

# 红树植物秋茄造林技术的研究\*

廖宝文 郑德璋 郑松发 李 云 陈相如 陈正桃

**摘要** 据物候观测,秋茄最佳采种(胚轴)在海南(琼山)为2月上旬至3月初,廉江在2月下旬至4月底,深圳为3月上旬至5月初;采用胚轴插植方法造林并在淤泥松软、风浪大的滩涂适当深栽(2/3种苗长度),半年成活率达88%,用1至多年生小苗或幼树造林,半年成活率小于37%;潮浸深度对幼苗和幼树生长影响极大,选择和规划造林地时,首先应确定宜林滩涂潮汐基面高程,该高程因各地潮汐特点不同而异,深圳湾应大于1.3m;造林初植密度以0.5m×1m或1m×1m适当密植为宜。

**关键词** 红树植物秋茄、胚轴采收、种植方法、造林技术、幼树生长

秋茄(*Kandelia candel* Druce)是我国红树林中分布范围最广的主要树种,生产上对其造林较多,但目前仅有个别<sup>[1]</sup>总结报道,尚缺乏有关造林技术的试验研究。国际上红树林主要造林树种为红茄冬(*Rhizophora mucronata* Lam.)、正红树(*R. apiculata* Blume)、无瓣海桑(*Sonneratia apetala* Buch.-Han)和大红树(*R. mangle* L.),极少涉及秋茄。本文旨在通过系统的造林试验,提出秋茄造林配套技术,为沿海潮间滩涂营造秋茄林提供科学依据。

## 1 试验地概况

试验分别设在我国红树林分布区的南段——海南省琼山市东寨港国家级自然保护区,19°56'N, 110°34' E(以下简称海南点),西段——广东省廉江市湛江红树林省级自然保护区,21°30'N, 109°41' E(简称廉江点)和东段——深圳市福田区国家级自然保护区,22°32'N, 114°03' E(简称深圳点)。各试验点自然概况见表1。

表1 试验区概况

| 地点 | 年均温度<br>( ) | 1月平均气温<br>( ) | 年日照时数<br>(h) | 年降雨量<br>(mm) | 平均海水盐度<br>(‰) | 平均潮汐潮差<br>(m) | 平均pH | 有机质<br>(g/kg) | 速效N<br>(mg/kg) | 速效P<br>(mg/kg) | 速效K<br>(mg/kg) | 颗粒组成(%)        |                     |                | 土质    |    |
|----|-------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|-------|----|
|    |             |               |              |              |               |               |      |               |                |                |                | > 0.25<br>(mm) | 0.25 ~ 0.01<br>(mm) | < 0.01<br>(mm) |       |    |
| 海南 | 23.8        | 17.2          | 2 240        | 1 685        | 21.9          | 半日潮           | 1.10 | 7.2           | 20.21          | 46.25          | 7.49           | 1 195.0        | 1.40                | 49.46          | 49.14 | 淤粘 |
| 廉江 | 22.8        | 15.2          | 1 884        | 1 757        | 25.5          | 全日潮           | 2.45 | 7.3           | 9.40           | 21.25          | 4.05           | 371.18         | 15.44               | 44.77          | 39.80 | 沙质 |
| 深圳 | 22.0        | 14.1          | 2 209        | 1 927        | < 15.0        | 半日潮           | 1.36 | 7.1           | 22.8           | 42.10          | 40.70          | 838.10         | 6.31                | 24.87          | 67.35 | 淤粘 |

注:3个地点均为不规则潮汐。

1996—01—19 收稿。

廖宝文助理研究员,郑德璋,郑松发,李云(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520);陈相如(深圳福田自然保护区);陈正桃(湛江红树林自然保护区);参加工作的还有海南东寨港自然保护区陈焕雄、郑声仁、黄仲淇,湛江市林科所彭明、杜棣芬等。

\* 本研究属国家“八五”攻关专题 85—19—03—04 的部分内容。邝炳朝研究员审阅全文并提出宝贵意见,特此致谢。

## 2 研究方法

### 2.1 胚轴采收期的确定

采用编制物候期表的方法确定各地胚轴最佳采收日期。各试验点分别选择 3 株健壮、无伤害, 而且开花两年以上的树木作物候观测对象<sup>[2]</sup>, 每月上、中、下旬各观测 1 次, 连续 3 a。

### 2.2 种植方法与多点造林试验

采用裸根小苗和胚轴插植(深度分别为胚长度的 1/3 和 2/3)方法进行种植试验, 规格为 1.5 m × 1.5 m, 随机区组设计, 4 次重复。

在各试验点安排造林试验, 密度为 0.5 m × 1 m、1 m × 1 m、1.5 m × 1.5 m、2 m × 2 m 和 2 m × 3 m, 随机区组排列, 4 次重复, 用新鲜成熟胚造林。各点造林面积为 1.5 hm<sup>2</sup>。

### 2.3 适宜栽植潮浸深度的确定与潮水深度测量

采用裂区试验设计安排 3 个潮浸深度(主区)和 4 种密度(副区), 4 次重复(每一小区 600 m<sup>2</sup>)进行试验。用绑有小玻璃瓶的标杆测定潮水深度。

### 2.4 试验观测与数据处理

每重复各小区固定 30 株样树, 半年调查一次树高、地径及成活率或保存率。2 年半后增测幼林生物量并建立生物量与  $D^2H$  的回归模型。数据采用澳大利亚 Genstat 软件进行计算机统计分析。成活率和保存率均用  $\arcsin \sqrt{x}$  变换后, 再进行方差分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 胚轴采收期的确定与采收

为保证及时采收到成熟健壮胚轴, 需开展红树植物开花结实规律的研究<sup>[3]</sup>。各试验点秋茄周期性生长发育过程见表 2。从表中可看出秋茄在同一时期有 2~3 个类型物候相的重叠; 3 个试验点的物候期不尽相同, 海南点胚轴掉落末期比湛江点提早 50 d, 比深圳提早 60 d, 且脱落持续时间亦比廉江、深圳短 30 d, 廉江胚轴脱落末期仅比深圳早 10~15 d。根据生产实践经验, 采集胚轴最好在胚轴脱落初、中期进行, 此时采摘的成熟胚粗壮, 插至海滩后容易生根固定, 不易被浪潮漂走。因此, 胚轴采收时间, 海南宜安排在 2 月上旬至 3 月初, 廉江 2 月下旬至 4 月底, 深圳 3 月上旬至 5 月初。选择发育良好的母树, 采集其上胚轴, 也可以从新近掉落漂流的胚

表 2 秋茄植物在不同试验区的物候期

| 地点            | 1月 |   | 2月 |   | 3月 |   | 4月 |   | 5月 |   | 6月 |   | 7月 |   | 8月 |   | 9月 |   | 10月 |   | 11月 |   | 12月 |   |   |   |   |
|---------------|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|---|
|               | 上  | 中 | 下  | 上 | 中  | 下 | 上  | 中 | 下  | 上 | 中  | 下 | 上  | 中 | 下  | 上 | 中  | 下 | 上   | 中 | 下   | 上 | 中   | 下 | 上 | 中 | 下 |
| 海南琼山<br>(东寨港) | g  | g | g  | g | g  |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |     |   |     |   |     |   |   |   |   |
| 廉江高桥<br>(英罗港) | f  | f | f  | g | g  | g | g  | g | g  | g | g  | g |    |   |    |   |    |   |     |   |     |   |     |   |   |   |   |
| 深圳福田<br>(深圳湾) | f  | f | f  | g | g  | g | g  | g | g  | g | g  | g |    |   |    |   |    |   |     |   |     |   |     |   |   |   |   |

注: a: 花蕾期; b: 始花期; c: 盛花期; d: 花末期; e: 初果期; f: 盛果期; g: 果成熟期; h: 果脱落期。

轴中挑选成熟、粗壮、完好的胚轴造林。成熟胚轴特征:较光滑、棒棍状,呈紫褐色,长18~27 cm,胚芽很容易从果实中分离,芽长1.2~2.0 cm。胚轴应随采随种,一般不超过一个星期,如不能及时插播,需进行胚轴贮藏<sup>[4]</sup>。

### 3.2 种植方法

红树林的生境特殊性,亦引起了其中的植物具有特殊的生态学特征<sup>[5]</sup>。秋茄以特殊的显胎生胚轴繁殖,从树上采摘成熟胚轴即可插植造林;生产上也移植秋茄林下胚轴自然下落插入海滩而形成的小苗造林。在深圳和廉江同时进行胚轴不同插植深度和用裸根小苗种植试验,结果如表3。方差分析与均数差异检验(*LSD*)结果表明,深圳点0.5年生幼苗成活率和3年生保存率,各处理差异均极显著,其中以胚轴插植深度为2/3胚轴长度的成活、保存率均为最高,其次为1/3胚轴长度的,用1年生小苗的最小。可见在淤泥深厚(脚陷深度25~35 cm),风浪较大的滩涂造林,胚轴插植深浅对其成活率有很大影响,胚轴适当深栽可形成2层根系,有利于固着而提高造林成活率,2年后亦易形成板状根,进而提高造林保存率;用1年生小苗造林,因苗木偏大,移栽时极易损伤折断,导致成活率低。廉江点幼苗成活率与幼树保存率,各处理差异均不显著,表明在土壤较为硬实(脚陷深度3~6 cm),风浪较小的滩涂造林,胚轴插植深浅对其成活率影响不大,用0.5年生的小苗造林,成活率较高。根据调查,胚轴插植深度为其长度的1/3者,根系集中萌发于下胚轴顶端附近,插植2/3者,根系少量萌发于下胚轴顶端处,大部分转移至表土下1~2 cm处萌生,与认为秋茄根系生长范围仅为整个长度的1/10<sup>[1]</sup>不一致。

表3 不同种植方式试验结果方差分析及*LSD*检验

| 项目     | 树龄(a) | 地点 | 1/3胚   | 2/3胚   | 苗      | <i>F</i> 值          | <i>LSD</i> <sub>0.05</sub> | 备注                             |
|--------|-------|----|--------|--------|--------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 成活率(%) | 0.5   | 深圳 | 60.0 a | 88.0 b | 37.0 c | 41.160**            | 12.205                     | 树高、地径均减去了种植前原有的大小              |
|        |       | 廉江 | 95.0   | 97.3   | 93.9   | 1.031 <sup>NS</sup> | -                          |                                |
| 保存率(%) | 3     | 深圳 | 31.0 a | 63.0 b | 17.8 a | 14.638**            | 18.810                     | “苗”:深圳点为用1年生小苗,廉江点为用0.5年生的小苗造林 |
|        |       | 廉江 | 80.5   | 87.5   | 81.6   | 3.187 <sup>NS</sup> | -                          |                                |
| 树高(cm) | 3     | 深圳 | 74.5 a | 81.0 a | 23.9 b | 162.666**           | 7.833                      |                                |
|        |       | 廉江 | 61.0 a | 67.9 b | 51.2 c | 54.812**            | 3.676                      |                                |
| 地径(cm) | 3     | 深圳 | 2.25 a | 2.40 a | 1.18 b | 11.027**            | 0.644                      |                                |
|        |       | 廉江 | 2.01 a | 2.20 a | 1.28 b | 46.851**            | 0.229                      |                                |

注:  $F_{0.05}(2, 9) = 4.26$ ;  $F_{0.01}(2, 9) = 8.02$ 。

两个地点不同种植方法3年生时各处理的树高、地径,经*F*检验均达极显著差异,从均数差异检验结果看出,3年生时,两个地点用小苗造林的树高、地径均显著地比用胚轴插植的小,说明用裸根小苗造林对其今后生长有较大的影响,原因是起苗时破坏了不少根系,种植成活后,生长仍难恢复。

在深圳点还进行了移栽多年秋茄幼树试验,从天然林边缘,挖取高120~150 cm的幼树,再移植到有秋茄小苗生长的海滩上,移栽40株,无一株成活。原因是秋茄幼树的根系绝大部分为粗长松软的海绵状根,细根、须根极少,移植时挖断了粗长的海绵状根,几乎也就破坏了整个根系,致使秋茄幼树极难移活。

### 3.3 多点造林试验比较

表4方差分析结果表明,秋茄以不同密度在3个地点造林试验的成活率、保存率、树高、地径,都是试验地点之间的差异极显著,而不同密度及密度与地点的交互作用均不显著。说明秋

茄的幼林生长对生境条件非常敏感, 而幼林个体间的相互作用不明显。

均数差异检验结果看出, 秋茄 0.5 年生的成活率, 海南(96%) 和廉江(90.3%) 均高于深圳点(74.1%), 主要为秋冬大潮和土壤软硬程度的差异所致, 海南点成活率调查时, 苗木仍未受到秋冬大潮的考验, 廉江则因土质较硬实, 苗木扎得稳, 尽管潮水已较高, 仍不易被潮流冲脱漂走, 而深圳点调查时, 潮汐已到秋冬大潮期, 潮水高, 潮流冲击力大, 加上淤泥松软, 苗木易被冲走。

3 年生时幼林保存率, 深圳、廉江和海南分别下降至 61.9%、61.4% 和 44.4%, 其中 3 个地点缺株率分别为 29.6%、28.0% 和 40.6%, 枯株率分别为 8.5%、10.6% 和 15.0%。造成缺株的主要原因是受潮流冲击的影响, 特别是台风刮起的风浪, 人为踏海干扰和水体漂游植物的绊拔。经调查, 3 个地点造成植株枯死的原因不尽相同, 海南、深圳主要受海生钻孔动物——团水虱(*Spaeromas* sp.) 的蛀蚀, 即常在靠近地面的根桩内部, 穿凿许多孔道致死。廉江主要为藤壶危害所致。团水虱对秋茄的危害, 目前未见过他人报道。

表 4 不同地点各栽植密度秋茄造林试验结果比较分析

| 项目         | 树龄<br>(a) | 地点         | 密度(m × m) |       |           |        |         | 平均                         | F 值   | F $\alpha$   |
|------------|-----------|------------|-----------|-------|-----------|--------|---------|----------------------------|---|--|
|            |           |            | 0.5 × 1   | 1 × 1 | 1.5 × 1.5 | 2 × 2  | 2 × 3   |                            |   |  |
| 成活率<br>(%) | 0.5       | 海南         | -         | 96.0  | 98.0      | 94.0   | (90.0)  | 96.0 a                     | $F_s = 28.181^{**}$   | 地点(s):<br>$F_{s0.05}(2, 12) = 3.89$<br>$F_{s0.01}(2, 12) = 6.93$ |
|            |           | 廉江 (96.0)  | 88.0      | 90.0  | 93.0      | -      | 90.3 a  | $F_d = 2.103^{NS}$         |   |  |
|            |           | 深圳 (80.0)  | 78.0      | 77.8  | 72.8      | -      | 74.1 b  | $F_s \cdot d = 0.772^{NS}$ |   |  |
|            |           | 平均         | 87.3      | 88.6  | 86.3      |        |         |                            |   |  |
| 保存率<br>(%) | 3         | 深圳 (62.8)  | 63.9      | 61.2  | 60.7      | -      | 61.9 a  | $F_s = 29.273^{**}$        | 密度(d):<br>$F_{d0.05}(2, 12) = 3.89$<br>$F_{d0.01}(2, 12) = 6.93$                          |  |
|            |           | 廉江 (67.0)  | 66.0      | 60.8  | 57.5      | -      | 61.4 a  | $F_d = 1.019^{NS}$         |   |  |
|            |           | 海南         | 43.5      | 47.6  | 42.2      | (42.0) | 44.4 b  | $F_s \cdot d = 0.489^{NS}$ |   |  |
|            |           | 平均         | 57.8      | 56.5  | 53.5      |        |         |                            |   |  |
| 树高<br>(cm) | 3         | 深圳 (119.0) | 128.1     | 116.1 | 114.5     | -      | 119.6 a | $F_s = 114.343^{**}$       | 地点 × 密度(s · d):<br>$F_{s \cdot d0.05}(4, 12) = 3.26$<br>$F_{s \cdot d0.01}(4, 12) = 5.41$ |  |
|            |           | 海南         | 86.7      | 83.9  | 84.2      | (82.4) | 84.9 b  | $F_d = 0.387^{NS}$         |   |  |
|            |           | 廉江 (73.1)  | 65.4      | 70.9  | 72.6      | -      | 96.6 c  | $F_s \cdot d = 1.329^{NS}$ |   |  |
|            |           | 平均         | 93.4      | 90.3  | 90.4      |        |         |                            |   |  |
| 地径<br>(cm) | 3         | 深圳 (3.08)  | 2.95      | 3.07  | 3.01      | -      | 3.01 a  | $F_s = 152.439^{**}$       |   |  |
|            |           | 海南         | 2.53      | 2.48  | 2.54      | (2.45) | 2.52 b  | $F_d = 0.632^{NS}$         |   |  |
|            |           | 廉江 (1.80)  | 1.59      | 1.73  | 1.75      | -      | 1.69 c  | $F_s \cdot d = 0.425^{NS}$ |   |  |
|            |           | 平均         | 2.36      | 2.43  | 2.43      |        |         |                            |   |  |

注: 因部分地点未作, 括号中的数据未计入平均值中也未参与方差分析。

3 年生时秋茄的树高、地径生长均为深圳最好, 海南其次, 廉江最差。表明淤泥深厚肥沃, 海水盐度低的滩涂(表 1), 有利于林木生长。土壤沙质硬实、海水盐度高的滩涂, 秋茄生长不良。深圳秋茄的树高比海南、廉江的分别高出 29.0% 和 41.8%, 地径分别高出 16.3% 和 43.9%; 国外学者认为低盐度能促进红树植物生长<sup>[6]</sup> 和红树林地土壤淤泥沉积达最高时, 红树植物的生长量也达到最高<sup>[7]</sup>, 亦可解释这一现象。

### 3.4 不同潮浸深度地段栽植效果与宜林滩涂高程的确定

表 5 方差分析结果显示, 秋茄 0.5 年生成活率和 3 年生的保存率都是不同潮浸深度带间差异极显著, 栽植密度及其与潮浸深度的交互作用均不显著。表明周期性潮汐浸淹深度对秋茄的成活率和保存率影响极大。均数差异检验结果看出, 成活率、保存率均为 A 带最高, 其次为 B 带, C 带最差(保存率 3.2%), 已不适于秋茄生长。

再从表6方差分析结果看,平均单株生物量为潮浸深度带间差异极显著,种植密度及其与潮浸深度的互作均不显著,表明潮浸深度对秋茄生长量的影响同样非常显著;均数差异检验结

表5 不同潮浸深度带各栽植密度秋茄成活率与保存率比较

| 项目            | 水深带 <sup>①</sup> | 密度 (m × m) |        |           |        | 平均     | F 值                        | F α   |
|---------------|------------------|------------|--------|-----------|--------|--------|----------------------------|---|
|               |                  | 0.5 × 1    | 1 × 1  | 1.5 × 1.5 | 2 × 2  |        |                            |   |
| 0.5 年生<br>成活率 | A                | 78.0       | 76.3   | 76.8      | 76.5   | 76.9 a | $F_w = 114.776^{**}$       | 水深(w): $F_{w_{0.05}(2, 6)} = 5.14$<br>$F_{w_{0.01}(2, 6)} = 10.9$                               |
|               | B                | 69.0       | 70.3   | 60.8      | 64.0   | 66.0 b | $F_d = 1.726^{NS}$         |   |
|               | C                | 50.0       | 47.0   | 48.0      | 46.0   | 47.8 c | $F_w \cdot d = 1.080^{NS}$ | 密度(d): $F_{d_{0.05}(3, 27)} = 2.96$<br>$F_{d_{0.01}(3, 27)} = 4.60$                             |
|               | 平均               | 67.3 a     | 65.2 b | 62.3 bc   | 59.3 c |        |                            |   |
| 3 年生<br>保存率   | A                | 62.8       | 63.9   | 61.2      | 60.7   | 62.2 a | $F_w = 588.485^{**}$       | 水深 × 密度(w · d):<br>$F_{w \cdot d_{0.05}(6, 27)} = 2.46$<br>$F_{w \cdot d_{0.01}(6, 27)} = 3.56$ |
|               | B                | 38.3       | 37.9   | 33.0      | 31.3   | 35.1 b | $F_d = 1.405^{NS}$         |   |
|               | C                | 3.1        | 4.6    | 1.8       | 3.6    | 3.2 c  | $F_w \cdot d = 0.609^{NS}$ |   |
|               | 平均               | 34.7       | 35.5   | 32.0      | 31.9   |        |                            |   |

①各潮浸带潮汐基面高程: A 带 144 ~ 154 cm, B 带 130 ~ 136 cm, C 带 99 ~ 104 cm, 其中: 潮高基面(深圳赤湾)在平均海面下 152 cm<sup>[8]</sup>, 秋茄天然林高程 159 ~ 244 cm。

表6 不同潮浸深度带秋茄各栽植密度的生长比较(树龄: 3 a)

| 项目                   | 水深 | 密度 (m × m) |          |           |          | 平均        | F 值                         | F α   |
|----------------------|----|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------------------------|---|
|                      |    | 0.5 × 1    | 1 × 1    | 1.5 × 1.5 | 2 × 2    |           |                             |   |
| 平均单株<br>生物量(g)       | A  | 285.49a    | 233.04   | 247.81    | 233.65   | 250.00 a  | $F_w = 35.615^{**}$         | 水深(w):<br>$F_{w_{0.05}(2, 6)} = 5.14$<br>$F_{w_{0.01}(2, 6)} = 10.9$                            |
|                      | B  | 118.88     | 129.72   | 114.01    | 99.31    | 115.48 b  | $F_d = 1.312$               |   |
|                      | C  | 52.36      | 53.74    | 57.50     | 56.05    | 54.91 c   | $F_w \cdot d = 0.919$       | 密度(d):<br>$F_{d_{0.05}(3, 27)} = 2.96$<br>$F_{d_{0.01}(3, 27)} = 4.60$                          |
|                      | 平均 | 152.24     | 138.83   | 139.77    | 129.67   |           |                             |   |
| 平均每公顷<br>生物量<br>(kg) | A  | 3479.86    | 1500.65  | 672.30    | 341.62   | 1498.61 a | $F_w = 210.944^{**}$        | 水深 × 密度(w · d):<br>$F_{w \cdot d_{0.05}(6, 27)} = 2.46$<br>$F_{w \cdot d_{0.01}(6, 27)} = 3.56$ |
|                      | B  | 907.91     | 494.55   | 172.57    | 77.51    | 413.15 b  | $F_d = 69.97^{**}$          |   |
|                      | C  | 30.56      | 24.23    | 5.17      | 4.97     | 16.23 c   | $F_w \cdot d = 35.191^{**}$ |   |
|                      | 平均 | 1472.78 a  | 673.14 b | 283.35 c  | 141.39 c |           |                             |   |

注: 秋茄单株生物量与  $D^2H$  的回归模型  $W_t = 0.0972(D^2H)^{1.1337}$ ,  $r = 0.97^{**}$ ,  $D_{0.1}(1, 4 \sim 3.8 \text{ cm})$ ,  $H(80 \sim 190 \text{ cm})$ 。

果, A 带最好, B 带次之, C 带最差, 即潮浸越深, 生长越差。平均每公顷生物量则有所不同。除潮浸深度带间差异极显著外, 种植密度及密度与潮浸深度的交互作用均有极显著差异, 这一指标综合了单位面积保留株数及单株林木生物量等多项因子。均数差异检验结果, A 带平均单位面积生物量最高, 为 1498.61 kg/hm<sup>2</sup>, B 带次之, 为 413.15 kg/hm<sup>2</sup>, C 带最小, 为 16.23 kg/hm<sup>2</sup>, 可见它们的相差之大。各密度单位面积生物量, 则根据潮浸深度带不同而不同, A 带以 0.5 m × 1 m 最好, 1 m × 1 m 其次, 1.5 m × 1.5 m 与 2 m × 2 m 差异不明显, 为最差; B 带仍以 0.5 m × 1 m 最好, 其它 3 个密度差异不显著; C 带则各密度均无显著差异。这说明, 在适宜秋茄生长的潮浸深度地段(A 带), 幼林期其单位面积生物产量随密度增加而增加; 潮浸过深地段(C 带), 尽管还有一些幼树生长, 但密度不起作用。

潮浸深度影响秋茄幼林生长的原因是多方面的, 它是多因素影响的综合表现: (1) 周期性潮汐淹没过深, 林木持续淹没时间长, 其呼吸和光合作用受到抑制, 造成林木生长弱小, 根系不发达, 尤其难于形成板状根, 林木易被浪潮冲走, 造林即使一时成活率高, 但因对外界干扰抵抗力减弱, 日久也会逐渐死亡; (2) 潮浸深度和持续时间如超过林木忍耐极限, 则内部生理发生质的变化而致死; (3) 土壤因淹没持续时间长, 产生厌气反应, 一些化学物质被还原成有毒化合物, 从而导致抗性弱的林木死亡; 还有潮汐浸淹累积频率等的影响。总之, 潮间生境因子的作用

极其复杂, 仍需深入研究。生产上选择和规划造林地时, 应高度重视滩涂周期性潮汐浸淹深度调查, 在未了解该滩涂是否适宜林木生长之前, 应先试验, 后推广。

因潮汐现象太复杂, 其周期性变化有半日周期、全日周期、半月周期和一年周期等<sup>[9]</sup>, 因此, 滩涂潮汐浸淹深度, 难于用瞬时水面高程来表示, 许多文献笼统地用高、中、低潮滩表示, 模糊概念, 生产应用很难掌握, 效果不佳。本文首次采用较为固定的潮滩涂高程(换算为潮汐基面高程)表示(见表 5 注), 即根据对滩涂多次高潮时的水面高程测量结果, 与最近验潮站的潮汐测量资料对比, 确定两者的基面关系和与平均海面的关系, 再换算为潮汐基面高程, 或与平均海面的相对高程。从表 5 可知, A、B 带均可进行人工栽植, 因此, 在深圳湾选择秋茄造林地时, 该林地滩涂潮汐基面高程应大于 130 cm, 即不低于平均海面以下 22 cm; 秋茄在各地的宜林潮滩涂高程因其潮汐特点(潮汐类型、潮差、潮汐日不等现象)不同而异。据初步调查, 海南点秋茄宜林滩涂的潮汐基面高程应大于 100 cm, 即不低于平均海面以下 30 cm。

## 4 结论与讨论

(1) 秋茄胚轴成熟期依地理位置、气候条件的差异而不同, 纬度低成熟早, 反之则迟; 胚轴采收以其脱落的初中期为最佳。据此, 海南(琼山)、廉江、深圳的胚轴最佳采收期分别为 2 月上旬至 3 月初, 2 月下旬至 4 月底和 3 月上旬至 5 月初。

(2) 秋茄造林采用胚轴插植方法效果较好, 淤泥深厚、风浪大的地方应适当深栽, 深度约为种苗长度的 2/3; 土质硬实、风浪小的滩涂以插稳胚轴即可, 深度为种苗长度的 1/3 ~ 2/3。秋茄为海绵状根系, 极易损伤折断, 用裸根小苗造林, 应选择 0.5 年生内的幼苗, 1 至多年生小苗或幼树难于移活, 不宜采用。

(3) 多点造林试验证明, 秋茄在淤泥深厚、肥沃、海水盐度低的滩涂生长最好, 沙质、硬实、盐度高的滩涂生长不良, 选择秋茄造林地时, 应尽量选取淤泥深厚、肥沃、海水盐度较低(< 20‰)、风浪小的滩涂。初植要适当密植, 以 0.5 m × 1 m 或 1 m × 1 m 较为合适, 太密造成幼树茎干细小, 容易倒伏, 过疏难于郁闭成林。

(4) 潮浸深度对秋茄幼苗、幼林生长的影响极为显著, 尤其是秋冬大潮期的潮浸深度, 成为造林成败的关键因子。因此, 规划造林地时首先应确定当地的宜林滩涂高程。对于不规则半日潮的深圳湾, 秋茄宜林滩涂的潮汐基面高程应大于 130 cm, 即不低于平均海面以下 22 cm。

(5) 秋茄造林地多处于平均海面以下的淤泥海滩, 受潮水影响大, 常有一些幼树枯死或被潮流卷走, 此外, 潮间滩涂人为活动频繁, 造林地有很多渔民在其中挖取和捕捞海滩经济动物, 严重干扰幼林生长。因此, 新造林地应派专人管护, 封滩 3 ~ 5 a, 3 a 内对于成活或保存率低于 85% 的还应加强补植, 才能做到营造一片, 见效一片。

## 参 考 文 献

- 1 卢昌义, 林鹏. 秋茄红树林的造林技术及其生态学原理. 厦门大学学报(自然科学版), 1990, 29(6): 694 ~ 698.
- 2 邹效孟. 农业物候学. 北京: 农业出版社, 1983. 91 ~ 95.
- 3 FAO. Mangrove forest management guidelines. Rome, 1994. 160 ~ 181.
- 4 廖宝文, 郑德璋, 郑松发. 红树植物秋茄胚轴主要性状及其贮藏方法研究. 林业科学研究, 1966, 9(1): 58 ~ 63.
- 5 林鹏, 韦信敬. 福建亚热带红树林生态学的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981, 5(3): 177 ~ 186.
- 6 Stern W L, Voigt G K. Effect of salt concentration on growth of red mangrove in culture. Botanical Gazette, 1959,

121(9): 36 ~ 39.

- 7 Soepadmo et al. Proceedings of Asian symposium on mangrove environment: Research and Management. UNESCO, 1984, 195 ~ 199.
- 8 海洋科技情报所编. 1993 年潮汐表. 北京: 海洋出版社, 1992, (3): 100 ~ 111.
- 9 上海水产学院编. 海洋学. 北京: 农业出版社, 1995. 111 ~ 137.

## A Study on the Afforestation Techniques of *Kandelia candel* Mangrove

*Liao Baowen Zheng Dezhang Zheng Songfa Li Yun*  
*Chen Xiangru Chen Zhengtao*

**Abstract** The trials were made on the hypocotyl collection, planting method, afforestation with different densities and different tide drowning depths of *Kandelia candel*. The best season of hypocotyl collection in Hainan, Lianjiang and Shenzhen is from February 5 to March 5, February 25 to April 25, and March 5 to May 5 respectively. The survival rate is over 88% if the planting with hypocotyl is adopted and the hypocotyl is planted properly deep (2/3 length of it) in the flat with soft silt, strong wind and tide. On the contrary, it is below 37% if the transplanting with seedlings or young trees of one to several years old is adopted. The mudflat height above tide datum plane, where the young trees can grow, must be first selected carefully, because the growth of seedlings and young trees is greatly affected by the tide drowned depth. The mudflat height suitable to planting for each area is different according to different tide characters, and the height should be above 1.3 m in Shenzhen bay. The space of initial plantation should be 0.5 m × 1.0 m or 1 m × 1 m.

**Key words** *Kandelia candel* mangrove, hypocotyl collection, planting method, afforestation techniques, young tree growth

---

Liao Baowen, Assistant Professor, Zheng Dezhang, Zheng Songfa, Li Yun (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520); Chen Xiangru (The Reserve of Shenzhen); Chen Zhengtao (The Reserve of Zhanjiang).