

文章编号: 100F 1498(2001) 0F 0067 06

津巴布韦火炬松遗传资源林的评价与选择

钟伟华¹, 石 斌¹, 陈炳铨¹, 黄章平², 周 宏², 张民兴³

(1. 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2. 广东省翁源县九曲水林场, 广东 翁源 512600;

3. 广东省林业厅种苗站, 广东 广州 510173)

摘要: 研究了由津巴布韦引入的以家系为代表的火炬松遗传资源 50 个号的苗期与幼林生长表现。结果表明, 5 年生的单株材积差异显著, 有 14 个系(含 3 个对照)与最劣系有显著差异, 可列为优系。在 30% 的家系入选率下, 配合选择的材积遗传增益为 3.1%, 入选优株 148 株; 1、3 年生树高与材积的早期相关为较显著或极显著, 故早期试验林可测定树高为主, 以减少工作量; 还比较了 3 种统计分析方法应用效果和选留前 1/3 和淘汰后 1/3, 5 年生时优系的保持率和丢失率, 并主张早期选择以淘汰劣系, 以指导育种与生产工作为好。

关键词: 火炬松; 遗传资源; 生长早晚相关; 合并选择; 津巴布韦

中图分类号: S718.46

文献标识码: A

遗传资源也称基因资源, 是一个树种进行遗传改良的物质基础, 也是着手遗传改良首先要重视了解的问题。乡土树种拥有足够的选择群体, 供选择改良之用; 外引树种, 如火炬松(*Pinus taeda* L.) 原产美国, 在美国 10 个南方松中属首屈一指的重要用材树种, 分布范围广, 资源丰富, 进行遗传改良, 选择余地大, 能收到较大的改良效果。我国虽然经过 70 多年的引种试种^[1], 不断地、多批地引入种批, 这些资源经过自然与人工的选择, 不同程度地获得适应我国自然条件的种群, 是宝贵的资源。但是由于上述不同年度引进的资源数量少, 且多属商品种子, 来源不清, 给有计划的遗传改良带来一定困难和缺陷。为了建立具有较宽遗传基础的育种种群, 以提高繁殖(生产)种群的遗传质量, 1991 年, 林业部将建立湿地松、火炬松改良种子园项目列入联合国发展计划署的援建项目(CPR/91/153), 扩宽全国火炬松遗传基础被列入项目任务之一。本研究的试验材料就是联合国发展计划署援助我国的 CPR/91/153 项目从津巴布韦引进的资源, 现将 5 a 试验结果作一报道。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1993 年从津巴布韦 GFRS 和 JMUK 两个种子园引入半同胞家系种子 50 个号, 前者占 14 个, 后者占 36 个, 另选用广东省英德市火炬松种子园初选优良家系 4 个号作为对照参加试验(表 1)。

收稿日期: 1999-12-28

基金项目: 联合国发展计划署援建的 CPR/91/153 项目和广东省科委重点课题

作者简介: 钟伟华(1927), 男, 广东梅县人, 教授。

1.2 试验地点

试验地设在广东省翁源县国营九曲水林场,距县城约8 km, 24°24' N, 114°0' E, 海拔约200 m。年均温20.3℃, 年降水量1763.8 mm, 年平均相对湿度77%, 无霜日303 d。土壤由砂页岩发育而成, 属山地赤红壤, 土层50 cm以上, 土壤肥力中等, pH值5.0左右, 林地前作杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]人工林, 主要植被有芒箕[*Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw]、大芒(*Miscanthus sinensis* Anderss)等。

表1 试验材料

试验号	来源	原号	采种日期	无性系号	10 g种子数/粒	发芽率/%	试验号	来源	原号	采种日期	无性系号	10 g种子数/粒	发芽率/%
1	GFRS	15151	1984-09	278	399	74	28	JMUK	20553	1990-04	124	314	91
2	JMUK	16210	1986-03	68	452	62	29	JMUK	20559	1990-04	167	441	84
3	JMUK	16228	1986-03	204	302	95	30	GFRS	20899	1991-04	69	354	91
4	GFRS	16777	1987-03	934	419	98	31	GFRS	20900	1991-04	70	293	86
5	GFRS	7662	1988-04	95	384	92	32	GFRS	20901	1991-04	97	331	89
6	GFRS	17667	1988-04	102	322	82	33	GFRS	20906	1991-04	162	300	97
7	GFRS	17685	1988-04	380	327	96	34	GFRS	20907	1991-04	163	313	95
8	GFRS	17688	1988-04	782	348	81	35	GFRS	20908	1991-04	165	406	77
9	GFRS	17689	1988-04	817	404	93	36	GFRS	20912	1991-04	326	363	80
10	GFRS	17690	1988-04	818	407	94	37	GFRS	20913	1991-04	780	403	89
11	GFRS	17692	1988-04	820	413	93	38	GFRS	20914	1991-04	781	337	87
12	GFRS	17694	1988-04	828	343	90	39	GFRS	20915	1991-04	815	395	96
13	GFRS	17695	1988-04	829	345	83	40	GFRS	20919	1991-04	844	366	85
14	GFRS	17696	1988-04	830	472	89	41	GFRS	20920	1991-04	904	468	72
15	GFRS	17703	1988-04	902	483	65	42	GFRS	20922	1991-04	922	394	82
16	GFRS	17712	1988-04	929	343	78	43	GFRS	20923	1991-04	92	371	92
17	GFRS	17713	1988-04	930	321	89	44	GFRS	20925	1991-04	933	423	76
18	GFRS	17714	1988-04	931	363	92	45	JMUK	21571	1991-04	10	339	26
19	GFRS	17717	1988-04	936	325	81	46	JMUK	21572	1991-04	13	331	81
20	GFRS	17718	1988-04	937	356	80	47	JMUK	21579	1991-04	161	394	92
21	JMUK	17947	1988-11	205	509	92	48	JMUK	21786	1990-04	99	—	—
22	GFRS	19212	1989-04	160	329	82	49	JMUK	21787	1992-04	100	—	—
23	GFRS	19213	1989-04	169	509	91	50	JMUK	21798	1992-04	179	—	—
24	JMUK	19824	1990-04	897	389	88	51	中国	01	1992-01			
25	GFRS	20298	1990-04	927	412	94	52	中国	270	1992-01			
26	JMUK	20540	1990-04	8	388	88	53	中国	03	1992-01			
27	JMUK	20543	1990-04	59	400	85	54	中国	04	1992-01			

1.3 试验方法

1.3.1 田间试验设计 苗期试验: 1993年3月播种, 每份种子播一块, 出芽后移入营养杯培育1年生苗, 杯数按各系存苗数多少而定。当年秋季作苗木调查。造林试验: 采用随机完全区组设计, 6株行式小区, 重复6次, 每系栽36株。

1.3.2 试验林调查 第1、2、3年每年的12月调查每木树高, 第5年加测胸径, 计算材积公式如下: $V = 0.375 \times H \times D^2 / 10000$ 。

1.3.3 统计方法 单、双因素方差分析及相应的最小显著差数(L. S. D)检验和T检验^[2-4]。T检验公式: $T = (M_i - M_t) / (S_i / \sqrt{N_i})$ 。式中 M_i 、 S_i 、 N_i 分别是 i 家系的平均值、标准差、株数, M_t 是总平均, 它远比 i 家系稳定, 故视为常量。T 是自由度为 $N_i - 1$ 的学生氏 T。

采用两种方差分析方法的目的是比较它们的精度, 并择而用之。家系选择与配合选择的

遗传增益按下列公式计算(动物数量遗传理论及其应用协作组)^[5]。

$$\text{家系选择响应 } R_f = R[1 + (K_0 - 1)V_a] / \sqrt{\{K_0[1 + (K_0 - 1)T]\}}$$

$$\text{配合选择响应 } R_c = R \sqrt{\{[1 + (V_a - T)^2(K_0 - 1)] / \{(1 - T)[1 + (K_0 - 1)T]\}}}$$

式中: $R = iS_p h^2$, 是个体选择响应。 K_0 = 各家系平均株数, T = 组内相关系数。 V_a = 遗传相关系数, 全同胞 $V_a = 0.5$ 。 i = 标准化选择差, S_p = 表型标准差, h^2 = 遗传力。

遗传增益 ΔG = 选择响应 / 群体平均数 $\times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 苗期生长

按各系苗木数量多少, 抽样调查 10~ 30 株苗木高度, 经单因素方差、水平法分析^[6~8], 结果表明家系间高生长差异显著, $F = 15.619 > F_{0.05} = 1.51$, 各系平均值和得分如表 2。

表 2 各遗传资源的苗木平均高

试验号	平均高/cm	得分	试验号	平均高/cm	得分	试验号	平均高/cm	得分	试验号	平均高/cm	得分	试验号	平均高/cm	得分
6	25.93	82.09	48	21.55	62.03	17	19.43	52.29	18	17.74	44.55	36	15.38	36.76
45	25.77	81.37	27	21.50	61.80	41	19.32	51.82	37	17.47	43.31	25	14.88	31.42
03	25.10	78.31	49	21.18	60.35	46	19.27	51.57	12	17.45	43.23	14	14.80	31.08
13	24.75	76.75	9	21.03	59.63	15	19.21	51.32	10	17.40	43.00	42	14.52	29.81
29	23.50	70.97	35	20.88	58.94	2	19.10	50.80	16	17.36	42.82	32	13.75	26.26
22	23.40	70.50	8	20.75	58.36	19	19.00	50.34	38	17.33	42.67	5	13.43	24.81
04	23.00	68.68	7	20.55	57.45	02	18.83	49.54	20	17.08	41.55	33	12.37	19.93
43	22.98	68.59	30	20.20	55.84	39	18.65	48.73	23	17.08	41.51	40	11.93	17.90
31	22.68	57.19	44	19.98	54.81	47	18.40	47.59	21	16.55	39.10	11	10.83	12.85
3	21.85	63.41	50	19.78	53.89	01	18.38	47.52	34	16.03	36.70	26	9.75	7.92
1	21.80	53.18	24	19.55	52.86	4	17.96	45.58	28	15.95	36.35	\bar{x}	18.93	50.00

从表 2 得知, 大于总平均的家系 28 个, 其中来自 GFRS 的占 16 个, 来自 JMUK 的占 10 个, 对照占 2 个, 分别占各种子园参试系的 44.4%、71.4% 和 50%。

2.2 家系间幼林生长差异

第 1、3、5 年生的树高、胸径的单、双因素方差分析及多重检验结果见表 3。

表 3 单、双因素方差分析及其多重检验结果

性状	双因素方差分析			单因素方差分析			
	F 值	LSD _{0.05}	家系遗传力	F 值	LSD _{0.05}	家系遗传力	单株遗传力
H_1	2.359*	0.151 1	0.576 1	3.936	0.112 2	0.746	0.197 0
H_3	0.657 9	—	—	1.007	—	—	—
H_5	2.259*	0.894	0.557 3	1.686*	0.334 7	0.406 9	0.042 4
D_5	1.089	—	—	1.577*	0.677 3	0.365 8	0.035 8
V_5	1.179	—	—	1.528*	0.002 6	0.345 4	0.032 7

表3说明: (1) 以家系为代表的遗传资源在遗传内因上存在差异, 有选择潜力, 优者可参予我国的火炬松的遗传改良; (2) 单因素方差分析精度较双因素高, 所求得参数较多。因此可用作家系评选的计算方法; (3) 家系遗传力大于单株遗传力, 故家系选择效果较好。

2.3 家系评选结果

对各家系作 LSD 和 T 检验, 结果列入表 4。按 LSD 检验结果可分为优、中、劣 3 类, 优类材积较大, 共 27 个系, 两两间无显著差异, 但都与最末尾的劣系(21 号) 有显著差异; 中间类, 共 12 个系; 劣类 14 个系, 两两间亦无显著差异; 以群体均值 $0.001\ 424\ 3\ \text{m}^3$ 为据的简单 T 检验结果显著大者, 在表 4 中标以星号(*), 仅有 2、32 号。此外, 从表 4 还可看到, 参加试验的英德种子园初选优系, 有 3 个位居前 1/4 名次, 可见英德火炬松种子园种子的遗传品质可与津巴布韦引入资源相媲美。

表 4 5 年生材积均值显著性检验与评优结果

序号	系号	平均值/ m^3	标准误	T 值	序号	系号	平均值/ m^3	标准误	T 值
优 良 类 (27 个)									
1	2	0.016 02	0.000 86	2.08*	15	5	0.015 20	0.000 93	1.03
2	32	0.015 93	0.000 84	2.01*	16	14	0.015 15	0.001 33	0.68
3	270	0.015 87	0.001 03	1.58	17	24	0.015 05	0.000 97	0.83
4	04	0.015 84	0.001 11	1.44	18	34	0.014 73	0.001 03	0.48
5	46	0.015 75	0.000 81	1.86	19	11	0.014 73	0.000 87	0.56
6	31	0.015 74	0.000 85	1.77	20	25	0.014 67	0.000 89	0.48
7	41	0.015 70	0.001 13	1.29	21	12	0.014 52	0.000 87	0.32
8	22	0.015 66	0.001 00	1.41	22	39	0.014 51	0.000 76	0.35
9	17	0.015 65	0.000 92	1.53	23	49	0.014 47	0.000 64	0.35
10	15	0.015 65	0.000 84	1.68	24	19	0.014 33	0.001 19	0.07
11	9	0.015 64	0.001 45	0.97	25	33	0.014 32	0.000 93	0.08
12	4	0.015 49	0.000 88	1.42	26	47	0.014 26	0.000 99	0.02
13	01	0.015 45	0.000 96	1.26	27	35	0.014 24	0.000 94	0
14	28	0.015 22	0.000 87	1.13					
中 间 类 (12 个, 略)									
劣 类 (14 个)									
40	8	0.013 43	0.000 90	- 0.90	47	6	0.012 81	0.000 84	- 1.71
41	10	0.013 43	0.000 95	- 0.86	48	27	0.012 66	0.000 83	- 1.91
42	38	0.013 41	0.000 70	- 1.20	49	43	0.012 61	0.000 83	- 1.96
43	50	0.013 38	0.001 30	- 0.66	50	03	0.012 36	0.001 39	- 1.36
44	48	0.013 19	0.000 98	- 1.07	51	36	0.012 16	0.000 81	- 2.57
45	7	0.012 98	0.000 84	- 1.50	52	29	0.011 94	0.000 84	- 2.74
46	3	0.012 90	0.000 87	- 1.54	53	21	0.011 65	0.000 91	- 2.86

2.4 家系与配合选择效果

从表 4 的优系中, 按不同的入选率可看出, 只选优系与在优系中再选优株, 其效果(遗传增益)是不同的。表 5 列出了按家系与按配合两种选择方法的结果。从表中可见, 配合选择的材积增益一般比家系选择大。当从中选的 15 个优系中入选 146 个优株, 配合选择的遗传增益为 3.06%, 比家系选择大 2.3%。

2.5 表型相关与选择年龄

为了探讨 5 年生以前的选择效果, 表 6 列出了 1、3、5 年生的树高与 5 年生材积的表型相关系数。可见 1、3 年生树高与 5 年生材积存在相关关系, 但其确定系数偏低, 分别为 6.2%、27.8%。

表 5 家系选择与配合选择效果

入选优系数	入选率/%	家系选择 遗传增益/%	配合选择 遗传增益/%	入选优株数
2	4.0	5.23	5.34	3
5	10.0	4.38	4.43	17
10	20.0	3.55	3.63	66
15	30.0	2.99	3.06	146
20	40.0	2.53	2.59	263
24	48.0	2.16	2.21	373

表 6 前-后期树高与材积的表型相关

性状	H_1	H_3	H_5	V_5
H_1	1	0.595 ^{**}	0.289 [*]	0.248 ^(*)
H_3		1	0.556 ^{**}	0.527 ^{**}
H_5			1	0.887 ^{**}

注: $r_{0.10} = 0.229$ 加(*)号者, $r_{0.05} = 0.271$, $r_{0.01} = 0.351$ 。

为了弄清早期按树高选择的效果,以 5 年生时材积优劣序列的前 1/3 与末 1/3 家系作变化分析, 结果发现, 若作幼年选优, 在 1 年生时, 位居前 1/3 者其保存率为 33.2%, 下降到末 1/3 去的占 22.2% (4 个系); 3 年生时则相应变为 55.6% 与 16.7%, 但下降的系号不同; 相

反, 若作淘汰性选择, 舍去末 1/3 的系, 1 与 3 年生丢失优系数率分别为 11.1%、16.7%。前者的误选率分别为 22.2% 和 16.7%。可见, 在 5 a 前选择, 以淘汰性选择为佳。据另一研究表明, 5 年生已达到早期选择较佳年龄。

3 结论与讨论

(1) 津巴布韦遗传资源质量问题: 所引资源是以家系为代表, 它们在苗期与幼林均呈现出有遗传上的差异。5 年生时, 材积生长量有 24 个系大于总平均, 与我们初选的 3 个优系(CK)的遗传质量相当, 但其中有 2 个系则略胜一筹。这说明津国引入的火炬松遗传资源有些较优, 可以融入我国火炬松遗传育种群体中去, 扩大遗传基础; 另一方面还说明, 1975 年前引入我国的诸种批可以用于遗传改良并采取育种措施逐步排斥近亲家系。

(2) 家系与地点互作问题: 本试验认定的优良或较优良家系, 是在一个试点上作出的, 能否适应更多的地点, 是否存在家系 × 地点特异表现尚属未知。据同一组试材另一试点(已被山火吞没) 2 年生树高排序与本报告 H_3 、 H_5 优劣排序比较, 保存在前 1/3 名次内者仅有 4 个(41、4、15、2), 其余 13 个均不在前 1/3 名次内, 这可能说明存在家系 × 地点互作, 值得注意。

(3) 单因素方差分析及其多重检验(LSD) 结果精度较高, 信息较多, 一般可用作评价家系的优劣, 但其局限是方差成分中包含了部分环境方差, 家系遗传力有可能偏高。

(4) 配合选择优于家系选择, 这是因为单株表型值与育种值可分别表示为 $P = P_f + P_w$, $A = A_f + A_w$ (式中, P 与 A , P_f 与 A_f 和 P_w 与 A_w 分别是单株表型值与育种值, 家系平均表型值与育种值和家系内偏差的表型值与育种值)。家系选择时只考虑 P_f 与 A_f 而把 P_w 与 A_w 视为 0。而家系内选择只考虑 P_w 与 A_w 而把 P_f 与 A_f 视为 0, 配合选择则综合地考虑了这两方面的权重。故配合选择总是优于家系选择或至少是相等。

(5) 早期选择问题: 研究表明, 1、3 年生树高与 5 年生材积分别达到较显著或极显著相关。可见作试验林的数据观测与选择以树高性状为据是可行的。但因确定系数偏小, 稳定度偏低,

应用时应持慎重态度,依据育种强度大小灵活掌握。如要高强度选优,则为时过早;如是低强度选优,在建立密度较大、初植密度又大于最终密度的种子园,适时应用这种相关成果则是有益的。此外本研究的遗传资源林,含苗龄已是6年生,所确定的优系群多数是正确的,但正如一些研究者指出的这些早期位居前列的家系,到后期位置次序上仍会有变动^[9]。所以把入选率定为30%。研究还证明,早期选择以采用汰劣性选择为佳,其误选率低于选优法选择。

参考文献:

- [1] 孙光新. 火炬松栽培[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1983.
- [2] 钟伟华. 湿地松, 火炬松[A]. 见: 沈熙环主编. 种子园技术[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992. 50~ 54.
- [3] 莫惠栋. 农业试验统计[M]. 上海: 上海科技出版社, 1984. 151~ 207.
- [4] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981.
- [5] 吴仲贤. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 1977. 79~ 82.
- [6] 王明麻. 森林育种学概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 71~ 73.
- [7] 钟伟华, 何昭珩, 周达. 火炬松自由授粉子代测定[J]. 林业科学研究, 1994, 7(3): 277~ 285.
- [8] Harder A. The use of progeny test data for evaluation of specific crosses and clones [A]. In: Anon ed. Tree Improvement Short Course No. 30 [M]. Raleigh (N. C.): NCSU Press, 1981. 184~ 187.
- [9] Lambeth C. C. Juvenile mature correlations in Pinaceae and implications for early selection[J]. For Sci, 1980, 26(4): 571~ 580.

Assessment and Selection on the Genetic Resource Test Plantation of Loblolly Pine Introduced from Zimbabwe

ZHONG Wei-hua¹, SHI Bin¹, CHEN Bing-quan¹,
HUANG Zhang-ping², ZHOU Hong², ZHANG Min-xing³

(1. Forestry College, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;

2. Jiuqushui Forest Fam, Wengyuan County of Guangdong Province, Wengyuan 512600, Guangdong, China;

3. Seed and Seedling Station, Bureau of Forestry of Guangdong Province, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

Abstract: Genetic resource of loblolly pine (*Pinus taeda*) represented by 50 families were evaluated for to study the growth performance in seedling and young stage. The result showed that there was significant difference for single-tree volume at the age of 5. Fourteen families (include 3 check families) were significantly different from the most inferior one and were considered as superior families. Under the selection rate of 30% for family, the genetic gain for volume was estimated to be 3.1%, with combined selection and 148 selected trees. Height growth at the age of 1 and 3 was relative or extreme significantly correlated with the volume growth at the age of 5. Therefore, the test plantation could be measured only by height, in order to reduce work load, three statistical methods were compared for their using results. Maintenance rate and loss rate of superior families at the age of 5 were compared when selecting the top one third or superseding the bottom one third of all the families. It was suggested that early selection should be implemented by superseding the inferior families.

Key words: loblolly pine; genetic resource; early-late correlation of growth; combined selection; Zimbabwe