择刨花楠苗木质量主要评价指

标、精准确定优良种质资源及有效利用不同种源的优良性状开展分功能高效经营等提供理论指导, 并为开展其他树种相关研究提供理论与技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验区位于福建省南平市顺昌县林业技术中心苗圃地, 地理坐标约为 26°43'24"N, 117°38'37"E, 海拔约为 96 m。年平均气温 18.9℃, 最冷月 1 月份平均气温 7.9℃, 最热月 7 月平均气温 28.1℃。年平均降水量一般在 1 600~1 900 mm 之间, 降水多集中在 2—9 月, 约占全年降水量的 86.6%。多年平均无霜期为 305 d, 年平均日照时数约为 1 740.7 h^[12]。

1.2 种子收集与试验方案设计

根据刨花楠天然分布情况, 于 2014 年 7 月在浙江建德、江西安福、江西永新、江西遂川、福建建瓯、福建延平、湖南茶陵和广东仁化 8 个种源地进行采种。将采种并进行处理后的种子及时送往顺昌县林业技术中心苗圃地进行育苗。育苗方法采用规格为直径 5 cm、高 8 cm 的轻基质网袋进行育苗。待苗木生长半年时, 每个种源随机分别选取 30 株, 将其移入直径 10 cm、高 12 cm 的轻基质大网袋, 按 50 cm×50 cm 株行距放置在苗床上进行继续培育, 并进行挂牌、编号, 按常规苗木管理方式进行水肥管理, 并进行病虫害防治。试验所用的轻基质营养土为南平市森科种苗有限公司所生产, 其 P 质量分数为 0.817 mg·g⁻¹, N 质量分数为 7.241 mg·g⁻¹。采种地主要地理与气候状况见表 1。

表 1 种源地信息概况

Table 1 Natural conditions of the sampling sites of *Machilus pauhoi* provenances

种源地 Provenance	纬度 Latitude	经度 Longitude	MAT(θ /°C)	MAP(h/mm)
JS	26°21'N	114°23'E	18.5	1 440.0
ZJ	29°25'N	119°07'E	17.4	1 712.0
FJ	27°03'N	118°09'E	18.7	1 663.0
JA	27°15'N	114°14'E	17.7	1 553.0
FY	26°41'N	118°07'E	19.3	1 663.9
JY	26°49'N	113°56'E	18.1	1 457.0
GR	25°09'N	113°32'E	19.7	1 858.6
HC	26°39'N	113°46'E	17.9	1 370.0

MAT: 年平均气温; MAP: 年降水量。JS: 江西遂川; ZJ: 浙江建德; FJ: 福建建瓯; JA: 江西安福; FY: 福建延平; JY: 江西永新; GR: 广东仁化; HC: 湖南茶陵。下同。

MAT: mean annual temperature; MAP: mean annual precipitation. JS: Suichuan, Jiangxi; ZJ: Jiande, Zhejiang; FJ: Jianou, Fujian; JA: Anfu, Jiangxi; FY: Yanping, Fujian; JY: Yongxin, Jiangxi; GR: Renhua, Guangdong; HC: Chaling, Hunan. The same below.

1.3 数据收集

于 2015 年 6 月 28 日 (生长季) 和 12 月 28 日

(非生长季) 分别对挂牌苗木进行调查, 主要调查指标包括地径 (D)、苗高 (H)、径高比、冠幅、叶

片数、叶生物量、茎生物量、总生物量、比根长、花青素、比叶面积、叶绿素 a 和叶绿素 b 等共 13 个指标，主要测量方法如下。

(1) 形态与生物量指标：地径使用游标卡尺进行测量（精度为 0.01 mm）；苗高用钢卷尺进行测量（精确到 0.1 mm）；叶片数以计数形式进行统计；冠幅用钢卷尺测量苗木南北冠幅和东西冠幅，取其平均值（精确到 0.1 mm）；使用便携式叶面积仪（LI-3000C，美国）测量叶面积；非生长季生物量是采用全株收获法直接测定，生长季生物量是根据非生长季苗木的地径与苗高数据所拟合的经验模型确定^[13]。苗木径高比、比根长和比叶面积等指标计算公式及生物量经验模型如下：

$$\text{径高比} = D/H$$

$$\text{比根长} = \text{根长}/\text{根干重}$$

$$\text{比叶面积} = \text{叶面积}/\text{叶干重}$$

$$W_{\text{叶}} = 0.137 + 0.241 \times (D^2H) + (-9.174 \times 10^{-4}) \times (D^2H)^2$$

$$W_{\text{茎}} = -0.016 + 0.158 \times (D^2H)$$

$$W_{\text{总}} = 0.172 + 0.570 \times (D^2H) - 0.003 \times (D^2H)^2 \quad (1)$$

式(1)中， W 指各器官或整株生物量， D 和 H 分别表示地径和苗高。

(2) 叶片生理指标：叶绿素含量采用紫外分光光度法测定，使用紫外分光光度计测量 665 nm 和 649 nm 处的吸光度。主要计算公式如下：

$$\text{Chla} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) = 13.95 \times OD_{665} - 6.88 \times OD_{649}$$

$$\text{Chlb} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) = 24.96 \times OD_{665} - 7.32 \times OD_{649} \quad (2)$$

式(2)中，Chla 和 Chlb 分别为提取液中叶绿素 a 和叶绿素 b 质量浓度， OD_{649} 和 OD_{665} 分别为 649 nm 与 665 nm 吸光度^[14]。

花青素含量使用紫外分光光度法提取，在波长 530 nm 处测定其吸光度值^[15]。

表 2 各种源地性状指标

Table 2 The traits of *Machilus pauhoi* provenances

种源地 Provenance	D	H	D/H	W	LN	SB	LB	TB	SRL	AC	SLA	Chla	Chlb
FJ	0.626	1.622	-0.996	1.429	1.363	0.255	0.579	0.872	3.050	-0.608	2.393	0.589	0.896
FY	0.619	1.590	-0.970	1.418	1.411	0.270	0.496	0.821	2.960	-0.542	2.350	0.362	0.666
JS	0.667	1.722	-1.054	1.467	1.397	0.431	0.627	0.949	3.078	-0.371	2.438	0.608	0.913
JY	0.602	1.560	-0.958	1.504	1.264	0.358	0.621	0.936	3.085	-0.711	2.334	0.653	0.958
ZJ	0.595	1.552	-0.956	1.469	1.261	0.336	0.538	0.890	3.174	-0.662	2.411	0.628	0.932
GR	0.643	1.581	-0.938	1.302	1.365	0.453	0.603	0.965	3.120	-0.790	2.279	0.824	1.128
HC	0.610	1.568	-0.958	1.436	1.265	0.554	0.565	0.986	3.146	-0.664	2.379	0.611	0.916
JA	0.652	1.614	-0.962	1.498	1.311	0.423	0.703	1.008	3.125	-0.587	2.311	0.722	1.026

D: 地径; H: 苗高; D/H: 径高比; W: 冠幅; LN: 叶片数; SB: 茎生物量; LB: 叶生物量; TB: 总生物量; SRL: 比根长; AC: 花青素; SLA: 比叶面积; Chla: 叶绿素 a; Chlb: 叶绿素 b。下同。

D: diameter; H: height; D/H: diameter/height; W: canopy width; LN: leaf number; SB: stem biomass; LB: leaf biomass; TB: total biomass; SRL: specific root length; Chla: chlorophyll a; Chlb: chlorophyll b. The same below.

1.4 数据处理与统计分析

采用主成分分析方法和系统聚类分析方法对各种源性状指标及其苗木质量进行综合评价。首先对 8 个种源的 13 个指标原始数据（表 2，已进行对数 Log10 转换）进行标准化；将经标准化处理后的数据进行主成分分析，并按照特征根值大于 1 及累积方差贡献率大于 85%能涵盖大部分信息的提取主成分的原则，确定主成分数量；根据所选取的各主成分变量，按照其数值绝对值大小初步确定各主成分变量的主要性状指标，计算各个种源在各个主成分上的得分，再以主成分特征值为权重，结合累积百分率，计算出各个种源的综合得分值，并按其大小进行排序。最后使用系统聚类分析方法加以验证。

其主要分析步骤如下：

(1) 数据标准化处理^[16]。

对 8 个种源的 13 个指标原始数据按下式对进行标准化处理，即：

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (i=1,2,3,\dots,n; j=1,2,3,\dots,p) \quad (3)$$

式(3)中， Z_{ij} 是指第 j 个指标在第 i 个种源上经过均值为 0，标准差为 1 的标准化处理后的变量值； X_{ij} 是指第 j 个指标在第 i 个种源上的变量值； \bar{X}_j 是指第 j 个指标的算术平均值； S_j 是指第 j 个指标的标准差。具体计算公式如式(4)：

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n}, \quad S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n-1} \quad (4)$$

(2) 计算各种源在各成分中的得分值及其综合得分值^[16]。

①按下式计算不同种源在各个主成分上的得分值, 公式如下:

$$F_{ik} = \sum_{j=1}^p Z_{ij} \times f_{jk} \quad (5)$$

式(5)中, F_{ik} 指的是第 k 个主成分在第 i 个种源上的得分值; Z_{ij} 是指第 j 个指标在第 i 个种源上经标准化处理后的变量值; f_{jk} 是指第 k 个主成分在第 j 个指标上的得分系数。

②分别计算不同种源的综合得分值:

$$F_i = \sum_{k=1}^m F_{ik} \times f_k \quad (6)$$

式(6)中, F_i 是指第 i 个种源的综合得分值; F_{ik} 是第 k 个主成分在第 i 个种源上的得分值; f_k 是指第 k 个主成分的贡献率; m 为所选定的主成分个数。其中:

$$f_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k} \quad (7)$$

式(7)中, λ_k 表示第 k 个主成分的特征根值。

(3) 以 8 种源 13 个性状指标标准化后的数据为原始数据, 采用采用类间平均连接法 (between

groups linkage) 进行系统聚类分析, 并进行归类。

1.5 分析方法

各性状的实测数据用 Excel 2013 进行数据基础处理及制图, 用统计软件 SPSS19.0 进行主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 主成分及其主要性状指标确定

为对多个种源的刨花楠进行分功能评价, 将生长季和非生长季两次测量的各项指标取平均值, 对所选取的 13 个指标进行主成分分析。结果显示, 第 1 主成分的特征值为 5.181, 方差贡献率为 39.856%; 第 2 主成分的特征值为 3.761, 方差贡献率为 28.932%; 第 3 主成分的特征值为 2.144, 方差贡献率为 16.491%。该 3 个主成分累计贡献率达到 85.278%, 基本能够反映刨花楠的苗木质量信息。因此本研究主要依据该 3 个主成分指标相关信息, 对刨花楠生长质量进行评价。

在第 1 主成分 (F1) 中 (表 3), 叶绿素 a、叶绿素 b 两指标具有较大的载荷。它们是反映叶片颜色状态的主要物质。叶绿素含量高, 叶片绿色度高, 因此, 这一主成分可作为反映苗木色彩的指标。

表 3 各性状指标主成分载荷和得分系数

Table 3 The component matrix and the component score coefficient matrix

性状指标 Trait index	主成分载荷 Component matrix			主成分得分系数 Component score coefficient		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
D	-0.189	0.909	-0.343	-0.036	0.242	-0.160
H	-0.597	0.793	-0.016	-0.115	0.211	-0.008
D/H	0.784	-0.546	-0.191	0.151	-0.145	-0.089
W	-0.175	0.081	0.818	-0.034	0.022	0.382
LN	-0.657	0.272	-0.696	-0.127	0.072	-0.325
SB	0.527	0.429	0.209	0.102	0.114	0.097
LB	0.373	0.759	0.133	0.072	0.202	0.062
TB	0.664	0.660	0.222	0.128	0.175	0.104
SRL	0.714	0.152	0.500	0.138	0.041	0.233
AC	-0.787	0.561	0.171	-0.152	0.149	0.080
SLA	-0.647	0.093	0.567	-0.125	0.025	0.264
Chla	0.809	0.439	-0.249	0.156	0.117	-0.116
Chlb	0.807	0.440	-0.248	0.156	0.117	-0.116

在第 2 主成分 (F2) 中, 地径与苗高两指标具有很大的载荷。一般来说, 在一定的范围内, 地径和苗高值越大, 其苗木生长越好^[17], 因此, 这一主成分可作为反映苗木生长速率, 可作为工业原料林经营的质量评价指标。

第 3 主成分 (F3) 中, 冠幅占有较大载荷, 冠幅指标与苗木的冠形有关, 冠幅较大, 苗木冠形越漂亮, 因此, 这一主成分可以看作是反映冠形的指标。

考虑到该树种目前主要用于绿化与工业原料

(即用材),因此,本研究以第1主成分中主要反映苗木色彩功能指标和第3主成分中主要反映苗木冠形的指标结合考虑,作为反映苗木景观功能的指标;以第2主成分中主要反映苗木生长速率的指标,作为其用材功能(工业原料林)质量评价指标。

2.2 种源间苗期质量综合评价

2.2.1 主成分分析法 主成分分析对多个性状进行线性正交变换,切断性状之间的相互联系,使其成为独立的特征性状从而进行综合评价^[18]。不同种源的刨花楠苗木有各自不同的功能用途。为使不同种源的刨花楠苗木发挥其最大的功能用途,在主成分分析的基础上,计算不同种源刨花楠苗木在不同功能以及总体功能上的得分值。

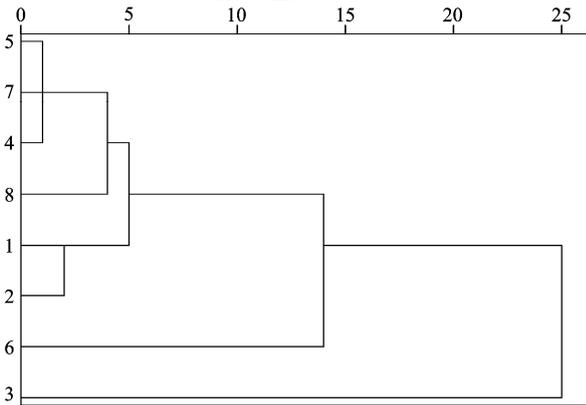
从表4可知,广东茶陵种源的苗期景观质量最好,可作为庭园与景观绿化目标进行培育;江西遂川种源的苗期生长性状较好,其地径、苗高及生物量增长速度相对较快,可作为工业原料林(用材林)经营目标进行培育;若从综合性状考虑,综合得分最高值为安福种源,其次为茶陵、仁化种源;延平种源综合得分最低,且在各个主成分中的数值也最低。在人工栽培该树种时,可考虑选择在安福种源地采种种子或选择其优树进行种子或无性繁殖,而对福建延平种源,则不适合大范围推广种植。但在具体实践中,还应结合当地的立地条件及相关育苗技术的差异,根据具体情况分析研究。

表4 各种源不同指标和综合指标得分值和排序

Table 4 Scores and sort of different index and comprehensive index

种源 Provenance	景观功能指标 Landscape function index				用材功能指标 Timber function index			综合指标 Comprehensive index	
	F1		F3	综合得分 Score	排序 Sort	F2	排序 Sort	得分 Score	排序 Sort
	FJ	-0.721	-0.349	-0.345	6	-0.286	5	-0.428	7
FY	-1.334	-1.000	-0.697	8	-1.144	8	-1.027	8	
JS	-1.331	0.368	-0.470	7	1.759	1	0.039	5	
JY	0.463	0.598	0.283	3	-0.549	6	0.124	4	
ZJ	0.237	1.055	0.269	4	-0.964	7	-0.010	6	
GR	1.304	-1.844	0.216	5	0.349	3	0.317	3	
HC	0.644	0.891	0.404	1	-0.222	4	0.339	2	
JA	0.737	0.281	0.340	2	1.056	2	0.646	1	

使用平均联接(组间)树状图
重新调整距离聚类合并



1.福建建瓯; 2.福建延平; 3.江西遂川; 4.江西永新; 5.浙江建德; 6.广东仁化; 7.湖南茶陵; 8.江西安福

1. Jianou,Fujian; 2. Yanping,Fujian; 3. Suichuan,Jiangxi; 4. Yongxin,Jiangxi; 5. Jiande,Zhejiang; 6. Renhua,Guangdong; 7. Chaling,Hunan; 8. Anfu,Jiangxi

图1 基于性状指标分析的刨花楠8种源聚类分析结果
Figure 1 Cluster analysis result of eight provenances of *Machilus pauhoi*. based on trait analysis

2.2.2 聚类分析法 利用刨花楠8个种源13个性状指标采用类间平均连接法(between groups linkage)进行系统聚类分析。由聚类图(图1)可知,在距离为10时,8个种源被分为4类,其中,建瓯、延平种源聚为一类,这2个种源在经纬度上较为接近,具有较近的亲缘关系,且二者在主成分分析中得分值最低,此类归为较差种源,不宜大面积推广;其次,遂川种源单独归为工业用材类;茶陵种、安福种、永新种和建德种源在主成分分析的景观功能中位于前四,聚类分析可将其归为园林景观类。

3 讨论与结论

不同的苗木利用方式所选取的质量评价指标也有所不同^[2]。本研究旨在为评选刨花楠优良种源和多功能经营提供理论依据,综合选择了地径、苗高、径高比、冠幅、叶片数、叶生物量、茎生物量、总生物量、比根长、比叶面积、花青素、叶绿素a和叶绿素b等形态和生理指标,建立了包含多项指标

的综合质量评价体系。研究结果显示,地径和苗高指标可适用于刨花楠用材林(含工业原料林)优良种源的苗期选择,叶绿素 a 和叶绿素 b 含量及冠幅 3 指标可作为其景观绿化经营目的的优良种源的苗期选择,表明评价刨花楠苗木质量的指标并非单一,这与前人研究结论一致。Takoutsing 等^[19]认为单一特征无法决定苗木质量,评价苗木质量要摆脱仅考虑苗高的传统方法。Davis 和 Jacobs^[20]认为将生理和形态学参数进行整合,可进一步优化苗木质量评估。Jacobs 等^[21]利用初始形态特征对幼苗质量进行预测时发现多变量模型拟合程度比单变量方程更高,再次证明幼苗质量评估不应该基于单一指标。因此,只通过一个或几个指标,不能完全评估苗木质量。大多数研究人员认为,综合多指标评价方法是评估幼苗苗木质量及其生态经济效益的最佳方法^[22-23]。

不同功能用途的苗木,其影响因子有所差异。本研究结果表明,叶绿素 a 和叶绿素 b 含量及冠幅 3 个指标可作为其景观绿化经营目的的优良种源的苗期选择,这一结果与易剑楠^[24]研究发现冠幅是影响桂花树景观质量的主要因子一致。此外,叶绿素是叶片呈现绿色色彩的主要来源^[25],对刨花楠叶片色彩和景观具有重要的影响。本研究还发现,地径和苗高指标可适用于刨花楠用材林(含工业原料林)优良种源的苗期选择。有研究^[17]认为,地径和苗高体现了植株对养分的吸收和生长,能够有效预测造林效果,对苗木生长具有重要意义,可用于用材功能用途。

同质园试验是指将不同生境的植物个体引种种植在气候、土壤以及水文条件相对一致的地区进行研究,在最大程度上降低气候和立地条件等差异带来的影响^[26]。在比较入侵物种是否具有比当地物种更高的表型可塑性上的应用较为广泛^[27-28]。本研究通过在同质园内开展不同种源刨花楠苗木苗期质量比较研究,剔除表型变异中的环境因素,单独考虑遗传因素的效应^[29],为定向选择刨花楠优良种源提供理论依据。

由于刨花楠种子结实不稳、结实率低,且通常 2~3 年才结果 1 次^[30],种子难以搜集完整。本研究仅搜集到江西遂川、安福、永新,福建建瓯、延平,浙江建德、广东仁化和湖南茶陵等 8 个种源地的种子,并不能充分反映全部刨花楠苗木质量。在今后应补充刨花楠种子资源库,进一步探讨更大范围的不同种源间刨花楠苗木质量以及定向经营。此外,一些研究也表明,影响苗木时期的性状指标并不代

表影响整个树木周期。Ngulube^[31]认为在较好的立地条件下,苗木的初始指标(如苗高)与树木后期生长并不密切。还需进一步观测研究。

总之,本研究从多指标、多角度对各种源苗木质量进行综合比较,实现刨花楠苗木优良种源的选择及定向经营,使研究结果更加科学合理,可作为对苗木综合质量评价的有益探讨,为将来其他相关研究提供一定的借鉴。研究表明:刨花楠苗木可作景观及用材林经营,且不同的苗木利用方式,其影响因子和优良种源也不同。本研究中影响刨花楠景观功能的主要因子是叶绿素 a、叶绿素 b 以及冠幅,适合该功能的优良种源是广东茶陵种源;影响刨花楠用材功能的主要因子为苗高、地径,相对应的优良种源是遂川种源。因此,在今后栽培种植中,应根据刨花楠不同种源的不同性状指标进行合理种植,尽可能实现刨花楠苗木分功能经营。但是由于刨花楠种子结果受很多因素的影响,很难同时收集到各地的种子,而且影响刨花楠苗木质量的因子除自身特性以外,还与外界许多因素有关。因此在今后研究中,还应对其做进一步观测跟踪。

参考文献:

- [1] 马常耕. 世界苗木质量研究的进展和趋势[J]. 世界林业研究, 1995, 8(2): 8-16.
- [2] 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): 27-35.
- [3] 袁显磊, 祁永会, 刘忠玲, 等. 核桃楸种源选择试验及其环境因子的影响[J]. 植物研究, 2013, 33(4): 468-476.
- [4] 周文才, 幸伟年, 黄文印, 等. 红花油茶嫁接苗木质量评价[J]. 经济林研究, 2012, 30(3): 96-99.
- [5] 江西省上饶地区林业科学研究所. 优良速生珍贵树种: 续集 [M]. 南昌: 江西人民出版社, 1983.
- [6] 钟全林, 胡松竹, 黄志强, 等. 刨花楠生长特性及其生态因子影响分析[J]. 林业科学, 2002, 38(2): 165-168.
- [7] 赵红梅, 肖志豪, 李勇. 刨花楠的扦插繁殖[J]. 江西林业科技, 2005, 33(4): 10-12.
- [8] 唐承财. 基于不同贮藏处理的刨花楠种子活力研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2009.
- [9] WILSON B C, JACOBS D F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings[J]. New Forest, 2006, 31(3): 417-433.
- [10] 韩春鸣. 林业苗木的形态特征与质量评定的原则[J]. 农村实用科技信息, 2014 (5): 25.
- [11] 胡劭鸿, 欧阳芳群, 贾子瑞, 等. 不同穗条类型、长度的欧洲云杉扦插苗质量评价[J]. 林业科学研究, 2016, 29(6): 919-925.
- [12] 国家气象科学数据共享服务平台. 中国地面气候资料日值数据集[EB/OL]. [2012-08-04]. <http://www.cma.gov.cn/2011qxw/2011qsjgx/>.

- [13] 马玉珠, 程栋梁, 钟全林, 等. 福建省 5 种造林树种幼苗生物量估测模型[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(6): 1199-1205.
- [14] 章文龙, 曾从盛, 高灯州, 等. 闽江河口湿地秋茄叶绿素含量高光谱遥感估算[J]. 生态学报, 2014, 34(21): 6190-6197.
- [15] 刘晓芳, 李萍, 黄闽敏, 等. 红宝石海棠叶片花青素及叶绿素含量的影响因子[J]. 经济林研究, 2007, 25(1): 38-41.
- [16] 李军民, 李鑫瑞. 基于主成分分析法的环境质量综合评价方法应用研究[J]. 西安科技大学学报, 2016, 36(3): 445-450.
- [17] 封丹, 张厚江, 季梦婷. 苗木质量分级方法研究综述[J]. 林业机械与木工设备, 2016, 44(4): 10-15.
- [18] 吴立栓, 胡建军, 苏雪辉, 等. 黑杨树冠雌花分布与少絮无性系的选择[J]. 林业科学研究, 2014, 27(6): 769-775.
- [19] TAKOUTSING B, TCHOUNDJEU Z, DEGRANDE A, et al. Assessing the quality of seedlings in small-scale nurseries in the highlands of Cameroon: the use of growth characteristics and quality thresholds as indicators[J]. *Small-Scale For*, 2014, 13(1): 65-77.
- [20] DAVIS A S, JACOBS D F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance[J]. *New Forest*, 2005, 30(2/3): 295-311.
- [21] JACOBS D F, SALIFU K F, SEIFERT J R. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings[J]. *New Forest*, 2005, 30(2/3): 235-251.
- [22] LIU Y, BAI S L, ZHU Y, et al. Promoting seedling stress resistance through nursery techniques in China[J]. *New Forest*, 2012, 43(5/6): 639-649.
- [23] 裴淑兰, 王凯, 雷淑慧. 中条山野生观赏树种资源的多样性研究[J]. 林业科学研究, 2016, 29(6): 861-868.
- [24] 易剑楠. 长沙市桂花林景观质量评价及经营技术研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.
- [25] 朱倩玉, 姜新强, 刘庆超, 等. 遮光处理对 4 种彩叶灌木叶色的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(3): 574-579.
- [26] VESTERDAL L, CLARKE N, SIGURDSSON B D, et al. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests?[J]. *Forest Ecol Manag*, 2013, 309(12): 4-18.
- [27] VON WETTBERG E J B, MARQUES E, MURREN C J. Local adaptation or foreign advantage? Effective use of a single-test site common garden to evaluate adaptation across ecological scales[J]. *New Phytol*, 2016, 211(1): 8-10.
- [28] DOUDOVÁ J, DOUDA J, MANDÁK B. The complexity underlying invasiveness precludes the identification of invasive traits: A comparative study of invasive and non-invasive heterocarpic *Atriplex* congeners[J]. *PLoS One*, 2017, 12(4): e0176455.
- [29] 徐艳琴, 蔡婉珍, 胡生福, 等. 箭叶淫羊藿同质园栽培居群非腺毛多样性及其分类学启示[J]. 生物多样性, 2013, 21(2): 185-196.
- [30] 徐朝斌, 钟全林, 程栋梁, 等. 江西 4 刨花楠种源苗木叶片表型性状与生物量分配的比较[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(6): 920-924.
- [31] NGULUBE M R. Performance of height-classified *Eucalyptus camaldulensis* seedlings after one year in the field [J]. *New Forest*, 1988, 2(4): 275-280.