

# 红河州柚木种源试验五年评价\*

张荣贵 蓝 猛 乔光明 王永刚 谢先荣

(云南省红河自治州林业科学研究所, 661400, 云南个旧; 第一作者 45 岁, 男, 工程师)

**摘要** 在云南省红河自治州河口县对 35 个柚木种源的 5 a 试验结果表明: 种源间在树高、胸径上呈极显著差异, 其中超过标准种源(相当于平均水平)的分别有 16 个和 17 个。以胸径超过标准种源 10%, 材积超过 40% 为选择标准, 则 8507、8602、8603、8021、1307、8022、85131、8508 号被选为适生优良种源, 其树高、胸径、材积的现实增益平均分别为 17.0%, 19.9% 和 70.3%; 其中前 2 个种源的材积现实增益达 128% 和 107%; 树高、胸径、材积的期望遗传增益约分别为 10.0%, 11.4% 和 45.8%。生长的年—年秩次呈紧密相关, 表明早期选择有相当高的效率。

**关键词** 柚木; 种源试验; 生长评价

**分类号** S722.7

云南省红河州 1964 年开始在河口沙坝、屏边白鹤桥试种柚木(*Tectona grandis* L.f.)。虽然初期生长较好, 但种源来源不清, 部分种源栽种后 5~6 a 即开花结实, 过早分枝, 影响生长与木材质量。柚木的种源、变种或类型的遗传变异十分复杂, 如何在这些复杂的变异中筛选出能适应红河州以至全省热带、南亚热带多种宜林地的优良种源, 是当前发展柚木人工林亟待解决的问题。为了筛选出适应性强、生产力高、材质好的优良种源, 于 1986 年至 1989 年, 建立了面积为 5.06 hm<sup>2</sup> 的种源试验林。目前在河口县已推广种植的面积达 840 km<sup>2</sup>。本文仅就 1987 年建立的 TP8736 号种源试验作 5 a 生长的初步评价。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

参试种源 28 个(包括以 9 株优树为代表的 2 个种源), 来自泰国、缅甸、老挝、印度尼西亚、新加坡及国内早期引种的林分, 其中在我国种植原产国清楚, 但具体地点不详的以双名法标示种源名称, 如尖峰/[缅甸]种源; 早期引种, 原产地不详的定为国内次生种源, 如石牌[次生]种源。其生态背景见表 1。

### 1.2 试验地概况

试验地位于 22°41' N, 103°56' E 的河口县南溪镇安家河, 海拔高度为 370~395 m。属季风热带湿润地带<sup>[1]</sup>, 年均气温 22.6℃, 10℃ 积温 8 266.9℃, 年降水量 1 789.2 mm, 相对湿度 85%, 年均风速 1.0 m/s(河口气象站 20 a 资料)。

土壤为变质岩(千枚岩、云母片岩)发育的砖红壤性黄红壤, 土层厚度大于 120 cm, 坡度 10~15°, pH 值 6.0。

\* 本文为国家“七五”攻关项目“柚木种源选择”内容之一; 试验工作得到邝炳朝研究员等大力帮助, 参与工作的还有李德生、唐琼莲、段云洪、王进林等, 在此一并致谢。

1998-05-04 收稿。

表 1 参试柚木种源及其生态背景

种源编号	种源名称	分布地点	纬度(N)	经度(E)	海拔 /m	年均温 /	年降水量 /mm
1007/80	泰国	泰国达府	16 49	98 36	220	27.0	1 644
1008/80	泰国	泰国帕府	18 13	99 59	200	27.0	1 100
1306/84	泰国	泰国南邦	18 40	99 55	350	26.0	1 260
1307/84	泰国	泰国南邦	18 40	99 55	350	26.0	1 260
1308/84	泰国	泰国帕府	18 00	99 45	175	27.0	1 100
7564/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
83317/86	石牌/[ ?]	广东广州华南农大	23 05	113 20	63	21.9	1 728
2167/86	陇川/[ 缅甸]	云南陇川	24 16	97 52	920	19.0	1 653
83017/86	龙洞/[ ?]	广东广州龙洞	23 05	113 20	20	21.9	1 728
8463/86	梅花园/[ ?]	广东广州梅花园	23 05	113 20	10	21.9	1 728
8508/86	平远/[ 新加坡]	广东平远	24 35	115 54	148	20.7	1 636
* 7500/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
* 7505/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
* 7506/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
* 7516/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
* 7517/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
* 7521/85	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰热林站	18 42	108 09	150	24.5	1 500
8601/86	缅甸	缅甸曼德勒	22 10	96 15	—	—	—
8604/86	普文/[ 缅甸]	云南景洪普文试验林场	22 25	100 58	980	20.1	1 655
8602/86	瑞丽/[ 缅甸]	云南瑞丽市政府	24 01	97 55	800	20.1	1 402
8410/86	城子营/[ 缅甸]	云南陇川县林场	24 16	97 51	980	19.0	1 653
8021/86	姐勒/[ 缅甸]	云南畹町姐勒	24 01	97 50	775	20.0	1 006
* 77101/86	畹町/[ 缅甸]	云南畹町市林场	24 05	98 05	880	20.4	1 500
* 77102/86	畹町/[ 缅甸]	云南畹町市林场	24 05	98 05	860	20.4	1 500
* 77103/86	畹町/[ 缅甸]	云南畹町市林场	24 05	98 05	820	20.4	1 500
77109/86	鹿场/[ 缅甸]	云南盈江邦巴鹿场	24 28	97 55	105	20.8	1 055
8022/8402	孟仑/[ 缅甸]	云南孟仑植物所	21 29	101 34	640	20.9	1 525
8605/86	景洪/[ 缅甸]	云南景洪果木场	22 01	101 05	600	21.9	1 196
8620/86	小寨/[ 缅甸]	云南景洪小寨	22 01	101 05	590	21.9	1 196
7787/86	景洪/[ 泰国]	云南景洪热作所	22 01	101 05	580	21.9	1 196
8443/86	孟腊/[ 老挝]	云南孟腊林管所	21 30	101 34	640	20.9	1 525
8019/86	党校/[ 缅甸]	云南景洪州党校	21 52	101 04	570	21.9	1 196
8603/86	尖峰/[ 缅甸]	海南乐东尖峰 12 公里	18 40	108 50	1 160	18.3	1 113
85131/86	河口/[ 缅甸]	云南河口城关镇	22 30	103 57	137	22.6	1 789
8507/86	梅县/[ 印尼]	广东梅州梅县	24 18	116 07	127	21.5	1 644

注: 有\* 号为优树编号(下同)。

### 1.3 试验设计与统计方法

本试验为种源与部分种源中选出的优树的混合试验, 采用完全随机区组设计, 8 次重复, 双行小区, 每小区 4 株, 株行距 3 m × 3 m。40 cm × 40 cm × 35 cm 的穴状整地。以 1 年生小棒槌苗造林。植后当年至次年每年除草松土 3 次, 第 3~4 年用草甘磷灭草。每年年底或次年年初作一次生长调查。材积以如下公式计算<sup>[2]</sup>:

$$V = 0.4787 \times H \times D^2 \quad (1)$$

式中, 0.4787 =  $\pi/4 \times f$  ( $f = 0.6095$ )。以小区株数平均值进行方差分析和新复极差检验<sup>[3]</sup>。以如下公式估算种源的遗传力( $h^2$ )和选择的遗传增益( $\Delta G$ )<sup>[4]</sup>:

$$h^2 = \sigma_p^2 / (\sigma_p^2 + \sigma_e^2 / r) \quad (2)$$

$$\Delta G = R / \bar{X} = (h^2 \times S) / \bar{X} = (ih^2\sigma_p) / \bar{X} \quad (3)$$

(2) 式中:  $\sigma_p^2$ ——种源的遗传方差,  $\sigma_e^2$ ——误差均方,  $r$ ——试验重复; (3) 式中:  $R$ ——选择响应,  $S$ ——选择差,  $i$ ——选择强度,  $\sigma_p$ ——种源标准差,  $\bar{X}$ ——林分平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 种源的生长差异

方差分析与新复极差检验表明: 种源间在树高、胸径上呈极显著差异(表 2)。在 95% 的置信概率上, 处于第 1 层次(最好)的分别有 13 个和 9 个种源, 处于最后(最差)层次的分别有 3 个和 1 个种源, 而与标准种源(平均水平)无显著差异( $\alpha = 0.05$ )的在树高和胸径上分别有 27 个和 25 个种源, 占参试编号总数的 77.1% 和 71.4%; 而显著地高于和低于标准种源的, 在树高上有 1 个和 7 个种源, 胸径上有 2 个和 8 个种源(表 3), 分别占参试种源数的 2.86%, 20.0% 和 5.71%, 22.86%。

表 2 柚木种源生长量变量分析

变异来源	自由度	平方和		均方		F 值	
		树高	胸径	树高	胸径	树高	胸径
种源间	34	277.29	397.97	8.16	11.71	2.86***	2.88***
区组间	7	132.17	140.41	18.88	20.06	6.62***	4.93***
误差	238	679.47	967.49	2.58	4.07		
总变量	279	1088.93	1505.87				

注:  $F_{0.01} = 1.78$ 。

### 2.2 种源生长过程与年—年秩次相关

5 年生的树高、胸径、材积的年—年秩次相关均呈极显著的差异(表 4), 为种源生长量的早期选择提供了统计的依据。生长过程的进一步分析表明(表 5、6): 第 5 年生长量排在前 12 位和后 6 位的种源, 其秩次的变化甚小, 证明对种源进行早期生长的选择有效。如以 3 年生开始分别对树高、胸径或材积各选出生长好的前 12 个编号, 与 5 年生的选择作比较, 则跌落于标准种源以下的, 在树高、胸径和材积方面分别有 2 个、3 个和 1 个种源, 其选择有效率分别为 83.0%、75.0% 和 91.7%; 而且入选的编号中有 77.8% (胸径) 和 100% (树高) 仍处在新复极差检验的第 1 层次(表 5)。

### 2.3 种源生长性状的遗传与变异

依公式(2)得树高与胸径的遗传力( $h^2$ )均大于 0.65, 表明参试的种源群体, 在树高、胸径方面的差异, 主要受遗传控制, 且控制程度基本一致; 而遗传变异系数(GVC)则胸径高于树高(表 7), 表明胸径的遗传差异大于树高, 选择工作按胸径进行更为有利(材积未作遗传分析)。

### 2.4 种源选择与评价结果

以胸径的平均值超过标准种源 10%, 材积超过 40% 为入选标准, 则有 8507、8602、8603、8021、85131、8508、1307、8022 号计 8 个种源被选为适于当地生长的优良种源(优树均未入选), 其树高、胸径、材积的现实增益平均分别为 17.0%、19.9% 和 70.3%, 其中以前面 2 个种源为最高, 材积的增益达到 128% 和 107% (表 8)。

表 3 种源树高、胸径的生长差异(1987~1991年, 5年生)

秩次	种源号	树 高			秩次	种源号	胸 径		
		平均值 /m	新复极差检验				平均值 /cm	新复极差检验	
			$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
			A	A			a	a	
1	8507	9.20	B	B	1	8507	9.94	b	b
2	8602	8.69	C	C	2	8602	9.75	c	c
3	8603	8.25	D	D	3	8603	9.36	d	d
4	8021	8.18			4	8021	8.88		
5	1307	8.05			5	85131	8.72		
6	8022	8.01	E		6	8508	8.70		
7	* 7516	7.67	F		7	1307	8.63		
8	1007	7.65			8	8022	8.59	e	e
9	85131	7.55	G		9	* 7516	8.12	f	
10	8508	7.51			10	8410	7.78		
11	7787	7.40			11	77109	7.78	g	
12	* 7500	7.23			12	2167	7.67		
13	77109	7.21			13	7564	7.61		
14	8410	7.04			14	8620	7.60		
15	8604	7.01			15	83317	7.60		
16	* 7521	7.01			16	* 7500	7.57		
17	8620	6.98			17	8604	7.51		
18	1306	6.94			18	1007	7.49		
19	8601	6.94			19	* 77103	7.49		
20	8463	6.89			20	83017	7.48		
21	* 77101	6.87			21	1306	7.47		
22	8605	6.85			22	7787	7.46		
23	* 77102	6.84			23	* 7506	7.43		
24	8019	6.82			24	* 7521	7.41		
25	2167	6.79			25	* 77101	7.39		
26	* 7506	6.72			26	8605	7.39		
27	7564	6.66			27	8601	7.31		
28	* 77103	6.64			28	* 77102	7.16		
29	83317	6.56			29	8463	7.12		
30	* 7517	6.30		E	30	* 7517	7.10		
31	83017	6.07			31	8019	6.77		
32	1308	5.75	H		32	1008	6.11		
33	8443	5.45			33	1308	5.81		
34	1008	5.39			34	8443	5.61	h	f
35	* 7505	3.75			35	* 7505	2.90		

表 4 种源生长的年—年秩次相关系数( $r$ )

年份	树 高				胸 径				材 积			
	1988	1989	1990	1991	1988	1989	1990	1991	1988	1989	1990	1991
1987	0.842	0.778	0.637	0.605	—	—	—	—	0.794	0.824	0.783	0.742
1988		0.897	0.804	0.777		0.789	0.662	0.651		0.855	0.768	0.757
1989			0.930	0.868			0.839	0.769			0.922	0.860
1990				0.920				0.863				0.945

注: 相关系数临界值 $r(33, 0.10) = 0.2746$ ,  $r(33, 0.05) = 0.3246$ ,  $r(33, 0.01) = 0.4182$ 。

表 5 生长较好种源生长过程的排序与早期预测

种源号	树 高					胸 径					材 积						
	1987	1988	1989	1990	1991	1987	1988	1989	1990	1991	1987	1988	1989	1990	1991		
8507	3	1	1	2	1	a	1	1	1	1	1	a	—	1	1	1	1
85131	8	4	2	1	9	a	2	3	2	2	5	a	—	3	2	2	7
8603	5	9	3	5	3	a	3	7	4	4	3	a	—	6	3	4	3
8022	17	5	4	4	6	a	5	2	5	5	8	a	—	4	5	5	6
8602	7	2	5	3	2	a	9	4	3	3	2	a	—	2	4	3	2
* 7500	6	3	6	12	12	a	10	5	7	12	16	c	—	5	7	11	13
8021	11	7	7	7	4	a	17	8	6	6	4	a	—	8	6	7	4
1307	28	18	8	6	5	a							—	20	12	6	5
2167	4	13	9	11	(25)	b							—	18	11	10	16
8463	10	8	10	13	(20)	b	14	12	10	21	(29)	d	—	11	10	19	(28)
* 7516	1	17	11	9	7	a	21	11	8	9	9	a	—	13	18	9	9
1007	9	25	12	14	8	a	12	28	9	13	(18)	c	—	27	9	13	11
8604	20	12	17	27	15	b	25	9	18	26	17	c	—				
83017							7	16	11	15	(20)	c					
83317							11	20	12	14	15	c					

注: 有 号者为 3 年生时生长量相当于平均水平的标准种源; 多重比较的 a、b、c 是 5 年生计算结果。

表 6 生长较差种源生长过程的排序与早期预测

种源号	树 高					胸 径				
	1987	1988	1989	1990	1991	1987	1988	1989	1990	1991
7517	34	34	33	31	30	34	32	33	30	30
83017	2	11	13	30	31	33	34	31	31	31
1308	32	30	31	32	32	22	30	34	34	32
8443	29	23	32	33	33	31	27	30	33	33
1008	33	32	34	34	34	32	31	32	32	34
7505	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

表 7 种源生长的遗传变异

树 高			胸 径		
遗传力 $h^2$	遗传变异系数 $GVC$	表型变异系数 $PVC$	遗传力 $h^2$	遗传变异系数 $GVC$	表型变异系数 $PVC$
0.6503	0.1165	0.2679	0.6530	0.1319	0.2946

表 8 种源生长的现实增益

种源号	树高增益%	胸径增益%	单 株 材 积	
			平均值/ $\times 10^{-3}m^3$	现实增益%
8507/86	+ 32.0	+ 31.0	43.51	+ 128.0
8206/86	+ 24.0	+ 29.0	39.55	+ 107.0
8603/86	+ 18.0	+ 24.0	34.60	+ 81.0
8201/86	+ 17.0	+ 17.0	30.88	+ 62.0
1307/84	+ 15.0	+ 14.0	28.70	+ 50.0
8022/8402	+ 15.0	+ 14.0	28.29	+ 48.0
85131/86	+ 8.0	+ 15.0	27.48	+ 44.0
8508/86	+ 7.0	+ 15.0	27.21	+ 42.0

(续表 8)

种源号	树高增益%	胸径增益%	单株材积	
			平均值/ $\times 10^{-3} \text{m}^3$	现实增益%
1008/80	- 23.0	- 19.0	9.63	- 50.0
1308/84	- 18.0	- 23.0	9.29	- 51.0
8443/86	- 22.0	- 26.0	8.21	- 57.0
7505/85	- 46.0	- 62.0	1.51	- 92.0

注: 表中仅列出入选的与生长很差的部分种源。

以不同的选择强度, 依公式(3)估算了选择的遗传增益, 推广 8 个中选种源, 其树高、胸径、材积的期望遗传增益平均为 10.01%、11.38% 和 45.78%; 若只推广应用前面最优的 2 个或较优的前 5 个种源, 其期望遗传增益分别为 15.18%、17.25%、76.57% 和 11.98%、13.61%、55.78% (表 9)。

表 9 种源选择结果的遗传增益 ( $\Delta G$ )

推广种源数/个	入选率%	选择强度 $i$	遗传增益 $\Delta G\%$		
			树高	胸径	材积
2	5.741	2.004	15.18	17.25	76.57
5	14.285	1.581	11.98	13.61	55.78
8	22.857	1.322	10.01	11.38	45.78

注: 材积的遗传增益是以树高、胸径遗传力的平均值代替材积的遗传力和材积的相对选择差的平均值估算的, 与公式(3)的计算会有偏差。

### 3 结 论

(1) 种源间在树高、胸径生长上呈极显著差异, 但显著地(0.05 水平)高出和低于标准种源(相当平均水平)的只分别占参试种源、优树的 2.9% ~ 5.7% 和 20% ~ 22.9%, 而与标准种源无显著差异的占 77.1% (树高) 和 71.4% (胸径), 它们具有中等水平的生长表现, 在良种种子未能满足需要时, 可作一般造林用种。

(2) 5 年生树高、胸径、材积的年年秩次均呈极紧密相关, 与海南尖峰点、广西大青山点的试验结果基本一致<sup>[2]</sup>, 可作生长的早期选择。3 年生时的选择与 5 年生的选择比较, 选择的有效率达 75.0% ~ 91.7%。

(3) 参试种源群体, 生长性状的遗传力较高, 表明其主要受遗传控制, 而胸径的遗传差异大于树高, 对胸径实施选择比对树高选择更为有利。

(4) 入选的 8 个种源, 其树高、胸径、材积的平均现实增益分别为 17.0%、19.9% 和 70.3%, 最优的材积现实增益为 107% 和 128%; 树高、胸径、材积的期望遗传增益分别为 10.0%、11.4% 和 45.8%, 最优的 2 个为 15.2%、17.3% 和 76.6%。但应指出: 为避免繁琐的计算, 材积的期望遗传增益是以树高、胸径遗传力的平均值代替材积进行粗略计算, 其数据仅供参考。

(5) 柚木的 5 年生生长, 仅树高已进入高峰期, 胸径与材积的生长高峰期远未到达, 因此, 5 年生的种源生长评价, 仅是初步结果, 但从已掌握的资料来看, 5 年生的选择对于 10 ~ 15 年生选择, 具有相当高的效率。初期生长慢而后期(10 a 以后)生长加快的种源, 目前已知为数极少。

## 参 考 文 献

- 1 丘宝剑, 卢其尧. 中国热带—南亚热带的农业气候. 北京: 科学出版社, 1963. 83 ~ 103.
- 2 邝炳朝, 郑淑珍, 罗明雄, 等. 柚木种源主要性状聚合遗传值的评价. 林业科学研究, 1996, 9(1): 7 ~ 14.
- 3 南京林业大学主编. 田间试验和统计方法. 北京: 农业出版社, 1979. 96 ~ 100.
- 4 沈熙环编著. 林木育种学. 北京: 中国林业出版社, 1990. 56 ~ 65.

**Provenance Test on Growth Evaluation of Teak in Honghe**

Zhang Ronggui Lan Meng Qiao Guangming Wang Yonggan Xie Xianrong

(Forestry Research Institute of Honghe Prefecture, Yunnan Province, 661400, Gejiu, Yunnan, China)

**Abstract** 35 teak provenances were test in Hekou County, Honghe Prefecture, Yunnan Province. At the age of 5, there are remarkable differences in  $H$  (height) and  $DBH$  among provenances in which 16 surpassed standard provenance (average level) in  $H$  and 17 in  $DBH$ . Based on criterion for selection—10% over the standard provenance in  $DBH$  and 40% over in volume—provenance 8507, 8602, 8603, 8021, 1307, 8022, 85131, 8508 were considered fine. Meanwhile, the average real gain of the fine provenances in  $H$ ,  $DBH$  and volume accounted for respectively 17.0%, 19.9% and 70.3%, and their expectation genetic gains in  $H$ ,  $DBH$  and volume were separately 10.0%, 11.4% and 45.8%. The real gains in volume of the best two provenances came up to 128% and 107% separately. Because of highly closed growth interrelation among ages, selection at early stage would be efficient.

**Key words** teak; provenance test; growth evaluation