

文章编号: 100121498(2005)0520636205

6个南方红豆杉种源苗期和幼龄生长差异*

焦月玲¹, 周志春^{1*}, 金国庆¹, 王月生², 余能健³

(11 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 21 浙江省淳安县富溪林场, 浙江 淳安 311700
31 福建省明溪县绿色生态研究所, 福建 明溪 365200)

关键词: 南方红豆杉; 种源; 生长; 变异

中图分类号: S722 文献标识码: A

Growth Differences between Six Provenances of *Taxus chinensis* var *mairei* at Seedling and Young Stage

JIAO Yue2ling¹, ZHOU Zhi2hun¹, JIN Guo2qing¹, WANG Yue2sheng², YU Neng2jian³

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

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

31 Green Ecosystem Research Institute of Mingxi County, Fujian Province, Mingxi 365200 Fujian China)

Abstract Genetic test at seedling and young stage including six provenances in *Taxus chinensis* var *mairei* was conducted in Mingxi of Fujian and Chun. an of Zhejiang. The results indicated that there existed significant differences among provenances for growth performance at seedling and young stage. Among six provenances tested, Youxi provenance and Mingxi provenance possessed the biggest height growth with intensive lateral root system and more branches. Under artificial shading in the nursery, the average tree height of provenances at age two varied from 1.07 m to 1.16 m. The highest one was 8.4% more than those of the lowest. Correlation analysis demonstrated that growth of tree height and diameter seemed to be independent of branch characters. Youxi provenance and Mingxi provenance were superior provenances with high growth rate, broader crown, more branches, etc. These two provenances could be used for high yield management with short rotation. Because of more branches and narrow crown, Hua hua provenance of Hunan was also a good provenance with high productivity under large plant density in spite of moderate growth rate.

Key words *Taxus chinensis* var *mairei* provenance growth variation

红豆杉是提纯抗癌药物紫杉醇的重要药用植物, 因受制于红豆杉有限的野生资源, 世界各国都在寻求多种方法生产紫杉醇^[1-4], 而通过红豆杉的人工栽培则是当今实行紫杉醇产业化的主要途径。南方红豆杉 (*Taxus chinensis* var *mairei* (Lencee et lev2el) Chang et L. K. Fu) 为我国一级保护树种, 材质优良、观赏价值高, 相对于同属其它植物其紫杉醇含量

虽然较低, 但因其早期速生、宜短周期经营而开发价值较高。当前存在的技术瓶颈主要是药用优良新品种及配套高产栽培技术的缺乏。南方红豆杉广泛分布于长江流域、南岭山脉及河南、陕西、甘肃、台湾等省的山地或溪谷, 种内变异丰富, 但缺乏相关研究。陈毓亨等^[5]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

收稿日期: 200421124

作者简介: 焦月玲 (1979), 女, 山东胶南人, 中国林科院林木遗传育种专业在读硕士研究生 1

* 参加试验的还有中国林科院亚林所饶龙兵、浙江省淳安县富溪林场洪桂木、王晖、淳安县林业局余琳、胡红宝等, 谨此谢忱 1

** 通讯作者: 周志春 (1963), 男, 江苏丹阳人, 博士, 研究员, 博士生导师 1

方红豆杉植株系可能性。Ho等^[6]研究了台湾地区不同天然种群南方红豆杉, 认为紫杉醇的变异主要来源于同一地区的不同种群间。已有的文献多利用南方红豆杉的天然林材料研究其种内的表型变异, 而未开展相应的地理种源试验。本文利用南方红豆杉有限分布区种源试验的苗期和幼龄期测定材料, 从苗木高径生长、根系形态、生长节律、分枝习性等角度研究其种源间的遗传差异, 旨在为南方红豆杉短周期高产药用林经营筛选优良种源林提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与试验设计

6 个南方红豆杉种源种子于 2000 年底分别采自安徽黄山, 江西九江, 福建明溪、尤溪, 湖南怀化、新宁的天然林分, 试验还包括来自西藏东南部的西藏红豆杉 (*T. wellihina* Zucc.). 种子经沙床层积 1 年 2 个月于 2002 年 2 月中旬播种。育苗地位于福建省明溪县上坊村, 属武夷山南侧支脉, 海拔 330 m, 年均气温 18.1℃, 年降水量 1 500~1 800 mm。育苗圃地为沙底灰泥田, 排灌条件良好, 土壤肥力中等。育苗试验按完全随机区组设计, 3 次重复, 每小区播种 500 粒, 选用已发芽或破口露白的种子按株距 5 cm, 行距 10 cm 点播。播种后及时用五节芒搭做荫棚, 其直射透光率在 20% 以下。苗期除草、施肥、灌溉及病虫害防治等按正常管理。

2003 年 2 月底利用 1 年生种源小苗在浙江省淳安县富溪林场龙门里苗圃开展幼林遗传测定。苗圃地为沙壤土, 肥力略低。试验按完全随机区组设计, 3 次重复, 15 株小区, 株行距 0.7 m @ 0.8 m。根据南方红豆杉的生物学特性及短周期高产药用林营建要求, 用塑料遮阳网搭建荫棚, 为种源测定林形成庇荫环境, 遮阳网的透光率相当于全光照的 50% 左右。

1.2 试验调查与统计分析

苗期试验于 2002 年底调查。每试验小区中各随机挖取 5 株生长正常的苗木, 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, 分成地上部和地下部两部分, 经 105℃ 杀青 30 min, 79℃ 烘干至恒质量, 测定其干物质积累质量, 并估算冠根比。

1 年生种源小苗栽植当年, 开展不同种源高生长节律的观测。每试验小区选择 10 株代表性苗木, 从 2003 年 6 月 23 日起每隔 1 个月量测 1 次苗高, 直至苗高生长结束为止。2004 年 10 月底 2 年生

(不包括苗龄) 种源测定林开展全面调查, 测定树高、地径、冠幅、侧枝总数、最长侧枝长、当年抽高、当年抽梢节数和当年侧枝数等指标。以单株测定值为单位, 按种源单因素进行方差分析以检验种源差异的显著性, 方差分析时侧枝数和侧根数经 $X^{1/2}$ 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。

2 结果与分析

2.1 苗期生长形质性状的种源差异

表 1 显示: 南方红豆杉存在显著的种内变异, 来自不同产地的地理种源其苗木生长和根系形态等性状差异极为显著, 这意味着选用适宜的种源有助于显著提高苗木的生长、形质指标, 为南方红豆杉短周期药用林的高产经营奠定基础。

表 1 南方红豆杉各种源苗期生长形质性状方差分析

性状	均方		
	重复	种源	机误
苗高	0.088 595	192.440 968 ^{***}	2.651 567
地径	0.000 118	0.008 149 ^{***}	0.000 443
高径比	1.972 095	125.858 857 ^{***}	1.605 262
侧枝数	0.000 626	1.957 767 ^{***}	0.029 488
根幅	0.085 714	38.707 937 ^{***}	1.104 118
侧根数	0.000 875	0.989 264 ^{***}	0.029 252
侧根长	0.016 667	131.948 413 ^{***}	1.159 028
冠根比	0.136 361	166.039 429 ^{***}	2.428 753

注: 区组、种源和机误的自由度分别为 2、6 和 96, *** 显著性概率 $p < 0.000 1$ 。

从表 2 可以看出, 由于采用了适宜的育苗措施, 各种源的苗高都达到了 20 cm, 地径在 0.34 cm 以上, 其中以福建尤溪和明溪种源生长最快, 安徽黄山种源次之, 江西九江等种源生长最慢, 生长最快和最慢种源的苗高和地径分别相差 55.1% 和 17.0%。相对于松类等树种, 南方红豆杉主根不发达, 而侧根相对较多, 侧根发达与否是评价南方红豆杉苗木质量的主要指标。表 2 结果表明: 福建尤溪和明溪这两个苗期速生的种源根幅较宽、侧根数较多、侧根较长、冠根比小, 这说明根系发达与苗木速生两者间的密切相关性。同样发现, 福建尤溪和明溪两种源的苗木侧枝最多, 分别为江西九江种源的 212.5%、137.5%。本研究还发现, 西藏红豆杉在我国东部沿海生长正常, 苗高 24.10 cm, 地径 0.36 cm, 略逊于安徽黄山种源。

表 2 南方红豆杉各种源与西藏红豆杉苗期性状均值

性状	安徽黄山	福建明溪	福建尤溪	湖南怀化	湖南新宁	江西九江	西藏红豆杉
苗高 /cm	24.85	26.45	30.50	22.70	21.22	19.66	24.10
地径 /cm	0.34	0.38	0.40	0.34	0.34	0.34	0.36
高径比	73.13	69.62	77.10	66.75	62.61	57.65	67.05
侧枝数 /根	11.00	11.00	17.00	10.13	8.07	8.00	9.13
根幅 /cm	16.50	16.50	17.37	15.43	14.50	12.50	15.50
侧根数 /根	10.00	10.00	11.00	8.93	7.27	7.00	8.00
侧根长 /cm	13.00	14.00	15.00	9.50	8.07	7.57	9.93
冠根比	1.22	1.20	1.18	2.26	1.14	1.85	1.67

2.2 庇荫环境下南方红豆杉各种源 1 年生树高生长节律变化

从圃地庇荫设施条件下 (50% 左右的透光率) 南方红豆杉的幼树高生长表现来看, 栽植当年的抽高为 25.9~31.5 cm (图 1), 生长最快和最慢的种源相差 21.0%, 但种源间差异却未达到统计学上的显著水平, 这与苗木栽植当年处在扎根阶段, 各种源的生长潜势未充分发挥有关。实验观测到, 南方红豆杉各种源从 3 月下旬或 4 月上旬开始抽梢, 到江南梅雨季结束前 (6 月 23 日) 这一阶段为高生长的速生期, 其生

长量占当年抽梢高度的 38.06%~54.28%, 平均为 49.89%。从 6 月下旬至 7 月中旬的树高生长量也相对较高 (15.38%~22.76%), 但进入盛夏 (7 月 24 日) 以后, 每月的树高生长量逐渐减小, 从 7 月 24 日~8 月 23 日和 8 月 24 日~9 月 23 日的 11.9% 和 10.0% 降至 9 月 24 日~10 月 23 日的 6.72%, 到 11 月份高生长几乎停止。鉴于南方红豆杉树高生长的速生期出现在 4 月至 7 月这 3 个月, 应加强在第 2 年开春后的及时追肥、除草等管理, 促进速生期的树高生长, 有利于各种源生长潜力的发挥。

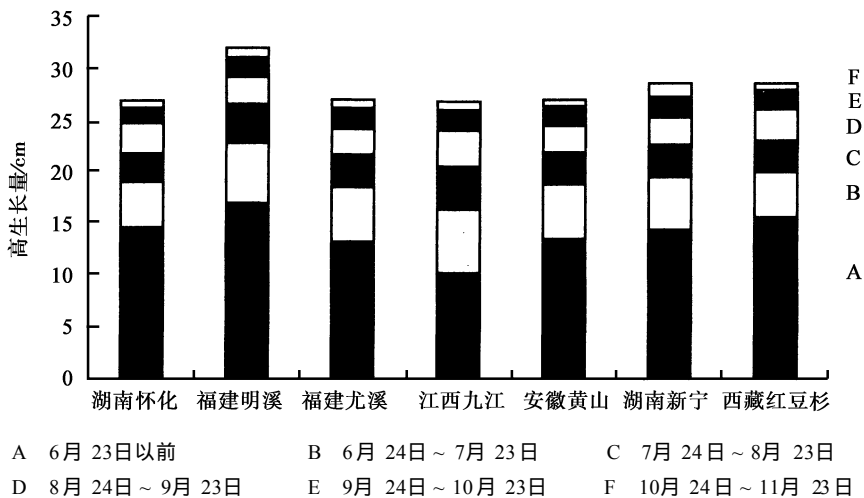


图 1 南方红豆杉各种源苗木栽植当年不同生长阶段的高生长量

2.3 南方红豆杉 2 年生幼树生长和抽梢分枝习性的种源差异

虽然南方红豆杉苗木栽植当年种源间树高生长不存在显著的差异, 但在圃地栽植的第 2 年各种源的生长、抽梢分枝习性却显示出巨大的遗传差异 (表 3)。在庇荫生长条件下, 南方红豆杉种源 2 年生幼树的高度都在 1.0 m 以上 (表 4)。对比分析发现,

在参试的 6 个南方红豆杉种源中, 安徽黄山、福建尤溪和明溪种源高生长最快, 2 年生树高达 1.15 m 以上, 当年抽高 0.61~0.63 m, 而湖南怀化种源高生长最慢, 2 年生树高和当年抽高生长最慢与生长最快种源分别相差 8.4% 和 12.9%; 同样, 南方红豆杉种源地径生长差异也较大, 地径生长量最大和最小种源相差 12.1%。

南方红豆杉的抽梢和分枝习性直接影响其生物收获产量。与松类树种不同, 南方红豆杉边抽梢边分枝, 抽梢节数和分枝数多、侧枝长的种源其树冠宽大浓密、生物产量高。从表 4 可以看出, 福建尤溪和明溪 2 个种源不仅树高生长迅速, 而且具有侧枝多、分枝长、树冠宽等特点, 适宜于以高生物收获量为目标的药用林经营。虽然安徽黄山种源的侧枝数略少, 但其高径生长迅速, 也可在生产上选用。湖南怀化种源高径生长低于福建尤溪和明溪等种源, 但具有分枝数多、冠幅窄的习性, 可通过提高种植密度实现高产。研究还发现, 西藏红豆杉在庇荫环境条件下也能较好地生长, 2 年生树高达 1.03 m, 当年抽高 0.56 m。

表 3 南方红豆杉各种源 2 年生生长、抽梢分枝性状方差分析

性状	均方			
	重复	种源	重复 @种源	机误
树高	0.054 4	0.118 9 ^{**}	0.059 5 [*]	0.028 3
地径	0.452 8 [*]	0.359 2 ^{**}	0.322 5 ^{**}	0.128 5
当年抽高	0.032 1 [*]	0.040 4 [*]	0.009 5	0.009 5
冠幅	0.076 0	0.115 4 [*]	0.057 3	0.034 5
侧枝总数	0.431 7	2.585 2 ^{**}	0.522 3	0.328 3
当年侧枝数	0.109 5	1.394 9 ^{**}	0.332 1	0.222 1
抽梢节数	2.786 3 ^{**}	1.091 2 ^{**}	0.403 8	0.237 5
侧枝长	0.072 6 [*]	0.043 4 [*]	0.023 0	0.017 8

注: * 和 ** 显著性概率分别为 0.05 和 0.01(下同)。

表 4 南方红豆杉各种源 2 年生生长、抽梢分枝性状均值

种源	树高 /m	地径 /cm	当年抽高 /m	冠幅 /m	侧枝总数 /枝	当年侧枝数 /枝	抽梢节数 /节	侧枝长 /m
湖南怀化	1.07	1.68	0.56	0.96	49.93	20.18	15.38	0.66
福建明溪	1.15	1.85	0.61	1.05	41.40	18.56	15.53	0.72
福建尤溪	1.15	1.65	0.63	1.06	44.91	21.38	18.24	0.69
江西九江	1.12	1.83	0.62	1.02	37.16	17.38	14.44	0.70
安徽黄山	1.16	1.82	0.62	1.03	38.20	17.89	15.02	0.69
湖南新宁	1.13	1.75	0.61	0.98	40.42	17.98	15.18	0.69
西藏红豆杉	1.03	1.64	0.56	0.92	37.73	17.58	15.00	0.63

2.4 南方红豆杉各种源生长、抽梢分枝性状间相关

表 5 给出了 2 年生南方红豆杉种源高径生长和抽梢分枝性状间的相关系数。相关分析结果表明: 在圃地庇荫栽培条件下南方红豆杉种源树高、地径、当年抽高、冠幅和最长侧枝长 5 个性状间相关性达到显著或极显著水平, 速生性种源其侧枝较长、冠幅

较宽。然而发现南方红豆杉种源的速生性与侧枝数量性状(侧枝总数、当年侧枝数、抽梢节数)互为独立, 其间呈弱的负相关或弱的正相关, 树高速生并不意味着其树冠浓密、分枝数量多。此外还发现, 2 年生南方红豆杉种源树高与其 1 年生树高的相关性 ($r=0.612$) 达到 10% 显著性水平。

表 5 南方红豆杉种源生长、抽梢分枝性状间的相关系数

性状	树高	地径	冠幅	侧枝总数	当年抽高	当年侧枝数	抽梢节数
地径	0.1738 [*]						
冠幅	0.1903 ^{**}	0.1524					
侧枝总数	0.1420	0.1077	0.1364				
当年抽高	0.1786 [*]	0.1484	0.1569	0.1175			
当年侧枝数	0.1168	-0.1246	0.1184	0.1872 ^{**}	0.1264		
抽梢节数	0.1022	-0.1452	-0.1045	0.1564	0.1572	0.1777 [*]	
最长侧枝长	0.1879 [*]	0.1861 [*]	0.1945 [*]	0.1321	0.1432	-0.1027	-0.1426

3 小结

鉴于南方红豆杉分布区域广泛, 种内自然变异丰富, 本文采集了南方红豆杉 6 个产地的种子开展其有限分布区种源试验, 研究苗木和幼林生长性状的种内变异。研究发现, 南方红豆杉存在显著的种

内变异, 不同种源的苗木生长、形质性状和幼龄阶段的生长、抽梢分枝性状都存在显著的差异。如种源苗高变化幅度为 19.66~30.50 cm, 苗高最大与最小种源相差 55.1%。在 6 个参试种源中, 福建尤溪和明溪两个苗高生长最快的种源, 其侧根发达, 侧枝数较多, 苗木质量优于其它种源。在圃地庇荫栽培条

件下,种源 2年生树高变幅 1.07~1.16 m,当年抽高变幅 0.56~0.63 m,生长最快和最慢种源这两个生长性状分别相差 8.4%和 12.9%。相关分析结果表明:在幼龄阶段南方红豆杉种源的速生性与分枝性状似互为独立,速生的种源并不意味着生物收获产量高。种源试验观测到,福建尤溪和明溪两种源具有速生、冠宽、枝多等特点,符合短周期高生物收获量的经营目标。湖南怀化种源树高生长较慢,但其枝多、冠窄,可提高种植密度实现高产。

本文还对圃地庇荫条件下栽植当年种源的树高生长节律进行了观测。研究发现,由于苗木栽植当年处在扎根阶段,不同种源的抽高差异较小,种源间的遗传潜势差异未得到充分表达。因此认为,苗木栽植当年应加强叶面施肥以促进树木生长,而根部施肥难以达到预期效果。南方红豆杉种源的树高速生期出现在 4月至 7月间,其生长量占当年抽

高的 60%以上,在这阶段须及时加强追肥、除草等管理,促进各种源生长潜力的发挥。

参考文献:

- [1] 包怡红,王振宁 1 紫杉醇的研究概况及发展趋势 [J] 1 中国林副特产, 2003(2): 5~7
- [2] 石青,李吉学,程克棣,等 1 中国红豆杉愈伤组织紫杉烯合成酶 cDNA片段的分离(简报) [J] 1 植物生理学通讯, 1999, 35(4): 285~287
- [3] 何政坤,张淑华,龙志浩,等 1 紫杉醇生化合成基因之选殖与转殖 [J] 1 林业研究专讯(台湾), 2003a, 52(2): 24~26
- [4] 何政坤,张淑华,蔡锦莹,等 1 利用生物反应器培养台湾红豆杉生产紫杉醇 [J] 1 林业研究专讯(台湾), 2003b, 52(2): 20~23
- [5] 陈毓亨,白守梅 1 南方红豆杉紫杉烷高含量植株系 RAPD 初步研究 [J] 1 植物学报, 1999, 41(8): 829~832
- [6] Ho C K, Chang S H, Chen Z Z, et al Variation in content of taxanes in needles and stems of *Taxus mairei* trees naturally distributed in Taiwan [J]. Taiwan Journal of Forest Science, 1997, 12(1): 23~37

5世界林业研究 6征订启事

5世界林业研究 6是由中国林业科学研究院林业科技信息研究所主办、目前全国唯一的专门研究世界各国林业的综合性学术类期刊。自 1988年创刊以来,始终坚持办刊方针,突出以综述为主、以研究国外为主的特点,集介绍世界林业发展战略和方针政策、论述林业各学科发展水平和趋势、报道林业新理论和新技术于一身,为制定我国林业发展战略和方针政策、探索林业发展道路,以及促进林业生产、科研、教育、国际交流和贸易服务。目前,5世界林业研究 6已办成一个具有较高学术影响、有自己特色的世界林业研究领域的权威刊物,其独特的报道形式和内容赢得了林业部门各位领导和专家的肯定,以及众多读者的好评。在制定我国林业发展战略、促进林业科学研究、加强对外学术交流和推动林业科技创新方面发挥了重大作用。

本刊设有/综合述评 0 /专题论述 0 /各国林业 0 /问题探讨 0 /林业动态 0和/统计资料 0等栏目。双月刊,每双月底出版,大 16开,80页。国内外公开发行。国内统一刊号: CN1122080/S 每期定价 10元,全年 60元。邮发代号: 80286 欢迎广大读者随时订阅。

编辑部地址:北京万寿山后 中国林科院科信所 5世界林业研究 6编辑部

邮政编码: 10091

联系电话: (010)62889735

电子邮箱: sjly@forestry.ac.cn

联系人:秦淑荣、刘丹