

24 个产地南方红豆杉在两试验点的 生长差异及其选择

肖 遥¹, 张 蕊^{1*}, 楚秀丽¹, 徐肇友², 孟现东³, 周志春¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江省林木育种技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311400;
2. 浙江省龙泉市林业科学研究院, 浙江 龙泉 323700; 3. 浙江省林业种苗管理总站, 浙江 杭州 310020)

摘要: [目的] 对南方红豆杉产地试验林分别在不同年份进行全林生长性状测定, 评估南方红豆杉产地早期选择的准确性和可靠性。[方法] 在浙江龙泉和浙江安吉两地同时开展了南方红豆杉产地试验, 通过对 24 个产地南方红豆杉树高、胸径和冠幅等生长性状的 10 a 跟踪观测, 以明确早期选择的准确性并优选出一批生长优良的产地。[结果] 浙江龙泉和浙江安吉两地点 24 个产地南方红豆杉 10 年生树高、胸径和冠幅变异系数分别达 6.58%、15.14%、11.18% 和 9.17%、17.18%、17.14%。浙江龙泉点不同产地南方红豆杉 10 年生树高和胸径均值分别比浙江安吉点高 29.02% 和 10.88%。浙江安吉和浙江龙泉两地点 24 个产地南方红豆杉 7 年生树高与 10 年生树高的相关系数分别为 0.780 ($P < 0.01$) 和 0.769 ($P < 0.01$), 均大于两地点 4 年生树高与 10 年生树高的相关系数 0.479 ($P < 0.05$) 和 0.649 ($P < 0.01$)。[结论] 南方红豆杉生长性状具有显著的产地、地点以及产地 × 地点的互作效应。以 10 年生树高、胸径以及 7~10 年生树高和胸径生长量均值为筛选标准, 采用独立淘汰法分别从龙泉点和安吉点选出 7 个和 3 个速生优良产地。

关键词: 南方红豆杉; 产地; 树龄; 遗传变异; 选择

中图分类号: S791.49

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)02-0342-07

Growth Variation and Selection of *Taxus wallichiana* var. *mairei* from 24 Locations in Two Trial Plots

XIAO Yao¹, ZHANG Rui¹, CHU Xiu-li¹, XU Zhao-you², MENG Xian-dong³, ZHOU Zhi-chun¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding of Zhejiang Province, Hangzhou 311400, Zhejiang, China; 2. Longquan Forestry Institute of Zhejiang Province, Longquan 323700, Zhejiang, China; 3. Management General Station of Forest Seedling of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] To select *Taxus wallichiana* var. *mairei* provenances with high productivity, good stability. [Method] The *T. wallichiana* var. *mairei* from 24 locations of 10 provinces were used to study the phenotypic variation in tree height, DBH and crown at the age of 10 by variance analysis and multiple comparisons at two sites in Longquan and Anji trial plots, to choose the excellent location and ascertain the effect of early selection. [Result] The variable coefficient of height, DBH and crown diameter of these 10-year-old *T. wallichiana* var. *mairei* at the two trial plots were 6.58%, 15.14%, 11.18% and 9.17%, 17.18%, 17.14%. The result of site effect indicated that the mean height and DBH of 10-year-old *T. wallichiana* var. *mairei* among locations in Longquan trial plot were 29.02% and 10.88% higher than that of locations in Anji trial plot. It was indicated that the correlation coefficient among 7 a height and 10a height from different locations in Anji and Longquan were 0.780 ($P < 0.01$) and

收稿日期: 2016-06-19

基金项目: 浙江省农业(林木)新品种选育重大科技专项重点课题(2016C02056-3)。

作者简介: 肖 遥(1990—),男,四川成都人,硕士,主要从事珍贵树种遗传育种研究。

* 通讯作者: 张 蕊,女,助理研究员,博士,主要从事珍贵树种遗传改良研究。E-mail: nuirui0218@126.com

0.769 ($P < 0.01$), respectively. And they were bigger than the correlation coefficient 0.479 ($P < 0.05$) and 0.649 ($P < 0.01$) among 4 a height and 10 a height from different locations in Anji and Longquan. [Conclusion] Most of the growth characteristics of *T. wallichiana* var. *mairei* from the 24 locations have significant effects among locations, sites, and the interaction effect of location \times site. This study also indicates that the bigger the age of trees, the better the select effect, and improper early selection may result in wrong choice or leave out some excellent locations. 7 and 3 excellent locations from Longquan and Anji are finally selected by means of independent culling method based on the 10 a height and DBH and 7-10 a growth of height and DBH, respectively.

Keywords: *Taxus wallichiana* var. *mairei*; provenance; tree age; genetic variation; selection

南方红豆杉 (*Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et H. Léveillé) L. K. Fu et Nan Li) 隶属红豆杉科 (Taxaceae) 红豆杉属 (*Taxus* Linn.), 主要分布于我国华东、华中、华南、西南和西北地区^[1]。南方红豆杉不仅能提取紫杉醇, 具有抗癌作用, 而且其材质坚硬, 质地优良, 是生产高档家具和实木制品的珍贵用材树种^[2]。当今社会人们对木材产品的品质要求越来越高, 珍贵用材需求也逐渐加大。因此, 以用材为目的的南方红豆杉育种具有重要的应用价值和现实意义。

缩短林木育种周期, 加快育种进程是提高用材收益的有效办法, 而早期选择是林木育种的有效手段之一^[3], 如 Zhou 等^[4]评估了欧洲赤松 (*Pinus sylvestris* Linn.) 木材性质的早期选择效果, 发现 8 年生是评价木材弹性模数的适宜年龄; 杨世桢等^[5]对比了水曲柳 (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) 各性状早、晚期相关性, 发现其天然林和人工林早期最佳选择年龄分别为 25 年生和 15 年生。此外, 多数珍贵用材树种种源或家系的优选研究同样认为早期选择具有一定可靠性, 能有效提高育种效率^[6,7]; 然而, 欧洲云杉 (*Picea abies* Linn.)^[8] 和马尾松 (*P. massoniana* Lamb.)^[9] 的研究发现, 其无性系或种源生长有早期生长快后期生长慢, 或早期生长慢后期生长快等多种类型, 这意味着早期选择可能会导致选择的结果不准确, 会漏选或误选部分优良品系。因此, 在开展林木早期选择时有必要对其生长进行长期跟踪调查, 以检验选择结果的准确性以及明确其最佳的选择年龄。就南方红豆杉而言, 已开展优良种源和家系选择的遗传改良工作, 且取得了良好的成效^[10-13], 但多数研究仅探讨了南方红豆杉苗期和幼龄期的遗传变异情况。鉴于此, 本研究对浙江龙泉和浙江安吉两地建立的南方红豆杉产地试验林分别在不同年份进行了全林生长性状测定, 旨在为评估南方红豆杉产地早期选择的准确性和可靠性提供科

学依据, 并选择出一批适生于不同立地条件的速生优良产地。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验在浙江省龙泉市林科院上圩林区和安吉县刘家塘林场两地点同时开展。两地点气候类型均属亚热带季风气候, 地理坐标分别为 119°07'E、28°04'N 和 119°41'E、30°38'N。浙江龙泉年平均气温 17.6℃, 1 月平均气温 8℃, 7 月平均气温 30℃, 年降水量 1 699.4 mm, 无霜期 263 d, 全年日照时数 1 849.8 h, 立地条件较优, 土壤肥力中偏上; 浙江安吉年平均气温 16.6℃, 1 月平均气温 5℃, 7 月平均气温 29℃, 年降水量 1 344.1 mm, 无霜期 243 d, 全年日照时数 2 001.3 h, 立地相对一般, 土壤肥力较低。

1.2 试验材料

以来自全国 10 个省份、24 个产地的南方红豆杉为试验材料^[12]。2006 年初在福建明溪育苗, 2007 年在浙江龙泉市林科院农田上将其培育成 3 年生大苗 (加苗龄), 于 2009 年 1 月分别植于两地点, 此时苗木为 3 年生大苗。浙江龙泉点材料前期在庇荫条件下生长, 后期伐除伴生树种; 浙江安吉点材料在全光照条件下生长。两地南方红豆杉苗至 2015 年底已生长 10 a (加苗龄)。

1.3 试验设计和测定方法

浙江龙泉和浙江安吉两地产地试验均采用完全随机区组设计, 5 次重复, 4 株单列小区, 每地点每个产地种植 20 株, 株距 2.0 m, 行距 2.5 m。于 2009 年底、2012 年底和 2015 年底分别对其进行全林生长性状测定。测定性状包括树高、胸径、冠幅以及树干通直度, 由于 2009 年苗木树高相对较矮, 未测定胸径指标。树干通直度分为 1~5 个等级, 记为 1、2、3、4、5, 其中, 1 代表严重弯曲, 5 代表通直, 数值越大表示树干越通直。

1.4 数据处理

采用小区平均值进行性状方差分析,以检验南方红豆杉产地、地点以及产地×地点间的互作效应是否具有显著性差异。方差分析模型为:

$$Y_{ijkl} = u + L_i + B(L)_{j(i)} + P_k + LP_{ik} + B(L)P_{j(i)k} + e_{ijkl}$$

式中: Y_{ijkl} 为多点试验第*i*地点内第*j*区组第*k*产地第*l*小区平均值; u 为群体平均效应; L_i 为第*i*地点效应; $B(L)_{j(i)}$ 为第*i*地点内第*j*区组效应; P_k 为第*k*产地效应; LP_{ik} 为第*k*产地和第*i*地点互作效应; $B(L)P_{j(i)k}$ 为第*i*地点内第*j*区组和第*k*产地的互作效应; e_{ijkl} 为机误。

树干通直度经数据转换后再进行统计分析。采用SPSS 20.0软件进行方差分析、多重比较以及相关分析,图表均通过Excel 2007软件制作。

2 结果与分析

2.1 南方红豆杉生长的产地变异

方差分析结果表明:南方红豆杉生长性状中仅7~10年生树高生长量和10年生树干通直度在产地间差异不显著,其余生长性状在产地间均存在显著或极显著差异(表1),其中,南方红豆杉10年生树干通直度等级平均为2.06,意味着南方红豆杉树干普遍较通直,具有良好的珍费用材开发基础。从表2变异系数分析,浙江龙泉点不同产地幼林胸径、浙江安吉点幼林胸径和冠幅变异系数均超过15%。浙江安吉点幼林各生长性状变异系数均大于龙泉点。从变异幅度分析,浙江龙泉点幼林10年生树高、胸径和冠幅最大值比最小值分别高16.75%、

44.25%和17.67%;浙江安吉点10年生树高、胸径和冠幅最大值则比最小值分别高43.01%、127.11%和97.01%。以上均表明南方红豆杉生长在产地水平上具有较好的遗传改良基础,通过产地选择能取得良好的改良效果。

2.2 地点效应及产地×地点的互作

方差分析结果显示:不同产地南方红豆杉各性状均表现出显著或极显著的地点效应(表1),说明环境或立地条件对其生长影响显著。图1表明:浙江安吉点南方红豆杉幼林树高在4年生时显著高于浙江龙泉点,而浙江龙泉点幼林树高和胸径在7年生和10年生时均显著高于浙江安吉点;浙江龙泉点幼林10年生树高和胸径比浙江安吉点幼林高9.02%和10.88%;浙江安吉点幼林10年生树干通直度显著优于浙江龙泉点幼林。图2表明:浙江龙泉点幼林4~7年生和7~10年生树高生长量分别显著比浙江安吉点高42.68%和99.03%,浙江龙泉点幼林7~10年生胸径生长量比浙江安吉点幼林显著高9.09%,表明随着树龄的增加立地差异对南方红豆杉生长的影响逐渐突显出来,差距也随之加大。环境和立地因素对树高生长影响尤为明显,原因可能是浙江龙泉点立地条件较优,土壤肥力相对较高,且水热资源更丰富更适宜南方红豆杉高增长。

本研究还发现:南方红豆杉7年生树高、10年生树高、10年生胸径、7~10年生胸径生长量和10年生冠幅存在极显著的产地×地点的互作效应(表1),但4年生树高和7年生胸径并未表现出显著的地点与产地互作。可见,不同生长阶段南方红豆杉产地×地点的互作效应存在差异。

表1 南方红豆杉生长性状方差分析

Table 1 Analysis of variance of growth traits of *T. wallichiana* var. *mairei*

性状 Traits	变异来源 Variation source			误差 Random error	
	产地 Location	地点 Site	产地×地点 Location×Site	均方 MS	自由度 df
4年生树高 4-year-old height	0.070**	0.304**	0.031	0.033	192
7年生树高 7-year-old height	0.144**	3.248**	0.116**	0.059	192
10年生树高 10-year-old height	0.265**	50.380**	0.299**	0.091	192
4~7年生树高生长量 4-7-year-old height increment	0.077*	4.411**	0.074	0.048	192
7~10年生树高生长量 7-10-year-old height increment	0.087	28.112**	0.115	0.094	192
7年生胸径 7-year-old DBH	0.552**	5.686**	0.318	0.255	192
10年生胸径 10-year-old DBH	3.625**	24.194**	3.006**	1.123	192
7~10年生胸径生长量 7-10-year-old DBH increment	2.551**	6.367*	2.070**	1.055	192
10年生冠幅 10-year-old crown breadth	0.272**	21.456**	0.315**	0.137	192
10年生树干通直度 10-year-old stem straightness	0.017	0.673**	0.012	0.011	192

注:*代表5%显著性差异,**代表1%显著性差异;产地、地点以及产地×地点的自由度分别为23、1和23。

Note: * indicate 5% significant difference, ** indicate 1% significant difference; Degree of freedom of location, site and location × site were 23, 1 and 23, respectively.

表2 两地点不同产地南方红豆杉生长性状($\bar{X} \pm SD$)

Table 2 Growth traits of *T. wallichiana* var. *mairei* from different location in two sites($\bar{X} \pm SD$)

编号 Number	产地 Location	浙江龙泉 Longquan of Zhejiang			浙江安吉 Anji of Zhejiang		
		树高 Height/m	胸径 DBH/cm	冠幅 Crown breadth/m	树高 Height/m	胸径 DBH/cm	冠幅 Crown breadth /m
1	安徽黄山 Huangshan of Anhui	3.97 ± 0.36	6.32 ± 1.44	2.60 ± 0.62	3.71 ± 0.56	7.06 ± 0.68	2.57 ± 0.23
2	福建明溪 Mingxi of Fujian	4.22 ± 0.24	6.79 ± 0.45	2.71 ± 0.21	2.83 ± 0.41	6.26 ± 1.39	1.79 ± 0.36
3	福建宁化 Ninghua of Fujian	4.12 ± 0.27	6.42 ± 1.59	2.80 ± 0.34	3.40 ± 0.32	5.23 ± 0.81	2.11 ± 0.14
4	福建沙县 Shaxian of Fujian	4.40 ± 0.16	7.07 ± 0.66	2.77 ± 0.38	3.14 ± 0.12	7.54 ± 0.81	2.10 ± 0.30
5	福建武平 Wuping of Fujian	4.06 ± 0.53	7.14 ± 1.15	2.93 ± 0.25	3.03 ± 0.38	3.99 ± 0.52	1.60 ± 0.38
6	福建武夷山 Wuyishan of Fujian	3.98 ± 0.42	6.32 ± 0.38	2.59 ± 0.11	2.98 ± 0.33	6.36 ± 1.72	2.32 ± 0.36
7	福建柘荣 Zherong of Fujian	4.01 ± 0.20	6.03 ± 0.72	2.74 ± 0.26	2.81 ± 0.26	6.48 ± 1.24	1.94 ± 0.17
8	广西三江 Sanjian of Guangxi	4.21 ± 0.16	6.93 ± 1.37	2.78 ± 0.32	3.12 ± 0.39	5.95 ± 1.16	2.48 ± 0.86
9	贵州都匀 Duyun of Guizhou	3.85 ± 0.32	5.13 ± 0.73	2.62 ± 0.14	2.97 ± 0.21	4.42 ± 0.77	1.71 ± 0.16
10	贵州梵净山 Fanjingshan of Guizhou	4.46 ± 0.19	7.40 ± 1.50	2.76 ± 0.21	3.04 ± 0.27	6.63 ± 0.79	2.08 ± 0.34
11	贵州锦屏 Jinping of Guizhou	4.05 ± 0.33	5.78 ± 0.80	2.64 ± 0.25	3.24 ± 0.40	5.02 ± 1.09	1.84 ± 0.45
12	贵州黎平 Liping of Guizhou	4.08 ± 0.34	6.47 ± 0.80	2.68 ± 0.25	2.98 ± 0.28	5.17 ± 0.86	2.13 ± 0.24
13	湖北恩施 Enshi of Hubei	3.82 ± 0.31	5.94 ± 0.43	2.54 ± 0.15	3.11 ± 0.12	6.78 ± 1.27	2.36 ± 0.38
14	湖南靖州 Jinzhou of Hu'nan	4.11 ± 0.27	6.42 ± 0.80	2.86 ± 0.51	3.28 ± 0.21	5.60 ± 1.01	2.34 ± 0.46
15	湖南桑植 Sangzhi of Hu'nan	4.15 ± 0.16	6.43 ± 0.90	2.67 ± 0.44	3.49 ± 0.42	7.09 ± 1.76	2.64 ± 0.74
16	湖南绥宁 Suining of Hu'nan	4.07 ± 0.25	6.37 ± 1.01	2.75 ± 0.30	3.17 ± 0.30	5.24 ± 1.21	2.16 ± 0.63
17	湖南通道 Tongdao of Hu'nan	3.99 ± 0.14	5.64 ± 0.47	2.49 ± 0.18	3.89 ± 0.46	6.76 ± 0.80	2.62 ± 0.45
18	江西井冈山 Jinggangshan of Jiangxi	4.11 ± 0.48	6.86 ± 1.58	2.73 ± 0.27	3.73 ± 0.25	6.03 ± 0.47	2.06 ± 0.12
19	江西龙南 Longnan of Jiangxi	4.01 ± 0.08	6.40 ± 0.76	2.84 ± 0.32	2.72 ± 0.24	4.97 ± 0.68	2.16 ± 0.43
20	江西庐山 Lushan of Jiangxi	3.91 ± 0.41	6.09 ± 1.90	2.67 ± 0.43	3.10 ± 0.09	6.10 ± 0.84	2.06 ± 0.42
21	江西武宁 Wuning of Jiangxi	4.17 ± 0.26	6.86 ± 0.61	2.88 ± 0.41	3.19 ± 0.29	4.97 ± 1.03	2.07 ± 0.11
22	四川峨眉山 Emeishan of Sichuan	4.04 ± 0.29	6.36 ± 1.21	2.69 ± 0.40	3.32 ± 0.35	5.87 ± 0.53	1.89 ± 0.29
23	云南石屏 Shiping of Yunnan	4.15 ± 0.16	6.67 ± 0.99	2.80 ± 0.31	3.06 ± 0.22	6.10 ± 1.81	2.37 ± 0.51
24	浙江龙泉 Longquan of Zhejiang	4.15 ± 0.13	6.34 ± 1.09	2.54 ± 0.19	2.79 ± 0.11	3.32 ± 0.61	1.34 ± 0.16
均值 Average value		4.09	6.42	2.71	3.17	5.79	2.11
变幅 Range of variation		3.82~4.46	5.13~7.40	2.49~2.93	2.72~3.89	3.32~7.54	1.34~2.64
变异系数 Coefficient of variation		6.58%	15.14%	11.18%	9.17%	17.18%	17.14%

注:表中树高、胸径和冠幅均为10年生测定值。

Note: The height, DBH and crown breadth were 10 years old data.

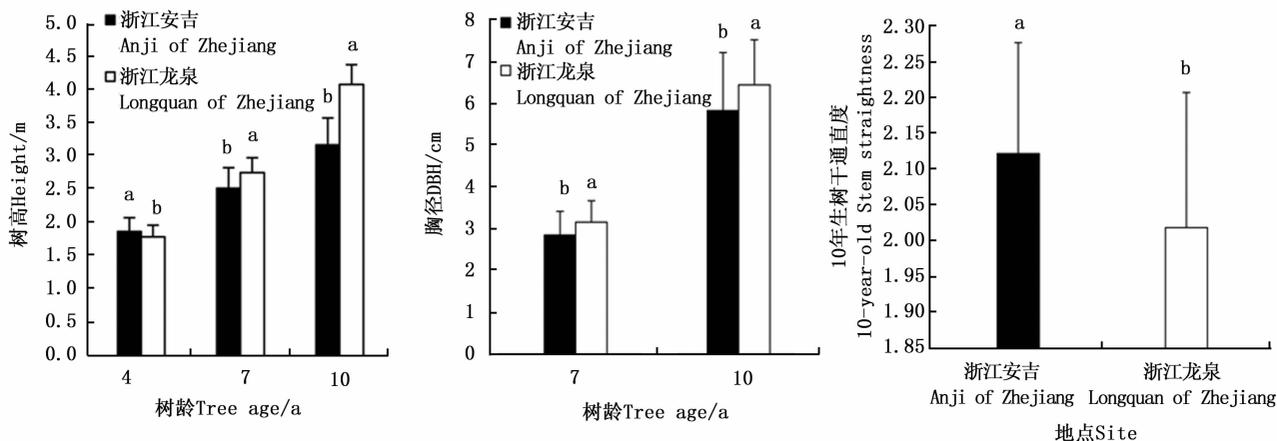


图1 两地点不同树龄南方红豆杉树高、胸径和树干通直度差异(不同小写字母表示5%差异显著)

Fig. 1 Difference of height, DBH and stem straightness of *T. wallichiana* var. *mairei* in two sites

(The different letter indicate 5% significant difference, the same below.)

2.3 不同产地南方红豆杉生长性状相关分析

南方红豆杉幼林生长性状相关分析结果(表3)表明:浙江龙泉和浙江安吉两地幼林树干通直度均与其它性状的相关均不显著,说明树干通直度是相对独立的性状,优良产地筛选时可单独考虑该性状;而两地4年生、7年生和10年生树高相互均呈显著或极显著正相关,且均与7年生胸径呈极显著正相关,说明优良产地初选具有较好的可靠性。不同的是浙江安吉点幼林10年生胸径与4年生、7年生和10年生树高均未表现出显著的相关性,而浙江龙泉点幼林10年生胸径与其呈极显著相关,这可能和立地环境差异有关。此外,浙江安吉点和浙江龙泉点幼林7年生树高与10年生树高相关系数分别为0.780和0.769,均大于4年生树高与10年生树高的相关系数(两地点分别为0.479和0.649),意味着

树龄越大优良产地的选择效果越准确。

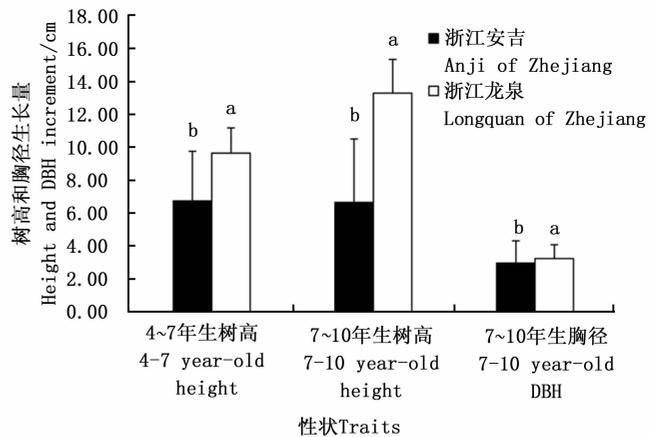


图2 两地点南方红豆杉树高生长量和胸径生长量差异
Fig.2 Difference of height increment and DBH increment of *T. wallichiana* var. *mairei* in two sites

表3 不同产地南方红豆杉生长性状相关分析

Table 3 Correlation analysis of growth traits of *T. wallichiana* var. *mairei* from different location

性状 Traits	4年生树高 4-year-old height	7年生树高 7-year-old height	10年生树高 10-year-old height	7年生胸径 7-year-old DBH	10年生胸径 10-year-old DBH	10年生树干通直度 10-year-oldstem straightness
4年生树高 4-year-old height	1	0.709**	0.479*	0.649**	0.267	0.244
7年生树高 7-year-old height	0.744**	1	0.780**	0.895**	0.306	0.299
10年生树高 10-year-old height	0.649**	0.769**	1	0.726**	0.246	0.386
7年生胸径 7-year-old DBH	0.726**	0.732**	0.624**	1	0.515**	0.336
10年生胸径 10-year-old DBH	0.649**	0.734**	0.793**	0.728**	1	-0.074
10年生树干通直度 10-year-oldstem straightness	0.189	0.162	0.062	-0.028	-0.019	1

注:表格右上方为浙江安吉点不同产地幼林生长相关分析;左下角为浙江龙泉点不同产地幼林生长相关分析。

Note: The top right corner is the correlation coefficient of growth traits from Anji of Zhejiang; the top left corner is the correlation coefficient of growth traits from Longquan of Zhejiang.

2.4 南方红豆杉优良产地筛选

采用独立淘汰法对浙江龙泉和浙江安吉两地分别进行优良产地的筛选(图3、4)。以10年生树高、胸径及7~10年生树高、胸径生长量为两组筛选指标,每一组中所有性状均大于或等于群体均值的产地才被纳入优良产地范畴。在浙江龙泉点,根据10年生树高和胸径指标,筛选出10个产地,而以7~10年生树高和胸径生长量为指标筛选出9个产地。两组所选的产地中有7个重叠产地,分别为福建明溪、福建宁化、福建沙县、广西三江、贵州梵净山、江西景岗山和江西武宁,其中,福建沙县和贵州梵净山2个产地幼林生长表现最优。在浙江安吉点以同样的筛选方式,根据10年生树高和胸径指标筛选出安徽黄山、湖南桑植、湖南通道、江西井冈山和四川峨眉5个产地,而以7~10年生树高和胸径生长量为指标筛选出安徽黄山、福建沙县、福建武夷山、广

西三江、湖南桑植、湖南通道和江西庐山7个产地,其中,安徽黄山、湖南桑植和湖南通道3个产地具有较大的生长潜力。

3 讨论

南方红豆杉是红豆杉属中生长最快且材质优良、极具开发潜力的珍贵用材树种,但由于人为过度砍伐,其天然种质遭到严重破坏,已被列入我国珍稀濒危保护植物^[14]。因此,人工选育一批南方红豆杉优良产地,进一步改良其生长性状是开发利用该树种的有效方法。本研究利用在浙江安吉和浙江龙泉两地设置的24个产地南方红豆杉试验林,对其生长性状进行了10a持续观测。结果显示,树龄分别在4年生、7年生和10年生时南方红豆杉生长性状具有显著或极显著的产地效应、地点效应以及产地×地点的交互效应,这与张蕊等^[11]研究发现福建明溪

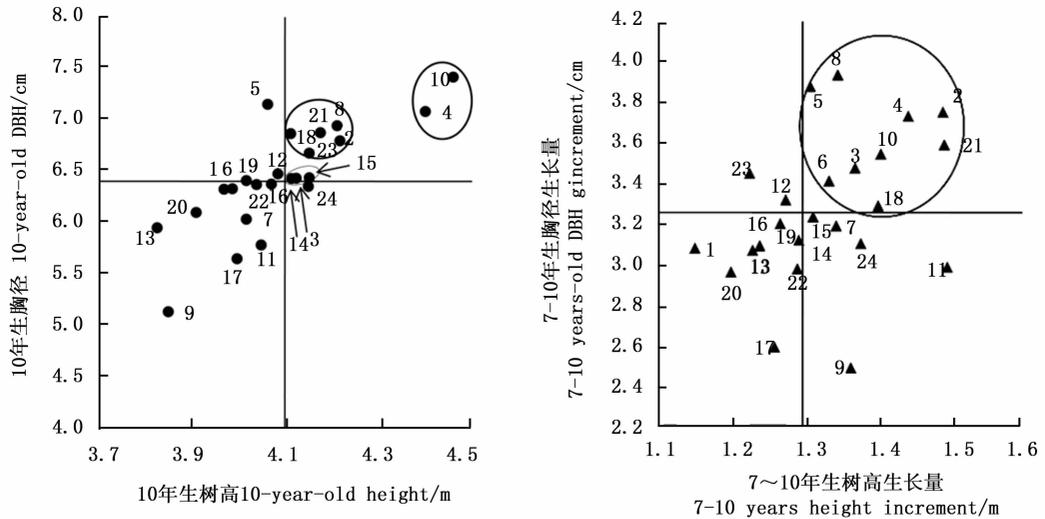


图3 浙江龙泉点南方红豆杉优良产地筛选

Fig. 3 Selection of excellent location *T. wallichiana* var. *mairei* in Longquan

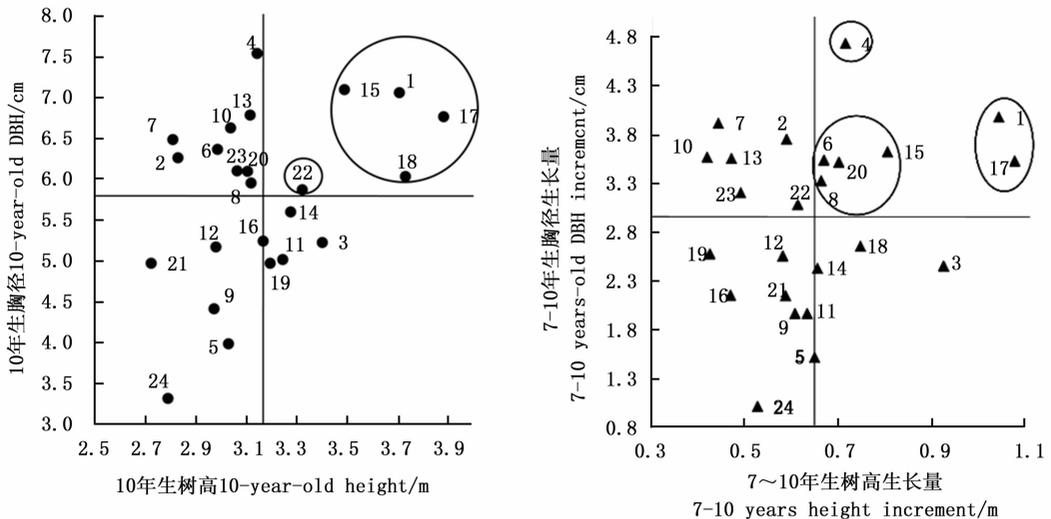


图4 浙江安吉点南方红豆杉优良产地筛选

Fig. 4 Selection of excellent location *T. wallichiana* var. *mairei* in Anji

和浙江龙泉两地生长的南方红豆杉2年生幼苗种源树高和冠幅等性状具有显著种源变异的结果类似,说明在不同生长阶段南方红豆杉种源遗传变异均较大,通过优良种源的筛选能取得较好的改良效果。

多数研究已证实,不同地点的环境差异是影响林木生长的重要因素之一^[15-16]。本文研究发现,地点效应对南方红豆杉生长影响显著,浙江龙泉点幼林7年生树高、胸径及10年生胸径均值均显著高于浙江安吉点幼林10%左右,其10年生树高比浙江安吉点幼林高29.02%。这与本课题组前期研究发现4年生南方红豆杉种源生长变异中浙江安吉点种源树高等性状显著优于浙江龙泉点的结果不同^[12],这可能与不同种源苗早期生长对立地适应能力具较大

差异有关。对比两地立地发现,龙泉点水热条件良好,土壤肥力优越,促进了南方红豆杉种源后期的生长。相关研究证实,优良的立地环境能显著促进植物生长,如西南桦(*Betula alnoides* Buch.)^[17]种源在较好立地上生长的胸径和树高比中等立地分别大2.3%~25.8%和15.1%~56.4%。相关研究表明,红豆杉(*T. wallichiana* var. *chinensis* (Pilger) Florin)生长与温度呈显著正相关,在一定范围内温度越高对生长越有利^[18];南方红豆杉对温度和水分要求严格,温度较低及水分不足均不利于其生长^[19]。

南方红豆杉幼林生长相关分析发现,浙江安吉点和浙江龙泉点幼林4年生与7年生树高相关系数

分别为0.709和0.744,7年生与10年生树高的相关系数分别为0.780和0.769,而两地4年生与10年生树高相关系数仅为0.479和0.649。这意味着树龄越相近生长相关越强,而过早开展产地选择可能会误选或漏选部分优良产地。类似的研究发现,相对于2年生水曲柳种源选择结果而言,6年生与14年生选择结果更为接近^[20],这也佐证了林木年龄过小不利于其优良种源选择。本研究10年生南方红豆杉虽仍处于幼龄阶段,但相对于4年生而言生长更加稳定,因此,对不同产地10年生幼林进行优选能有效改善早期的选择结果。此外,研究还发现,浙江安吉点幼林4年生树高与10年生胸径并未表现出显著相关性,说明环境或立地条件可能改变了南方红豆杉产地间的生长节律,致使各性状间的相关性在不同地点具有较大差异。这与已有研究发现环境因素对南方红豆杉家系生长节律具有显著影响,且家系苗高与生长节律参数的相关性在不同地点差异显著的结果类似^[21]。

4 结论

通过独立淘汰法,以10年生树高、胸径和7~10年生树高生长量、胸径生长量的平均值为入选最低值分别从浙江龙泉点和浙江安吉点筛选出适宜于当地生长的优良产地7个(福建明溪、福建宁化、福建沙县、广西三江、贵州梵净山、江西景岗山和江西武宁)和3个(安徽黄山、湖南桑植和湖南通道)。对比选择结果发现,两地没有筛选出相同的优良产地,表明供试不同产地南方红豆杉生长的遗传稳定性较弱,须根据不同地理环境条件选择适宜特定生态区的优良产地才能使优选效果达到最佳。因此,从两地地理环境来看,浙江龙泉点所选的优良产地应在气候温暖,降雨充足且立地优良的环境条件下进行推广栽培,而浙江安吉点所选出的优良产地则适宜水热资源相对欠佳的偏北地区推广。另外,根据不同育种目标,利用较差立地环境中生长的不同产地南方红豆杉幼林(浙江安吉点)筛选抗逆品种,这对选育后期生长潜力大,适应性更广的南方红豆杉品种具有重要的意义。

参考文献:

[1] Fu L G, Li N, Mill R R. Taxaceae[M]. Wu Z Y, Raven P H. Flora of China 4. Beijing: Science Press. St Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden Press, 1999: 89-96.
[2] 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.
[3] Bombonato A L, Gouvêa L R L, Verardi C K, et al. Rubber tree ortet-ramet genetic correlation and early selection efficiency to reduce rubber tree breeding cycle[J]. Industrial Crops & Products, 2015, 77: 855-860.
[4] Zhou H, Fries A, Wu X H. Age trend of heritability, genetic correlation, and efficiency of early selection for wood quality traits in Scots pine [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2014, 45(7): 817-825.
[5] 杨世桢,王继志,陈晓波,等. 长白山地区水曲柳的早期选择[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(2): 20-21.
[6] 史富强,童清,杨华景,等. 柚木优良无性系的早期选择[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(2): 14-16.
[7] 朱积余,申文辉,蒋燚,等. 红锥家系遗传变异与优良家系选择[J]. 热带亚热带植物学报, 2014, 22(3): 270-280.
[8] Isik K, Kleinschmit J, Svolba J. Survival, growth trends and genetic gains in 17-year old Picea abies clones at seven test sites[J]. Silvae Genetica, 1995, 44(2/3): 116-128.
[9] 金国庆,秦国峰,刘伟宏,等. 不同林龄马尾松的种源选择效果[J]. 林业科学, 2011, 47(20): 39-45.
[10] 焦月玲,周志春,余能健,等. 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[J]. 林业科学研究, 2007, 20(3): 363-369.
[11] 张蕊,周志春,余能健,等. 不同种源南方红豆杉幼林生长和紫杉醇含量的研究[J]. 林业科学研究, 2011, 24(1): 56-62.
[12] 王艺,张蕊,冯建国,等. 不同种源南方红豆杉生长差异分析及早期速生优良种源筛选[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(4): 41-47.
[13] 肖遥,楚秀丽,尹增芳,等. 不同产地南方红豆杉各家系幼苗生长、光合生理与株高生长节律的差异分析[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(1): 34-42.
[14] 茹文明,张金屯,张峰,等. 濒危植物南方红豆杉濒危原因分析[J]. 植物研究, 2006, 26(5): 624-628.
[15] 王军辉,顾万春,李斌,等. 桉木优良种源/家系的选择研究——生长的适应性和遗传稳定性分析[J]. 林业科学, 2000, 36(3): 59-66.
[16] 徐有明,徐姗姗,林汉,等. 火炬松种源建筑材抗弯性质的变异及与树龄、晚材率、木材密度的关系[J]. 林业科学, 2007, 43(2): 77-83.
[17] 林玉清,黄伟强,陈国彪,等. 立地对西南桦不同种源生长的影响[J]. 福建林业科技, 2007, 34(2): 5-9.
[18] 吴普,王丽丽,黄磊. 五个中国特有针叶树种树轮宽度对气候变化的敏感性[J]. 地理研究, 2006, 25(1): 43-52.
[19] 包晴忠,邹光启. 云南省红豆杉树种生态特性的比较研究[J]. 林业调查规划, 2005, 30(3): 94-99.
[20] 赵兴堂,夏德安,曾凡锁,等. 水曲柳生长性状种源与地点互作及优良种源选择[J]. 林业科学, 2015, 51(3): 140-147.
[21] 肖遥,楚秀丽,徐肇友,等. 南方红豆杉2年生容器苗多点试验的生长节律家系变异[J]. 林业科学研究, 2016, 29(2): 238-244.

(责任编辑:金立新)