

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

王 艺^{1,2}, 张 蕊¹, 冯建国³, 周红敏³, 孟现东⁴, 周志春^{1,①}

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070;
3. 浙江省龙泉市林业科学研究所, 浙江 龙泉 323700; 4. 浙江省林业种苗管理总站, 浙江 杭州 310020)

摘要: 在浙江龙泉和安吉试验点, 对来源于 10 省(区) 24 个种源的南方红豆杉 [*Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li] 4 年生幼苗的 7 个生长指标进行了测定及方差分析, 并对生长指标间以及生长指标与地理-气候因子间的相关性进行了分析; 此外, 以树高和地径为标准初步筛选出一些速生优良种源。测量结果显示: 2 个试验点不同种源 4 年生幼苗的树高、地径、当年抽梢长和侧枝数以及侧枝的最大长度及最大直径的变化幅度以及安吉试验点各种源幼苗冠幅的变化幅度均在 25% 以上, 说明各种源间生长指标的差异较大。方差分析结果表明: 龙泉试验点各种源间幼苗侧枝的最大直径以及安吉试验点各种源间幼苗的树高无显著差异, 其他生长指标在种源间均有显著或极显著差异, 且冠幅、当年抽梢长和侧枝的最大长度具有显著或极显著的种源-地点互作效应。相关性分析结果表明: 幼苗的冠幅与地径和树高呈显著或极显著的正相关, 且侧枝的最大长度与树高和冠幅也呈显著或极显著的正相关; 虽然 2 个试验点间各种源幼苗的 7 个生长指标与地理-气候因子的相关性有一定差异, 但总体上未表现出明显的地理变异模式。根据 2 个试验点幼苗树高和地径的综合表现, 初步筛选出湖南靖州、江西井冈山、福建沙县、江西武宁、云南石屏和贵州梵净山 6 个种源为南方红豆杉的早期速生优良种源。

关键词: 南方红豆杉; 生长指标; 方差分析; 相关分析; 速生性; 种源筛选

中图分类号: S791.49; S722.3⁺3 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)04-0041-07

Analysis on growth difference of *Taxus wallichiana* var. *mairei* from different provenances and selection of fast-growing provenances at early age WANG Yi^{1,2}, ZHANG Rui¹, FENG Jian-guo³, ZHOU Hong-min³, MENG Xian-dong⁴, ZHOU Zhi-chun^{1,①} (1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China; 2. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 3. Longquan Forestry Institute of Zhejiang Province, Longquan 323700, China; 4. Management General Station of Forest Seedling of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, 21(4): 41-47

Abstract: In test plots of Longquan and Anji of Zhejiang Province, seven growth indexes of 4-year-old seedlings of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li from 24 provenances of 10 provinces were determined and their variance analyses were also carried out, and the correlations among growth indexes and between growth indexes and geographical-climatic factors were also analyzed. Otherwise, taking height and ground diameter as standards, the fast-growing provenances were also preliminarily selected. The determination results indicate that change ranges of height, ground diameter, length of shoot and number of lateral branch in current year, maximum length and maximum diameter of lateral branch of 4-year-old seedlings from different provenances in two test plots and change range of crown width of seedlings from different provenances in Anji all are above 25%, meaning that there are great differences in growth indexes among provenances. The results of variance analysis show that differences in maximum diameter of lateral branch of seedling in Longquan and in height of seedling in Anji are not significant among different provenances, while differences in other growth indexes are

收稿日期: 2011-12-15

基金项目: 国家级林业科技成果推广项目([2011]03); 国家农业成果转化资金项目(2010GB24320616)

作者简介: 王 艺(1987—), 男, 四川雅安人, 硕士研究生, 主要从事亚热带珍贵树种育种和培育技术研究。

①通信作者 E-mail: zezhou_risf@163.com

significant or extremely significant among different provenances. And crown width, length of shoot in current year and maximum length of lateral branch all have significant or extremely significant effects of provenance-location interaction. The results of correlation analysis show that there is significantly or extremely significantly positive correlation between crown width and ground diameter or height, and also, there is significantly or extremely significantly positive correlation between maximum length of lateral branch and height or crown width. Although, there is a certain difference in correlation between seven growth indexes of seedlings from different provenances and geographical-climatic factors among two test plots, in a whole, these growth indexes do not appear obvious geographic variation pattern. According to the comprehensive performance of height and ground diameter of seedlings in two test plots, six provenances from Jingzhou of Hu'nan, Jingtangshan of Jiangxi, Shaxian of Fujian, Wu'ning of Jiangxi, Shiping of Yunnan and Fanjingshan of Guizhou are preliminarily selected for fast-growing provenances of *T. wallichiana* var. *mairei* at early age.

Key words: *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li; growth index; variance analysis; correlation analysis; fast-growing; provenance selection

随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,人们对珍贵用材的需求量越来越大,常出现供不应求的局面,直接导致其价格一路走高。现阶段中国珍贵用材资源十分短缺,在很大程度上依赖进口,但目前珍贵木材的进口面临巨大压力^[1]。因此,只有加强国内珍贵用材树种的培育、提高木材的产量和品质,才能从根本上解决珍贵用材短缺的现状。

南方红豆杉 [*Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li] 是红豆杉科 (Taxaceae) 红豆杉属 (*Taxus* L.) 喜马拉雅红豆杉 (*T. wallichiana* Zucc.) 的变种^[2], 属国家 I 级重点保护野生植物。它不仅具有较高的药用价值, 而且也是高档家具、装饰用材的优良树种, 但南方红豆杉天然林生长缓慢、资源稀缺、木材采伐周期较长^[3-4], 加强南方红豆杉人工速生优质用材林的培育具有重要意义。南方红豆杉广泛分布于浙江、福建、江西、湖南和云南等省, 具有较高的遗传多样性^[5-7], 且种内变异丰富, 因此, 对其主产区的速生优良种源进行选育是快速提高南方红豆杉林木产量和品质的途径之一。焦月玲等^[8]的研究结果表明: 来源于 6 个产区不同种源的南方红豆杉苗期和幼林的速生性有较大差异, 且苗高生长较快的种源其苗木质量优于其他种源。张蕊等^[9]的研究结果表明: 在圃地人工庇荫栽培条件下, 不同种源 2 年生南方红豆杉幼树的树高、地径、冠幅、分枝性状、单株鲜枝叶生物量及枝叶紫杉醇含量等均存在显著差异, 优良种源的选择潜力很大。

为了进一步揭示南方红豆杉不同种源间的生长差异及地理变异模式, 作者对栽植于浙江龙泉和安吉的 24 个种源的南方红豆杉 4 年生幼苗的 7 个生长性

状进行了测定, 并分析了各生长性状间及其与地理-气候因子间的相关性, 以期筛选出一批速生优良的南方红豆杉种源, 为其珍贵用材林建设提供基础研究数据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的 24 个南方红豆杉种源分别种植于浙江省龙泉市林业科学研究所国家杉木良种基地上圩林区 (东经 119°07'、北纬 28°04') 和安吉县刘家塘林场国家金钱松良种基地 (东经 119°41'、北纬 30°38'), 均为 4 年生试验林。2009 年春在龙泉试验点圃地人工庇荫条件下培育 2 年生大苗, 带土球定植建成试验林。2 片林地原来分别为人工阔叶林和马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 天然次生林, 经采伐后保留上层较少的遮阳树, 立地条件中等偏上。24 个种源来自福建、浙江、江西、安徽、湖南、湖北、四川、广西、贵州及云南, 各种源地的地理坐标见表 1。

1.2 方法

采用完全随机区组设计, 2 片试验林均包括 24 个种源, 每小区 4 株, 单列种植, 株、行距分别为 2.0 m 和 2.5 m; 其中, 龙泉试验点每种源 20 株, 有 5 个重复小区; 安吉试验点每种源 16 株, 有 4 个重复小区。试验林定植后每年分别于 5 月和 9 月各劈抚 1 次。

在 2010 年底用测高尺和游标卡尺测量试验林全部幼苗的生长指标, 包括树高、地径、冠幅、当年抽梢长 (每株选 5 ~ 10 支当年抽梢进行测量)、当年侧枝数、侧枝的最大长度和最大直径 7 个指标。

表1 供试南方红豆杉24个种源地的地理坐标

Table 1 The geographic coordinate of twenty-four provenance plots of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lév.) L. K. Fu et Nan Li tested

种源地 Provenance plot	经度 Longitude	纬度 Latitude	种源地 Provenance plot	经度 Longitude	纬度 Latitude
浙江龙泉 Longquan of Zhejiang	E119°07'	N28°04'	湖北恩施 Enshi of Hubei	E109°29'	N30°16'
福建武夷山 Wuyishan of Fujian	E118°02'	N27°45'	湖南桑植 Sangzhi of Hu'nan	E110°09'	N29°24'
福建柘荣 Zherong of Fujian	E119°54'	N27°14'	湖南靖州 Jingzhou of Hu'nan	E109°41'	N26°34'
福建沙县 Shaxian of Fujian	E117°47'	N26°23'	湖南通道 Tongdao of Hu'nan	E109°47'	N26°09'
福建宁化 Ninghua of Fujian	E116°39'	N26°15'	湖南绥宁 Suining of Hu'nan	E110°09'	N26°34'
福建明溪 Mingxi of Fujian	E117°12'	N26°21'	四川峨嵋山 Emeishan of Sichuan	E103°29'	N29°36'
福建武平 Wuping of Fujian	E116°06'	N25°05'	贵州锦屏 Jinping of Guizhou	E109°12'	N26°40'
安徽黄山 Huangshan of Anhui	E118°20'	N29°42'	贵州梵净山 Fanjingshan of Guizhou	E108°46'	N27°50'
江西武宁 Wu'ning of Jiangxi	E115°06'	N29°15'	贵州黎平 Liping of Guizhou	E109°08'	N26°13'
江西庐山 Lushan of Jiangxi	E115°59'	N29°33'	贵州都匀 Duyun of Guizhou	E107°31'	N26°15'
江西井冈山 Jinggangshan of Jiangxi	E114°17'	N26°44'	广西三江 Sanjiang of Guangxi	E109°36'	N25°46'
江西龙南 Longnan of Jiangxi	E114°47'	N24°54'	云南石屏 Shiping of Yunnan	E102°29'	N23°42'

1.3 数据处理和分析

以单株测定值为单元进行单试点和2个试验点的方差分析,以检验种源、地点及种源-地点互作效应的显著性;当年侧枝数的测定值需经 \sqrt{x} 转换。通过种源性状平均值间的相关分析揭示南方红豆杉种源生长和分枝性状的相关性,同时对种源性状与产地地理-气候因子(从当地气象部门获取)进行相关性分析,以揭示其地理变异规律。其中,方差分析和相关性分析均采用SAS 8.1统计分析软件完成。

2 结果和分析

2.1 南方红豆杉幼苗各生长指标的差异及方差分析

测量结果(表2)显示:南方红豆杉幼苗的树高和地径在不同种源间变幅较大。如龙泉试验点各种源幼苗的树高变幅为158.2~199.5 cm,安吉试验点为163.5~216.4 cm,树高最大值分别为最小值的1.26和1.32倍;龙泉和安吉试验点各种源幼苗地径变幅

分别为2.84~3.58和2.84~4.14 cm,地径最大值分别为最小值的1.26和1.46倍;龙泉试验点各种源幼苗的冠幅、当年抽梢长、当年侧枝数及侧枝的最大长度和最大直径变幅分别为128.0~155.1 cm、30.7~48.4 cm、2.63~3.39、96.4~123.4 cm和0.87~1.09 cm,而安吉试验点各种源幼苗上述指标的变幅则分别为143.3~190.7 cm、17.5~59.4 cm、2.44~3.85、15.3~55.2 cm和0.15~0.41 cm;除龙泉试验点各种源幼苗的冠幅外,2个试验点各种源幼苗当年抽梢长、当年侧枝数、侧枝的最大长度和最大直径以及安吉试验点各种源幼苗冠幅的变化幅度均在25%以上。值得注意的是,安吉试验点各种源幼苗的平均树高比龙泉试验点高5.8%,其幼苗平均冠幅比龙泉试验点高18.9%,立地效应十分明显。

方差分析结果(表3)表明:龙泉试验点各种源幼苗的树高有极显著差异($P=0.01$),地径、当年抽梢长和当年侧枝数则有显著差异($P=0.05$),而冠幅、侧枝的最大长度及最大直径则无显著差异。安吉试验点

表2 浙江龙泉和安吉试验点不同种源南方红豆杉幼苗7个生长指标的统计结果¹⁾Table 2 Statistical result of seven growth indexes of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lév.) L. K. Fu et Nan Li seedlings from different provenances cultivated in Longquan and Anji of Zhejiang Province¹⁾

试验点 Test plot	统计项目 Team	H/cm	D _G /cm	W _C /cm	L _S /cm	N _L	M _L /cm	M _D /cm
龙泉 Longquan	变幅 Range	158.2-199.5	2.84-3.58	128.0-155.1	30.7-48.4	2.63-3.39	96.4-123.4	0.87-1.09
	均值 Average	178.9	3.43	141.8	40.5	3.00	110.6	1.02
安吉 Anji	变幅 Range	163.5-216.4	2.84-4.14	143.3-190.7	17.5-59.4	2.44-3.85	15.3-55.2	0.15-0.41
	均值 Average	189.3	3.71	168.5	46.0	3.30	40.7	0.28

¹⁾ H: 树高 Height; D_G: 地径 Ground diameter; W_C: 冠幅 Crown width; L_S: 当年抽梢长 Length of shoot in current year; N_L: 当年侧枝数 Number of lateral branch in current year; M_L: 侧枝的最大长度 Maximum length of lateral branch; M_D: 侧枝的最大直径 Maximum diameter of lateral branch.

表 3 浙江龙泉和安吉试验点不同种源南方红豆杉幼苗 7 个生长指标的方差分析¹⁾Table 3 Variance analysis of seven growth indexes of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li seedlings from different provenances cultivated in Longquan and Anji of Zhejiang Province¹⁾

变异来源 Source of variation	Df	7 个生长指标的总方差 SS of seven growth indexes						
		H	D _G	W _C	L _S	N _L	M _L	M _D
龙泉试验点 Test plot in Longquan								
区组 Block	4	3 205.56 *	1.22	4 027.55 **	523.40 **	0.54	613.13	0.04
种源 Provenance	23	1 790.42 **	4.00 *	1 198.18	274.20 *	0.71 *	677.78	0.07
种源×区组 Provenance×Block	92	919.77	4.15	1 182.97 **	125.00	0.38	446.51	0.06
机误 Random error	345	1 068.26	3.87	798.45	147.09	0.40	418.25	0.05
安吉试验点 Test plot in Anji								
区组 Block	3	1 091.97	2.87 **	4 909.03 **	242.87	0.76	252.89	0.02
种源 Provenance	23	1 554.38	1.39 **	2 588.75 **	1 327.27 **	0.95 *	1 188.33 **	0.04 **
种源×区组 Provenance×Block	68	1 399.27	0.96 *	1 035.38	8.53	0.60	146.56	0.01
机误 Random error	220	1 290.20	0.66	986.91	155.62	0.55	161.81	0.02

¹⁾ H: 树高 Height; D_G: 地径 Ground diameter; W_C: 冠幅 Crown width; L_S: 当年抽梢长 Length of shoot in current year; N_L: 当年侧枝数 Number of lateral branch in current year; M_L: 侧枝的最大长度 Maximum length of lateral branch; M_D: 侧枝的最大直径 Maximum diameter of lateral branch. * : P=0.05; ** : P=0.01.

各种源幼苗的地径、冠幅、当年抽梢长、侧枝的最大长度及最大直径均具有极显著差异 ($P=0.01$), 当年侧枝数则有显著差异 ($P=0.05$), 而树高却无显著差异。

2.2 南方红豆杉幼苗各生长指标的联合方差分析

联合方差分析结果(表 4)表明:浙江龙泉和安吉试验点不同种源南方红豆杉幼苗的分枝性状(包括冠幅、当年抽梢长、当年侧枝数和侧枝的最大长度)均有极显著差异 ($P=0.01$); 而冠幅、当年抽梢长和侧枝的最大长度等指标还存在显著或极显著的种源-地点互作效应, 说明不同种源幼苗的抽梢及分枝生长因立地条件不同而有所差异, 也表明南方红豆杉对栽培环境条件有比较严格的要求。因此, 在进行种源优选时应进行区域试验, 分别在不同地区选择遗传稳定且性状优良的种源或性状不稳定但在较好立地条件下生长

良好的种源, 充分发挥种源的生长潜力。

对 2 个试验点间 24 个种源幼苗各生长指标的相关性分析结果显示: 2 个试验点间各种源幼苗的树高呈极显著的正相关 ($R=0.5445, P=0.01$); 而其他 6 个生长指标在 2 个试验点间的相关性较小, 均未达到显著水平。可见, 2 个试验点各种源幼苗的树高生长较为一致, 而其他指标的生长均有一定的差异, 说明不同种源南方红豆杉植株的树高具有较高的遗传稳定性, 而其他指标的遗传稳定性相对较小。

2.3 南方红豆杉幼苗各生长指标间的相关性分析

在浙江龙泉和安吉试验点, 南方红豆杉 24 个种源幼苗 7 个生长指标间的相关性分析结果见表 5。结果表明: 冠幅与树高和地径呈显著或极显著正相关, 说明树高和地径较大的幼苗通常也具有较大的冠幅。

表 4 浙江龙泉和安吉试验点不同种源南方红豆杉幼苗 7 个生长指标的联合方差分析¹⁾Table 4 Combined variance analysis of seven growth indexes of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li seedlings from different provenances cultivated in Longquan and Anji of Zhejiang Province¹⁾

变异来源 Source of variation	Df	7 个生长指标的总方差 SS of seven growth indexes						
		H	D _G	W _C	L _S	N _L	M _L	M _D
地点 Plot	1	16 793.85 **	11.02	118 211.53 **	5 664.82 **	15.49 **	848 590.61 **	96.12 **
区组/地点 Block/Plot	7	2 293.28	1.73	4 532.06 **	444.30 **	0.60	507.12	0.03
种源 Provenance	23	2 557.02 **	3.11	2 446.88 **	964.82 **	1.00 **	1 102.95 **	0.06
种源×地点 Provenance×Plot	22	745.09	1.72	1 581.28 *	718.73 **	0.58	778.86 **	0.07
种源×区组/地点 Provenance×Block/Plot	160	1 123.56	2.79	1 120.25 *	147.79	0.47	319.03	0.04
机误 Random error	565	1 154.68	2.62	871.83	150.09	0.46	318.40	0.04

¹⁾ H: 树高 Height; D_G: 地径 Ground diameter; W_C: 冠幅 Crown width; L_S: 当年抽梢长 Length of shoot in current year; N_L: 当年侧枝数 Number of lateral branch in current year; M_L: 侧枝的最大长度 Maximum length of lateral branch; M_D: 侧枝的最大直径 Maximum diameter of lateral branch. * : P=0.05; ** : P=0.01.

表5 浙江龙泉和安吉试验点不同种源南方红豆杉幼苗7个生长指标间的相关系数¹⁾Table 5 Correlation coefficients among seven growth indexes of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lévl.) L. K. Fu et Nan Li seedlings from different provenances cultivated in Longquan and Anji of Zhejiang Province¹⁾

试验点 Test plot	指标 Index	各指标间的相关系数 Correlation coefficient among different indexes					
		H	D _G	W _C	L _S	N _L	M _L
龙泉 Longquan	D _G	0.318 3					
	W _C	0.648 8 **	0.418 1 *				
	L _S	0.461 4 *	-0.183 7	0.365 2			
	N _L	0.565 7 **	-0.180 6	0.450 6 *	0.768 2 **		
	M _L	0.664 7 **	0.330 0	0.632 1 **	0.392 7	0.275 0	
	M _D	0.105 1	0.424 0 *	0.333 4	0.107 2	0.151 7	0.326 8
安吉 Anji	D _G	0.451 2 *					
	W _C	0.705 2 **	0.505 7 **				
	L _S	0.178 4	0.169 3	0.209 8			
	N _L	0.128 3	0.485 8 *	0.085 1	0.298 2		
	M _L	0.351 5 *	0.287 1	0.471 3 *	0.876 6 **	0.134 7	
	M _D	-0.064 1	0.353 9	-0.024 5	-0.044 9	0.291 2	0.153 8

¹⁾ H: 树高 Height; D_G: 地径 Ground diameter; W_C: 冠幅 Crown width; L_S: 当年抽梢长 Length of shoot in current year; N_L: 当年侧枝数 Number of lateral branch in current year; M_L: 侧枝的最大长度 Maximum length of lateral branch; M_D: 侧枝的最大直径 Maximum diameter of lateral branch. * : P=0.05; ** : P=0.01.

同时,侧枝的最大长度与树高和冠幅也存在显著或极显著正相关,说明幼苗在进行高生长的同时也促进了其最长侧枝的伸长生长,从而形成较大冠幅。

综合上述相关性分析结果,可以认为幼苗树高与侧枝最大直径的相关性较小,利于树高生长量大、侧枝细小的种源的选择。树高和地径生长量大的幼苗侧枝较长、冠幅也较大,该特性虽不符合“冠幅窄小”的珍贵用材林培育要求,但可通过适当人工修剪、提高初植密度或增大林分密度等措施加以解决。

2.4 南方红豆杉幼苗各生长指标与地理-气候因子的相关性分析

在浙江龙泉和安吉试验点,南方红豆杉24个种源幼苗7个生长指标与种源地地理-气候因子的相关性分析结果见表6。由表6可见:种植于浙江龙泉试验点的南方红豆杉各种源幼苗的7个生长指标与种源地的经度和纬度均无明显的相关关系,而树高、冠幅、当年抽梢长和当年侧枝数则与种源地的年降雨量呈显著或极显著的负相关,意味着种源地降雨量较少的种源在龙泉种植后幼苗的树高生长较快、冠幅较大、侧枝较多。与此相比,种植于安吉试验点的南方红豆杉各种源幼苗的生长指标与经度、纬度和各气候因子的相关性均不显著,不同种源间变异发生的概率较低。

整体而言,安吉试验点24个种源的幼苗并未表现出明显的地理-气候变异模式,说明南方红豆杉幼

苗生长指标的变异不仅受到水、热等环境因子的影响,也可能受本身遗传因子或其他环境因子的影响,从而发生遗传变异。

2.5 南方红豆杉速生优良种源的筛选

在南方红豆杉幼林期可采用树高和地径生长量作为速生优良种源选择的主要标准。基于树高和地径指标、结合各种源幼苗的生长稳定性,可以对南方红豆杉速生优良种源进行筛选。在浙江龙泉和安吉试验点南方红豆杉幼苗平均树高排名前10位的种源见表7。由表7可见:在龙泉和安吉2个试验点,湖南靖州、江西井冈山、福建沙县、江西武宁、云南石屏和贵州梵净山6个种源幼苗的树高排名均靠前,且较浙江龙泉当地种源(对照)分别高3.7%~12.8%和9.1%~23.4%;这些种源幼苗的地径总体上也高于浙江龙泉当地种源,表现出良好的速生性;同时,这些种源幼苗树高和地径的标准偏差值相对较小,个体生长势较为一致,符合优良种源的标准。因此,这6个种源可初选为南方红豆杉速生优良种源。

3 讨论和结论

作者选取10个省(区)24个种源的南方红豆杉在浙江龙泉和安吉进行区试,经测定,4年生幼苗的树高、地径、冠幅以及4个分枝性状在不同种源间有十分显著的差异,这一结果与焦月玲等^[10]对南方红豆

表 6 浙江龙泉和安吉试验点不同种源南方红豆杉幼苗 7 个生长指标与其种源地地理-气候因子间的相关系数¹⁾Table 6 Correlation coefficients between seven growth indexes of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lév.) L. K. Fu et Nan Li seedlings from different provenances cultivated in Longquan and Anji of Zhejiang Province and geographical-climatic factors of provenance plots¹⁾

生长指标 Growth index	各指标间的相关系数 Correlation coefficient among different indexes							
	Long	Lat	T _A	T ₁	T ₇	T _a	P	F
龙泉试验点 Test plot in Longquan								
H	-0.039 0	-0.040 8	0.166 5	0.197 9	-0.543 1	0.390 0	-0.543 1 **	0.390 0
D _G	-0.014 8	-0.050 3	0.099 3	0.009 4	-0.172 2	0.295 8	-0.172 1	0.295 8
W _C	-0.008 3	0.073 1	0.118 1	0.289 8	-0.396 8	0.169 4	-0.396 8	0.169 4
L _S	0.032 5	0.003 3	0.279 8	0.200 9	-0.478 1	0.384 2	-0.478 1 *	0.384 2
N _L	0.183 5	0.125 4	0.381 3	0.367 2	0.381 2	0.389 1	-0.597 8 **	0.389 1
M _L	-0.241 7	-0.193 0	-0.080 6	0.009 7	-0.307 8	0.159 0	-0.307 8	0.159 0
M _D	0.049 2	0.111 2	-0.045 2	0.017 8	0.011 2	0.089 2	-0.011 2	0.089 2
安吉试验点 Test plot in Anji								
H	0.055 2	-0.362 6	-0.115 2	-0.016 0	-0.083 4	0.122 8	-0.313 9	0.352 5
D _G	-0.065 8	0.013 3	-0.104 9	0.077 0	0.242 9	0.062 6	-0.334 7	0.280 6
W _C	0.020 8	-0.379 9	-0.019 1	0.069 5	-0.046 6	0.150 0	-0.236 0	0.234 5
L _S	-0.382 0	-0.191 7	-0.050 2	0.140 1	-0.257 6	-0.137 4	-0.105 0	0.340 4
N _L	0.167 0	-0.135 2	-0.218 3	-0.062 5	-0.100 0	-0.082 8	-0.400 9	0.206 3
M _L	-0.376 5	-0.205 8	-0.002 4	0.147 9	-0.228 8	0.001 6	-0.110 5	0.360 6
M _D	-0.118 2	0.111 3	-0.027 7	-0.054 5	0.002 0	-0.042 3	-0.228 4	0.812 0

¹⁾ H: 树高 Height; D_G: 地径 Ground diameter; W_C: 冠幅 Crown width; L_S: 当年抽梢长 Length of shoot in current year; N_L: 当年侧枝数 Number of lateral branch in current year; M_L: 侧枝的最大长度 Maximum length of lateral branch; M_D: 侧枝的最大直径 Maximum diameter of lateral branch; Long: 经度 Longitude; Lat: 纬度 Latitude; T_A: 年平均气温 Annual mean temperature; T₁: 1 月均温 Mean temperature in January; T₇: 7 月均温 Mean temperature in July; T_a: ≥10 °C 年积温 Annual accumulated temperature ≥10 °C; P: 年降雨量 Annual precipitation; F: 无霜期 Frostless period. *: P=0.05; **: P=0.01.

表 7 浙江龙泉和安吉试验点南方红豆杉优良种源幼苗的树高和地径 ($\bar{X} \pm SD$)Table 7 Height and ground diameter of *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée et Lév.) L. K. Fu et Nan Li seedling from superior provenances cultivated in Longquan and Anji of Zhejiang Province ($\bar{X} \pm SD$)

种源 Provenance	龙泉试验点 Test plot in Longquan		种源 Provenance	安吉试验点 Test plot in Anji	
	树高/cm Height	地径/cm Ground diameter		树高/cm Height	地径/cm Ground diameter
贵州梵净山 Fanjingshan of Guizhou	199.50±25.85	3.40±0.31	江西井冈山 Jinggongshan of Jiangxi	216.43±12.35	4.07±0.40
贵州黎平 Liping of Guizhou	194.65±18.38	3.20±0.19	湖南靖州 Jingzhou of Hu'nan	200.71±11.15	4.04±0.63
福建沙县 Shaxian of Fujian	189.75±16.60	3.45±0.26	四川峨眉山 Emeishan of Sichuan	199.09±5.54	3.33±0.67
湖南靖州 Jingzhou of Hu'nan	187.55±14.29	3.29±0.29	福建沙县 Shaxian of Fujian	194.58±19.16	3.89±0.66
安徽黄山 Huangshan of Anhui	185.37±11.63	3.56±0.36	湖南绥宁 Suining of Hu'nan	194.38±13.90	3.93±0.33
江西武宁 Wu'ning of Jiangxi	184.84±3.65	3.47±0.37	湖北恩施 Enshi of Hubei	193.33±27.60	4.14±0.76
广西三江 Sanjiang of Guangxi	184.75±15.91	3.43±0.12	贵州锦屏 Jinping of Guizhou	192.86±11.97	3.78±0.47
云南石屏 Shiping of Yunnan	183.95±17.69	3.53±0.21	江西武宁 Wu'ning of Jiangxi	192.67±13.62	3.77±0.71
江西井冈山 Jinggongshan of Jiangxi	183.30±20.33	3.58±0.61	云南石屏 Shiping of Yunnan	191.43±12.81	3.80±0.77
湖南桑植 Sangzhi of Hu'nan	181.37±12.49	3.42±0.44	贵州梵净山 Fanjingshan of Guizhou	191.25±15.38	3.95±0.31
浙江龙泉 Longquan of Zhejiang (CK)	176.80±12.64	3.40±0.34	浙江龙泉 Longquan of Zhejiang (CK)	175.36±23.69	3.26±0.76

杉苗期性状种源变异的研究结果相一致,说明通过种源间筛选优选出速生优良种源的潜力很大。通常对优良种源的要求是植株高、地径粗、侧枝细且冠幅小,而作者对南方红豆杉优良速生种源的筛选结果却有悖于上述要求,其原因可能为:2 个试验点各种源南方红豆杉植株的林龄均较小且栽植密度均较为稀疏,有

利于植株冠幅拓展,因此优良速生种源植株的冠幅较大但侧枝较细。建议在对林龄较小的种源进行筛选时可选择侧枝细小的植株,通过适当修剪、密植或增加林分密度以控制其冠幅生长,达到促进树高和地径快速生长的目的。分析结果还表明:不同种源南方红豆杉植株的生长和分枝性状的立地效应十分显著,除

树高和最大侧枝长2个性状外,其他性状均存在显著的种源-立地互作效应。具体体现在安吉试验点各种种源幼苗的树高、地径及其他性状大多优于龙泉试验点,推测这可能与安吉试验点的土壤肥力、水热环境等条件较好有关。

通常某一树种的不同种源间会表现出一定的地理变异模式^[11-12],这是优良种源选择的重要依据之一。与木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)^[13]和马尾松^[14]等树种种源间典型的纬向变异不同,供试的南方红豆杉24个种源的地理变异不明显,且2个试验点间也有一定差异。龙泉试验点各种源植株的树高、冠幅、当年抽梢长及当年侧枝数均与年降雨量呈显著或极显著负相关,但与经度和纬度的相关性均较小;安吉试验点各种源7个生长指标的地理变异则不明显。从树高和地径来看,在2个试验点中来自偏东部地区(如江西井冈山、福建沙县、江西武宁等地)种源的这2个指标均优于浙江龙泉当地种源。张景平等^[15]的研究结果显示:同为来自福建、江西等东部地区种源的2年生南方红豆杉在浙江龙泉地区生长较快,本研究结果与之吻合。另外,在供试的24个种源中,来自湖南靖州、贵州梵净山和云南石屏的种源在龙泉和安吉也表现出早期速生及生长稳定等特点,符合优良种源筛选的基本要求。

综上所述,依据供试的24个南方红豆杉种源在浙江龙泉和安吉试验点的综合生长表现,最终初选出湖南靖州、江西井冈山、福建沙县、江西武宁、云南石屏和贵州梵净山6个种源作为南方红豆杉速生优良种源,这些种源在2个试验点的立地条件下均表现出良好的速生性,可在地理-气候条件相似的区域进行推广和种植。

参考文献:

- [1] 黎云昆. 论我国珍贵用材树种资源的培育[J]. 绿色中国: 理论版, 2005(8M): 24-28.
- [2] WU Z Y, RAVEN P H. Flora of China: Vol. 4[M]. Beijing: Science Press, 1999: 89-91.
- [3] 傅瑞树, 房 丹, 李文建, 等. 南方红豆杉“现在进行时”[J]. 中国林业产业, 2005(12): 34-37.
- [4] 游鸿志, 洗穗莹, 何海连, 等. 南方红豆杉资源现状及保护对策[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(5): 150-151, 141.
- [5] 茹文明, 秦永燕, 张桂萍, 等. 濒危植物南方红豆杉遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 植物研究, 2008, 28(6): 698-704.
- [6] 张 蕊, 周志春, 金国庆, 等. 南方红豆杉种源遗传多样性和遗传分化[J]. 林业科学, 2009, 45(1): 50-56.
- [7] 李乃伟, 贺善安, 束晓春, 等. 基于 ISSR 标记的南方红豆杉野生种群和迁地保护种群的遗传多样性和遗传结构分析[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20(1): 25-30.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [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] 王葆芳, 张景波, 杨晓晖, 等. 梭梭不同种源间种子性状和幼苗生长性状与地理和气候因子的关系[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(1): 28-35.
- [12] 李建民. 马褂木地理遗传变异和优良种源选择[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 41-49.
- [13] 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.
- [14] 周志春, 傅玉狮, 吴天林. 马尾松生长和材性的地理遗传变异及最优种源区的划定[J]. 林业科学研究, 1993, 6(5): 556-564.
- [15] 张景平, 张 蕊, 周志春, 等. 南方红豆杉幼林生长种源变异和速生种源初选[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(2): 42-45.

(责任编辑: 佟金凤)