

文章编号: 1001-1498(2002)06-0660-06

# 深圳湾红树植物木榄种源筛选早期试验

廖宝文<sup>1</sup>, 陈玉军<sup>1</sup>, 郑松发<sup>1</sup>, 郑德璋<sup>1</sup>, 咎启杰<sup>2</sup>, 王勇军<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;

2. 广东省内伶仃福田国家级自然保护区, 广东 深圳 518040)

**摘要:** 分别从海南省的三亚、文昌、琼山, 广西的防城, 广东省的雷州、廉江和深圳采集木榄胚轴, 同时种植在深圳湾作种源试验。通过 4 a 的试验表明, 7 个种源间的成活率、树高、地径和单株生物量的差异达到显著或极显著水平, 其中以琼山种源表现最佳, 其成活率、树高、地径和生物量分别为 90.0%、1.54 m、4.97 cm、1.358 kg, 比表现最差的文昌种源分别提高 17.8%、17.3%、12.2%、55.9%, 比本地的深圳种源分别提高 5.5%、18.2%、9.0%、6.1%。根据种源综合评定结果, 各种源的优劣排列顺序为: 琼山、廉江、深圳、三亚、防城、雷州、文昌。鉴于文昌、雷州种源在深圳湾适应性差, 不宜在本地区种植推广。

**关键词:** 红树林; 木榄; 种源; 生长量; 适应性

**中图分类号:** S722.7

**文献标识码:** A

木榄 (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk.) 是我国红树植物中分布最广的主要乔木树种之一, 从我国的海南省三亚市至福建省漳州市沿海滩涂均有天然分布。目前生产上较多地采用木榄树种进行人工种植造林。我国学者对木榄亦进行了较多的研究, 对其生理生态<sup>[1]</sup>, 形态解剖<sup>[2,3]</sup>, 生物量<sup>[4]</sup>、生长动态预测<sup>[5]</sup>、生长过程<sup>[6]</sup>和育苗造林技术<sup>[7,8]</sup>等方面进行了研究, 对种源选择试验的研究则一直未见报道。为此, “九五”期间对木榄开展种源试验研究, 并发表了“木榄不同种源的生理生态”<sup>[9]</sup>, 本文将对种源筛选早期试验结果作一总结。

## 1 试验地与种源地自然概况

试验地设在广东省深圳内伶仃福田国家级自然保护区的红树林区域西侧海滩上, 试验地的东西南三面均为天然红树林所包围, 土壤为花岗岩及沙页岩发育而成, 土质层深厚, 土壤有机质 2.22%, 土壤含盐量 10.44‰, 速效 N、P、K 分别为 94.52、59.26、439.71 mg·kg<sup>-1</sup>, 水解酸 11.40 mmol·kg<sup>-1</sup>, 水溶 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 0.937 g·kg<sup>-1</sup>, pH 值 6.52。

种源分别采自海南三亚、琼山、文昌, 广西防城, 广东的雷州、廉江及深圳本地, 深圳以北沿海滩涂由于没有成片木榄林分布, 未采集其种源。各地自然条件见表 1。

收稿日期: 2001-09-01

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-007-03-04), 深圳市科技局项目(99-1-33)的部分研究内容

作者简介: 廖宝文(1963-), 男, 广东兴宁人, 副研究员。

表 1 试验地和种源产地自然概况

地点	地理位置		年均气温/ °C	1 月平均 气温/ °C	年日照 时数/h	年降水 量/mm	年均海水 盐度/‰	潮汐 类型	pH 值
	(°)N	(°)E							
三亚	18 09	109 31	25.5	20.9	2 514.4	1 254.7	30.5	ST *	7.2
文昌	19 22	110 40	24.1	18.2	2 066.5	1 649.0	27.0	ST *	7.2
琼山	19 56	110 34	23.8	17.2	2 240.0	1 685.0	21.9	ST *	7.2
雷州	20 55	110 06	22.9	15.5	1 995.0	1 711.0	31.0	AT	5.8
廉江	21 30	109 41	22.8	15.2	1 844.0	1 757.0	25.5	AT *	7.3
防城	21 34	108 08	22.3	15.5	2 097.0	2 220.5	29.1	AT *	7.2
深圳	22 32	114 03	22.0	14.1	2 209.0	1 927.0	<15.0	ST *	7.1

ST=半日潮,AT=全日潮,\*=不规则潮汐

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

1997 年 4—7 月,分别从各种源地的成熟天然木榄母树林中,随机摘取墨绿色成熟胚轴,随即去掉萼管,挑选完好无损的胚轴作试验材料。各种源的胚轴(繁殖体)大小见表 2。

表 2 各参试种源的胚轴大小状况

种源	深圳	防城	廉江	雷州	琼山	文昌	三亚
平均胚轴长度/cm	14.2 ±1.3	20.8 ±2.4	16.4 ±1.9	19.6 ±2.2	16.4 ±2.1	15.2 ±2.5	19.8 ±2.9
平均胚轴质量/g	20.0 ±1.3	31.8 ±1.6	26.6 ±1.2	30.4 ±1.5	22.9 ±1.3	22.0 ±1.5	28.0 ±1.4

### 2.2 试验方法

胚轴采摘运抵试验地后先用育苗袋在海滩中进行培育 1 a 后(1998 年 4 月)再种植到试验地上,种植规格为 1 m ×2 m。试验采用随机区组设计,7 个处理(种源),每处理 240 株,3 次重复。定植后每年调查成活率、树高、地径等指标。

生物量测定是在每木检尺的基础上,根据各种源的平均地径、树高和冠幅各选取 3 株标准木进行伐倒测量。

数据采用 STATGRAPHICS 软件进行计算机统计分析,百分率数据经反正弦转换后,再进行方差分析。

用以下公式进行种源生长性状和保存率的综合评价,以  $P_i$  值小为优,评选优良种源<sup>[10]</sup>。

$$P_i^2 = K_j(1 - a_{ij})^2 \quad (1)$$

式中  $P_i$  为第  $i$  个种源的综合评定值;  $K_j$  为  $j$  个性状的权重系数;  $a_{ij}$  为第  $i$  个种源第  $j$  个指标数据,  $a_{oj}$  为第  $j$  个指标最优的种源数据。

以各性状的遗传相关矩阵,用 Jacobi 法进行矩阵的线性正交变换,求出特征根和特征向量,根据各性状在主成分中对综合指标的贡献,确定性状的权重系数。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同种源的适应性

海滩种植 1 a 后的成活率方差分析表明(表 3),种源间的差异达显著水平。从表 4 可看出,三亚、琼山、廉江、防城的成活率均高于 85%,比深圳福田种源高,海南文昌种源最低。

从表1和表2可知,各种源地环境条件和胚轴大小差别均很大,各种源长期生活在不同的生境中,一般都会形成不同的生态适应性,当引种到某一生境后,它们的生长表现出差异性,这是各种源对深圳福田生境的适应差异,也是各种源存在一定的生态遗传差异的结果。

表3 种源1a成活率和4年生保存率方差分析结果

变异来源	自由度	成活率			保存率			F
		离差平方和	均方	均方比	离差平方和	均方	均方比	
区组	2	0.002 2	0.001 1	2.587 <sup>NS</sup>	0.000 5	0.000 3	0.382	$F_{0.05} = 3.00$
种源	6	0.011 9	0.002 0	4.623 *	0.002 9	0.000 5	0.746	
误差	12	0.005 1	0.000 4		0.007 7			$F_{0.01} = 4.82$
总计	20							

注: NS- 差异不显著, \* - 差异显著, \* \* - 差异极显著;下同。

4年生保存率的方差分析结果(表3)表明,种源间的差异均未达显著水平,它们的保存率(表4)多数在90%以上,这主要与种源种植地的环境条件较好有关。种植时,均选用先在海滩培育的高质量1年生营养袋苗造林,试验地附近又有天然林保护,较少受到风浪冲击和其它各种干扰。

### 3.2 不同种源的生长

4年生的树高、地径方差分析结果(表5)表明,7个种源间的树高差异达极显著水平( $< 0.01$ ),地径差异达显著水平( $< 0.05$ )。

表4 种源1a成活率和4年生保存率多重比较

种源	成活率/ %	显著性		保存率/ %	显著性	
		=0.05	=0.01		=0.05	=0.01
三亚	91	A	A	93	A	A
琼山	90	A	AB	96	A	A
廉江	87	A	AB	94	A	A
防城	87	A	AB	93	A	A
深圳	85	AB	AB	95	A	A
雷州	84	AB	B	93	A	A
文昌	72	B	B	88	A	A

注: 成活率为胚轴在海滩营养袋中培育1a的成活百分数;保存率为用1年生营养袋苗造林3a后的保存百分率。

表5 木榄种源4年生树高、地径方差分析

变异来源	自由度	树高			地径			F
		离差平方和	均方	均方比	离差平方和	均方	均方比	
区组	2	276.041 0	138.020 5	4.790 *	0.738 9	0.369 4	3.243	$F_{0.05} = 3.00$
种源	6	1 237.465 7	206.244 3	7.158 * *	2.928 5	0.488 1	4.284 *	
误差	12	345.745 7	28.812 1		1.367 2	0.113 9		$F_{0.01} = 4.82$
总计	20	1 859.252 4						

树高生长最好的为琼山种源,平均高1.54 m,其次为廉江种源,平均高1.41 m,最差的是深圳福田种源,平均高1.30 m,最好的比最差的大18.1%。从表6可看出,地径生长状况与树高生长又不尽相同,以三亚种源生长最好,平均地径为5.1 cm,其次为琼山种源,最差为防城种源,平均地径为4.0 cm,最好的比最差的大29.2%。从表中可看出,有些种源主要以高度生长占优势,有些则以地径生长占优势,这与各种源固有的遗传特性及对本地生境的适应能力的差异有关。

### 3.3 不同种源开花结实的差异表现

据观测,参试种源在引种的第 3 a 约有 20 % 的植株开始开花结实。从引种第 4 a 进行的开花结实调查情况(表 7)可知,各种源的开花结实表现出很大的差异,2001 年 3 月中旬进入开花结果期的株数以琼山种源最多,开花率达 23 %,挂果率 22.5 %,廉江种源其次,防城与三亚种源最少。从我国木榄天然分布区来看,当年 12 月至翌年 6 月是木榄林的主要开花结果期,在这段时间内随着纬度的升高,各地的开花结实期逐渐有所推后。但从调查数据来看(表 7),从低纬度海南采集的三亚、文昌、琼山种源中,只有琼山种源表现出原产地较早开花结实的遗传特性,这或许与年有效积温的大小等因子有关,待进一步研究。

表 6 木榄种源 4 年生树高与地径生长的多重比较

种源	树高/ m	显著性		地径/ cm	显著性	
		=0.05	=0.01		=0.05	=0.01
琼山	1.54	A	A	4.97	A	A
三亚	1.41	AB	AB	5.13	A	A
廉江	1.40	B	AB	4.89	A	A
防城	1.35	B	B	3.97	AB	A
雷州	1.32	B	B	4.93	A	A
文昌	1.31	B	B	4.43	AB	A
深圳	1.30	B	B	4.56	B	A

表 7 2001 年 3 月中旬各种源开花结实调查现状

种源	总调查 株数/株	花蕾 株数/株	开花率 / %	结果	
				株数/株	挂果率 / %
深圳	213	17	8	16	8
防城	213	3	1	3	1
廉江	213	27	13	27	13
雷州	213	20	9	20	9
琼山	213	49	23	48	23
文昌	213	18	9	16	8
三亚	213	13	6	1	1

### 3.4 不同种源林分生物量

由于 7 个种源在不同性状上的表现各不相同,我们对各种源平均单株生物量进行测定分析。7 个种源平均单株生物量测定结果见表 8。表 8 *F* 值检验结果表明,各种源间的平均单株生物量及其各器官生物量的差异均达到极显著水平。这主要是各种源种植在同一个地方,因其生长速率不仅受到引种地环境的影响,而且也受到各种源本身的遗传特性的影响。

表 8 4 年生木榄种源平均单株各器官生物量比较分析 kg(烘干质量)

种源	根系	根桩	树干	树枝	树叶	合计	<i>F</i> 值	<i>F</i>
琼山	0.238 b	0.098 a	0.306 a	0.346 a	0.370 b	1.358 a	$F_{根桩} = 89.26^{**}$	$F_{0.05} = 3.00$
深圳	0.144 e	0.091 b	0.206 d	0.357 a	0.483 a	1.280 b	$F_{根系} = 61.56^{**}$	
廉江	0.282 a	0.081 f	0.239 c	0.281 b	0.363 b	1.247 b	$F_{树干} = 56.89^{**}$	$F_{0.01} = 4.82$
防城	0.207 c	0.089 c	0.159 e	0.221 c	0.383 b	1.059 c	$F_{树枝} = 51.23^{**}$	
三亚	0.174 e	0.090 b	0.285 b	0.191 d	0.271 c	1.011 c	$F_{树叶} = 92.32^{**}$	$F_{整株} = 68.24^{**}$
文昌	0.123 f	0.086 d	0.172 e	0.234 c	0.256 c	0.871 d		
雷州	0.175 d	0.084 e	0.198 d	0.154 e	0.202 d	0.813 e		

地下根系生物量以廉江种源为最大,达 0.282 kg · 株<sup>-1</sup>,琼山种源其次,为 0.238 kg · 株<sup>-1</sup>,文昌种源最低;根桩生物量则以琼山种源为最大,达 0.098 kg · 株<sup>-1</sup>,深圳种源其次,廉江种源最低;树干生物量亦以琼山种源为最高,达 0.306 kg · 株<sup>-1</sup>,三亚种源其次,文昌种源最低;树枝生物量则以深圳种源为最高,达 0.357 kg · 株<sup>-1</sup>,说明深圳种源枝条比较发达,琼山种源其次(为 0.346 kg · 株<sup>-1</sup>),雷州种源最差;树叶生物量亦以深圳种源为最高,为 0.483 kg · 株<sup>-1</sup>,防城种源其次,雷州种源最差。

从平均单株生物量来看,以琼山种源为最高,达 1.358 kg,深圳种源其次,1.280 kg,雷州种源最低,为 0.813 kg,琼山和深圳种源生物量分别比雷州种源生物量高 67.1 % 和 57.5 %。各种

源平均单株生物量大小排列顺序为:琼山、深圳、廉江、防城、三亚、文昌、雷州。

#### 4 优良种源的初步评价

以各种源的小区生长性状的平均值、小区的保存率建立性状的遗传相关矩阵,经正交变换求出特征根和特征向量,选择第1、第2、第3主成分(累计贡献率92.5%),则求出各性状对综合指标的贡献率大小(权重系数)为:

$$K_j(\text{权重系数}) = (\text{保存率 树高 地径 生物量}) = (0.274\ 3\ 0.309\ 3\ 0.229\ 1\ 0.187\ 3)$$

根据公式(1)计算出各种源的综合评定值见表9。种源的综合评定  $P_i$  的平均值为0.018 871, 标准差为0.013 528。参试种源中  $P_i$  值小于均值加一个标准差的种源包括了琼山、廉江、深圳、三亚和防城,其中以琼山种源为最优,无论从树高、生物量和成活率均较高,其次是廉江和深圳种源,三亚和防城种源的表现亦还可以。而  $P_i$  值大于均值加一个标准差为慢生种源,参试种源文昌和雷州的  $P_i$  值均大于均值加一个标准差,这两个种源无论从成活率、树高和生物量等方面均表现较差,不宜在该地区发展。

表9 木榄种源的综合评价

种源	$P_i$ 值	名次	试验代号
琼山	0.002 2	1	Q
廉江	0.004 4	2	G
深圳	0.011 0	3	F
三亚	0.014 6	4	S
防城	0.025 6	5	Y
雷州	0.036 9	6	H
文昌	0.037 4	7	W

#### 5 结语与讨论

(1) 参试的7个种源间在保存率、树高、地径和单株生物量的生长差异均达显著或极显著水平,说明生长在我国不同地域的红树植物木榄林存在遗传与生理生态适应性的差异。为我国东南沿海地区今后开展木榄优良种源选择提供了依据。

(2) 4 a 的试验结果表明,琼山种源是参试的7个种源中最好的种源,其成活率、树高、地径和单株生物量分别为90.0%、1.54 m、4.97 cm、1.358 kg,树高、地径和生物量年生长量分别为0.39 m、1.24 cm和0.340 kg·株<sup>-1</sup>;廉江种源其次,其成活率、树高、地径和单株生物量分别为86.7%、1.41 m、4.89 cm和1.247 kg·株<sup>-1</sup>,树高、地径和生物量年生长量分别为0.35 m、1.22 cm和0.312 kg·株<sup>-1</sup>。这两个种源是深圳湾滩涂造林的首选种源,其共同特点是适应性强、生产力高,在原产地中是具较大面积的优势种群,且生长茂盛。

(3) 木榄各种源在深圳的生长表现与种源原产地的纬度高低似乎没有很大的相关性,而与种源的种群数量大小或群落组成有较大关系。木榄为红树林中的嗜热广布种<sup>[11]</sup>,从福建南部至海南南部均有不连续的间断天然分布,纬度高的地区难于与抗低温广布种(秋茄(*Kandelia candel* (L.) Drucc)、白骨壤(*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.)等)竞争,纬度较低的地区又竞争不过嗜热窄布种(海莲(*Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam.)、正红树(*Rhizophora apiculata* Blume.)等)而显现零星或混生于其它种群中。在琼山(东寨港)和廉江(高桥)沿海滩涂均有较大面积的成片木榄天然林,在这些母树林中采摘的种苗具有较宽的遗传物质基础,因而它们的适应性比其它种源强。因此,选择种源时应优先考虑母树林的现状。

#### 参考文献:

[1] Wenqing Wang, Peng Lin. Transfer of salt and nutrients in *Bruguiera gymnorhiza* leaves during development and senescence[J]. Mar-

grove and Salt Marshes, 1999, 3(1): 1-7

- [2] 陈月琴, 蓝崇钰, 黄玉山, 等. 秋茄和木榄繁殖体的结构及其生态特异性[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1995, 34(4): 70-75
- [3] 林益明, 林建辉, 林鹏. 海莲和木榄次生木质部的生态解剖[J]. 海洋沼泽通报, 1998, (4): 23-31
- [4] 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 木榄林生物量和生产力的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(1): 22-29
- [5] 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 木榄林生物量的灰色动态预测[J]. 林业科学研究, 1991, 4(4): 360-367
- [6] 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 木榄生长过程的分析[J]. 广东林业科技, 1991, (3): 28-30
- [7] 刘治平. 秋茄和木榄的海上育苗研究[J]. 生态科学, 1991, 10(2): 72-76
- [8] 廖宝文, 郑德璋, 郑松发, 等. 红树植物木榄育苗造林技术[A]. 见: 郑德璋, 廖宝文. 红树林主要树种造林与经营技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [9] 王伯荪, 廖宝文, 王勇军, 等. 深圳湾红树林生态系统及其持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 216-222
- [10] 全国杉木种源试验协作组. 杉木造林区种源选择[J]. 林业科学研究, 1988, 1(1): 1-13
- [11] 张姚挺, 林鹏. 中国海岸红树植物区系研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1984, 23(2): 232-239

## Early Screening Trials of Provenance on *Bruguiera gymnorrhiza* in Shenzhen Bay of China

LIAO Baowen<sup>1</sup>, CHEN Yurjun<sup>1</sup>, ZHENG Songfa<sup>1</sup>, ZHENG De-zhang<sup>1</sup>, ZAN Qi-jie<sup>2</sup>, WANG Yong-jun<sup>2</sup>

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

2. Guangdong Neilingding Futian National Nature Reserve Administration, Shenzhen 518040, Guangdong, China)

**Abstract:** Prapogules of *Bruguiera gymnorrhiza* were collected from Qiongsan, Wenchang and Sanya of Hainan Island, Fangcheng of Guangxi, Leizhou, Lianjiang and Shenzhen of Guangdong respectively, and planted in Shenzhen Bay for provenance trial at the same time. The experimental results for 4 years show that the difference of survival rate, height, basal diameter and biomass among 7 provenances reach significance. Among these provenances, Qiongsan provenance is the best one, whose survival rate, height, basal diameter and biomass are 90.0%, 1.54 m, 4.97 cm and 1.358 kg respectively. The survival rate, height, basal diameter and biomass are 17.8%, 17.3%, 12.2% and 55.9% higher than the worst Wenchang provenance respectively, and are 5.5%, 18.2%, 9.0% and 6.1% higher than local Shenzhen provenance respectively. The order of comprehensive evaluation on provenances from best to worst is: Qiongsan, Lianjiang, Shenzhen, Sanya, Fangcheng, Leizhou and Wenchang. Since the provenances of Wenchang and Leizhou did not adapt to Shenzhen Bay well, they are not recommended to be planted widely in the local places.

**Key words:** mangrove; *Bruguiera gymnorrhiza*; provenances; biomass; adaptability