

文章编号: 1001-1498(1999) 05-0485-08

火炬松种源遗传变异分析和适宜种源(区)的确定*

姜景民, 刘昭息, 吕本树

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400)

摘要: 对 1984 年在 8 个试点营建的 9~11 年生火炬松种源林的调查分析, 结果表明, 主要经济性状存在着显著的种源差异, 且具较高遗传力(其中 4 个试点的材积和干材干质量、树干通直度、木材基本密度达到 5% 差异显著水平, 遗传力为 0.45~0.78、0.45~0.76、0.55~0.83、0.43~0.77)。各类性状在种源区间表现出不同的变异趋势。利用其中 4 个点 19 个共同种源的资料分析, 表明各类性状的地点效应极显著, 树高、材积、干材干质量的种源×地点作用显著, 种源间对环境的适应性和反应亦不同。生长与产量性状间呈现极密切的正相关, 但与材性、材质性状的相关性各试验点表现略有差异。采用材积和木材基本密度构建基本选择指数, 分别为各引种区评定出培育建筑材工业林适宜的种源区和 3 个优良种源, 其中最优种源的指数增益达到 4.65%~23.49%。

关键词: 火炬松; 种源(区); 遗传变异; 综合选择

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

火炬松(*Pinus taeda* L.) 为原产美国东南地区的优良用材树种, 经数十年引种, 已成为我国南方省(区)营造工业用材林的重要树种之一。我国自 80 年代初开展了多批次、多地点的火炬松种源试验, 并已取得了早期试验结果^[1]。本文利用 1984 年营建的试验林的调查材料, 分析了火炬松主要用材性状在诸引种点的种源遗传变异规律, 据此为各引种区建筑材定向培育确定适宜的种源区和优良种源。

1 材料与方法

1.1 试验材料

火炬松 1983 年批种源试验的产地情况及各试验点概况见文献[1]。本文选取了广西南宁、广东英德、江西分宜及景德镇、浙江富阳、安徽泾县共 6 个试点。各点种源数 14~53 个不等, 均为美国种子园产地无性系的混合种子, 基本代表了原产地全分布区的范围。1984 年造林, 采用随机区组设计, 9 株或 25 株小区, 4~7 次重复, 初植密度 2.75 m × 2.75 m。

1.2 性状测定方法

1991~1993 年间各试点分别对试验林进行了每木树高和胸径实测, 按 $V = 0.392 5H D^2$ 计算材积, 用材积与胸高处木芯样材基本密度之积代表干材干质量。用目测 3 级评分法评价树

收稿日期: 1998-08-18

基金项目: “八五”国家科技攻关专题“火炬松、湿地松建筑材、纸浆材良种选育研究”总报告的一部分。

* 参加单位有中国林科院林业研究所和亚热带林业实验中心, 华南农业大学, 安徽、湖南、江西等省林科所, 江西枫树山林场等。

第一作者简介: 姜景民(1963-), 男, 河南长葛人, 副研究员, 硕士。

干通直度,即 级——基干 6 m 段无弯曲或基本通直; 级——基干 6 m 段有 1 个明显弯曲;
级——基干 6 m 段有 2 个以上明显弯曲。每个种源分小区选平均木及优势木作取样木共 10
株,锥取胸高处木芯样,测定晚材率,用最大含水量法测定木材基本密度,取最外年轮样品离析
测定 30 根完整管胞的长度,计算平均管胞长度。

1.3 统计分析

上述原始数据中,评分数据作对数转换,百分数值作反正弦转换。

各试点方差分析按线性模型 $x_{ij} = \mu + a_i + r_j + e_{ij}$ 。多点方差分析按线性模型 $x_{ijk} = \mu + a_i + r_j + S_k + aS_{ik} + e_{ijk}$,其中 μ ——群体均值, a ——种源效应, r_j ——地点内区组效应, S_k ——地点效应, aS_{ik} ——种源 \times 地点互作效应, e ——随机误差。

回归分析和相关分析见文献[2,3]。稳定性测定采用 Eberhart & Russell 的回归系数(b_i)和回归离差(S_{di}^2)以及 Wrike 的生态价(W_i^2)法进行评定^[3]。

按基本指数法^[4],选择性状组合构建选择指数,进行建筑材优良种源的评选。 $I_i = \sum_{j=1}^n W_j h_j^2 P_{ij}$, I_i ——第 i 种源指数值, W_j ——第 j 性状权重, h_j^2 ——第 j 性状遗传力, P_{ij} ——第 i 种源 j 性状表型值。

2 结果与分析

2.1 主要性状遗传变异

2.1.1 种源间 生长、产量性状:林木生长和木材产量是工业用材树种良种选育的首要经济性状。6 个试点的种源间树高差异,3 个试点的胸径差异,及 4 个试点的材积和干材干质量差异达 5% 以上显著水平(见表 1,部分略)。树高、胸径、材积和干材干质量的遗传力分别为 0.45~0.72、0.56~0.79、0.45~0.78、0.45~0.76。说明在种源间进行生长和产量选择是有效的。

表 1 火炬松种源主要性状方差分析

性状	参数	南宁点	英德点	分宜点	景德镇点	富阳点	泾县点	性状	参数	南宁点	英德点	分宜点	景德镇点	富阳点	泾县点
		19 ^①	21	20	17	53	14			19 ^①	21	20	17	53	14
		(11 a)	(10 a)	(9 a)	(11 a)	(11 a)	(10 a)			(11 a)	(10 a)	(9 a)	(11 a)	(11 a)	(10 a)
材积	\bar{V}/m^3	0.039 8	0.030 5	0.024 6	0.047 3	0.024 7	0.028 4	$\bar{WD}/(g \cdot cm^{-3})$	0.428 9	0.412 1	0.392 4		0.358 7	0.373 0	
	$CV_p/\%$	19.66	30.65	31.17	27.35	30.17	19.93	木材 $CV_p/\%$	9.03	4.76	6.17		6.68	6.30	
	$CV_g/\%$	13.46	12.68	14.01	0.03	15.22	4.64	$CV_g/\%$	3.39	2.75	2.22		4.21	3.42	
	F	4.53**	1.83*	2.52**	1.35	2.71**	1.34	F	1.70 ⁺	2.99**	1.75*		4.30**	3.50**	
	h^2	0.78	0.45	0.60		0.63	0.25	h^2	0.41	0.67	0.43		0.77	0.71	
干材干质量	\bar{SB}/kg	17.04	12.52	9.28	18.35	8.78		$\bar{FL}/\mu m$	3 595		2 876		2 946	2 909	
	$CV_p/\%$	18.85	29.80	31.97	29.58	29.66		$CV_p/\%$	4.90		2.69		4.95	6.00	
	$CV_g/\%$	12.51	12.26	12.31	8.00	14.01		$CV_g/\%$	2.49		2.36		0.88	1.15	
	F	4.14**	1.81*	1.87*	1.32	2.44**		F	2.29*		1.52		1.16	1.23	
	h^2	0.76	0.45	0.47		0.59									
通直度	$\bar{ST}/分$	2.29		2.13	2.55	2.03		\bar{LP}	0.342 1				0.311 8	0.256 0	
	$CV_p/\%$	14.22		31.80	13.30	21.65		晚材率 $CV_p/\%$	13.15				20.21	23.10	
	$CV_g/\%$	10.60		15.26	7.27	9.64		$CV_g/\%$	2.72				4.56	8.46	
	F	6.00**		2.79**	2.72**	2.24**		F	1.22				1.27	1.91*	
	h^2	0.83		0.64	0.63	0.55									

注:①该栏表示各试点种源数;② CV_p 为表型变异系数, CV_g 为遗传变异系数。+、*、** 分别表示在 0.10、0.05、0.01 水平上差异显著。

通直度: 从几个试点的分析结果(表 1)看, 通直度在种源间差异极显著, 遗传力为 0.55 ~ 0.83, 受较强的遗传控制, 选择改良能获得很好的效果。

木材性状: 一般认为火炬松木材基本密度受强度遗传力控制($h^2 = 0.50 \sim 0.76$)^[5], 是最实用的木材质量指标。一方面木材基本密度与木材的质量、纸浆产量和许多其它木材性状相关, 另一方面木材基本密度测定方法简便, 适宜于选择育种, 因此在林木改良中是普遍受到重视的材性性状。从表 1 可知, 在 6 个试点中, 除南宁点外, 其余试点种源间木材基本密度差异均达 5% 以上显著水平, 遗传力 0.43 ~ 0.77, 说明有较大的改良潜力。晚材率和管胞长度也是重要的材性性状, 但几个试点的方差分析结果显示, 差异大多不显著, 表明在幼龄材阶段只能作为次要的改良性状。

此外还可看到木材基本密度在不同的引种区显现较大差异, 南部的南宁和英德两试点数值比北部试点高, 这与国外火炬松引种林木材基本密度与其生长纬度呈负相关的结果^[5]相似。

2.1.2 种源区间 种源地理变异是分布区内生态环境长期选择的结果。火炬松在原产地呈连续分布, 但分布区内仍存在气候、土壤等诸多环境条件的差异, 形成不同的地理小种。Well^[6]根据美国种源试验的结果, 将火炬松划分为 4 个种源区, 即密西西比河以西地区(I), 属抗病抗旱性种源; 墨西哥海湾沿岸地区(), 以速生种源为主; 分布区东北部地区(), 属耐寒种源; 东部大西洋海岸平原() 和山麓地带() 区。为了解不同种源区种源的引种表现, 将富阳及其它试点的种源按种源区归类, 用 t 检验方法比较各性状在种源区间的差异, 结果如表 2。

表 2 各试点不同种源区种源主要性状差异分析

试 点 (经、纬度)	气候因子	材积/m ³	通直度/分	木材密度/(g·cm ⁻³)	管胞长度/μm
富阳 (30.1 °N, 119.0 °E)	年均温 15.5	1 0.021 67 a	1 2.22 a	0.375 2 a	2 978 a
	年降雨 1 550 mm	0.020 94 a	2.22 a	0.360 2 ab	2 963 ab
	无霜期 220 d	2 0.018 59 b	2.18 a	2 0.356 4 ab	2 2 923 abc
		0.018 52 b	2 2.17 a	1 0.353 4 b	2 915 bc
南宁 (23.2 °N, 108.0 °E)	年均温 21.5	0.039 77	1 2.45	0.443 0	3 662
	年降雨 1 311 mm	0.037 85	2.31	0.430 0	3 626
	无霜期 358 d	1 0.037 48	2.28	1 0.411 4	1 3 405
		0.015 99 c	2.05 b	0.352 7 b	1 2 884 c
英德 (24.2 °N, 113.4 °E)	年均温 20.7	1 0.030 75		0.431 1	
	年降雨 1 880 mm	0.030 72		0.409 8	
	无霜期 317 d	0.029 14		1 0.409 8	
分宜 (27.8 °N, 114.0 °E)	年均温 17.5	1 0.026 13	1 2.34	0.403 1	3 356
	年降雨 1 610 mm	0.024 23	2.29	1 0.399 8	2 853
	无霜期 276 d	0.023 06	2.10	0.387 7	1 2 778
泾县 (30.8 °N, 118.6 °E)	年均温 15.5	2 0.030 9 2		2 0.376 5	2 962
	年降雨 1 675 mm	1 0.030 09		1 0.395 9	2 2 904
	无霜期 235 d	0.027 02		0.362 5	1 2 840
		0.026 16			

注: a、b、c 示 t 检验 0.05 水平差异显著。

在富阳试点, Ⅰ区和 Ⅱ区种源生长最快, Ⅲ区种源生长最慢; 通直度以 Ⅲ区种源较差, 其它种源区间种源差异较小; 木材密度以 Ⅱ区最大, Ⅲ区最小; 管胞长度以 Ⅱ区最长, Ⅰ区最短。即东南沿海平原种源区种源生长快, 干形通直, 但材质较差; 南部墨西哥湾种源区生长较快, 但干形差, 木材密度和晚材率较低; 西部种源区种源生长、通直度水平中等, 木材密度高; 北部种源区生长慢, 干形中等, 而材质较好。对其它试点的种源亦按种源区归并排序(因种源数较少未作差异显著性检验), 可以看到, 不同种源区种源的性状表现在各试点是有变化的, 西部种源区的木材基本密度较稳定, 墨西哥湾区的在各试点间变化较大, 随纬度升高而减小, 两个种源区的管胞长度亦较长。各种源区通直度在各试验点的表现是一致的, 东南沿海区、墨西哥湾区和西部种源区种源在英德、分宜、富阳、泾县诸试点的生长性状从好到差的表现次序是相同的。而南宁试点虽与英德点纬度相近, 但东南沿海区种源生长最差, 墨西哥湾区最好, 西部种源区居中, 这可能与该试点降雨量偏少有关。北亚热带的泾县试点则以山麓地带区种源生长最好。

2.2 种源稳定性分析

2.2.1 种源×地点互作效应 据南宁、英德、分宜、富阳4个试点19个共同种源的几个主要性状进行的多点方差分析(表3)表明, 树高、材积及干材干质量的种源×地点效应达到显著水平, 说明不同种源对不同立地的反应有较大差异, 种源选择应与其适生区域结合起来, 才能获得较大的增益。胸径、通直度和木材密度的种源与地点的互作效应很小, 但地点间差异极显著, 说明受环境影响较大。

表3 多地点方差分析

变异来源	自由度	F 值					自由度	F 值 通直度
		树高	胸径	材积	干材干质量	木材基本密度		
地 点	3	118.82**	43.21**	180.17**	216.31**	104.72**	2	23.41**
种 源	18	2.83**	1.65*	2.64	2.21**	3.02**	18	5.29**
种源×地点	54	1.35*	1.18	1.47*	1.51*	1.29	36	0.93

注: *、** 示 0.05 和 0.01 差异显著水平。

2.2.2 种源稳定性评价 由于反映建筑材产量指标的材积性状在种源×地点的交互作用中呈显著差异, 因此应用 Eberhart & Russel 的回归系数(b_i)和回归离差(S_{di}^2), Wrike 生态价(W_i)和变异系数(CV)对上述4个地点19个共同种源的材积进行稳定性测定分析。其中, b_i 是响应的参数, 表示各参试种源的基因型对不同环境的适应程度; S_{di}^2 是判断基因对环境反应的不可预测部分, 表示预测的可靠程度; W_i 反映出各种源基因型对基因×环境互作贡献的大小; 变异系数(CV)能反映出各种源与其生长环境之间的关系。虽然各个方法含义有所差别, 但均可从不同角度反映出各种源在不同试点材积生长的稳定性。经综合分析评价, 其结果见表4。

表4显示, 依据4个参数综合分析, 在4个试点参试的19个共同种源中, 材积生长属稳定的种源, 其对环境的适应性则出现3种情况: 有的种源在任何生境中均表现稳定, 属广泛型的, 如L11、L23; 有的可在不良环境中表现稳定, 如L6、L19、L22、L53; 有的则在优良环境中表现稳定, 如L25。另外, 适宜优良环境的种源, 大多材积生长表现出不稳定的或比较稳定的现象。这说明种源间对环境的适应性及对环境的反映存在着差异, 只有根据生境条件选择高产稳定的种源进行定向培育才能获得较高的选择响应。

表 4 参试种源材积稳定性参数及其综合评价

种源号	b_i	$S_{\bar{b}_i}$	W_i	CVI/%	评 价
L2	0.819 7	0.000 015 2	0.000 057 9	42.58	比较稳定, 不良生境
L5	0.144 2	0.000 054 2	0.000 185 9	51.65	不稳定, 优良生境
L6	0.644 4	0.000 004 7	0.000 012 8	44.49	稳定, 不良生境
L11	1.064 3	0.000 014 2	0.000 135 2	34.07	稳定, 广泛生境
L12	0.793 0	0.000 012 0	0.000 060 2	42.53	比较稳定, 不良生境
L14	1.233 1	0.000 018 7	0.000 083 2	49.38	不稳定, 优良生境
L16	1.159 4	0.000 046 6	0.000 114 7	48.42	不稳定, 优良生境
L17	2.012 0	0.000 001 7	0.000 882 4	72.26	不稳定, 优良生境
L18	0.863 1	0.000 021 6	0.000 059 0	43.08	比较稳定, 不良生境
L19	0.649 0	0.000 002 8	0.000 109 7	33.06	稳定, 不良生境
L22	0.735 0	0.000 004 3	0.000 067 8	34.32	稳定, 不良生境
L23	1.051 7	0.000 011 6	0.000 025 4	40.66	稳定, 广泛生境
L25	1.137 1	0.000 019 4	0.000 054 7	43.44	稳定, 优良生境
L26	0.797 5	0.000 009 2	0.000 053 0	37.87	比较稳定, 不良生境
L27	1.279 7	0.000 014 0	0.000 094 1	51.98	不稳定, 优良生境
L28	1.034 4	0.000 072 4	0.000 145 8	50.82	不稳定, 广泛生境
L30	0.923 0	0.000 004 0	0.000 013 0	44.66	比较稳定, 广泛生境
L31	0.953 0	0.000 044 5	0.000 090 8	43.60	比较稳定, 广泛生境
L53	0.698 8	0.000 017 1	0.000 110 8	33.34	稳定, 不良生境

表 5 性状遗传相关分析

性状	试点	树高	胸径	材积	干材干质量	通直度	基本密度	管胞长
胸径	南宁	0.847* *						
	分宜	0.782* *						
	富阳	0.854* *						
材积	南宁	0.944* *	0.977* *					
	分宜	0.919* *	0.967* *					
	富阳	0.928* *	0.990* *					
干材干质量	南宁	0.843* *	0.892* *	0.912* *				
	分宜	0.995* *	0.924* *	0.971* *				
	富阳	0.972* *	0.895* *	0.956* *				
通直度	南宁	- 0.360	- 0.756* *	- 0.624* *	- 0.549*			
	分宜	0.612* *	0.606* *	0.662* *	0.713* *			
	富阳	0.006	- 0.676* *	- 0.603* *	- 0.250			
基本密度	南宁	- 0.498*	- 0.485*	- 0.477*	0.263	0.287		
	分宜	0.026	- 0.450*	- 0.267	- 0.373	0.282		
	富阳	- 0.096	- 0.525* *	- 0.368*	- 0.075	0.702* *		
管胞长	南宁	0.084	0.202	0.197	0.433	0.303	0.807* *	
	分宜	0.952* *	- 0.157	- 0.583* *	- 0.630* *	- 0.190	0.187	
	富阳	0.392*	0.284	0.349*	0.257	0.081	- 0.165	
晚材率	南宁	- 0.051	- 0.458*	- 0.318	- 0.344	- 0.229	- 0.319	- 0.975* *
	分宜	—	—	—	—	—	—	—
	富阳	- 0.286	- 0.760* *	- 0.658* *	- 0.347*	0.676* *	0.913* *	- 0.799* *

注: $r_{18}(\alpha=0.05)=0.443 8$, $r_{18}(\alpha=0.01)=0.561 4$, $r_{19}(\alpha=0.05)=0.432 9$, $r_{19}(\alpha=0.01)=0.548 7$, $r_{52}(\alpha=0.05)=0.273 2$, $r_{52}(\alpha=0.01)=0.354 1$ 。

2.3 性状相关分析

了解主要性状的相互关系对于林木多性状综合改良至关重要,每个性状的遗传进展都决定了性状间的相互关系。由表5可知,生长、产量诸性状相互间呈高度正相关,但它们与管胞长度的分宜点大多表现为极显著负相关,另外试点则大多呈不显著的正相关。生长与通直度在分宜点表现出正相关极显著水平,在南宁和富阳点则呈现密切或不密切的负相关性;与基本密度各试验点大多表现出负相关关系,但显著水平不同。有关生长与木材密度的相关关系有各种研究结果, Megraw^[7]认为大多数肯定的负相关关系出现于幼龄期。 Zobel^[5]指出,在同样速生的树木中既有高密度材,也有低密度材。本试验中也发现有生长快而木材密度亦高的种源和个体。

2.4 建筑材优良种源和种源区的评选

生产建筑材是培育火炬松工业用材林的主要目的之一。选择建筑材良种则应主要考虑木材材积和出材率、干形通直度和木材物理力学性质。树干形率和通直度由于研究不够深入故而不能采用,这里取材积和木材基本密度两个指标为各引种区构建基本指数方程,并根据当前市场仍以材积论价现状,对材积的权重扩大5倍,据各种源指数值计算结果,对种源区进行排序和作建筑材优良种源选择(如表6)。

表6 各引种区的种源区排序和建筑材优良种源

引种区 (试点)	种源区指数 均值排序	适宜种 源区	优良种源 (种源区)	指数增益/%	单性状指数增益/%	
					材积	基本密度
南亚	21.740 7		RL17 ()	17.53	53.53	- 1.65
热带	1 21.403 1	1	RL25 ()	6.96	35.56	1.12
东部	21.393 5		RL5 (1)	5.65	14.11	0.87
(英德)	平均 21.367 9					
南亚	21.148 3		RL16 ()	21.72	24.34	4.13
热带	20.486					
西部	1 19.988		RL27 ()	15.27	16.68	2.56
(南宁)	平均 20.846 2		RL31 ()	11.56	12.33	1.45
中亚	1 14.419 8	1	RL5 (1)	16.33	29.05	1.15
热带	16.590 4		RL25 ()	15.44	30.10	- 2.45
南部	16.174 1		RL23 ()	14.37	30.63	- 5.76
(分宜)	平均 16.735 3					
	25.628 9		RL31 ()	23.49	28.21	14.86
中亚	25.124 7		RL9 (1)	16.46	40.37	2.59
热带	1 24.964 3	1	RL26 ()	11.63	18.57	10.68
北部	2 23.808 1					
(富阳)	22.058 0					
	平均 24.661 2					
北亚	2 32.701 5	2	RL3 (2)	4.65	8.43	5.20
热带	1 32.108 2	1	RL6 (1)	4.39	12.11	- 0.19
南部	30.692 6		RL8 (2)	2.88	9.84	1.98
(泾县)	平均 31.810 5					

由表6可见,不同引种区的适宜种源区是不一致的。选择的优良种源基本上来自于适宜种源区,当然也不乏非适宜种源区存在优良种源的例子。有的种源适宜区域相对较广,有的则是狭域性的。

3 结 论

火炬松不同种源间在主要经济性状(生长、产量、干形、木材密度)上存在显著差异,遗传力较高,种源效应较为显著,表明在主要性状的遗传改良上有较大的潜力。不同种源区的种源,在主要生长、形质和木材性状上存在明显的差异,且在不同引种区,各性状的种源区间表现是不同的,这是为各造林区分别选择适宜种源区的基础。

火炬松树高、材积和干材干质量在种源与地点间存在显著的互作效应,而胸径、干形和木材密度种源 \times 地点的效应很小。但上述性状地点间差异均极显著,说明不同种源的不同性状对不同立地的反应有较大差异,而且在一些性状上同时存在种源效应、地点效应和种源 \times 地点效应。因此种源选择应考虑其适生的立地和适应的区域,以达到高产稳产的目的。

火炬松种源的生长和产量性状之间,存在极显著的正相关性,但由于试验林处于幼龄林末期,很多性状的变化还不稳定,因此性状间的关系在各试点的表现不尽相同,尚须进一步研究以增强选择优良种源的可靠性。

选取树干材积和木材基本密度构建选择指数,为各引种区域确定了适宜种源区,评选出了优良建筑材种源。所欠缺的是对构建指数性状的经济权重带有主观性,且评选未能纳入干形因子,这是今后工作中需要认真研究的。

参考文献:

- [1] 潘志刚. 湿地松、火炬松种源试验研究[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992.
- [2] 马育华. 植物育种的数量遗传学基础[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1984.
- [3] 刘垂珩. 作物数量性状多元遗传分析[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [4] Cotterill P P, Dean C A. Successful index selection for tree breeding[M]. CSIRO, Australia, 1989.
- [5] Zobel B J, van Buijtenen J P. Wood variation: its causes and control[M]. New York: Springer-verlag, 1989.
- [6] Dorman K W. The genetics and breeding of southern pines[A]. In: U. S. Dep. Agric. Agriculture Handbook[M]. 1976. 471.
- [7] Megraw R A. Wood quality factors in loblolly pine[M]. TAPPI Press, 1985.

Provenance Genetic Variation Analysis of Loblolly Pine and Determination of Suitable Provenances (Areas)

JIANG Jing-min, LIU Zhao-xi, LU Ben-shu

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

Abstract: According to the analysis results on the provenance tests of loblolly pine established in 1984 at 6 sites, there are significant inter-provenance differences and higher heritabilities for the main economic traits, the selection potentials are larger. For stem volume, biomass, straightness and wood basic density, the differences are above 5% significant level at 4 sites, and the heritabilities are 0.45~0.78, 0.45~0.76, 0.55~0.83, 0.43~0.77, respectively. These traits show different variation trends between provenance area of Wells. All traits show marked inter-site difference, the provenance \times location effects of tree height, volume, stem wood, biomass are significant, so that the selection of provenance would be based on its suitable region and site. The positive correlation between growth traits and the negative correlation of growth traits with stem form and wood basic density are notable. Using preliminary index selection method with wood volume and basic density as the constitution traits, the suitable provenance areas and superior provenance are determined for each planting area with the aim of building timber plantation cultivation, the index gain of the best provenance is 4.65%~23.49%.

Key words: loblolly pine; provenance (area); genetic variation; comprehensive selection