

文章编号: 1001-1498(2007)03-0423-05

金沙江干热河谷适生树种的引种和早期适应性研究*

江业根, 康丽华**, 马海宾, 陈应龙

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

关键词: 干热河谷; 相思; 木麻黄; 桉树; 种源选择; 早期生长; 适应性分析

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

Study on the Introduction and Early Adaptability of Adaptable Afforestation Tree Provenances in Hot and Arid Valley, Jinshajiang River

JANG Ye-gen, KANG Li-hua, MA Hai-bin, CHEN Ying-long

(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: The growth performances of 17 provenances of 3 *Acacia* species, 2 provenances of *Casuarina* species, and 2 provenances of *Eucalyptus* species were analyzed. The results showed that there are very significant differences among provenances in tree height, crown diameter, ground diameter and reserving rate. All the indicators except reserving rate were remarkably different among blocks. For 17 *Acacia* provenances, the difference in tree height, crown diameter and ground diameter among provenances and blocks were very significant, but no difference existed between the 2 *Casuarina* provenances in tree growth. By 18 months' analysis and Duncan test, the 21 provenances were divided into 3 groups, in which 2 *Casuarina* provenances, 2 *Eucalyptus* provenances and 2 *Acacia* provenances had the best growth performance and could be selected as the optimal provenances to plant in hot and arid valley.

Key words: hot and arid valley; *Acacia*; *Casuarina*; *Eucalyptus*; provenance selection; early growth; adaptability analysis

相思 (*Acacia* spp.) 类树种类型多, 分布广, 除欧洲及南极外各大洲均有分布, 尤以澳大利亚最多, 其次为非洲; 该类树种主要生长在干旱半干旱地区, 垂直分布在海平面附近至 1 500 m 以上; 该树种生长快, 用途广泛, 有根瘤, 具有强力固氮作用^[1,2]; 生物量大, 枯枝落叶多, 对土壤有很好的改良作用^[3~5]; 此外, 网脉相思 (*Acacia aneura* F. Muell. ex Benth.), 维多利亚相思 (*A. victoriae* Beath.) 还能用作饲料, 如网脉相思被认为是澳大利亚干旱季节牲口最充足和营养丰富的饲料。20 世纪 60 年代以来, 我国已引种了大叶相思 (*A. auriculiformis* A. Cunn.), 马占相

思 (*A. mangium* Willd.), 厚荚相思 (*A. crassicaarpa* A. Cunn. ex Benth.), 纹荚相思 (*A. aulacocarpa* A. Cunn. ex Benth.) 等, 这些相思树种在荒山绿化、薪炭林经营、水土保持及公路建设中发挥了重要作用。通过早期的引进和栽培, 目前经系统遗传改良的相思类树种已经成为我国重要的纸浆材树种, 栽培面积达 20 万 hm^2 左右^[6], 相思树种具有较高的推广价值和广阔的应用前景^[7,8]。

木麻黄 (*Casuarina* spp.) 为常绿乔木, 天然分布于爪哇、巴厘、佛罗里斯岛, 位于 $5^{\circ} \sim 12^{\circ} \text{S}$, $110^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$ 之间, 垂直分布从海岸至海拔 3 100 m 高山;

收稿日期: 2005-12-14

基金项目: 国家林业局 948 引进项目 (2004-14)、国家自然科学基金 (30371142)、广东省自然科学基金 (32388) 的部分研究内容

作者简介: 江业根 (1959—), 男, 广东龙川人, 高级工程师。

* 本研究得到鹤庆林业局的大力帮助, 参加部分工作的尚有: 郑翠梅、赵一鹤、李昆等人, 在此一并致谢!

** 为通讯作者

分布区年平均温度 22~26, 最冷月平均温度 25~28, 最低温度 19~22。木麻黄对土壤适应性广, 从沙质松土至紧密黏土; 耐旱, 在山崩坡土上是先锋树种^[3]; 也可在根部形成固氮根瘤而改良土壤, 通过接种外生菌根增强木麻黄对贫瘠地的适应性^[4]。木麻黄适宜作观赏树、篱笆、建筑用材、薪材、桩木材等, 不宜作饲料。20 世纪 80 年代末, 我国在海南省的琼海, 福建的漳州等地引种, 但在干热河谷地区引种未见报道。

桉树 (*Eucalyptus* spp.) 是桃金娘科桉属植物的统称, 种类多, 适应性强, 速生丰产^[3]。自然分布广, 从热带到温带; 垂直分布高, 从海湾到海拔 2 000 m 以上山地均可生长, 年降水量为 250~2 400 mm 时均能生长。20 世纪 80 年代以来, 通过系统的引种、栽培^[6-9], 桉树在华南地区发挥着越来越重要的作用, 极大地缓解了华南地区对纸浆材的需求。通过试验还发现, 桉树与木麻黄的轮作和混交对二者生长均有利^[6]。

干热河谷地区热量偏高, 雨量偏少, 环境质量差, 水土流失严重, 是造林极端困难的地区之一^[10]。在这一地区, 多用途耐旱树种^[10-12]的选择, 是实施退耕还林改变生态环境的一个基础性环节。为了丰富该地区耐旱绿化树种的资源, 开展了耐旱的相思属、桉树属、木麻黄属植物的引种试验, 目的是为该地区寻找适生树种和配套的造林技术, 为相同立地类型区的植被改造提供参考。

1 试验点概况

试验地设在云南省鹤庆县 (25°51'~26°42' N, 100°05'~100°25' E) 的黄坪镇和朵美乡, 两地位于金沙江流域干热河谷上段的退耕还林地。土壤为燥红土和红褐土, 风化程度低, 层次分化不明显, 土壤质地黏重, 保水性差^[10]。县城范围的海拔 1 200~1 600 m, 年均温度 18.5~20.4, 年相对湿度 67.8%, 年均降水量在 700~840 mm。降水时间多集中于夏季 7、8 月份, 6、9 月雨量偏少, 10 月到次年 5 月基本无雨。造林地前茬为玉米 (*Zea mays* L.), 杂草主要有鬼针草 (*Bidens bipinnata* L.)、红茎马唐 (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) 和扭黄茅 (*Heteropogon contortus* (L.) Beauv.) 等。

2 材料与方法

2.1 试验材料

参试树种包括相思属 3 个种 17 个种源, 木麻黄

属 1 个种 2 个种源, 桉树属 1 个种 3 个种源, 种源编号及原产地概况见表 1。

表 1 参试树种原产地基本概况

树种	种源编号	采种点	纬度 (S) / (°)	经度 (E) / (°)	海拔 / m	干粒质量 / g
维多利 亚相思	8	NSW	34 11	142 11	40	52.08
	9	QLD	24 28	145 36	300	52.91
	10	SA	29 49	139 03	0	33.90
	11	SA	30 31	138 33	0	20.49
	12	NT	22 08	133 16	552	55.55
	24	NSW	30 23	142 02	0	41.32
网脉 相思	1	WA	30 14	121 47	366	32.26
	4	QLD	26 25	146 17	300	12.00
	5	NT	23 12	132 51	620	21.78
	7	QLD	26 37	144 13	200	41.60
	25	QLD	26 22	143 09	180	21.55
	26	NT	23 36	132 34	660	21.74
	27	NSW	31 30	145 50	200	22.73
	28	WA	23 09	118 41	715	38.90
	29	NT	21 58	133 29	550	34.60
灰木 相思	14	VIC	37 53	146 45	120	34.13
	15	NSW	32 37	150 03	500	17.36
木麻黄	17	NSW	33 21	149 38	685	0.42
	18	NSW	29 50	151 36	1 000	1.01
桉树	21	WA	31 20	121 43	200	11.11
	23	Vic	37 40	148 06	300	/

注: 灰木相思 (*Acacia inplexa* Benth.)

2.2 研究方法

2003 年 3 月苗圃内苗盆播种育苗, 苗高 3 cm 时就地移入塑料薄膜营养袋 (规格为正面宽 10 cm、侧面宽 8 cm、高 20 cm)。造林地采用沿等高线开间距 3 m 水平带, 带宽 0.8 m, 挖穴 (50 cm × 50 cm × 50 cm) 植苗。每穴施磷肥 250 g, 进口复合肥 150 g, 农药 (高丙体粉) 50 g。15 d 后进行造林地调查并补植。

2003 年 7 月中旬采用随机区组设计造林, 株行距 1.5 m × 3.0 m, 4 区组, 每小区 20 株, 各小区中 10 株施肥 (有机生物肥 500 g), 另 10 株不施肥, 造林 15 d 后进行造林地调查并补植, 每半年调查 1 次生长, 18 个月生时调查地径、冠幅等性状。

采用 SAS 软件进行统计、因子分析^[13, 14]。

3 结果与分析

3.1 不同树种各林龄生长性状分析

对 21 个种源的生长性状 (以树高、地径等作为生长量的指标, 可比较不同树种的生长水平) 作方差分析, 采用小区平均值计算树高、地径、冠幅和保存

率,结果见表 2。

表 2 不同种源、区组间性状的方差分析

林龄/月	变异来源	自由度	F值				概率 P值			
			树高	冠幅	地径	保存率	树高	冠幅	地径	保存率
6	种源间	20	42.61**			3.44**	0.000 1			0.000 1
	区组间	3	18.94**			3.82*	0.000 1			0.014 3
12	种源间	20	31.97**			6.85**	0.000 1			0.000 1
	区组间	3	14.86**			4.36**	0.000 1			0.007 6
18	种源间	20	52.91**	20.74**	37.71**	13.0**	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	区组间	3	19.32**	14.66**	17.38**	2.71	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.052 7

注: **表示 1%极显著差异, *表示 5%显著差异,下同; P表示接受零假设的概率 P值,当概率 $P < 0.05$ 时,拒绝零假设,表示差异显著,下同。

由表 2 看出:不同林龄树高、地径和冠幅在种源及区组间均达极显著差异;而不同林龄保存率除在 18 个月生时区组间未达显著水平外,其它均达显著或极显著水平。方差分析结果表明:随着林龄的增加各性状在种源、区组间存在分化和遗传差异,可以通过选择获得优良种源。由于比较是在不同树种的不同种源间进行的,获得优良种源的同时也获得该地的适生树种。

不同种源 18 个月生时的树高、冠幅、地径生长排序及 LSD 多重比较结果见表 3。由表 3 可知:树高生长排前 3 名的分别是 17、18、14 号种源,树高分别达 208.91、201.44、191.79 cm,24 号种源最低,树

高仅达 34.06 cm;前 3 名种源的树高分别约是 24 号种源树高的 6.13、5.91、5.63 倍;18 个月生时所有种源的平均树高是 83.01 cm,生长最好的 17 号种源约是平均值的 2.52 倍。冠幅生长排前 3 名的分别是 23、17、18 号种源,分别达 157.28、108.53、104.35 cm,7 号种源最小,冠幅达 24.11 cm,前 3 名种源的冠幅分别约是 7 号种源冠幅的 6.52、4.50、4.33 倍。地径生长排前 3 名的分别是 23、18、17 号种源,平均地径分别达 2.63、2.20、2.14 cm,12 号种源生长最小,只有 0.315 cm,前 3 名种源的地径分别约是 12 号种源的 8.35、6.98、6.79 倍。

表 3 不同种源 18 个月生时树高排序及 LSD 多重比较

树高			冠幅			地径		
种源号	cm	LSD 多重比较	种源号	m	LSD 多重比较	种源号	cm	LSD 多重比较
17	208.91	a	23	157.28	a	23	2.63	a
18	201.44	a	17	108.53	b	18	2.20	b
14	191.79	a	18	104.35	bc	17	2.14	b
15	165.22	a	21	102.17	bc	21	2.05	bc
23	123.00	a	15	90.29	bc	14	1.85	bc
21	107.67	a	14	82.02	c	15	1.74	c
27	70.49	b	12	44.59	d	5	0.89	d
28	64.63	bc	28	44.00	d	28	0.76	de
4	64.21	bc	29	40.33	d	27	0.75	de
5	60.79	bc	11	36.58	d	29	0.73	de
29	58.56	bc	5	35.64	d	4	0.73	de
7	51.66	bc	9	33.19	d	25	0.63	def
25	50.79	bc	4	32.50	d	7	0.61	def
9	46.62	bc	1	31.99	d	11	0.56	def
11	44.22	bc	25	31.25	d	10	0.55	def
1	42.82	bc	27	30.91	d	26	0.54	def
26	42.66	bc	10	30.40	d	1	0.53	def
10	41.16	bc	24	29.93	d	9	0.52	def
12	36.50	c	8	27.53	d	8	0.44	ef
8	36.01	c	26	27.33	d	24	0.40	ef
24	34.06	c	7	24.11	d	12	0.32	f
平均	83.01		平均	54.52		平均	1.03	

注:表内同列中相同字母表示无差异,而不同字母表示差异显著

3.2 施肥对比下的性状因子分析

以 21 个种源 18 个月生时树高的调查数据为基础,进行各种源及施肥处理的分析和显著性检验(Duncan 检验),结果见表 4。

由表 4 看出:树高、保存率在种源间存在极显著

差异;所有因子在种源、肥料间均未达显著水平;在肥料间,除保存率外均未达显著水平。结果表明,干热河谷立地上不同树种(种源)的生长存在差异,施肥能提高苗木的保存率。

表 4 18 个月生时种源与施肥处理间的方差分析结果

林龄/月	变异来源	自由度	F 值				概率 P 值			
			树高	冠幅	地径	保存率	树高	冠幅	地径	保存率
18	种源间	20	27.19**	15.51	18.16	10.34**	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	肥料间	1	0.23	1.76	0.17	4.00*	0.632 9	0.188 8	0.685 0	0.048 9
	种源×肥料	20	0.43	0.76	0.30	0.82	0.981 1	0.755 4	0.998 1	0.683 9

3.3 相同树种不同种源的生长分析

在干热河谷困难立地上造林,因早期生长较缓慢,只对相同树种的生长因子进行分析。各树种不

同种源 18 个月生长分析结果见表 5。桉树 2 个种源因数据量不够而不能单独分析。

表 5 18 个月生时不同树种各种源及区组生长分析

树种	变异来源	自由度	F 值			概率 P 值		
			树高	冠幅	地径	树高	冠幅	地径
相思	种源间	16	14.77**	4.32**	11.71**	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	区组间	3	15.01**	14.03**	17.14**	0.000 1	0.000 1	0.000 1
木麻黄	种源间	1	0.23	0.14	0.06	0.645 1	0.719 9	0.813 3
	区组间	3	5.01*	5.13*	3.57	0.030 4	0.028 6	0.065 5

由表 5 看出:相思的树高、地径和冠幅因子在种源和区组间均达极显著差异,其中生长最好的 14 号种源平均树高是 191.79 cm,是生长最差的 24 号种源(34.06 cm)的 5.63 倍,说明在相思树种中可以选择出生长较好的种源;木麻黄的树高和冠幅只在区组间达显著差异,其它均未达显著水平,说明 2 个木麻黄种源(17 号平均高为 208.91 cm,18 号平均高为 201.44 cm)生长差异不明显,二者在干热河谷立地前期生长水平相近,但是 17 号种源生长优于 18 号种源。对桉树 2 个种源的平均树高进行简单比较发现:23 号种源的生长(平均高 123.00 cm)好于 21 号(平均高 107.67 cm)种源。

3.4 干热河谷引种树种适应性的早期选择

针对树高 SAS 分析中的生长排序和分组比较,可以采用以树高为主因子,地径和冠幅为辅因子进行早期优良树种及种源的选择和评定。

从表 3 中可以看出,18 个月生时 21 个种源可以分为 3 个组,生长最好的组包括:17、18、14、15、23、21 号种源;生长次之的组包括:27、28、4、5、29、7、25、9、11、1、26、10 号种源;生长最差的组包括:12、8、24 号种源。通过分析,选择生长最好的一组作为今后在该地进行进一步试验采用的树种或种源,这

一组包括 2 个木麻黄种源(17、18 号)、2 个灰木相思种源(14、15 号)和 2 个桉树种源(21、23 号),这 6 个种源的平均树高分别是最差(24 号)种源的 6.04、5.82、5.54、5.40、5.38、5.30 倍。综合 18 个月生时树高分析表明:17 和 18 号种源(木麻黄),21 和 23 号种源(桉树),14 和 15 号种源(灰木相思),较适应干热河谷立地生长。

由于处于困难立地且生长期短,因此该立地上适生树种的引种和选择需要进一步、更长期的进行下去,才能得出更准确的结论。对比华南地区相同林龄的木麻黄^[15,16]、相思^[17,18]和桉树^[19-21]的生长,干热河谷立地的树木生长较为缓慢,对其立地的改造需要漫长的过程,而优良适生树种的引种和选择无疑成为长期而艰巨的任务。

4 结论与讨论

(1)不同林龄树高、地径和冠幅在种源及区组间均达极显著差异,而保存率除在 18 个月生时区组间未达显著水平外,其它均达极显著或显著水平。结果表明:干热河谷立地林分在较早林龄时,各种源生长水平就表现很大差异,可以通过选择获得优良种源,进一步选择的潜力很大。生长分析还表明,随

林龄增加,分化水平越大,性状选择的可靠性也越大。试验中存在相同种源随着林龄增加平均树高变小的情况,原因在于逆境引起的立木死亡而降低了平均树高。

(2)施肥比较中只有保存率存在显著差异,其它无差异。原因可能是施用有机生物肥使植株根系形成了菌根而增强了根系的活力,从而在早期提高了苗木的成活率和保存率,说明在该立地施有机生物肥很有必要。

(3)生长因子分析表明:相思在种源及区组间都存在极显著差异,说明 17 个相思种源中可选择出适合于干热河谷立地的种源;而 2 个木麻黄种源生长无差异,区组间表现显著差异只表明局部小立地对生长有影响。

(4)树高、地径生长可以作为生长量的重要指标,通过早期生长选择,发现 2 个相思、2 个木麻黄和 2 个桉树共 6 个种源是该试验中表现最好的种源,选择的结果需进一步试验验证。

(5)试验中各树种的保存率和成活率较低,为加强木麻黄和桉树优良种源入选的可靠性,需在今后的试验中加大木麻黄和桉树种源的引种,才能获得更多更可靠适应干热河谷立地的种源和品种,利于推广应用。

参考文献:

- [1] People M B. Methods for Evaluating Nitrogen Fixation by Modulated Legumes in the Field [J]. ACIAR Monograph, 1989, 11: 76 ~ 78
- [2] Richardson A E, Peoples M B. The 9th Australian Nitrogen Fixation Conference [C]. Canberra: Australian Society Nitrogen Fixation, 1991: 124 ~ 125
- [3] 《树木学》(南方本)编写委员会. 树木学 [M]. 北京:中国林业出版社, 1995: 203 ~ 205, 352 ~ 353, 480 ~ 483
- [4] 广东省林业局, 广东省林学会. 广东省商品林 100 种优良树种栽培技术 [M]. 广州:广东科技出版社, 2003: 72 ~ 91
- [5] 尚军红, 康丽华, 罗玉萍, 等. 相思根瘤菌和解磷菌培养基优化及解磷能力研究 [J]. 林业科学研究, 2005, 18 (2): 177 ~ 182
- [6] 周铁烽. 中国热带主要经济树木栽培技术 [M]. 北京:中国林业出版社, 2001: 162 ~ 168
- [7] 中国林科院热林所. 澳大利亚树种在中国的栽培和利用国际研讨会论文集 [C]. 广州:中国林科院热林所, 1988: 18 ~ 24, 149 ~ 157, 299 ~ 305
- [8] 洪菊生. 澳大利亚阔叶树研究 [M]. 北京:中国林业出版社, 1993: 11 ~ 26
- [9] Wei Run-peng, Xu Da-ping. Eucalyptus Plantations-Research, Management and Development [M]. Singapore: World Scientific Pub, 2002: 42 ~ 49, 90 ~ 101, 211 ~ 219, 315 ~ 321
- [10] 张祖荣. 横断山区干旱河谷 [M]. 北京:科学出版社, 1992: 6 ~ 7
- [11] 郑益兴, 刘秀贤, 杨朝凤, 等. 元谋干热河谷印楝幼林施肥效应初步研究 [J]. 林业科学研究, 2005, 18 (4): 137 ~ 142
- [12] 张金宝, 杨忠, 张建平. 元谋干热河谷坡地岩土类型与植被恢复分区 [J]. 林业科学, 2003, 39 (4): 16 ~ 22
- [13] SAS Institute Inc. SAS/STAT User's guide [M]. version 6: vol 1, vol 2. fourth ed. Cary, NC: SAS Institute Inc, 1990: 891 ~ 996, 1661 ~ 1673
- [14] 黄少伟, 谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析 [M]. 广州:华南理工大学出版社, 2001: 178 ~ 181
- [15] 康丽华, 李素翠, 彭耀强, 等. 木麻黄接种弗兰克氏菌海藻酸钙菌剂大田试验研究 [J]. 林业科学研究, 2000, 13 (1): 39 ~ 43
- [16] 仲崇禄, 施纯淦, 王维辉, 等. 华南地区山地木麻黄种源试验与筛选 [J]. 林业科学, 2002, 38 (6): 58 ~ 65
- [17] 周纪刚, 蔡伟烈, 徐平, 等. 马占相思等 4 个相思树种的造林生长对比试验 [J]. 广东林业科技, 2004, 20 (3): 13 ~ 15
- [18] 朱剑云, 叶永昌, 张方秋, 等. 厚荚相思施肥试验 [J]. 广东林业科技, 2004, 20 (1): 8 ~ 11
- [19] 李光友, 徐建民, 陆钊华, 等. 尾叶桉二代测定林家系的综合评选 [J]. 林业科学研究, 2005, 18 (1): 57 ~ 61
- [20] 薛华正, 吴之扬, 陈霞, 等. 桉属树种与种源、家系比较试验 [J]. 林业科学研究, 1997, 10 (6): 591 ~ 598
- [21] 徐建民, 陆钊华, 白嘉雨, 等. 尾叶桉实生种子园遗传分析与育种值估算 [J]. 林业科学研究, 2005, 18 (5): 516 ~ 523