

文章编号: 1001-498(2001)04-0408-08

华南地区短枝木麻黄种源试验*

仲崇禄¹, 施纯淦², 王维辉², 白嘉雨¹, 苏金权², K. Pinyopusarerk³

(1. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 福建省漳州市林业科技推广站, 福建 漳州 363000); 3. CSIRO Forestry and Forestry Products, Canberra, Australia)

摘要: 对华南地区短枝木麻黄种源 16 个性状的两试点联合方差分析表明: 除 PBA 和 PBL 外, 其它性状在地点间有极显著差异, 表明参试种源在两个地点分别进行种源筛选; 除 1 年生树高、2~3 年生单株材积外, 其它数量性状在种源间有显著或极显著差异; 4 年生的树高、胸径、单株材积、PBD、PBT、PBL 在种源 × 地点(P × S) 互作间有显著或极显著差异。方差分量比例计算结果表明, 2~4 年生时, 除 4 年生单株材积方差分量比例略有降低外, 树高、胸径和单株材积的地点方差分量比例及 P × S 互作的方差分量比例均随年龄的增加而增加; 质量性状 SFA、SFS、PBD 和 PBT, 地点方差分量比例最大, 而种源或加上 P × S 互作的方差分量 < 10%。当不考虑 P × S 互作效应时, 种源数量性状和质量性状的遗传变异系数和广义遗传力均比考虑互作效应时相应性状的遗传变异系数和广义遗传力大。4 年生树高、胸径、保存率、SFA 和 SFS 等 6 个性状, 按地点对参试种源进行评定结果为: 试验 E946 中, 优良种源为 18086、18118、18355、18013、18244、18119、18288、18348、18015 和 18008; 试验 E944 中优良种源有 18154、18355、18128、18143、18153、18127、18134、14233 和 18288。这些种源均好于国内对照种源, 分别占各自参试种源的 25.0% 和 20.93%, 其中 18355 和 18288 种源在两个试验点表现均好, 可作为华南地区推广种植的种源。预测了短枝木麻黄在我国 的适生范围。

关键词: 短枝木麻黄; 种源试验; 遗传变异; 优良种源选择; 华南地区

中图分类号: S722.7 文献标识码: A

短枝木麻黄(*Casuarina equisetifolia* L. Johnson) 是世界各国引种最早、人工栽培面积最大的木麻黄科(Casuarinaceae) 树种。由于它具有独特的生物学特性和良好生长特性, 现已普遍用于用材林、薪炭林、农田防护林和防风固沙林的营建, 贫瘠地、干旱地和盐碱地的改造, 行道树和庭园绿化等建设。其木材用于纸浆生产、薪材、建筑材, 如模板或顶木等。树皮可生产化工产品。短枝木麻黄可固氮, 并有内生和外生菌根菌, 因而常被作为造林先锋树种或改良土壤的优良树种。短枝木麻黄作为速生树种, 其轮伐期为 6~12 a。我国短枝木麻黄种源试验始于 20 世纪 80 年代中期的中澳合作和中法合作项目, 90 年代初又参加中澳合作项目“短枝木麻黄种源试验”项目。自 1985 年以来, 通过国际合作项目, 先后引进短枝木麻黄种源 73 个, 在海南、广东和福建建立了多个种源筛选试验点^[1-7]。本研究为其中 2 个试验点、49 个种源的 4 年生结果, 目的是探讨短枝木麻黄种源的遗传变异特点, 估算短枝木麻黄种源的遗传参数, 筛选适合我国

收稿日期: 2000-03-14

基金项目: 中澳合作项目“国际性木麻黄种源试验”(1994~2002) 研究内容

作者简介: 仲崇禄(1961-), 男, 山东郓城人, 副研究员。

* 福建省漳州市赤山防护林场李永林、陈胜和广东省阳西县林业局关则冠、叶志坚等参加了试验工作。

华南沿海退化地上生长的优良种源。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验立地属于滨海较严重退化地, 滨海沙土, 每年6~10月台风期有轻度积水(表1)。

表1 试验地主要特征

代号	地点	(°)N	(°)E	海拔/m	年均气温/℃	年降水量/mm	土壤类型
E946	福建东山	23 40	117 28	4	20.8	945.3	滨海沙土
E944	广东阳西	21 36	111 41	1	22.8	2 293	滨海沙土

1.2 试验材料

试验材料为短枝木麻黄49个种源(表2), 除CK种源外, 其它种子均由澳大利亚林木种子中心提供, 福建东山试验点含40个种源, 广东阳西试验点含42个种源, 其中2个试验点共有的种源33个。

表2 参试种源种子产地名录

代号	种源号	产地	(°)纬度	(°)经度	海拔/m	代号	种源号	产地	(°)纬度	(°)经度	海拔/m
1	18244	马来西亚 1	01 44 N	111 29 E	40	26	18125	埃及 1	31 13 N	29 55 E	0
2	18157	马来西亚 2	05 55 N	116 05 E	0	27	18122	埃及 2	31 16 N	30 05 E	0
3	18158	马来西亚 3	05 55 N	116 05 E	0	28	18357	菲律宾 1	09 19 N	118 29 E	10
4	18348	马来西亚 4	06 30 N	99 45 E	0	29	18154	菲律宾 2	11 31 N	122 30 E	30
5	18355	贝宁	06 23 N	02 13 E	8	30	18117	菲律宾 3	12 21 N	121 02 E	20
6	18153	巴布亚新几内亚	09 05 S	148 17 E	10	31	18152	越南 1	11 33 N	108 59 E	2
7	18119	印度 1	09 15 N	79 20 E	5	32	18128	越南 2	16 06 N	106 20 E	2
8	18118	印度 2	11 42 N	79 24 E	40	33	18312	越南 3	18 24 N	105 48 E	5
9	18120	印度 3	12 36 N	79 48 E	50	34	18127	越南 4	18 44 N	105 45 E	1
10	18014	印度 4	19 50 N	85 53 E	10	35	18085	越南 5	20 22 N	106 21 E	1
11	18013	印度 5	20 20 N	86 06 E	7	36	18086	瓦努阿图	17 45 N	168 18 E	30
12	18015	印度 6	21 30 N	86 54 E	2	37	18271	斐济 1	16 38 S	178 49 E	30
13	18121	关岛	14 40 N	145 00 E	2	38	18270	斐济 2	18 11 S	177 35 E	106
14	17587	肯尼亚 1	03 02 S	40 09 E	50	39	16499	塞舌尔	03 47 S	55 39 E	
15	18137	肯尼亚 2	03 19 S	39 17 E	12	40	18287	斯里兰卡 1	06 08 N	81 07 E	16
16	18143	肯尼亚 3	03 20 S	40 01 E	15	41	18288	斯里兰卡 2	08 06 N	80 15 E	80
17	18142	肯尼亚 4	03 38 S	39 51 E	20	42	16166	澳大利亚 1	11 07 S	132 22 E	10
18	18134	肯尼亚 5	04 00 S	39 00 E	10	43	18008	澳大利亚 2	12 25 S	130 50 E	20
19	18299	泰国 1	07 09 N	100 37 E	0	44	15958	澳大利亚 3	16 41 S	145 34 E	30
20	14234	泰国 2	07 33 N	100 36 E	2	45	14195	澳大利亚 4	18 59 S	146 22 E	1
21	18298	泰国 3	07 33 N	100 37 E	0	46	14194	澳大利亚 5	19 06 S	146 31 E	0
22	18296	泰国 4	08 46 N	98 16 E	5	47	18267	中国广东	21 25 N	111 02 E	4
23	18297	泰国 5	09 21 N	98 27 E	10	48	18268	中国海南	19 58 N	110 59 E	10
24	14233	泰国 6	12 33 N	101 24 E	2	49	CK	中国福建	23 40 N	117 28 E	4
25	18040	汤加	21 07 S	175 04 E	0						

1.3 试验方法

1.3.1 设计及方法 1993年3月播种育苗, 1994年4~6月造林; 每个地点试验均采用完全

随机区组设计,4个区组,每小区25株,株行距 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$,穴为 $40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$,造林时每穴施过磷酸钙 150 g 。

1.3.2 树木测定 造林后定期观测树高 $H(\text{m})$ 、胸径 $DBH(\text{cm})$ 。计算树木单株材积 $[V=0.000\ 026\ 1 \times DBH \times DBH \times H(\text{m}^3 \cdot \text{株}^{-1})]$ 、保存率 $S(\%)$,造林后4年生时观测主干分叉习性 SFA 、主干通直度 SFS 、侧枝密度 PBD 、侧枝粗细 PBT 、侧枝分枝角 PBA 和侧枝长度 PBL 等^[1,4,7]。

1.3.3 数据处理 观测获得的所有单株数据,求小区平均值,然后采用SAS数据处理软件中GLM方法进行方差分析。两试点联合方差分析模型为: $Y = \mu + Bi + Sj + Pk + SPjk + Eijkl$,式中 Y 为观测值, μ 为总平均值, Bi 为重复效应, Sj 为地点效应, Pk 为种源效应, $SPjk$ 为地点 \times 种源互作效应, $Eijkl$ 为误差;采用SAS数据处理软件中REML方法(限制极大似然估计法)估算方差分量^[8]。计算种源遗传变异系数 $GCV(\%)$ 和种源广义遗传力 $H^2(\%)$ $[=100 \times \text{遗传方差} / \text{环境方差} = 100 \times \text{种源方差分量} / (\text{方差分量} + \text{种源方差分量} + \text{地点方差分量} + \text{种源} \times \text{地点互作方差分量} + \text{误差项方差分量})]$ ^[9]。种源结合筛选采用多目标决策分析法^[10]。

2 结果与分析

2.1 33个共同种源的方差分析和遗传参数的估算

10个性状的方差分析结果及考虑互作效应和不考虑互作效应两种情况下性状的方差分量比例列入表3。方差分析表明树高、胸径和单株材积性状在地点间有极显著差异。除1年生树高,2~3年生单株材积外,其它数量性状在种源间有显著差异或极显著差异。4年生树高、胸径和单株材积在种源与地点($P \times S$)互作间有极显著差异。所有质量性状在种源间均有显著或极显著差异。 SFA 、 SFS 、 PBD 、 PBT 在地点间有显著或极显著差异。 PBD 、 PBT 、 PBL 在 $P \times S$ 互作间有显著或极显著差异。方差分量比例计算结果表明,2~4年生时,除4年生单株材积方差分量比例略有降低外,无论考虑 $P \times S$ 互作效应与否,树高、胸径和单株材积的地点方差分量比例均随年龄的增加而增加;从种源方差分量比例上看,树高、胸径和考虑互作效应时单株材积性状则随年龄增加而降低;树高、胸径、单株材积 $P \times S$ 互作的方差分量也为随年龄增加而增加。质量性状 SFA 、 SFS 、 PBD 和 PBT 的地点方差分量比例最大,而种源或加上 $P \times S$ 互作的方差分量 $< 10\%$ 。从另外角度看,考虑互作效应时质量性状种源方差分量比例大小顺序分别为 $PBL > SFS > SFA > PBT$ 、 PBA 、 PBD ,数值分别为 13.4% 、 3.32% 、 3.29% 、 0% ;不考虑互作效应时,质量性状种源方差分量比例2顺序分别为 $PBL > PBA > SFS > SFA > PBD > PBT$,数值分别为 19.8% 、 9.68% 、 4.75% 、 3.29% 、 2.09% 和 1.97% 。

种源遗传变异系数和种源广义遗传力分析结果见后页表4。当考虑 $P \times S$ 互作效应时,2~3年生种源树高、胸径和单株材积的遗传变异系数分别为 $8.96\% \sim 8.98\%$ 、 $13.2\% \sim 15.04\%$ 、 $6.97\% \sim 18.78\%$;而4年生种源树高、胸径和单株材积的遗传变异系数均为0。种源质量性状遗传变异系数, PBL 为 3.66% , SFA 1.15% , SFS 1.21% , PBA 0.87% ,而 PBD 、 PBT 均为 0% ;当不考虑交互作用时,树高的遗传变异系数为 $4.84\% \sim 10.97\%$,胸径为 $13.94\% \sim 15.25\%$,单株材积为 $11.93\% \sim 23.36\%$,质量性状分别为 PBL 4.42% , PBD 1.68% , SFS 1.51% , SFA 1.15% , PBT 0.99% , PBA 0.87% 。

表 3 方差分析和方差分量

性状	变源	F 值	比例 1/ %	比例 2/ %	性状	F 值	比例 1/ %	比例 2/ %
H1	区组 B	8.15***	7.23	7.3	H3	12.8***	7.56	7.54
	地点 S	43.04***	22.0	22.5		156.1***	47.3	47.4
	种源 P	1.19 ^{ns}	0	1.12		2.06***	4.17	5.16
	P × S	1.24 ^{ns}	3.96			1.23 ^{ns}	2.33	
	误差		66.8	69.1			38.6	39.9
H2	区组 B	13.93***	14.1	14.1	H4	20.79***	6.8	6.98
	地点 S	27.65***	14	14		282.1***	56.1	56.1
	种源 P	1.66**	5.82	5.82		2.5***	0	3.73
	P × S	0.93 ^{ns}	0			3.33***	12.6	0
	误差		66.1	66.1			24.5	33.2
DBH2	区组 B	14.71***	15.9	15.9	V2	10.82***	13.4	13.4
	地点 S	9.64***	4.9	4.9		13.98***	8.38	8.38
	种源 P	2.00***	9.16	9.18		1.17 ^{ns}	2.19	2.19
	P × S	1.11 ^{ns}	0.05			0.77 ^{ns}	0	
	误差		70	70			76	76
DBH3	区组 B	6.88***	5.45	5.45	V3	5.55***	5.33	5.33
	地点 S	104.0***	40.8	40.8		66.67***	32.7	32.7
	种源 P	1.84***	5.22	5.41		1.09 ^{ns}	0.4	0.71
	P × S	1.00 ^{ns}	0.42			0.97 ^{ns}	0.68	
	误差		48.1	48.3			60.9	61.2
DBH4	区组 B	12.7***	6.44	6.55	V4	8.63***	6.17	6.37
	地点 S	163.6***	46.1	46.2		72.47***	31.4	31.4
	种源 P	2.28***	0	4.96		1.47*	0	2.37
	P × S	2.42***	12.7			1.81***	9.13	
	误差		34.7	42.3			53.3	59.9
SFA	区组 B	2.78**	1.64	1.64	PBT	0.10 ^{ns}	0	0
	地点 S	133.4***	48.9	48.9		785.8***	78.9	79.8
	种源 P	1.54**	3.29	3.29		2.57***	0	1.97
	P × S	0.89 ^{ns}	0			3.80***	7.83	
	误差		46.2	46.2			13.1	18.2
SFS	区组 B	5.46***	3.15	3.12	PBA	2.83**	2.81	2.81
	地点 S	158.6***	50.3	50.4		0.32 ^{ns}	0	0
	种源 P	1.95***	3.32	4.75		1.71**	9.68	9.68
	P × S	1.26 ^{ns}	3.1			0.46 ^{ns}	0	
	误差		40.1	41.7			87.3	87.3
PBD	区组 B	4.64***	0.51	0.44	PBL	0.59 ^{ns}	0	0
	地点 S	1127***	83.9	85.1		0.95 ^{ns}	0	0
	种源 P	2.96***	0	2.09		3.16***	13.4	19.8
	P × S	2.98***	4.87			1.72**	14.2	
	误差		9.55	12.4			72.4	80.4

注: 比例 1 为考虑种源 × 地点互作效应时方差分量的比例, 比例 2 为不考虑种源 × 地点互作效应时方差分量的比例; 性状后的数字表示观测年龄, 如 H2 为 2 年生树高, 类推, 下同。

当考虑 P × S 互作效应时, 2 ~ 3 年生数量性状树高的广义遗传力分别为 5.68% 和 3.56%, 胸径分别为 8.64% 和 4.73%, 单株材积分别为 2.11% 和 0.21%, 而 1、4 年生树高、胸径和单株材积的遗传力均为 0%。质量性状 PBL 为 13.2%, PBA 9.43%, SFA 3.85%, SFS

表4 种源遗传变异系数和种源广义遗传力

性状	考虑互作		不考虑互作	
	GCVI/%	H ²	GCVI/%	H ²
H1	0	0	4.84	1.16
H2	8.98	5.68	9.12	5.85
H3	8.96	3.56	10.97	5.31
H4	0	0	6.82	4.56
DBH 2	15.04	8.64	15.25	8.89
DBH 3	13.2	4.73	13.94	5.27
DBH 4	0	0	14.72	5.39
V2	18.78	2.11	18.78	2.11
V3	6.92	0.21	11.93	0.63
V4	0	0	23.36	2.38
SFA	1.15	3.85	1.15	3.84
SFS	1.21	3.18	1.51	4.95
PBD	0	0	1.68	2.03
PBT	0	0	0.99	2.03
PBA	0.87	9.43	0.87	9.44
PBL	3.66	13.2	4.42	19.1

3.18%, 其它0%。当不考虑交互作用时, 树高的广义遗传力为1.16%~5.85%, 且2~4年生时表现为随年龄的增加而减少; 胸径的广义遗传力为5.27%~8.89%, 单株材积广义遗传力为0.63%~2.38%, 质量性状的广义遗传力分别为PBL 19.1%, PBA 9.44%, SFS 4.95%, SFA 3.84%, PBD和PBT均为2.03%。总体上看, 当不考虑P×S互作效应时, 种源数量性状和质量性状的遗传变异系数和广义遗传力均比考虑互作效应时相应性状的遗传变异系数和广义遗传力大。

上述分析表明, 考虑种源与地点互作效应与否, 直接影响性状遗传参数估算结果, 由于试验地点只有2个, 种源的稳定性问题很难探讨, 因此建议当地点数少于3个时, 采用不考虑互作效应方式估算遗传参数去评价木麻黄种源的

遗传变异。同时还看出, 不同时间序列(年龄)上树高、胸径和单株材积的遗传参数波动较大。

2.2 种源×地点互作效应

种源×地点互作分析表明, 4年生的种源树高、胸径和单株材积, 质量性状PBD、PBT和PBL在种源×地点互作效应均达极显著或显著差异, 说明测定性状的P×S互作效应在短枝木麻黄种源筛选及其育种策略制定中是不可忽视的因素。种源的筛选与应用应该建立于不同地点的基础之上, 同时注意那些不同地点上稳定性相对较好的种源。

2.3 优良种源的综合筛选

鉴于木麻黄为多用途树种, 在优良种源的综合筛选上既要注重数量性状又要注重质量性状。本文采用4年生树高、胸径、保存率、主干分叉习性SFA和主干通直度SFS等6个性状, 对2个试验点参试种源进行多目标决策综合评定并对参试种源进行优劣排序, 结果见表5。试验E946中, 优良种源为18086、18118、18355、18013、18244、18119、18288、18348、18015和18008种源; 试验E944中优良种源有18154、18355、18128、18143、18153、18127、18134、14233和18288。这些种源均好于国内种源, 分别占各自参试种源的25.0%和20.93%, 相当于选择强度分别为*i* = 1.242和*i* = 1.343。18355和18288种源在两个试验点表现均好, 可作为华南地区推广种植的种源。短枝木麻黄

表5 2个地点49个种源4年生时优良种源的筛选

种源号	Wi	顺序	种源号	Wi	顺序
试验 E946(福建东山)			试验 E944(广东阳西)		
18086	0.926	1	18154	0.943	1
18118	0.823	2	18355	0.744	2
18355	0.792	3	18128	0.646	3
18013	0.764	4	18143	0.64	4
18244	0.758	5	18153	0.639	5
18119	0.744	6	18127	0.637	6
18288	0.727	7	18134	0.617	7
18348	0.716	8	14233	0.617	8
18015	0.695	9	18288	0.598	9
18008	0.664	10	18268*	0.586	10
18268*	0.659	11	17578	0.585	11
18267*	0.573	20	18086	0.334	38
CK*	0.268	38	18244	0.291	40
15958	0.197	40	18040	0.248	43

注: ①Wi为树高、胸径、保存率、SFA和SFS性状等权重时的综合评定值; ②*表示为国内种源。

作为外来树种,在各自试验区域采用 20% ~ 25% 的入选率进行短枝木麻黄优良种源的初步筛选是比较适合的。

从筛选出的优良种源,不仅仅来自天然产地,而且一些种源来自无短枝木麻黄天然分布的国家(次生种源),如印度和越南等。因此,进一步扩大种源收集范围和挖掘新的短枝木麻黄遗传资源,为我国木麻黄人工林实践服务是非常必要的。

2.4 短枝木麻黄种源在中国潜在适生范围预测(Booth's 气候相似性模型)

依据在华南地区建立的短枝木麻黄种源试验的部分代表性种源,反查这些种源原产地的 7 个主要的气候因子(降水量、雨型、旱季月数、最热月均温、最冷月均温、年均温、绝对最低温度),结合我国南方 65 个气象站观测的记录^[11],再采用 Booth's 气候相似性模型,预测优良短枝木麻黄种源在中国潜在适生范围(图 1)。从图 1 看出,短枝木麻黄在海南绝大部分地区、广东和广西的中南部地区、福建沿海地区、云南南部、浙江中南部沿海地区、贵州和四川南部的个别地带和台湾四周沿海地区均能种植。目前引种栽培的短枝木麻黄最北端在浙江省南部(28°N, 120°E),最南端在南沙群岛,均能良好的生长。对于云南南部、贵州和四川的个别地带,有待进一步引种和试验验证。



图 1 短枝木麻黄在我国的适生范围预测(示意图)

3 小 结

(1) 方差分析显示,华南地区短枝木麻黄种源除 *PBA* 和 *PBL* 外,其它性状在地点间有极显著或显著差异,且除 1 年生树高、2~3 年生单株材积外,其它性状在种源间有显著差异或极显著差异,表明按地点进行种源选择是必要的。4 年生树高、胸径和单株材积, *PBD*、*PBT* 和 *PBL* 在种源 × 地点($P \times S$) 交互间有显著或极显著差异。表明参试种源在 2 个地点的表现差异较大,也需要在 2 个地点分别进行种源选择。

(2) 方差分量比例计算结果表明,2~4 年生时,除 4 年生单株材积方差分量比例略有降低外,无论考虑 $P \times S$ 交互效应与否,树高、胸径和单株材积的地点方差分量比例均随年龄的增加而增加;从种源方差分量比例上看,树高、胸径和考虑交互效应时单株材积性状则随年龄增加而降低;树高、胸径、单株材积 $P \times S$ 互作的方差分量也为随年龄增加而增加。质量性状

SFA、*SFS*、*PBD* 和 *PBT* 的地点方差分量比例最大, 而种源或加上 $P \times S$ 互作的方差分量 < 10%。

(3) 当不考虑 $P \times S$ 互作效应时, 种源数量性状和质量性状的遗传变异系数和广义遗传力均比考虑互作效应时相应性状的遗传变异系数和广义遗传力大。表明为消除种源 \times 地点互作效应对遗传参数估算的影响, 需要进一步开展多地点短枝木麻黄种源试验。

(4) 用 4 年生树高、胸径、保存率、主干分叉习性 *SFA* 和主干通直度 *SFS* 等 6 个性状, 按地点对参试种源进行评定, 结果为: 试验 E946 中, 优良种源为 18086、18118、18355、18013、18244、18119、18288、18348、18015 和 18008 种源; 试验 E944 中优良种源有 18154、18355、18128、18143、18153、18127、18134、14233 和 18288。这些种源均好于国内种源, 分别占各自参试种源的 25.0% 和 20.93%。种源 18355 和 18288 种源在 2 个试验点表现均好, 可作为华南地区推广种植的种源。短枝木麻黄作为外来树种, 在各自试验区域采用 20% ~ 25% 的入选率进行短枝木麻黄优良种源的初步筛选是比较适合的。

(5) 预测了短枝木麻黄在我国潜在的适生范围。

参考文献:

- [1] Pinyopusarer K, Williams E R, Wasuwanich P. International provenance trials of *Casuarina equisetifolia*: assessment manual[M]. CSIRO, Canberra, 1995.
- [2] Zhong Chonglu. *Casuarina* species and provenance trial on Hainan Island, China[A]. In: El-Lakany P H, Turnbull J W, Brewbaker J L. Advances in *Casuarina* Research and Utilization[C]. DDC & AUC, Cairo, 1990. 32 ~ 39.
- [3] Zhong Chonglu, Bai Jiayu. Introduction trials of *Casuarina* trees in southern China[A]. In: Pinyopusarer K, Midgley, Turnbull J W. Recent *Casuarina* Research and Development[C]. CSIRO. Canberra, 1996. 191 ~ 195.
- [4] 仲崇禄, 白嘉雨. 山地木麻黄家系遗传参数估算与优良家系评选[J]. 林业科学研究, 1998, 11(4): 361 ~ 369.
- [5] 仲崇禄, 周文龙. 海南岛东部地区木麻黄树种/种源试验[A]. 见: 洪菊生. 澳大利亚阔叶树种研究[C]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 243 ~ 250.
- [6] 潘一峰, 李炎香, 潭天泳. 木麻黄种源试验[J]. 林业科学研究, 1996, 9(2): 138 ~ 145.
- [7] 仲崇禄. 木麻黄遗传变异规律的研究[D]. 广州: 中国林业科学研究院热带林业研究所, 2000.
- [8] 高惠璇等. SAS 系统 SAS/STAT 软件使用手册[M]. 北京: 中国统计出版社, 1997.
- [9] 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, 1982.
- [10] 洪伟. 多目标决策在林业中的应用[J]. 林业勘察设计, 1987, 14(2): 40 ~ 46.
- [11] 王豁然, 阎洪, 周文龙. 巨桉种源试验及其在我国适生范围的研究[A]. 澳大利亚树种在中国的栽培和利用国际研讨会论文集[C]. 中国林业科学研究院, ACIAR. 广州, 1998. 64 ~ 76.

Provenance Trials of *Casuarina equisetifolia* in Southern China

ZHONG Chong-lu¹, SHI Chun-gan², WANG Wei-hui², BAI Jia-yu¹,

SU Jin-quan², K. Pinyopusarker³

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Extension Station of Forestry Science and Technology of Zhangzhou City, Zhangzhou 363000, Fujian, China;

3. CSIRO Forestry and Forestry Products, Canberra, Australia)

Abstract: Two provenance trials of *Casuarina equisetifolia* were conducted at Dongshan of Fujian Province and Yangxi of Guangdong Province in south China. The two trials were 49 seedlots with seeds from Australia Tree Seed Center. Dongshan trial was 40 seedlots which include one local seedlots, and Yangxi trial was 42 seedlots. A complete randomized block design was employed for each site, with 24 trees per plot and 4 blocks or replicates. The 33 seedlots of the same kind were used in the two trials. From 1 to 4 years old, tree height (H) and diameter breast-high (DBH) were measured, and single tree volume (V) and survival rate of tree (S) were calculated. Some qualitative traits on tree stem and branch feature were observed which include stem form axis persistence (SFA), stem form straightness (SFS), permanent branches density (PBD), permanent branches thickness (PBT), permanent branches angle (PBA) and permanent branches length (PBL). The results showed that there were significant difference ($P < 0.01$) in quantitative and qualitative traits between sites, between provenances, between provenance \times site ($G \times E$) interaction, which indicated that those provenances were not only genetic variation in tree growth indexes at each site but also genotype \times site interaction. Provenance broad heritability (H^2) were calculated. Using H , DBH , V , S , SFA and SFS , by the multiple objective strategic decision analysis method, provenances in each trial was optimized and ranked. Ten seedlots which was 25% of the total seedlots at Dongshan, and 8 seedlots which was 20.93% of the total seedlots at Yangxi, were screened out as better Provenances. These seedlots performance was better than the local control seedlot. The genetic variation coefficients and broad heritability of provenance in all quantitative and qualitative traits were estimated from 1 to 4 years after planting. Possible suitable areas of *C. equisetifolia* provenances were predicted in southern China by means of Booth's model.

Key words: *Casuarina equisetifolia*; provenance trial; genetic variation; provenance selection; south China