

文章编号: 1001-1498(2007)03-0363-07

南方红豆杉苗木性状种源分化和 育苗环境对苗木生长的影响

焦月玲¹, 周志春^{1*}, 余能健², 金国庆¹, 王月生³

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省明溪县绿色生态研究所, 福建 明溪 365200;
3. 浙江省淳安县富溪林场, 浙江 淳安 311700)

摘要:利用来自 10个省区 27个产地的南方红豆杉种子在福建明溪和浙江淳安 2个地点开展种源苗期遗传测定, 系统研究苗木生长、苗高生长参数、根系特征和干物质积累等性状的种源差异及育苗环境对种源苗木生长的影响。研究结果显示:南方红豆杉苗高、地径和侧枝数存在显著的种源差异。基于苗高生长参数分析表明:种源苗高的增加主要是由于线性生长量、最高生长速率和线性生长速率的提高, 而不是由于线性生长期的延长。相对于其它树种, 南方红豆杉线性生长速率虽较小, 但线性生长期较长。试验虽然未发现根系形态、干物质积累量的种源差异达到统计学上的显著水平, 但这些性状的种源绝对值却相差较大, 达 20%以上。育苗环境对南方红豆杉种源生长影响较大, 良好的水热资源和庇荫条件将显著促进苗木的高、径生长。苗木生长性状存在显著的种源与地点互作, 但种源与遮阳处理的互作却很小。不同育苗地点南方红豆杉苗高和地径呈现出的地理变异模式是不同的:在福建明溪点, 种源苗木高、径生长与产地的地理气候因子相关性较小, 苗期速生种源不仅有来自自然分布区偏东部和偏北部的种源, 而且还有来自偏南部和偏西部的种源; 在浙江淳安点, 来自偏东部和偏北部的种源苗高生长量较大, 而来自偏南部和偏西部的种源生长则较慢, 类似于作者对南方红豆杉有限分布区种源试验的已有研究结果。

关键词:南方红豆杉; 种源; 苗木性状; 种源分化; 育苗环境

中图分类号: S722 S791. 49

文献标识码: A

Provenance Differentiation of Seedling Characteristics of *Taxus chinensis* var. *mairer* and Its Seedling Raising Environment Influence

JIAO Yue-ling¹, ZHOU Zhi-chun¹, YU Neng-jian², JIN Guo-qing¹, WANG Yue-sheng³

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Green Ecosystem Research Institute of Mingxi County, Fujian Province, Mingxi 365200, Fujian, China;

3. Fuxi Forestry Farm of Chun'an County, Zhejiang Province, Chun'an 311700, Zhejiang, China)

Abstract: *Taxus chinensis* var. *mairer* provenance trails including twenty-seven seed sources from ten provinces of primary natural distribution zone, located at Mingxi of Fujian and Chun'an of Zhejiang, were used to study provenance variation for seedling characteristics such as seedling growth, shoot elongation parameters, root character and dry matter accumulation and influence of seedling raising environment. The results indicated that there existed significant differences among provenances for seedling height, root collar diameter and branch number. Analysis of shoot elongation parameter demonstrated that increase of provenance seedling height was attributed to the acceleration of total linear growth (TLG), maximum growth rate (MGR) and linear growth rate (LGR), but the prolongation of linear growth day

收稿日期: 2006-07-10

基金项目: 国家林业局重点科技推广项目“南方红豆杉短周期药用林高产栽培示范”(〔2005〕74号)

作者简介: 焦月玲(1979—),女,山东胶南人,硕士。

*通讯作者

(LGD). Comparing with other forest species, *Taxus chinensis* var *mairer* had the lower LGR and the longer LGD. The provenance variation of root morphology and dry matter accumulation could not reach significant level in statistics, but the biggest value was above twenty percentage more than the lowest one. There was marked effect of the seedling raising environment on the provenance growth. Good nursery site and suitable shading could enhance growth of seedling height and root collar diameter. It was found that there existed significant provenance by site interaction and small provenance by shading interaction. The geographical variation patterns of *Taxus chinensis* var *mairer* seedling height and root collar diameter were different in various seedling raising site. At Mingxi of Fujian, provenance seedling growth was not related to the geography-climate factors of its seed source. The provenances with higher growth rate were distributed not only in the eastern and northern zone but also in the southern and western one. At Chun'an of Zhejiang, the eastern and northern provenance had higher seedling height and root collar diameter, contrasting to provenances from the southern and western, which was similar to the result founded by the authors in the former limited-distribution-area provenance trial.

Key words: *Taxus chinensis* var *mairer*; provenance; seedling characteristics; provenance differentiation; seedling raising environment

南方红豆杉 (*Taxus chinensis* (Pilg.) Rehd. var *maireri* (Lemee et Levl.) Cheng et L. K. Fu) 是红豆杉科 (Taxaceae) 红豆杉属 (*Taxus*) 红豆杉 (*T. chinensis* (Pilg.) Rehd.) 的一个变种, 又名美丽红豆杉, 常绿乔木, 属国家一级濒危保护树种^[1]。红豆杉属植物因树体内含有强活性抗癌物质紫杉醇和紫杉烷类物质而引起人们的广泛重视。紫杉醇主要用于治疗晚期乳腺癌、肺癌、卵巢癌及头颈部癌、软组织癌和消化道癌, 其药效确切, 副作用小, 1992 年底美国 FDA 正式批准紫杉醇用于临床, 目前临床用药日渐扩大。由于红豆杉树体内紫杉醇含量低 (一般为 0.000 1% ~ 0.069%), 加之野生资源十分有限且生长缓慢, 现在多通过人工栽培实现紫杉醇产业化提纯。

南方红豆杉自然分布于浙江、台湾、福建、江西、广东北部、广西北部及东北部、河南、湖北、湖南西部、甘肃南部、四川、贵州及云南东北部等地 600 ~ 1 600 m 的亚热带山地。与同属其它种相比, 其紫杉醇含量虽然较低, 但因其早期速生、适于短周期经营而具有极高开发价值。如福建南方生物技术股份有限公司主要利用人工栽植的南方红豆杉提纯紫杉醇, 已营建短周期原料林基地 1000 多 hm²。由于南方红豆杉自然分布区广泛, 种内变异巨大, 为选用幼林生物收获量大、紫杉醇含量高的种源提供了可能。陈毓亨等^[2]结合紫杉烷及紫杉醇含量测定和植物形态分类, 提出我国 3 个地区存在紫杉烷高含量的南方红豆杉

植株系可能性。张宏意等^[3]基于 RAPD 分子标记研究来自广东、湖南、江西 12 个南方红豆杉自然种群的遗传多样性, 发现地域相距较远种群间的遗传分化较大, 来自粤北种群的遗传多样性较低。焦月玲等^[4]基于 6 个产地有限分布区的种源试验发现南方红豆杉种源苗期和幼林收获期生长差异巨大, 来自东部和北部的福建明溪、尤溪、安徽黄山种源生长较快, 而来自偏南部和偏西部的湖南怀化、新宁等种源生长较差。为筛选速生、高紫杉醇含量的南方红豆杉种源, 在其有限分布区种源试验的基础上^[4], 2003 年中国林科院亚热带林业研究所联合南方省区的一些科研和生产单位采集了 10 个省区 27 个产地的南方红豆杉种子, 通过开展多点遗传测定选育药用优良种源, 同时达到种质资源收集和保存的目的。本文利用福建明溪和浙江淳安 2 个地点种源苗期的测定材料, 系统研究报道南方红豆杉苗木主要经济性状的种源变异和地理模式, 以及育苗环境的影响, 为药用南方红豆杉良种选育奠定前期基础。

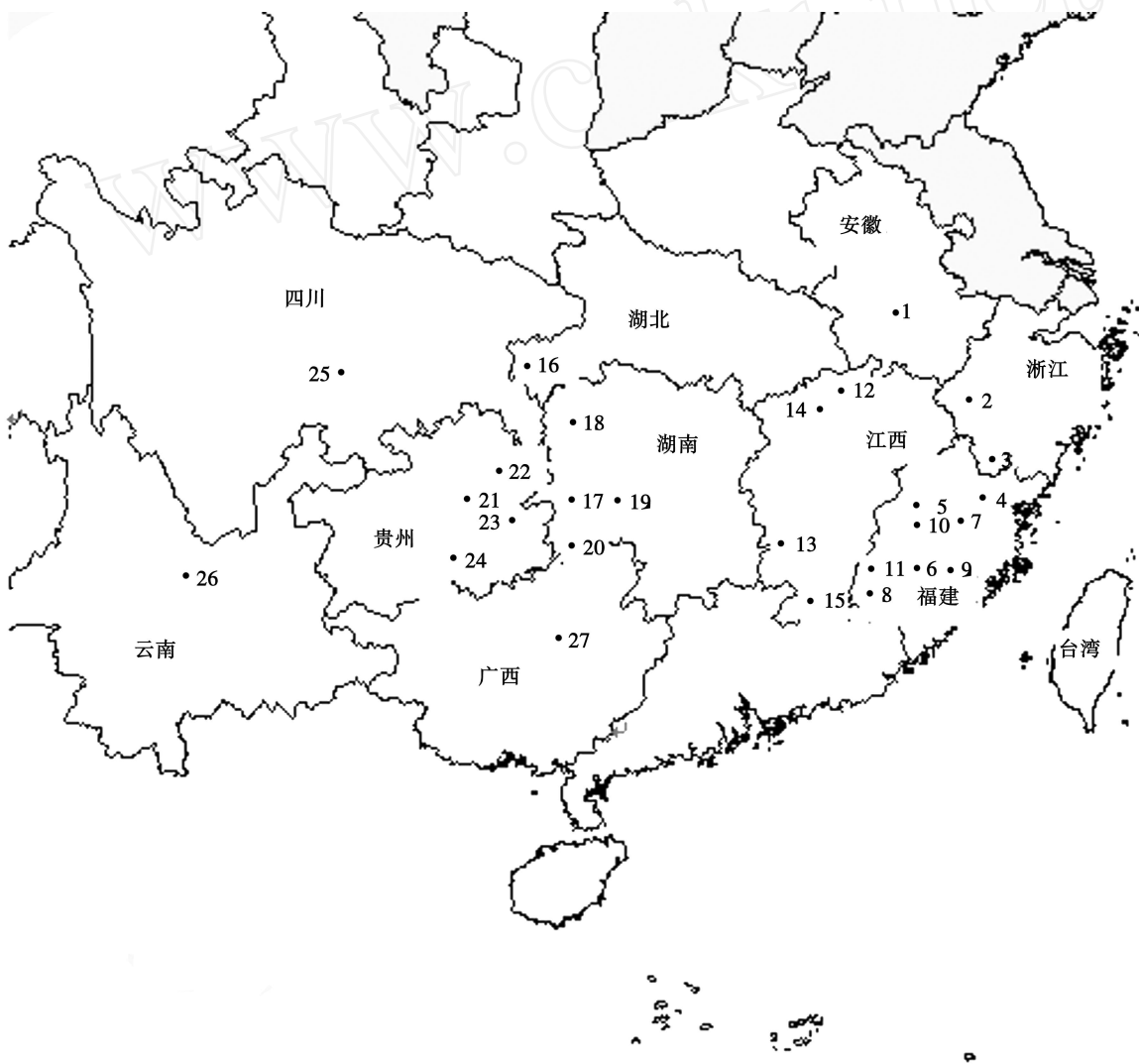
1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

2003 年 11 月底采集安徽、浙江、江西、福建、湖北、湖南、四川、贵州、广西、云南 10 个省区 27 个产地 (图 1) 的南方红豆杉天然林分的种子用于种源试验, 天然林分所处海拔高度为 500 ~ 800 m。在采种天然林分中选择 20 株以上优良母树

采种,母树间距 50 m 以上,每株母树等量采种,混合处理后作为该种源的种子,每个种源提供种子 2.5 kg。种子经沙床层积 1 年 2 个月后播种育苗。南方红豆杉种源育苗试验点分别位于福建省明溪县雪峰镇和浙江省淳安县富溪林场,分别以福建明溪和浙江开化(毗邻浙江淳安)为试验对照。前者育苗圃地为沙底灰泥田,排灌条件良好,土壤肥力中等,后者苗圃地为沙壤土,肥力略低。2 个试验点分别于 2005 年 2 月 20 日和 3 月

22 日选用破口露白的种子播种。育苗试验按完全随机区组设计,福建明溪点和浙江淳安点分别布设 1 种和 2 种庇荫处理,每种庇荫处理条件设置 3 次试验重复,5 行小区,按株距 5 cm、行距 10 cm 点播,每小区播种 100 粒以上。福建明溪点用五节芒搭做荫棚,直射透光率在 10% 左右;浙江淳安点分别用 1 层和 2 层遮阳网搭做荫棚,其透光率分别相当于全光照的 25% 和 10% 左右。苗期除草、施肥、灌溉及病虫害防治等按常规管理。



- 1 安徽黄山 2 浙江开化 3 浙江龙泉 4 福建柘荣 5 福建武夷山 6 福建明溪 7 福建宁德 8 福建武平 9 福建沙县 10 福建建阳
- 11 福建宁化 12 江西庐山 13 江西井冈山 14 江西武宁 15 江西龙南 16 湖北恩施 17 湖南靖州 18 湖南桑植 19 湖南绥宁
- 20 湖南通道 21 贵州锦屏 22 贵州梵净山 23 贵州黎平 24 贵州都匀 25 四川峨嵋 26 云南石屏 27 广西三江

图 1 南方红豆杉种源分布示意图

1.2 试验调查与统计分析

2005 年 11 月全面调查测定福建明溪点和浙江淳安点南方红豆杉种源的苗木性状。2 个试验

点每试验小区分别随机量测 10 株和 20 株生长正常苗木的苗高、地径和侧枝数。此外,在浙江淳安点每试验小区随机挖取 5 株平均大小的苗木,

测量苗高、地径、侧枝数、侧根数、侧根长、根幅等,然后将植株洗净,分成地上和地下两部分,经 105 杀青 30 min, 79 烘干至恒质量,测定其干物质积累量,并估算冠根比。以单株测定值为单位,开展单点和多点方差分析,以检验种源、地点、庇荫以及地点 \times 种源、庇荫 \times 种源效应的显著性,方差分析时侧枝数和侧根数经 $(X + 0.5)^{1/2}$ 数据转换,高径比和冠根比经 $\arcsin X^{1/2}$ 转换。性状方差分析采用 SAS/GLM 软件。福建明溪和浙江淳安 2 个地点的参试种源分别为 25 个和 20 个。

自 2005 年 4 月 30 日起在福建明溪点开展南方红豆杉种源苗高生长节律的调查,每试验小区选择 10 株生长正常的苗木,每 30 d 定株观测记录其苗高,直至 11 月底苗木停止生长。利用 Logistic 方程拟合苗高生长曲线,估算各参试种源苗高的线性生长量 (TLG)、线性生长期 (LGD)、最大

生长速率 (MGR) 和线性生长速率 (LGR) 等生长参数^[5]。

2 结果与分析

2.1 不同种源苗木性状的遗传差异

2.1.1 苗木生长和苗高生长参数 表 1 列出了浙江淳安和福建明溪 2 个育苗地点南方红豆杉种源苗木主要经济性状的方差分析结果。结果表明,来自不同产地的南方红豆杉种源其苗高和地径生长达极显著差异,说明其地域种源分化巨大,为选用短周期经营的南方红豆杉药用种源奠定了理论依据。在福建明溪点,南方红豆杉种源苗高和地径均值的变幅分别为 16.17~24.20 cm 和 0.25~0.32 cm,最高和最低种源分别相差 49.66% 和 28%;在浙江淳安点,种源苗高和地径均值的变幅则分别在 10.48~13.37 cm 和 0.14~0.17 cm,最高和最低种源分别相差 23.8% 和 21.4%。

表 1 两个育苗地点南方红豆杉种源苗木主要经济性状的方差分析

| 育苗地点 | 性状 | 均值 | 变幅 | 变异来源 | | | |
|------|-------------|-------|-------------|------------|------------|----------------|---------|
| | | | | 重复 | 种源 | 种源 \times 重复 | 机误 |
| 福建明溪 | 苗高 /cm | 19.43 | 16.17~24.20 | 808.9987** | 127.3821** | 19.9123 | 17.3174 |
| | 地径 /cm | 0.27 | 0.25~0.32 | 0.0122* | 0.0107** | 0.0038 | 0.0031 |
| | 苗高 /cm | 12.30 | 10.48~13.37 | 80.0473** | 39.2076** | 6.8677** | 1.8832 |
| | 地径 /cm | 0.16 | 0.14~0.17 | 0.0015 | 0.0019* | 0.0009* | 0.0005 |
| | 侧枝数 /枝 | 4.09 | 2.97~4.98 | 4.5081** | 1.0608** | 0.3045** | 0.1389 |
| | 根幅 /cm | 5.70 | 4.95~7.05 | 0.2107 | 0.8296 | 1.0984** | 0.0706 |
| 浙江淳安 | 侧根数 /根 | 14.51 | 11.33~16.87 | 3.5345** | 0.5972 | 0.4999** | 0.2544 |
| | 最长侧根长 /cm | 5.02 | 4.32~5.53 | 2.9827 | 2.0164 | 3.8048* | 2.3303 |
| | 总物质积累量 /g | 0.50 | 0.34~0.61 | 0.1557* | 0.0748 | 0.0654** | 0.0317 |
| | 地上干物质积累量 /g | 0.41 | 0.33~0.49 | 0.0839 | 0.0449 | 0.0356** | 0.0175 |
| | 地下干物质积累量 /g | 0.09 | 0.06~0.11 | 0.0030 | 0.0016 | 0.0019** | 0.0010 |

注:福建明溪点的重复、种源、种源 \times 重复和机误的自由度分别为 2、24、48 和 674;浙江淳安点为两层遮阳处理,苗高、地径和侧枝数的重复、种源、种源 \times 重复和机误的自由度分别为 2、19、38 和 1111;根幅、侧根数等性状的重复、种源、种源 \times 重复和机误的自由度分别为 2、19、38 和 240; *、** 分别表示显著性概率为 0.05 和 0.01,下同。

研究苗高生长节律,估算苗高生长的生物学参数可以揭示种源苗高生长差异机制。从表 2 的福建明溪点参试种源苗高参数可以看出,南方红豆杉苗高参数存在较大的种源差异。线性生长量 (TLG)、线性生长期 (LGD)、最大生长速率 (MGR)、线性生长速率 (LGR) 4 个苗高生长参数在最大和最小种源间分别相差 55.56%、58.44%、74.03% 和 74.51%。相关分析表明,种源苗高与 TLG、MGR、LGR 相互之间呈极显著正相关 ($r=0.655 \sim 0.700$),与 LGD 相关性很小,

说明南方红豆杉种源苗高的增加主要是由于线性生长量、最高生长速率和线性生长速率的提高,不是由于线性生长期的延长。MGR、LGR 与 LGD 呈显著负相关,意味着苗高线性生长期短的种源,其最大生长速率和线性生长速率较高。相对于其它树种,南方红豆杉苗期生长缓慢,如福建明溪点庇荫条件下种源苗高平均线性生长速率为 $0.069 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$,但其线性生长期却很长,平均为 135.7 d,约 4.5 个月,而木荷种源线性生长期却只有 2 个月左右^[5]。

表 2 福建明溪点 25 个南方红豆杉种源苗高生长参数

| 种源 | TLG/cm | LGD/d | MGR/ (cm · d ⁻¹) | LGR/ (cm · d ⁻¹) |
|-------|--------|-------|---------------------------------|---------------------------------|
| 安徽黄山 | 19.45 | 123.1 | 0.132 | 0.088 |
| 浙江龙泉 | 16.58 | 150.3 | 0.092 | 0.061 |
| 福建武夷山 | 20.86 | 130.0 | 0.134 | 0.089 |
| 福建武平 | 14.59 | 117.3 | 0.104 | 0.069 |
| 福建沙县 | 14.58 | 140.9 | 0.086 | 0.058 |
| 福建建阳 | 16.63 | 151.1 | 0.092 | 0.061 |
| 福建柘荣 | 14.47 | 112.6 | 0.107 | 0.072 |
| 福建明溪 | 15.75 | 171.5 | 0.077 | 0.051 |
| 福建宁化 | 16.85 | 139.3 | 0.101 | 0.067 |
| 江西庐山 | 16.77 | 127.1 | 0.110 | 0.073 |
| 江西井冈山 | 16.15 | 136.3 | 0.099 | 0.066 |
| 江西武宁 | 13.41 | 125.1 | 0.090 | 0.060 |
| 江西龙南 | 16.69 | 122.7 | 0.114 | 0.076 |
| 湖南桑植 | 16.65 | 124.4 | 0.112 | 0.074 |
| 湖南靖州 | 19.52 | 134.6 | 0.121 | 0.081 |
| 湖南绥宁 | 16.74 | 129.5 | 0.108 | 0.072 |
| 湖南通道 | 19.16 | 123.0 | 0.130 | 0.087 |
| 湖北恩施 | 16.12 | 114.2 | 0.118 | 0.079 |
| 贵州锦屏 | 16.06 | 138.9 | 0.096 | 0.064 |
| 贵州都匀 | 16.75 | 130.1 | 0.108 | 0.072 |
| 贵州黎平 | 18.09 | 123.1 | 0.123 | 0.082 |
| 贵州梵净山 | 17.80 | 156.4 | 0.095 | 0.063 |
| 四川峨嵋山 | 16.08 | 132.8 | 0.101 | 0.067 |
| 广西三江 | 16.92 | 137.8 | 0.103 | 0.068 |
| 云南石屏 | 17.24 | 178.4 | 0.081 | 0.054 |
| 平均 | 16.59 | 135.7 | 0.103 | 0.069 |

注: TLG 为线性生长量; LGD 为线性生长期; MGR 为最大生长速率; LGR 为线性生长速率。

2.1.2 分枝、根系形态和干物质积累 分枝的多少是衡量南方红豆杉苗木质量的重要指标。随着南方红豆杉苗木的发育,不断形成分枝以增加光合作用的面积,进而促进苗高和地径的生长。从浙江淳安点的测定结果来看(表 1),南方红豆杉种源侧枝数差异较大,平均形成 4.09 个分枝,变幅为 2.97~4.98。南方红豆杉是主根不发达而多侧根的浅根性树种,苗木侧根发达有利于提高造林成活率和林木生长。研究表明:浙江淳安点南方红豆杉根幅、侧根数和最长侧根长的种源效应虽未达到统计学上的显著水平,但最大和最小种源的绝对值却分别相差 42.4%、48.9% 和 28.0%。从表 1 还可以观测到,南方红豆杉苗木积累的干物质分配至地下根系部分的比例较小,平均仅占总干物质积累量的 18.0%。不管是总的干物质积累量,还是地上或地下部分的干物质积累量,其种源效应较小,但种源绝对值差异则较大,干物质积累量最大的种源分别是最小种

源的 1.79、1.48 和 1.83 倍。

2.2 育苗环境对不同种源苗木生长的影响及互作

2.2.1 育苗地点和庇荫条件对生长的影响 南方红豆杉对立地环境要求严格,喜荫湿和土壤肥沃的生长环境,怕土壤积水,忌高温、干旱。育苗环境对南方红豆杉苗木培育和种源测定影响较大。比较发现,两个育苗地点间苗木生长差异很大,福建明溪点南方红豆杉种源苗高和地径平均生长量分别比浙江淳安点高 57.97% 和 68.75%。福建明溪点水热条件较好,早在 2 月中旬就开始育苗,加之育苗技术较好及育苗圃地肥力较高,不仅促进了苗木生长量的提高,而且还有利于有效鉴别南方红豆杉苗木生长性状的种源差异。浙江淳安点由于水热条件略差,播种育苗时间较迟(3 月下旬),育苗圃地土壤肥力稍差等而影响苗木的高、径生长。

从表 3 可看出:庇荫条件对南方红豆杉种源的苗高生长影响较大。2 层遮阳条件下(透光率约为全光照的 10%)种源平均苗高为 12.3 cm,1 层遮阳条件下(透光率约为全光照的 25%)种源平均苗高 11.2 cm,前者较后者高出 9.82%,说明苗期阶段良好的庇荫条件将有利于南方红豆杉的苗高生长。由于种源试验采用点播的育苗方式,未发现庇荫条件对南方红豆杉种源的地径生长具有显著影响。

表 3 浙江淳安点不同庇荫条件下南方红豆杉种源苗高和地径平均生长量及变幅

| 性状 | 1 层遮阳 (透光率约为全光照的 25%) | | 2 层遮阳 (透光率约为全光照的 10%) | |
|-------|-----------------------|-----------|-----------------------|-------------|
| | 均值 | 变幅 | 均值 | 变幅 |
| 苗高/cm | 11.2 | 9.5~12.4 | 12.3 | 10.48~13.37 |
| 地径/cm | 0.16 | 0.14~0.18 | 0.16 | 0.14~0.17 |

2.2.2 育苗环境与种源互作效应 2 个育苗地点和 2 种庇荫处理的联合方差分析结果(表 4)表示:南方红豆杉苗高和地径生长同样显示出极大的种源效应。种源与地点互作效应显著,说明在不同的地点推广利用优选种源时应慎重,可优先选用生长好、遗传稳定性高的种源,或选用遗传稳定性低但在较好立地条件上表现良好的种源以充分利用潜在的种源与地点互作,提高南方红豆杉苗和幼林的生长量。种源与遮阳处理的互作效应很小,庇荫处理不影响不同种源的相对表现差异。

表 4 不同育苗地点南方红豆杉种源生长性状的方差分析

| 性状 | 变异来源 | | | | | | 机误 |
|----|----------------|-------------|-----------|------------|-------------|----------|---------|
| | 地点 | 重复/地点 | 种源 | 种源×地点 | 种源×重复/地点 | 种源×重复/地点 | |
| 苗高 | 19 697.765 7** | 380.054 8** | 125.924 2 | 92 518 6** | 11.880 72** | | 7.471 9 |
| 地径 | 3.259 3** | 0.006 8* | 0.010 7 | 0.008 4** | 0.002 5** | | 0.001 3 |

| 性状 | 变异来源 | | | | | | 机误 |
|----|------------|------------|------------|---------|-----------|----------|---------|
| | 遮阳 | 重复/遮阳 | 种源 | 种源×遮阳 | 种源×重复/遮阳 | 种源×重复/遮阳 | |
| 苗高 | 558 226 7* | 51.830 9** | 99.356 0** | 8 276 0 | 8 386 0** | | 2 197 4 |
| 地径 | 0.000 9 | 0.006 5** | 0.005 9** | 0.001 4 | 0.001 4** | | 0.000 5 |

注:浙江淳安点为 2 层遮阳处理。地点、重复/地点、种源、种源×地点、种源×重复/地点和机误的自由度分别为 1、4、17、17、68 和 1 483; 遮阳、重复/遮阳、种源、种源×遮阳、种源×重复/遮阳和机误的自由度分别为 1、4、19、19、67 和 2 244。

2.3 不同种源苗木生长性状的地理变异模式

2 个育苗地点南方红豆杉种源苗木高、径生长与产地地理气候因子间的相关系数见表 5。表 5 表明:2 个育苗地点的结果是不一致的。在福建明溪点种源苗木高和地径与产地地理气候因子间的相关性较小,与产地纬度呈一定程度的正相关。浙江淳安点的南方红豆杉种源苗木高生长与产地纬度呈显著的正相关,与产地 1 月平均气温、无霜期呈显著的负相关,此外还与产地经度

有一定程度的正相关关系;种源地径生长与产地纬度关系紧密,呈显著的正相关。浙江淳安点的试验结果与作者对 6 个产地有限分布区的南方红豆杉种源试验结果较为一致^[4],即来自偏东部和偏北部的种源生长较快,而偏南部和偏西部的种源生长较慢。产地无霜期短、1 月份平均气温低的种源其苗木高生长量较大,这符合南方红豆杉喜荫湿、耐寒的生物学和生态学习性。

表 5 南方红豆杉种源苗木生长性状与地理气候因子间的相关系数

| 育苗地点 | 性状 | 纬度 | 经度 | 年均气温 | 1 月平均气温 | 7 月平均气温 | 10 积温 | 年降水量 | 无霜期 |
|------|----|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 福建明溪 | 苗高 | 0.299 | -0.072 | -0.178 | -0.246 | 0.158 | -0.028 | -0.092 | 0.065 |
| | 地径 | 0.182 | -0.202 | -0.164 | -0.296 | 0.208 | -0.087 | -0.255 | 0.192 |
| 浙江淳安 | 苗高 | 0.604** | 0.365 | -0.243 | -0.495* | 0.231 | 0.009 | -0.035 | -0.463* |
| | 地径 | 0.683** | -0.065 | -0.271 | -0.334 | 0.190 | -0.244 | 0.085 | -0.054 |

注:福建明溪点种源数为 25,浙江淳安点种源数为 20。

2.4 苗期速生优良种源初选

苗木高是南方红豆杉种源初选的主要指标。表 6 为福建明溪点和浙江淳安点大于对照的初选种源平均苗木高。由于存在显著的种源与地点交互作用,2 个育苗地点种源初选结果是不同的。浙江淳安点的入选种源主要来源于南方红豆杉自然分布区的偏东部和偏北部,如安徽黄山、江西武宁、浙江龙泉、福建武夷山等。由于浙江淳安点对照种源生长较好,入选种源苗木高仅大于对照种源的 0.6%~2.6%。在福建明溪点,苗期速生种源不仅有来自偏东部和偏北部的福建武夷山、宁化和安徽黄山等种源,而且还有来自偏南部和偏西部的湖南靖州、通道、绥宁、桑植,江西龙南,贵州黎平、梵净山等种源,这些种源的苗木高大于福建明溪点当地种源的 13.7%~41.3%。

表 6 2 个育苗地点初选南方红豆杉种源的苗木高生长量

| 种源 | 福建明溪点 | | 种源 | 浙江淳安点 | |
|----------|--------|-------|----------|--------|-------|
| | 苗木高/cm | >CK/% | | 苗木高/cm | >CK/% |
| 福建武夷山 | 24 20 | 41.3 | 安徽黄山 | 13 37 | 2.6 |
| 安徽黄山 | 23 53 | 37.4 | 江西武宁 | 13 18 | 1.2 |
| 湖南靖州 | 22 77 | 32.9 | 浙江龙泉 | 13 16 | 1.0 |
| 湖南通道 | 22 38 | 30.6 | 福建武夷山 | 13 11 | 0.6 |
| 贵州黎平 | 21 53 | 25.7 | | | |
| 湖南绥宁 | 19 80 | 15.6 | | | |
| 湖南桑植 | 19 73 | 15.2 | | | |
| 江西龙南 | 19 73 | 15.2 | | | |
| 福建宁化 | 19 57 | 14.2 | | | |
| 贵州梵净山 | 19 47 | 13.7 | | | |
| 福建明溪(CK) | 17.13 | | 浙江开化(CK) | 13.03 | |

注:浙江淳安点为 2 层遮阳处理。

3 问题与讨论

南方红豆杉是广域性、且呈片断化不连续分布

的国家一级濒危保护树种。本文利用来自 10 省区 27 个产地的南方红豆杉种子在福建明溪和浙江淳安 2 个地点开展了苗期种源遗传测定,南方红豆杉苗木高、径生长及苗高存在显著的种源变异,根系特征和干物质积累量的种源差异虽未达到统计学上的显著水平,但这些性状的种源绝对值差异则较大。南方红豆杉苗木生长性状的地理变异模式有异于我国亚热带地区许多广域性和狭域性的针阔叶树种,且在不同育苗地点的差异也较大。马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)^[7]、杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)^[8]、木荷 (*Schinus superba* Gardn. et Champ.)^[9] 等都呈现典型的纬向地理变异模式,与北部种源相比,来自分布区南部的种源生长较快,遗传多样性较高^[10,11]。在福建明溪点,南方红豆杉种源苗木高、径生长与产地地理气候因子相关性较小,与产地纬度呈一定程度的正相关,速生种源有来自偏东部和偏北部的福建武夷山、宁化和安徽黄山等种源,也有来自偏南部和偏西部的湖南靖州、通道、绥宁、桑植,江西龙南,贵州黎平、梵净山等种源。在亚热带偏北部的浙江淳安点,南方红豆杉种源苗木高生长与产地纬度呈显著的正相关,与产地 1 月平均气温、无霜期呈显著的负相关,这一规律不同于其它树种。作者在文献 [4] 中报道了南方红豆杉 6 个产地有限分布区种源苗期和 2 年生幼林试验结果,也发现来自偏东部的福建明溪、尤溪种源和偏北部的安徽黄山种源生长较快,来自偏南部和偏西部的湖南怀化、新宁等种源生长较慢。此外,张宏意等^[3] 研究比较了广东、湖南、江西 12 个自然种群的遗传多样性,发现粤北种群的遗传多样性低于偏北部的江西和湖南种群。本文参试种源的产地海拔在 500 ~ 800 m 间,海拔应不是造成这一变异模式的主要因素,究其原因,可能与南方红豆杉特有的生物学和生态学习性有关。在南方红豆杉自然分布区的偏东和偏北地区,气候湿润,1 月份气温低等适合其喜荫湿、耐寒等生长特性,也许这是造成南方红豆杉种源苗木高生长与产地经纬度呈正相关关系的主要原因。

南方红豆杉苗木的生长不仅与种源有关,而且还与育苗环境和育苗技术有关。育苗地良好的水热资源和土壤条件,以及科学的育苗管理技术有利于苗木的生长和有效鉴别种源生长差异。如福建明溪点水热资源丰富、土壤肥力较高,尤其是育苗技术水平高,该育苗点南方红豆杉种源苗木高和地径平均生长量较浙江淳安点分别高出 57.97% 和 68.75%,种源生长分化也较大。南方红豆杉喜荫湿环境,遮阳以形成良好的庇荫环境是成功培育南方红豆杉优质苗木的重要技术措施。试验表明南方红豆杉种源生长对遮阳反应较大,2 层遮阳条件下 (透光率约为全光照的 10%) 种源平均苗木高较一层遮阳条件下 (透光率约为全光照的 25%) 种源平均苗木高高出 9.82%,但南方红豆杉种源与遮阳互作效应很小,庇荫处理不影响种源的相对表现差异。

参考文献:

- [1] 傅立国. 中国高等植物 (第三卷) [M]. 青岛: 青岛出版社, 2000
- [2] 陈毓亨, 白守梅. 南方红豆杉紫杉烷高含量植株系 RAPD 初步研究 [J]. 植物学报, 1999, 41(8): 829 ~ 832
- [3] 张宏意, 陈月琴, 廖文波. 南方红豆杉不同居群遗传多样性的 RAPD 研究 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(11): 1994 ~ 1997
- [4] 焦月玲, 周志春, 金国庆, 等. 6 个南方红豆杉种源苗期和幼龄生长差异 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(5): 636 ~ 640
- [5] 张萍, 周志春, 金国庆, 等. 木荷种源苗木高生长参数变异研究 [J]. 林业科学研究, 2006, 19(1): 61 ~ 65
- [6] 李俊, 牙启康, 苏小建, 等. 人工栽培南方红豆杉紫杉醇的含量分析 [J]. 广西师范大学学报, 2005, 23(2): 68 ~ 70
- [7] 全国马尾松种源试验协作组. 马尾松种源变异及种源区划分的研究 [J]. 亚热带林业科技, 1987(2): 81 ~ 89
- [8] 叶志宏, 施季森. 杉木地理种源变异模式 [J]. 南京林业大学学报, 1990, 14(4): 15 ~ 22
- [9] 张萍, 金国庆, 周志春, 等. 木荷苗木性状的种源变异和地理模式 [J]. 林业科学研究, 2004, 17(2): 192 ~ 198
- [10] 尤勇, 洪菊生. RAPD 标记在杉木种源遗传变异上的应用 [J]. 林业科学, 1998, 34(4): 32 ~ 38
- [11] 张萍, 周志春, 金国庆, 等. 木荷种源遗传多样性和种源区初步划分 [J]. 林业科学, 2006, 42(2): 38 ~ 42