

文章编号: 1001-411X(2001)01-0013-05

火炬松遗传资源林的生长表现

钟伟华¹, 石 斌¹, 周 达¹, 黄永权², 张民兴², 李远球³

(1 华南农业大学林学院, 广东 广州 510642; 2 广东省林业厅种苗站, 广东 广州 510173;

3 英德市火炬松种子园, 广东 英德 513000)

摘要: 对火炬松原产地耐寒与一般两类基因资源林的生长表现研究结果表明, 前者保存率高, 适应性强, 生长均匀, 差异不显著; 后者则相反, 保存率较低, 生长优劣悬殊, 差异显著, 优于我国早年引入的种批, 为重要的遗传改良资源, 其中有 10 个编号较优良, 它们多产自美国东南沿海, 尤其是墨西哥湾各州. 在 31.3% 入选率下, 材积相对遗传增益大 20.84%; 2~5 株小样求得的生长早-晚相关趋势与前人研究一致, 唯确定程度略低.

关键词: 火炬松; 基因资源; 生长表现; 遗传增益; 早-晚相关

中图分类号: S722.83

文献标识码: A

遗传资源又称基因资源, 历来为遗传育种工作者所重视, 对一个外来树种的遗传改良尤为重要. 拥有充足的基因资源, 就意味着有了潜在的改良基础, 才有可能选育出适于当地栽培的优质高产的良种. 因而在林木育种学上提出保护基因资源的概念^[1]; 随着人类社会文明的进步, 工业化程度的提高, 信息时代的到来, 环境问题成为全球共同关注的焦点, 保护物种和基因的多样性就成为人类共同关注的问题之一^[2]. 本文报道的是与英德市火炬松种子园营建同期收集栽培的包括美国火炬松全分布区的基因资源, 并评价了它们的适应性和生长表现.

1 材料与方法

1.1 栽培地点概况

广东省英德市火炬松(*Pinus taeda* L.)种子园地处 24°15'N、110°15'E, 距英德市区 50 多 km. 属亚热带季风气候, 年均温 20.7℃, 绝对最高温 38.9℃, 最低温-3.6℃, 年积温 6 000℃, 年降水量 1 918 mm. 土壤条件较差, 栽植前土壤肥力情况如下: A 层和 B 层土壤有机质含量分别为 1.96 和 10.8 g/kg, 全氮 0.13 和 0.67 g/kg, 速效磷 9.50×10^{-7} 和 9.50×10^{-7} g/kg, 速效钾 1.462×10^{-5} 和 1.562×10^{-5} g/kg, 水解 pH 5.84 和 5.28. 原植被主要有岗松(*Baekea frutescens* L.)、鹧鸪草(*Eriachne pallescens* R. Br.)等.

1.2 材料

所栽来源不同基因有两类, 一类为火炬松一般

基因, 多来自美国火炬松各个种源区, 代号为 RL(简化为 R), 分别记为 R1~R30; 另一类为耐寒基因, 多来自美国分布较北或内陆地区, 代号为 CHL(简化为 C), 分别记为 C1~C21. 以早期引入我国的 1 个种批作对照(CK). 两类基因均与我国全分布区种源试验材料同. 详见表 1 及文献^[3]的附图. 为叙述方便, 一份基因资源(相当于种源)种子, 简称基因.

1.3 方法

(1) 试验方法: 按长期保存的要求, 每基因号栽种 5 株, 行式栽植, 2 组基因按顺序栽种在种子园 J 试验区的边缘, “一”字型展开, 内侧有湿地松种源试验林, 外缘为深度 2 m 左右的灌溉渠, 能防止人畜进入干扰. 地势平坦, 坡度 1°~2°, 试验地划分为 4 个地段. 第 1、2 段栽植一般基因, 第 3、4 地段栽植耐寒基因, 分别栽 12、19、13 和 10 个编号, 并称为 I、II、III 和 IV 组, 均设共同对照(CK). 栽植距离为 5 m×5 m. 1983 年 3 月育苗, 同年 9 月中旬栽植, 1990 年 12 月(8 年生)和 1998 年 12 月(16 年生)进行调查, 调查项目包括树高(H)、胸径(D)、材积(V)、保存率以及病害有无.

(2) 统计分析: 2 个年度的调查材料分别统计保存株数(保存率), 并采用水平表现法、单因素方差分析法判别各基因的差异与优劣程度, 同时还统计了前后期生长表型相关, 基因的(相当于家系)和单株的遗传力, 有关统计方法见文献^[4~6].

收稿日期: 2000-03-21

作者简介: 钟伟华(1927-), 男, 教授.

基金项目: “七五”国家重点科技攻关(75-07-01-38); 广东省科委重点课题; 联合国发展计划署项目(CPR/91/153)

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 火炬松一般与耐寒基因原产地概况

Tab. 1 The general situation from provenances of regular and cold-hardy gene resources of loblolly pine

类 型	编 号	产 地	经 度 longitude(W)	纬 度 latitude(N)	平均温	年降水
type	No.	location	/(°)	/(°)	A. M. T./℃	A. M. P./mm
一般基因 regular	R1	新肯特, 费吉尼亚	77.0	37.5	14.1	1 090
	R2	盖斯, 北卡	77.0	36.5	15.8	1 095
	R3	安逊, 北卡	80.0	35.0	15.9	1 185
	R4	罗伯逊, 北卡	79.0	34.5	16.9	1 210
	R5	韦奈, 北卡	78.0	35.0	17.0	1 190
	R6	乔治城, 南卡	79.0	34.0	17.4	1 150
	R7	多而切斯特, 南卡	80.0	33.0	18.0	1 125
	R8	格林伍德, 南卡	82.3	34.3	17.1	1 190
	R9	萨姆斯, 南卡	80.5	34.0	17.0	1 170
	R10	格林, 佐治亚	81.5	31.0	20.4	1 360
	R12	斯图尔特, 佐治亚	84.8	32.0	17.7	1 245
	R13	伦道夫, 佐治亚	85.0	32.0	17.7	1 245
	R14	埃文斯, 佐治亚	82.0	32.0	19.2	1 200
	R15	纳索, 佛罗利达	81.5	30.5	20.5	1 325
	R16	纳索, 佛罗利达	81.5	30.5	20.5	1 326
	R17	马里思, 佛罗里达	82.0	29.0	22.3	1 300
	R18	卡可挑, 阿拉巴马	88.0	32.0	18.6	1 460
	R20	摩根, 佐治亚	83.5	33.5	17.7	1 190
	R21	威尔科克斯, 阿拉巴马	87.5	32.0	18.6	1 460
	R22	达拉斯, 阿拉巴马	87.0	32.6	18.6	1 350
	R23	门罗, 阿拉巴马	87.0	31.5	18.6	1 460
	R24	皮肯特, 阿拉巴马	88.0	33.0	18.6	1 350
	R25	琼斯, 密西西比	89.0	31.5	18.6	1 480
	R26	富兰克林, 密西西比	91.0	31.5	19.5	1 415
	R27	利文斯通, 路易斯安那	91.0	30.5	19.5	1 500
	R28	格兰特, 路易斯安那	92.0	31.5	19.7	1 560
	R29	利文斯通, 路易斯安那	91.0	30.5	19.5	1 500
	R30	多棱它, 路易斯安那	94.0	32.0	18.9	1 325
	R31	富斯波, 德克萨斯	94.5	31.0	19.6	1 200
耐寒基因 cold-hardy	C1	堪培兰, 弗吉尼亚	78.3	37.5	13.5	1 005
	C2	金坤, 弗吉尼亚	77.0	37.5	14.1	1 009
	C3	伍斯特, 马里兰	75.5	38.3	13.3	1 190
	C4	阿蓬屯, 弗吉尼亚	78.8	37.5	13.5	1 005
	C5	德汉, 北卡	78.0	36.0	15.2	1 012
	C6	约克, 北卡	81.0	35.0	15.7	1 095
	C7	纽伯里, 南卡	81.5	34.0	17.6	1 172
	C8	巴勒德, 肯塔基	89.0	37.0	14.9	1 239
	C9	富兰克林, 阿拉巴马	88.0	34.0	16.0	1 411
	C10	泊克, 佐治亚	85.0	34.0	16.1	1 345
	C11	墨瑞, 佐治亚	85.0	35.0	15.4	1 361
	C12	拉玛, 佐治亚	84.0	33.0	18.8	1 176
	C13	佛罗德, 佐治亚	85.3	34.2	16.1	1 345
	C14	可沙, 阿拉巴马	86.0	33.0	18.3	1 341
	C15	达莱士, 阿拉巴马	87.0	32.5	18.4	1 363
	C16	格雷赫德, 阿肯色	93.0	36.0	16.8	1 297
	C17	派克, 阿肯色	93.0	34.0	17.5	1 323
	C18	派里斯, 路易斯安那	93.5	31.5	18.9	1 326
	C19	阿希里, 阿肯色	92.0	3.30	18.0	1 198
	C20	嘉斯菲, 得克萨斯	94.0	30.5	19.8	1 227
	C21	玛润, 得克萨斯	95.0	33.0	18.0	1 040
	C22	雪尔贝, 得克萨斯	95.0	31.5		

4 结果与分析

4.1 保存率

8 年生和 16 年生(含苗龄 6 个月, 下同)各基因的保存率都比较高, 平均 69.0%~88.7%之间. 耐寒基因保存率较一般基因高, 75%的基因保存率在 80%~100%之间, 而一般基因在此范围者仅占 50%左右, 表明耐寒基因适应性较大.

4.2 平均生长

从表 2 看, 一般与耐寒基因资源林的平均高、胸径生长速度, 无论 8 年生还是 16 年生都很接近. 二者胸径生长量均较大, 超过丰产林标准, 树高生长却偏小. 耐寒基因在南方表现这么好, 这是否意味着它

们有更宽广的系统发育史的反应. I 组一般基因资源林生长较差、较小, 这可能与它们所处的立地条件较差有关. 这可从 I、II 两组本底相同的 CK 平均树高中看出, 16 年生的 II 组树高均值比 I 组 CK 大 25.7%.

4.3 生长差异分析

(1)生长量变异: 方差分析表明, 一般基因间 2 a 度的树高、胸径与材积生长差异绝大多数在 5%水准上显著, 而耐寒基因间则相反, 绝大多数差异不显著. 说明一般基因间的生长性状变异较大, 耐寒基因间生长性状变异小, 可见前者选择潜力大, 后者选择潜力小.

表 2 一般与耐寒基因资源林的平均生长¹⁾
Tab. 2 Mean growth of regular and cold-hardy gene resources stands of loblolly pine

试验组		树高 height				胸径 D. B. H				材积 volume			
treatment		H/ m	S _H / m	CV/ %	X ² / m	D/ cm	S _D / cm	CV/ %	X ² / cm	V/ m ³	S _V / m ³	CV/ %	X ² / m ³
I	A	8.16	1.274 5	15.62	0.54	21.32	3.400 0	15.95	1.42	0.149 2	0.059 7	40.01	0.009 9
	B	4.36	0.553 4	12.69	0.62	9.66	1.995 4	20.66	1.38	0.017 1	0.008 2	47.95	0.002 4
II	A	9.89	1.055 6	10.67	0.66	23.42	3.897 0	16.64	1.56	0.216 5	0.088 7	40.97	0.014 4
	B	5.24	0.620 7	11.85	0.75	11.88	2.006 3	16.89	1.70	0.029 8	0.011 1	37.25	0.004 3
III	A	9.68	1.335 7	13.80	0.65	23.39	3.265 1	13.96	1.56	0.207 5	0.073 6	35.47	0.013 8
	B	5.32	0.729 5	13.71	0.76	13.21	1.907 2	14.44	1.89	0.036 8	0.126 0	34.24	0.005 3
IV	A	9.63	1.553 0	16.13	0.64	22.21	4.402 4	19.82	1.48	0.190 2	0.083 0	43.64	0.012 7
	B	5.39	8.117 0	15.06	0.77	12.92	2.215 7	17.15	1.85	0.036 4	0.015 3	42.03	0.005 3

1) 表中 A 与 B 分别代表 16 a 和 8 a 的年均生长量; 2) 分别指树高、胸径和材积年平均生长量

(2)参试基因间平均生长的差异显著性: 从达到 LSD_{0.05}水准, 并与组内最劣基因号存在显著差异看(表 3), 仅 I 与 II 两组有 10 个基因号(R12, R6, R3, R4, R21, R20, R25, R22, R29, R28)达到这一差异性水准, 可视为基因的佼佼者, 它们都是来自美国东南沿海和墨西哥湾的一些州, 这些基因, 在今后的改良中, 可纳入增殖群体和育种群体.

4.4 评优结果

基因收集虽然主要的不是选择, 而在于保存, 但终究要为生产服务而加于利用. 从表 3 可见, 一般基因资源得 50 分以上者 I、II 组共有 15 个号, 它们出现在北卡、南卡、佐治亚州东南沿海(北纬 29°3'~33°3'之间)及阿拉巴马、密西西比、路易斯安那州墨西哥湾的基因为优, 与潘志刚种源试验结果基本一致^[3], 但墨西哥湾基因似乎更优些; 得 50 分以上的耐寒基因 III、IV 两组共有 13 个号, 多出现在南北卡、佐治亚、阿拉巴马内陆和阿肯色, 与郑勇奇在我国北亚热带地区的耐寒种源试验结果稍有不同^[7].

此外, 还分析了不同比较标准对选择效果的影响, 从比较结果可以看出(表 3), 在本例, 各组的均值均高于 CK 的均值, 故与均值比的实现增益都小于 CK 下的增益, 这是因为 CK 得分低, 比较水平低. 从而可知比较标准水平高低, 直接影响选择效果评判标准的尺度, 也可知早期引种批遗传质量要逊色于本研究参试的基因.

4.5 遗传力与遗传增益

以 I、II 两组基因(相当于种源或家系)和单株为统计单位估算的遗传力值, 其 16 年生的树高、胸径和材积遗传力相应为 0.474 9、0.596 6、0.526 8 和 0.202 8、0.239 5 与 0.247 5. 还计算出不同入选率下的绝对与平均遗传增益, 及其比我国早期引种批(CK)的相对增益优势度, 列入表 4.

表 3 各基因平均单株材积生长差异显著性测定、水平得分与选择结果¹⁾

Tab. 3 Least significant difference, level analysis scores and selection results on mean individual volume growth of each gene resources

I 组 group I			II 组 group II			III组 group III			IV组 group IV		
编号	V/m ³	得分	编号	V/m ³	得分	编号	V/m ³	得分	编号	V/m ³	得分
R12	0.254 9a	88.00	R21	0.389 1a	93.23	R15	0.177 0ab	40.09	C10	0.301 0	79.98
R6	0.226 9a	77.93	R20	0.369 5a	88.32	R26	0.163 5ab	36.71	C12	0.286 6	74.52
R3	0.209 8a	71.80	R25	0.327 2a	77.72	R24	0.161 0ab	36.09	C4	0.251 4	63.62
R4	0.188 9a	64.28	R22	0.289 2a	68.21	CK	0.149 8ab	33.29	C7	0.228 1	56.39
R7	0.160 2ab	53.95	R29	0.026 79a	62.88	R18	0.136 1ab	29.86	C9	0.223 7	55.02
R10	0.158 5ab	53.32	R28	0.246 8a	57.59	R14	0.111 9b	23.78	C5	0.216 1	52.66
CK	0.120 3ab	39.57	R31	0.232 5ab	54.01				C6	0.211 9	51.37
R2	0.111 9ab	36.57	R13	0.220 3ab	50.94				C2	0.188 8	44.22
R9	0.110 9ab	36.14	R27	0.218 1ab	50.38				C11	0.175 6	40.15
R5	0.110 4ab	36.01	R17	0.209 7ab	48.28				CK	0.174 7	39.84
R1	0.110 0ab	35.88	R23	0.209 3ab	48.14				C1	0.161 2	35.68
R8	0.067 6b	20.61	R16	0.208 5ab	47.98				C3	0.137 8	28.43
			R30	0.183 6ab	41.74				C8	0.130 8	26.26

1) I、II、III、IV 的平均得分分别为 68.21、68.03、61.79 和 51.43,与均值比的增益分别为 34.42%、30.40%、18.63%和 12.49%,与 CK 比的增益分别为 66.20%、89.89%、89%、40.72%和 22.49%

表 4 火炬松一般基因资源木材积遗传增益

Tab. 4 Genetic gain from mean individual volume growth of loblolly pine regular gene resources

入选率	绝对增益	年均增益	与均值比增益 ¹⁾	与 CK 比增益 ²⁾
selection rate/%	absolute gain/m ³	mean of annual gain/m ³	gain compared with mean volume/%	gain compared with CK/%
50.00	0.031 1	0.061 9	17.00	
1.25	0.038 1	0.002 2	20.84	41.88

1)与均值比材积增益(%)=(遗传增益/均值)×100;2)与 CK 比材积增益(%)=[(入选资源均值-总平均)/总平均-(入选资源均值-CK)/CK] h²×100

4.6 前后期材积生长表型相关

前—后期生长相关早已为许多研究所证实.表 5 研究的是在每个基因号只有 2~5 株小样条件下表现的规律,结果证明早—晚期材积生长表型相关趋势与已往研究一致^[8],只是相关系数偏小些,在 0.567 4~0.775 0 之间,其确定程度也偏小,在 32%~60%之间.但 IV 组的相关特殊,究其原因可能有

三:第一,样本小;第二,试材本身存在早期与晚期速生型,C14 属前者,C15、C16 属后者,它们前后期的秩序剧变化说明了这一点;第三,16 年生的树高测定可能偏小,表 5 下三角分母的 H16-D16、H16-V16 的相关系数均小于 $r_{0.05}=0.631\ 9$ 不显著,而 D16-V16 相关系数则为 0.919 9,达极显著水平可以为证.

表 5 前期与后期生长表型相关关系¹⁾

Tab. 5 Phenotypic correlation coefficient on juvenile and mature growth

编号 No.	H8	H16	D8	D16	V8	V16
H8	1	0.823 3** 0.617 8**	0.932 2** 0.819 9**	0.789 1* 0.553 3**	0.977 0** 0.837 2**	0.775 0** 0.567 4**
H16	0.556 7(*) 0.203 7	1	0.816 6** 0.393 6	0.907 8** 0.626 7	0.805 1** 0.443 4**	0.910 4** 0.761 6**
D8	0.768 3** 0.901 3**	0.329 0 0.119 8	1	0.750 8* 0.667 2**	0.972 1** 0.981 9**	0.707 4* 0.620 6**
D16	0.472 0 0.013 5	0.741 6** 0.392 9	0.552 7(*) 0.053 7	1	0.770 2** 0.716 8**	0.993 2** 0.973 8**
V8	0.891 4** 0.953 3**	0.490 2 0.151 0	0.951 9** 0.978 0**	0.600 5* 0.020 6	1	0.738 0** 0.673 4**
V16	0.653 1* -0.059 2	0.894 4** 0.603 8(*)	0.532 5(*) -0.100 6	0.952 5** 0.919 9**	0.638 9** -0.097 6	1

1)上下三角分子为第 I、II 组相关系数,分母第 II、IV 组相关系数;I、IV 组 $df=8$ $r_{0.05}=0.631\ 9$ $r_{0.01}=0.764\ 6$ $r_{0.10}=0.549\ 4$
II 组 $df=17$ $r_{0.05}=0.455\ 5$ $r_{0.01}=0.575\ 1$; III 组 $df=10$ $r_{0.05}=0.576\ 0$ $r_{0.01}=0.707\ 9$ $r_{0.10}=0.497\ 3$
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

5 结论与讨论

5.1 耐寒基因保存率高于一般基因, 表现出有较宽的适应能力, 且材积生长比较匀称, 表现在极差变动在 $0.131\ 1 \sim 0.170\ 2\ \text{m}^3$, 而一般基因则在 $0.187\ 3 \sim 0.277\ 2\ \text{m}^3$ 之间。

5.2 一般基因间生长性状多数差异显著, 选择潜力较大; 耐寒基因间无论幼年或成年均无显著差异, 选择潜力很小, 这是否与火炬松系统发育有关则有待研究。一般基因以原产地东南沿海, 特别是墨西哥湾的为优。

5.3 在2~5株小样本情况下观察生长前期与后期生长表型相关, 其趋势仍然明显, 但相关系数偏小, 平均在0.6左右, 确定程度偏小, 因而小样本观察下的早期选择准确率可能会偏低些。

5.4 早期引入我国的火炬松种批(CK)生产潜力处于中等水平, 虽然本试验中的一般基因没有一个系号在材积生长量上与CK有显著差异, 但在 $LSD_{0.05}$ 差异显著性测验中CK不属a类, 已属ab类(表2、3)。在选择率35%下只选a类时, 材积遗传增益比CK大1.5倍以上, 可见, 这些基因资源与其相应种源在今后火炬松遗传改良中将起重要作用, 应尽快地将它们引入到育种群体中去, 和转化为增殖群体

(种子园或采穗圃)。但因本研究的各个基因含量偏小, 可能存在遗传漂变, 应用时尽可能与种源试验结合起来, 会更为全面。

参考文献:

- [1] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 184—190.
- [2] 朱之悌, 林惠斌. 森林基因资源收集保存的要点和方法[J]. 世界林业研究, 1992(2): 13—20.
- [3] 潘志刚. 火炬松、湿地松种源试验研究报告[A]. 潘志刚. 湿地松、火炬松种源试验研究[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992. 1—29.
- [4] HARCHER A V. The use of progeny test data for evaluation of specific crosses and clones[A]. Anon. Tree improvement short course: No 30, [C]. Raleigh N C: NCSU press, 1981. 184—187.
- [5] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980. 175—186.
- [6] 钟伟华, 何昭珩, 周 达. 火炬松自由授粉子代测定研究[J]. 林业科学研究, 1994 7(3): 277—285.
- [7] 郑勇奇, 潘志刚. 火炬松耐寒种源试验[A]. 潘志刚. 湿地松、火炬松种源试验研究[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992. 30—37.
- [8] LAMBETH C C. Juvenile-mature correlations in *Pinaceae* and implications for early selection[J]. For Sci, 1980. 26(4): 571—580.

Growth Performance of the Loblolly Pine Genetic Resources

ZHONG Wei-hua¹, SHI Bin¹, ZHOU Da¹, HUANG Yong-quan², ZHANG Min-xing², LI Yuan-qiu³

(1 College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Seed and Seedling Station of the Department of Forestry, Guangdong Province, Guangzhou 510173, China;

3 Yingde Loblolly Pine Seed Orchard, Yingde 513000, China)

Abstract: This paper studied the growth performance of loblolly pine gene resources with in cold-hardy and regular provenances. The results indicated that the cold-hardy gene resources showed higher survival rate, better adaptability and uniformity in growth and without significant difference. The regular gene resources were the contrary, with lower survival rate, great variation in growth and significant difference among seed sources. The growth performance was superior to that of the early introduced loblolly pine seed lots in China. These provenances are the important genetic resources for tree improvement. Among these gene resources there were 10 superior numbers from the southeast coastal states in the U.S.A., especially those from the Mexican Bay States. Under 31.3% selection rate, the relative genetic gain was 20.84%. The juvenile-mature growth correlation trend derived from small samples of 2~5 trees, was in accordance with the former researches, only with a slightly lower the determination coefficient.

Key words: loblolly pine; genetic resources; growth performance; genetic gain; juvenile-mature growth correlation

【责任编辑 周志红】