

# 中国红树植物种质资源现状与苗木繁育关键技术\*

胡宏友<sup>1,2</sup> 陈顺洋<sup>1,2</sup> 王文卿<sup>1,2</sup> 董克钻<sup>1,2</sup> 林光辉<sup>1,2\*\*</sup>

(<sup>1</sup>厦门大学环境与生态学院,福建厦门 361005; <sup>2</sup>厦门大学滨海湿地教育部重点实验室,福建厦门 361005)

**摘要** 红树植物种质与种苗生产是所有红树林生态恢复工程的基础. 本文根据工程实践并结合已有研究资料,采用聚类分析等方法,对中国红树植物资源现状与苗木繁育关键技术进行初步分析. 结果表明: 中国红树群落可分为低温广布型、广布型、嗜热广布型和热带分布型 4 种类型; 资源分布可划分为琼东沿海、北部湾沿海、珠江口至粤东沿海、闽南和台湾沿海、闽东至浙南沿海 5 个区域. 其中, 北部湾沿海红树林种质资源占全国的 75.3%. 目前中国红树植物苗木种类开发利用率为 52.6%, 以胎生红树植物为主. 红树林苗木生产应注意繁育方法、种实采集与储存、育苗方式、水分和盐度选择、病虫害防治及越冬防寒措施 6 个技术环节. 结合调查和生产实践, 归纳分析了我国现有 5 种红树林苗圃类型(旱地设施苗圃、红树林滩涂苗圃、光滩苗圃、基围塘苗圃和米草滩涂苗圃)的结构和用途特点, 为红树林生态恢复工程的系统集成管理提供参考.

**关键词** 红树林 种质资源 苗木繁育 苗圃建设 生态恢复

文章编号 1001-9332(2012)04-0939-08 中图分类号 S723.1 文献标识码 A

**Current status of mangrove germplasm resources and key techniques for mangrove seedling propagation in China.** HU Hong-you<sup>1,2</sup>, CHEN Shun-yang<sup>1,2</sup>, WANG Wen-qing<sup>1,2</sup>, DONG Ke-zuan<sup>1,2</sup>, LIN Guang-hui<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China; <sup>2</sup>Ministry of Education Key Laboratory of the Coastal and Wetland Ecosystems, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2012, **23**(4): 939-946.

**Abstract:** Mangrove germplasm and nursery operation are the foundations of all mangrove ecological restoration projects. Based on the existing literatures and our own experiences, and by using cluster analysis and other methods, this paper assessed the current status of the mangrove germplasm resources and the key techniques for mangrove seedlings propagation in China. In China, the mangrove communities could be divided into 4 types, including low temperature tolerant widespread type, widespread type, thermophilic widespread type, and tropical type, and the mangrove distribution sites could be divided into 5 regions, *i. e.*, eastern Hainan coast, Beibuwan Gulf coast, Pearl River estuary and eastern Guangdong coast, southern Fujian and Taiwan coast, and eastern Fujian and southern Zhejiang coast. The mangroves in Beibuwan Gulf coast region took up 75.3% of the total mangrove germplasm resources in the country. At present, the percentage of the mangrove species applied for seedling propagation in China was estimated at 52.6%, most of which were of viviparous species. The six key steps in mangrove nursery operation included the selection of proper seedling propagation methods, the collection and storage of seeds or propagules, the ways of raising seedlings, the management of water and salinity, the control of diseases and pests, and the prevention of cold damage during winter. The structure, functions, and applications of the present five types of mangrove nurseries, including dry land nursery, mangrove tidal nursery, mudflat nursery, Jiwei pond nursery, and *Spartina* mudflat nursery, were also analyzed, which could provide guidance for the integrated management of mangrove ecological restoration engineering.

**Key words:** mangrove; germplasm resources; seedling propagation; nursery construction; ecological restoration.

\* 林业科技支撑计划项目(2009BAD2B0605) 和国家海洋公益性行业科研专项经费项目(200905009) 资助.

\*\* 通讯作者, E-mail: lighth@xmu.edu.cn

在全球化经济迅猛发展背景下,海岸带成为许多沿海经济区优先和重点开发的区域,使分布在热带、亚热带海岸潮间带的红树林生境受到严重破坏。世界原有红树林面积超过  $2000 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>,到2005年减至  $1523 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[2]</sup>,1980—2005年损失红树林21.4%<sup>[3]</sup>。全球红树林年均损失速率为1%~2%<sup>[4]</sup>,与珊瑚礁和热带雨林损失速度相当,其中南中国海沿岸各国红树林年均损失率为0.5%~3.5%<sup>[5]</sup>。中国历史上曾有红树林  $25 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,1956年仍有  $4.0 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[6]</sup>。20世纪50—90年代,中国红树林面积锐减68.7%,现存林分中80%以上为退化次生林,立地环境恶化<sup>[7]</sup>。红树林生态恢复已成为一项十分紧迫的任务。

湿地恢复指通过生态技术或生态工程对退化或消失的湿地进行修复或重建,再现干扰前的结构和功能<sup>[8]</sup>。我国目前尚有大面积的红树林宜林地,实施大规模次生林改造,同时进行潮间滩涂造林是我国红树林生态恢复最重要的途径<sup>[9]</sup>。21世纪初,国家林业局启动红树林保护工程,计划10年内在全国营造  $6 \times 10^4 \text{ hm}^2$  红树林。广东省计划2003—2007年营造红树林  $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。大规模造林必然需要大量的良种及苗木。红树林造林通常采取胚轴造林的方式,但受胚轴成熟时间的影响,无法避开冬季造林<sup>[10]</sup>,且胚轴种类少,无法满足多物种造林的需求。因此,红树林苗木生产备受关注。而树木引种驯化是实现林木良种化最简便、最经济的方法<sup>[11]</sup>。我国引种红树植物的历史已逾百年,近年来一些速生高大的嗜热广布种,如无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)、海桑(*Sonneratia caseolaris*)、海莲(*Bruguiera sexangula*)、红海榄(*Rhizophora stylosa*)、尖瓣海莲(*Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetal*)和木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)等已成功引种至廉江、深圳、珠海、汕头、龙海等地<sup>[12-13]</sup>,为红树林生态恢复提供了良种。但要实现科学引种和大规模苗木生产及绿化造林等,必须准确了解红树植物种质资源的分布和群落结构特征。

目前对红树植物种苗方面的研究主要以繁殖和栽培管理技术为重点,包括采种期及种实处理与贮藏<sup>[14]</sup>、发芽条件<sup>[15-17]</sup>、育苗地选择<sup>[18]</sup>和繁殖方法<sup>[19-21]</sup>等方面。这些技术性的研究虽然为当前中国红树植物苗木生产和资源保护提供了重要的理论基础,但缺少对红树植物苗木繁育工程架构和内容的整体研究,容易导致对红树林生态恢复工程的系统性认识不足。此外,对全国红树林资源分布的研究多

以行政区划和社会人文因素进行划分统计<sup>[22-23]</sup>,研究结果具有区域性。如与红树林生态恢复工程应用相结合则能提升其对工程的指导意义。一些学者提出了生态恢复工程的系统集成理论<sup>[24]</sup>。红树林苗木繁育本身也是不同的工程系统集成,需要有专门工程手段和综合管理技术支撑。因此,本文对红树植物苗木繁育的工程架构、种质资源分布、红树林苗木供应现状、生产管理及苗圃建设等关键技术环节进行系统分析和总结,为深化红树林生态恢复工程技术内涵、开展工程应用提供技术参考。

## 1 研究方法

### 1.1 红树林苗木繁育工程架构分析

红树林生态恢复工程包括苗木繁育工程、滩涂立地类型划分工程、造林绿化工程和后续管理工程4个方面。红树林苗木繁育工程架构(图1)主要包括编制工程规划、制定实施方案、基础设施建设和种苗繁育。编制工程规划和制定实施方案基本原则是根据工程目标,结合区域自然及社会条件,分析工程可行性,确定并优化红树苗木种类、生产规模和生产方式,需考虑红树植物资源、环境、市场、政策等因素。苗圃是基础设施建设重点,分为偏重于造林工程和偏重于技术基础研究型工程,后者通常配组织培养室等。种苗繁育指从种源采集、扩繁、育成、出圃到定植的过程。

### 1.2 资源分布及苗木生产调查

为便于红树资源的统计分析,根据气候特征<sup>[25]</sup>、地理位置对不同县市分布点进行初步归类,将全国红树林分布区域划分为10个小区域:浙南沿海,乐清、温州沿海地区;闽东沿海,宁德、福州、莆田沿海地区;闽南沿海,泉州、厦门、漳州沿海地区;粤东沿海,汕头、汕尾、惠州沿海地区;珠江口沿海,深圳、中山、珠海、江门、香港、澳门沿海地区;粤西沿海,阳江、茂名、湛江沿海地区;桂南沿海,北海、钦州、防城港沿海地区;琼东沿海,海口、文昌、琼海、万宁、陵水、三亚沿海地区;琼西沿海,儋州、临高、澄迈沿海地区;台湾沿海,台北、新竹、台中、嘉义、台南、高雄沿海地区。

选择上述10个小区域中具有代表性的地点(海南文昌,广西北海,广东湛江、东莞、珠海、深圳,福建厦门等地)调查红树植物苗木生产现状。同时结合网络信息调查,统计分析不同区域苗木种类、价格、用途等情况供苗木开发现状。红树植物资源分布参考2001年国家林业局组织的全国红树林资源调

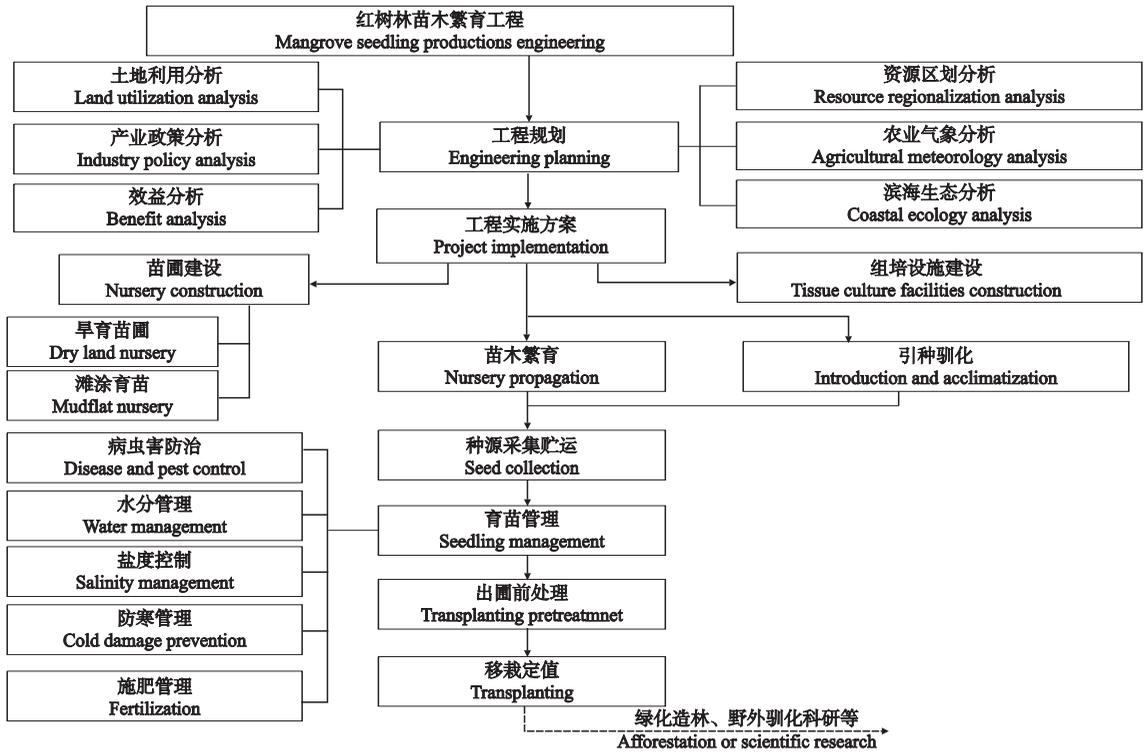


图1 红树林苗木繁育工程的系统架构

Fig. 1 Systematic framework for mangrove seedling productions engineering.

查结果及相关文献<sup>[6, 22, 26-27]</sup>统计全国红树林面积分布和不同红树群落的分布频度及 Gleason 物种多样性指数。

群落分布频度的统计: 根据红树林资源现状和前人研究结果<sup>[23, 27-28]</sup>将我国乡土红树资源归纳为 12 种代表性的群落: 秋茄 (*Kandelia obovata*) 群落、白骨壤 (*Avicennia marina*) 群落、桐花树 (*Aegiceras corniculatum*) 群落、木榄群落、海漆 (*Excoecaria agal-locha*) 群落、红海榄群落、海莲群落、海桑群落、银叶树 (*Heritiera littoralis*) 群落、角果木 (*Ceriops tagal*) 群落、水椰 (*Nypa fruticans*) 群落和红树 (*Rhizophora apiculata*) 群落。统计 10 个区域中 38 个分布点的红树林群落分布情况, 某群落在该分布点出现为 1, 否则为 0, 形成不同分布点的 0-1 矩阵。再按式 (1) 计算频度 ( $H$ ), 得到 10 个区域群落分布频度矩阵。

$$H = k_i / N_i \quad (1)$$

式中:  $k_i$  为第  $i$  小区域发现该群落的分布点数;  $N_i$  为第  $i$  小区域总分布点数;  $i$  为小区序号。

根据各区域的红树林面积和物种数, 计算 Gleason 指数 ( $G$ ):

$$G = (N_s + N_t) / \ln S \quad (2)$$

式中:  $N_s$  为半红树种数;  $N_t$  为真红树种数;  $S$  为红树林面积。

### 1.3 苗圃建设与管理的分级评价

根据市场调查和资料分析, 按苗圃地形及生态环境特点将中国红树林苗圃归纳为两大类型: 旱地设施苗圃和潮滩苗圃。后者又分为红树林滩涂苗圃、光滩苗圃、基围塘苗圃和米草滩涂苗圃。其中, 米草滩涂苗圃为本文结合覆压法防除互花米草并生产红树林种苗而提出的新类型。

选择影响苗圃建设及苗木生长的土地供应、防寒防风、建设成本和管理成本等指标进行分析比较。其中, 土地供应包括对土地可获得性和土地价格进行综合评定分级; 防寒防风根据苗圃的防风屏障性能及生产中的调查进行综合评定分析; 建设成本主要指设施成本, 管理成本主要指人工成本。

由于不同红树植物种苗的具体管理技术各有差异, 本文针对不同苗圃特点, 归纳了红树植物苗圃建设过程中必须注意的技术环节, 为苗木繁育工程技术规范的制定提供参考。

### 1.4 数据处理

采用 Past 软件对中国红树植物群落类型及其分布区进行双向聚类分析, 运算法则选用离差平方和法。采用 SPSS 17.0 软件对红树苗木生产种类与红树资源指标进行相关性分析, 计算 Pearson 相关系数, 进行 Two-tailed 检验 ( $\alpha = 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 红树林群落类型及分布

聚类分析结果表明,12种主要代表性红树林群落可分为4组(图2)。I组:以秋茄群落和白骨壤群落为代表的低温广布类型,其林下混生桐花树和老鼠簕等,随纬度升高而减少至单种。II组:以桐花树群落、木榄群落、海漆群落和红海榄群落为代表的广布类型,北至福建为限,其中,桐花树群落结构简单;木榄群落常有秋茄、白骨壤、桐花树、海漆等混生,随纬度降低,还混生有海莲、尖瓣海莲、木果楝

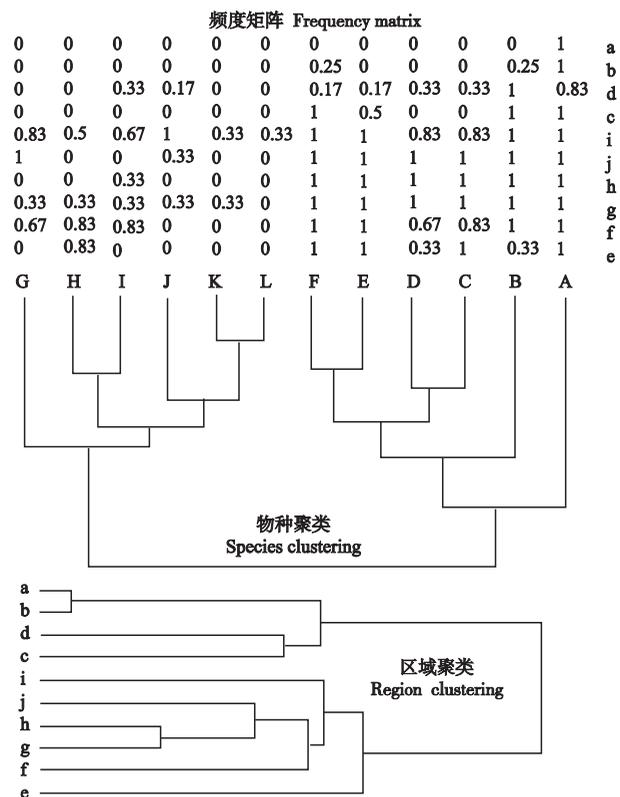


图2 中国红树植物群落类型及其分布区二元矩阵与聚类分析图

**Fig. 2** Clustering analysis by the binary site  $\times$  species matrix demonstrating the distribution of mangrove species in different regions in China.

A: 秋茄群落 *Kandelia obovata* community; B: 白骨壤群落 *Avicennia marina* community; C: 海漆群落 *Excoecaria agallocha* community; D: 红海榄群落 *Rhizophora stylosa* community; E: 木榄群落 *Bruguiera gymnorhiza* community; F: 桐花树群落 *Aegiceras corniculatum* community; G: 海莲群落 *Bruguiera sexangula* community; H: 海桑群落 *Sonneratia caseolaris* community; I: 银叶树群落 *Heritiera littoralis* community; J: 角果木群落 *Ceriops tagal* community; K: 水椰群落 *Nypa fruticans* community; L: 红树群落 *Rhizophora apiculata* community. a) 浙南沿海 Southern Zhejiang coast; b) 闽东沿海 Eastern Fujian coast; c) 闽南沿海 Southern Fujian coast; d) 台湾沿海 Taiwan coast; e) 粤东沿海 Eastern Guangdong coast; f) 珠江口 Pearl River estuary; g) 粤西沿海 Western Guangdong coast; h) 桂南沿海 Southern Guangxi coast; i) 琼东沿海 Eastern Hainan coast; j) 琼西沿海 Western Hainan coast.

(*Xylocarpus granatum*) 和卤蕨(*Acrostichum aureum*) 等;红海榄群落有秋茄、桐花、木榄、角果木等混生。III组:以海莲群落、海桑群落和银叶树群落为代表的嗜热广布类型。海莲、海桑自然分布仅见于海南、广东、福建多地有引种。海莲群落偶有木榄、角果木、秋茄、玉蕊(*Barringtonia racemosa*)混生;海桑群落有红海榄、白骨壤、卤蕨及鱼藤(*Derris trifoliata*)等混生;银叶树群落有海漆、海莲、卤蕨、老鼠簕(*Acanthus ilicifolius*)、黄槿(*Hibiscus tiliaceus*)等混生。IV组:以角果木群落、水椰群落和红树群落为代表的热带分布类型。角果木分布在海南、广东湛江和台湾部分地区,群落结构简单,偶有海莲、木榄、桐花树和红海榄混生。水椰群落分布于海南和广东湛江,伴生卤蕨、小花老鼠簕(*Acanthus ebracteatus*)等。红树群落仅出现于海南东部沿岸,常有海莲、桐花树混生。

引自孟加拉的无瓣海桑在中国的分布情况与桐花、木榄和红海榄等相似,可归入II组广布型,现已成功向北引种到粤东沿海和福建九龙江口<sup>[12-13]</sup>,成为我国海岸红树林恢复的重要群落类型<sup>[11]</sup>。这说明种质资源分布和群落构成是引种推广成功的关键。

根据聚类结果,中国红树植物群落的分布可分为5个区域(图2)。I区域:琼东沿海,以热带分布类型为代表;II区域:琼西、桂南和粤西沿海(北部湾沿海),以嗜热广布类型红树群落为代表;III区域:珠江口地区至粤东沿海,以广布类型偏嗜热红树群落为代表;IV区域:闽南和台湾沿海,以广布类型红树群落为代表;V区域:闽东至浙南沿海,以低温广布类型群落为代表。

### 2.2 红树种质资源贮量及物种多样性分区比较

根据2001年国家林业局对全国红树林资源调查结果,5个区域的红树林面积以II区最多,达16545.3 hm<sup>2</sup>,占全国红树林面积75.3%,各区域面积大小排序为:II区域>I区域>III区域>IV区域>V区域(表1)。种类排序为:I区域>II区域>III区域>IV区域>V区域,Gleason指数排序为I区域>III区域>IV区域>II区域>V区域。这说明我国红树林资源面积和种类分布不均,红树植物种类和面积随所在纬度增加而减少,但由于面积受滨海地形及岸线长度的影响,导致II区红树林分布面积较多,主要贡献源于雷州半岛红树林面积较大。

### 2.3 红树植物种苗资源供应现状及特点

对中国红树林苗木资源生产供应现状的调查显示,13种真红树和7种半红树苗木已商业化,占总量的52.6%,表明红树林苗木总体开发利用率

表 1 中国红树林资源分布特征

Table 1 Distribution characteristics of mangrove resources in China

区域 Region	面积 Area (hm <sup>2</sup> )	半红树种类 Semi- mangrove	真红树种类 True mangrove	Gleason 指数 Gleason index
I	2891.0	10	28	4.77
II	16545.3	8	16	2.47
III	1425.9	9	15	3.30
IV	818.2	8	13	3.13
V	344.5	2	4	1.03
合计 Total	22024.9	10	29	3.90

I: 琼东沿海 Eastern Hainan coast; II: 北部湾沿海 Beibuwan Gulf coast; III: 珠江口至粤东沿海 Pearl River estuary and eastern Guangdong coast; IV: 闽南和台湾沿海 Southern Fujian and Taiwan coast; V: 闽东至浙南沿海 Eastern Fujian and southern Zhejiang coast. 下同 The same below.

表 2 2010 年中国红树林育苗市场供应现状

Table 2 Current status of mangrove seedling production in China (2010)

物种 Species	类型 Type	繁殖方式 Reproduc- tion type	不同产地苗木供应 Seedling production in different regions					建群种 Constructive species	
			区域 Region						广布性 <sup>[27]</sup> Distribution
			I	II	III	IV	V		
小花老鼠簕 <i>Acanthus ebracteatus</i>	T	SP						TW	N
老鼠簕 <i>Acanthus ilicifolius</i>	T	SP	√	√	√			LW	N
卤蕨 <i>Acrostichum aureum</i>	T	SpP	√					TW	N
尖叶卤蕨 <i>Acrostichum speciosum</i>	T	SpP	√					TE	N
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	T	VP	√	√	√	√	√	LW	Y
白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	T	VP	√	√	√	√	√	LW	Y
木榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	T	VP	√	√	√	√		TW	Y
尖瓣海莲 <i>Bruguiera sexangula</i> var. <i>rhynchopetala</i>	T	VP						TW	N
海莲 <i>Bruguiera sexangula</i>	T	VP						TW	Y
角果木 <i>Ceriops tagal</i>	T	VP	√	√				TW	Y
海漆 <i>Excoecaria agallocha</i>	T	SP	√	√				TW	Y
秋茄 <i>Kandelia obovata</i>	T	VP	√	√	√	√	√	LW	Y
榄李 <i>Lumnitzera racemosa</i>	T	SP						TW	Y
拉贡木 <i>Laguncularia racemosa</i> ▲	T	SP	√	√	√			TW	N
红榄李 <i>Lumnitzera littorea</i>	T	SP						TE	N
水椰 <i>Nypa fruticans</i>	T	VP	√					TE	Y
水芫花 <i>Pemphis acidula</i>	T	SP						TE	N
红树 <i>Rhizophora apiculata</i>	T	VP						TE	Y
红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i>	T	VP	√	√	√			TW	Y
瓶花木 <i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	T	SP						TE	N
杯萼海桑 <i>Sonneratia alba</i>	T	SP						TE	Y
海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i>	T	SP						TE	Y
海南海桑 <i>Sonneratia hainanensis</i>	T	SP						TE	N
卵叶海桑 <i>Sonneratia ovata</i>	T	SP						TE	N
无瓣海桑 <i>Sonneratia apetala</i> ▲	T	SP	√	√	√			TW	Y
拟海桑 <i>Sonneratia paracaseolaris</i>	T	SP						TE	N
木果楝 <i>Xylocarpus granatum</i>	T	SP						TE	N
玉蕊 <i>Barringtonia racemosa</i>	S	SP	√					TW	N
海芒果 <i>Cerbera manghas</i>	S	SP	√		√			TW	N
苦郎树 <i>Clerodendrum inerme</i>	S	SP						TW	Y
海滨猫尾木 <i>Dolichandrone spathacea</i>	S	SP						TW	N
蓬叶桐 <i>Hernandia sonora</i>	S	SP						TE	N
银叶树 <i>Heritiera littoralis</i>	S	SP	√	√	√			TW	Y
黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i>	S	SP		√				LW	Y
阔苞菊 <i>Pluchea indica</i>	S	SP						TW	N
水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i>	S	SP	√	√	√			TW	N
钝叶臭黄荆 <i>Premna obtusifolia</i>	S	SP	√					TW	N
杨叶肖槿 <i>Thespesia populnea</i>	S	SP	√					TW	N

▲ 引种 Introduction; T: 真红树 True mangrove species; S: 半红树 Semi-mangrove species; SP: 种子繁殖 Seed propagation; VP: 胎生苗繁殖 Viviparous; SpP: 孢子繁殖 Spore propagation; LW: 低温广布种 Low temperature tolerant widespread species; TW: 嗜热广布种 Thermophilic widespread species; TE: 嗜热窄布种 Thermophilic endemic species.

有待提高. 比较不同类型红树种类开发程度: 胎生种 (70.0%) > 非胎生 (44.8%); 低温广布种 (100%) > 嗜热广布种 (65.0%) > 嗜热窄布种 (14.3%); 建群种 (64.7%) > 非建群种 (40.9%). 这说明红树林苗木开发倾向胎生类、广布种以及建群种. 这些种类适宜性较强、繁殖快, 有利于造林. 但需增加非建群种类的开发, 才能满足造林物种多样性的需求.

从种苗供应地区划分, 其供应区主要为区域 I、II 和 III 区 (表 2). 对各区域红树苗木生产种类与相应红树种类、面积及 Gleason 指数的相关性分析可知 (表 3) 红树苗木生产种类与真红树种类呈显著相关 ( $P < 0.05$ ). 说明目前红树苗木生产主要受自然条件 (红树植物分布状况及分布区气候等) 的限制.

表3 红树林苗木生产种类与红树资源分布的相关性  
Table 3 Correlation of seedling production and distribution of mangrove resources

	真红树种类 True mangrove species	半红树种类 Semi-mangrove species	红树林面积 Area	Gleason 指数 index
相关性 Correlation	0.918	0.734	0.385	0.761
显著性 Significance	0.028*	0.158	0.522	0.135

\* P < 0.05.

### 2.4 红树林苗木生产关键技术环节

由于红树林仅分布于潮间带,具盐生和湿地植物共性,繁殖方式多样.其苗木生产需要注意繁殖方法、种实采集、育苗方式、水分和盐度管理、病虫害及越冬防寒管理6个方面.

**繁育方法:**红树植物种实产量多,部分物种有胎生现象,实生苗生长速度快,多采用有性繁殖.孢子生殖的卤蕨、尖叶卤蕨,生产中采用分株繁殖的方式.扦插、压条、组织培养等繁殖方式多处于研究阶段,只有老鼠簕和部分半红树植物(如黄槿)可用扦插生产苗木.

**种实采集与储存:**成熟种实因易被海浪带走或动物啃咬,及时采集是育苗的关键.种实采集期因地因种不同,如福建地区的秋茄的成熟胚轴在4—5月,桐花树胚轴在10—11月.纬度越低,则成熟期提前,通常根据种实的大小和色泽判断成熟度.种实采集后应及时播种,临时贮藏宜5~10℃冷藏.

**育苗方式:**当前红树苗木生产多采用容器育苗.容器袋栽苗定植成活率高,不易被海浪冲毁.其中,胎生类常用营养袋直接育苗,如秋茄、木榄、红海榄、桐花树、白骨壤等;而种子类则先作苗床育苗,后移栽入袋培养,如海桑属红树、海漆等.

**水分和盐度管理:**水分管理宜模拟潮汐供水,盐度则因树种而异.其中,胎生类红树林育苗水质盐度最好控制在15‰以内,种子类萌发阶段在5‰以内,幼苗阶段可提高到10‰.

**病虫害防治:**病害主要有立枯病、灰霉病和炭疽

病,常危害种子类红树植物,苗期为高发期,可用广谱杀菌药防治;虫害主要有卷叶蛾、螟蛾科幼虫、老鼠、螃蟹、地老虎、蟋蟀等,应结合实际情况采取药物或人工防除.

**越冬防寒措施:**红树幼苗对低温抵抗性低<sup>[29]</sup>.纬度较高地区应利用设施育苗,可采取覆盖塑料膜、稻草、水淹保温等措施防寒,喷施适量含钾量高的叶面肥提高小苗抗性,避免因突然降温和极端天气造成损失.

### 2.5 红树林苗圃建设工程

**2.5.1 红树林苗圃类型及结构特点** 中国现有的红树林苗圃可归纳两大类型:旱地设施苗圃和潮滩苗圃.后者又可分为红树林滩涂苗圃、光滩苗圃、基围塘苗圃和米草滩涂苗圃.各苗圃的结构和建筑技术特点不同(图3).

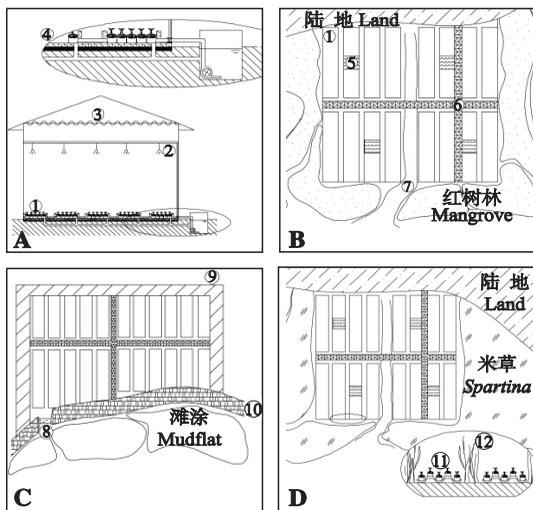


图3 红树林苗圃结构示意图  
Fig. 3 Schematic illustrations of different types of mangrove nurseries.

①苗床 Seedbed; ②喷灌系统 Sprinkling irrigation system; ③遮荫网 Shadowing net; ④漫灌系统 Floor broad irrigation system; ⑤蓄水槽 Catch basin; ⑥木栈道 Boardwalk; ⑦航道 Channel; ⑧闸门 Sluice gate; ⑨围堰 Base; ⑩堤岸 Embankment; ⑪石棉瓦 Asbestos shingle; ⑫米草 *Spartina*. A: 旱地苗圃 Dry land nursery; B: 红树林滩涂苗圃 Mangrove mudflat nursery; C: 基围塘苗圃 Jiwei pond nursery; D: 米草滩涂苗圃 *Spartina* mudflat nursery.

表4 不同红树林苗圃性能与建设成本比较

Table 4 Comparison on the performance and construction costs of different types of mangrove nurseries

苗圃类型 Nursery type	土地供应 Land resource	防寒防风 Ability to resist cold and wind	建设成本 Construction cost	管理成本 Management cost	功能用途 Function
A	++++	++++	----	----	①, ④
B	+	+++	---	--	②, ④
C	+	++++	----	--	②
D	+++	+++	---	--	②
E	++++	+	-	---	③

A: 旱地设施苗圃 Dry land nursery; B: 红树林滩涂苗圃 Mangrove mudflat nursery; C: 基围塘苗圃 Jiwei pond nursery; D: 米草滩涂苗圃 *Spartina* mudflat nursery; E: 光滩苗圃 Mudflat nursery. ①集约型苗木生产 Intensive seedling production; ②普通型苗木生产 Normal seedling production; ③粗放型苗木生产 Extensive seedling production; ④科研 Scientific research.

旱地设施苗圃: 需要较完善的配套设施营造适宜红树林生长环境, 主要包括灌溉设施、防渗设施、遮阳网、炼苗场。其中, 灌溉设施需要设置淡水池、盐水调节池和回收池, 模拟潮汐灌溉; 淡土区应有防渗工程; 苗床宜采用漕沟式, 便于灌溉。

红树林滩涂苗圃: 潮汐能到达的相对平坦滩涂为真红树苗圃, 高潮线以上则为半红树苗圃; 苗床宽度 60~80 cm 为宜, 与潮水涨落方向平行, 以减少冲刷。设栈道和航道, 便于苗木的管理和运输; 设蓄水池用于蓄水灌溉; 苗圃外设围网, 以消除垃圾、减少人为或海洋生物的危害。

米草滩涂苗圃: 将互花米草刈割成 60~80 cm 的条带, 用石棉瓦或其他能抑制互花米草生长的重物覆盖, 提供苗木生长苗床。苗床间及苗圃四周应保留一定的互花米草生长区, 以为红树苗木生长提供天然屏障。该苗圃特色是可与防除互花米草工程相结合, 减少成本。

基围塘苗圃: 按基围塘形式建设的苗圃, 主要工程有围堰、控水闸门等; 根据情况还可设淡水供应及遮荫、防寒设施。

光滩苗圃: 主要要求海滩地形和海水盐度符合红树植物苗木生长, 规模较大时, 宜参照红树林滩涂苗圃的建设特点。

2.5.2 不同红树林苗圃性能与建设成本分析 各苗圃土地供应、防寒防风、建设成本和管理成本等指标的综合比较见表 4。其中, 旱地设施苗圃建设在陆地, 不受潮滩和潮汐影响, 需要人工提供红树林苗木生长环境, 其建设成本和管理成本较高; 优点是苗圃建设用地充足, 防寒防风能力强, 育苗环境优越。潮滩苗圃建设生境为红树林原生环境, 利用潮滩及潮汐输送水源, 其优点是建设成本和管理成本较低。光滩苗圃建设用地充足、建设成本最低, 但防寒防风能力差, 育苗环境比较恶劣; 红树林滩涂苗圃和基围塘苗圃有较好的防寒防风, 但建设用地受到一定限制, 且基围塘苗圃的建设成本在滩涂苗圃中最高; 米草滩涂苗圃虽然育苗环境不佳, 但其有生态替代、治理米草入侵的功能, 建设用地充足, 有较好的防寒防风能力。

### 3 结 论

红树林苗木繁育工程构成主要包括编制工程规划、制定实施方案、基础设施建设和种苗繁育。

中国红树林群落可分为低温广布型、广布型、嗜热广布型和热带分布型 4 种。我国红树林种质资源分

布不均, 按资源储量和主要红树林群落分布可分为: 琼东沿海、北部湾沿海、珠江口至粤东沿海、闽南和台湾沿海、闽东至浙南沿海 5 个种质资源库。

红树植物资源开发利用程度受限于自然资源与环境条件, 已开发苗木占现有资源 52.6%。红树林苗木开发倾向胎生类、广布种及建群种。这些种类适宜性较强、繁殖快, 有利于造林。但需增加非建群种类的开发, 才能满足造林物种多样性的需求。

繁殖方法、种实采集、育苗方式、水分和盐度管理、病虫害以及越冬防寒是中国红树植物苗木生产管理的 6 个关键技术环节。

中国红树林苗圃主要有 5 种类型。其中, 旱地设施苗圃便于人工控制管理, 但造价和管理投入高, 比较适合引种、科研及集约型苗木生产。红树林滩涂苗圃普通常见, 造价低, 最为实用。光滩苗圃建设简单, 成本低, 但其保护性能较差。基围塘苗圃较光滩苗圃可控性强, 具有一定的防寒和防风浪能力, 造价中等。米草滩涂苗圃可以综合治理米草, 进行生态替代, 适合米草入侵严重地区。

### 参考文献

- [1] Spalding M, Blasco F, Field C. World Mangrove Atlas. International Society for Mangrove Ecosystems. Okinawa, Japan, 1997
- [2] Spalding M, Kainuma M, Collins L. World Atlas of Mangroves. Malta: Gutenberg Press, 2010
- [3] Food and Agriculture Organization. The World's Mangroves 1980-2005. FAO Forestry Paper 153, 2005
- [4] Duke NC, Meynecke JO, Dittmann S, et al. A world without mangroves. *Science*, 2007, **317**: 41-42
- [5] Lan Z-H (兰竹虹), Chen G-Z (陈桂珠). Degradation of main ecosystems in South China Sea and corresponding conservation countermeasures. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2006, **17**(10): 1978-1982 (in Chinese)
- [6] Zhang Q-M (张乔民), Sui S-Z (隋淑珍). The mangrove wetland resources and their conservation in China. *Journal of Natural Resources (自然资源学报)*, 2001, **16**(1): 28-36 (in Chinese)
- [7] Zheng D-Z (郑德璋), Li M (李玫), Zheng S-F (郑松发), et al. Headway of study on mangrove recovery and development in China. *Guangdong Forestry Science and Technology (广东林业科技)*, 2003, **19**(1): 10-15 (in Chinese)
- [8] Cui B-S (崔保山), Liu X-T (刘兴士). Review of wetland restoration studies. *Advance in Earth Sciences (地球科学进展)*, 1999, **14**(4): 358-364 (in Chinese)
- [9] Fan H-Q (范航清), Liang S-C (梁士楚). Research and Management on China Mangrove. Beijing: Science Press, 1995 (in Chinese)

- [10] Wang W-Q (王文卿), Wang M (王瑁). The Mangroves of China. Beijing: Science Press, 2007 (in Chinese)
- [11] Zheng D-Z (郑德璋), Liao B-W (廖宝文), Zheng S-F (郑松发), et al. Studies on the Techniques of Afforestation and Management of Main Mangrove Species. Beijing: Science Press, 1999 (in Chinese)
- [12] Li Y (李云), Zheng D-Z (郑德璋), Liao B-W (廖宝文), et al. Preliminary report on introduction of several superior mangroves. *Forest Research (林业科学研究)*, 1998, **11**(6): 652-655 (in Chinese)
- [13] Wang W-Q (王文卿), Zhao M-L (赵萌莉), Deng C-Y (邓传远), et al. Species and its distribution of mangroves in Fujian coastal area. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait (台湾海峡)*, 2000, **19**(4): 534-540 (in Chinese)
- [14] Liao B-W (廖宝文), Zheng D-Z (郑德璋), Zheng S-F (郑松发), et al. Studies on the primary character and storage method of mangrove *Kandelia candel* Hypocotyl. *Forest Research (林业科学研究)*, 1996, **9**(1): 58-63 (in Chinese)
- [15] He B-Y (何斌源), Fan H-Q (范航清), Liang S-C (梁士楚). Impacts of light factor on the rooting of viviparous hypocotyl and seedling growth of several mangroves // Fan H-Q (范航清), Liang S-C (梁士楚), eds. Research and Management on China Mangrove. Beijing: Science Press, 1995: 115-119 (in Chinese)
- [16] Biber PD. Measuring the effects of salinity stress in the red mangrove *Rhizophora mangle* L. *African Journal of Agricultural Research*, 2006, **1**: 1-4
- [17] Zheng W-J (郑文教), Lin P (林鹏). Effect of salinity on the growth and some eco-physiological characteristics of mangrove *Bruguiera sexangula* seedlings. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 1992, **3**(1): 9-14 (in Chinese)
- [18] Liao B-W (廖宝文), Zheng D-Z (郑德璋), Zheng S-F (郑松发), et al. The studies on seedling nursing techniques of *Sonneratia caseolaris* and its seedling growth rhythm. *Forest Research (林业科学研究)*, 1997, **10**(3): 296-302 (in Chinese)
- [19] Elster C, Perdomo L. Rooting and vegetative propagation in *Laguncularia racemosa*. *Aquatic Botany*, 1999, **63**: 83-93
- [20] Ohnishi T, Komiyama A. Shoot and root formation on cut pieces of viviparous seedlings of a mangrove, *Kandelia candel* (L.) druce. *Forest Ecology and Management*, 1998, **102**: 173-178
- [21] Kathiresan K, Ravikumar S. Vegetative propagation through air-layering in two species of mangroves. *Aquatic Botany*, 1995, **50**: 107-110
- [22] Lü J (吕佳). Studies on Distribution and Management of Chinese Mangrove Forests. Master Thesis. Beijing: Beijing Forestry University, 2008 (in Chinese)
- [23] Xie R-H (谢瑞红). Study on the Mangroves resource and Ecological Suitability Regionalization in Hainan Island, China. Master Thesis. Danzhou: South China University of Tropical Agriculture, 2007 (in Chinese)
- [24] Hu D (胡聃), Xi Z-J (奚增均). A theoretical approach to integration principles of ecological restoration engineering. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, 2002, **22**(6): 866-877 (in Chinese)
- [25] Central Weather Bureau (中央气象局). Climatological Atlas of the People's Republic of China. Beijing: China Meteorological Press, 1979 (in Chinese)
- [26] Lin P (林鹏), Lu C-Y (卢昌义). The mangrove forests distributed around the coast of Hainan Island. *Journal of Xiamen University (Natural Science) (厦门大学学报·自然科学版)*, 1985, **24**(1): 116-127 (in Chinese)
- [27] Zhang R-T (张饶挺), Lin P (林鹏). Studies on the flora of mangrove-plants from the coast of China. *Journal of Xiamen University (Natural Science) (厦门大学学报·自然科学版)*, 1984, **23**(2): 232-239 (in Chinese)
- [28] Lin P (林鹏). Ecological notes on mangroves in southeast coast of China including Taiwan Province and Hainan Island. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, 1981, **1**(3): 283-290 (in Chinese)
- [29] Chen L-Z (陈鹭真), Wang W-Q (王文卿), Zhang Y-H (张宜辉), et al. Damage to mangroves from extreme cold in early 2008 in southern China. *Chinese Journal of Plant Ecology (植物生态学报)*, 2010, **34**(2): 186-194 (in Chinese)

---

作者简介 胡宏友,男,1968年生,博士,讲师。主要从事环境生态学及生态恢复工程研究,发表论文30余篇。E-mail: hongyouhu@xmu.edu.cn

责任编辑 李凤琴

---