

抚育措施对红树植物幼树生长的影响*

Effect of Tending on the Mangrove Sapling

莫竹承 何斌源 范航清
Mo Zhucheng He Binyuan Fan Hangqing

(广西红树林研究中心 北海市长青东路 9 号 536000)

(Guangxi Mangrove Research Centre, 92 East Chengqinglu, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要 采用随机区组试验设计, 研究在次生红树灌木林 (白骨壤+ 桐花树群落 community *Avicennia marina*+*Aegiceras corniculatum*) 改造中施肥及除灌两种抚育措施及其组合对红树植物木榄 (*Bruguiera gymnorrhiza*)、红海榄 (*Rhizophora stylosa*) 幼树生长的影响。结果表明, 除灌可使木榄高生长提高 16.5%, 基径生长提高 38.9%, 幼树叶面积提高 43.3%; 施肥可使红海榄高生长提高 9.7%, 基径生长提高 14.3%, 叶面积提高 37.4%; 除灌和施肥均不能增加红树植物叶片的叶绿素含量。

关键词 除灌 施肥 红树植物 幼树生长

中图法分类号 S 753.53

Abstract The effects of shrub control, fertilizing and their combination on *Bruguiera gymnorrhiza* and *Rhizophora stylosa* were studied by randomized block in a *Avicennia marina* + *Aegiceras corniculatum* secondary community. For *B. gymnorrhiza*, the stand height, basal diameter and leaf area in shrub control were 16.5%, 38.9% and 43.3% greater respectively than that in shrub condition. Fertilizing for *R. stylosa* could increase stand height by 9.7%, basal diameter by 14.3% and leaf areas by 37.4% respectively compared with the non-fertilizing. The two tending methods have no improvement in chlorophyll content of mangrove leaf.

Key words shrub control, fertilizing, mangrove, sapling growth

红海榄和木榄是我国红树植物中数量较少的乔木种类。木榄主要分布于海南的清澜港、两广及台湾西南部海岸, 高 3 m~ 3.5 m, 最高达 11 m, 基径 14 cm~ 25 cm, 群落盖度 70%~ 85%, 自然生长于近岸的内滩地段, 属演替的后期阶段类型^[1]。木榄因其天然更新困难而被认定为广西海岸的濒危红树植物^[2]。红海榄主要分布于广西的英罗港、海南的清澜港和东寨港, 树高 3.5 m~ 4.5 m, 支柱根多且分枝, 多生长于土层深厚的中内滩, 属演替的中后期类型^[1]。红海榄和木榄具有良好的生态防护功能, 是我国最具有引种和扩种价值的红树植物之一。对于生境因子如光照、盐度等与红树植物的生长发育、光合作用、胚轴生根等的关系, 国内外也做了不少研究^[3-6]。本试验突破纯生境因子研究方法, 从生产和应用的角度出发, 研究施肥和除灌措施对人工红树林幼树生长的影响, 对红树林次生林改造实践具有重要意义。

1 生境特点与材料方法

1.1 气候土壤条件

试验地点位于广西合浦县山口红树林保护区丹苑海内滩, 北纬 21°34'30", 东经 109°40'20", 年平均气温 23.4°C, 1月平均气温 14.2°C~ 14.5°C, 极端低温 2.0°C^[7]。

丹苑湾属淤泥深厚、滩面宽阔的溺谷湾类型^[8]。试验区表土淤泥状, 陷深 10 cm~ 50 cm 强酸性, pH 值 3.5~ 5.0, 有机质含量丰富。

1.2 群落特征

试验区潮滩上以白骨壤+ 桐花树群落 (community *Avicennia marina* + *Aegiceras corniculatum*) 为主体的红树林植被总盖度达 90%, 为反复遭人为砍伐而形成的次生林。具有萌芽能力的桐花树多数成灌丛状, 平均高 0.49 m~ 0.65 m, 最高 1.1 m, 平均基径 2.7 cm, 最大基径 7.8 cm。白骨壤分枝多而低矮, 主干不明显, 大小参差不齐, 平均株高 0.6 m~ 0.7 m, 最高 1.1 m, 平均基径 2.7 cm, 最大基径 9.5 cm。

1999-01-08收稿

* 国家科委“八五”地方攻关项目 (859251405)

1.3 种苗及定植

红海榄、木榄胚轴采自广西山口红树林保护区的母树林。选择成熟度好，无病虫害的健壮胚轴插植于营养袋中培育容器苗。定植用丹菟苗圃的2年生容器苗，红海榄苗实生高为(76.4±2.3)cm，木榄为(54.4±1.7)cm

1994年7月将除灌(砍去桐花树、白骨壤等杂灌)、留灌、施肥和对照组合成4种处理，即(1)除灌施肥、(2)除灌对照、(3)留灌施肥和(4)留灌对照。在广西山口红树林保护区丹兜海近岸的白骨壤+桐花树群落内进行红海榄、木榄造林试验。采用随机区组试验方案，每1树种做3个重复(区组)试验，每1重复做4种处理(小区)，每处理栽植20株，株行距1m×2m。试验小区随机排列，区组间距3m。定植一个月待苗木恢复稳定后，对处理和对照的植株每株施用复合肥200g(含N 13%，P₂O₅ 10%，K₂O 9%)，拌等量黄心泥，在株冠缘投影处挖穴施入后覆土以防肥料被潮水冲走。次年春季按同样方法施放尿素(含N 44%)，每株用量25g

1.4 测定方法

造林年后，对全部小区进行每木调查，量测各植株的株高、基径、冠幅、茎节数和叶片数等测树因子，测定叶面积和叶绿素含量。

株高用钢卷尺量测，从地面量起，精度0.1cm；基径为植株紧贴地面的直径，用游标卡尺量测，精度0.01cm。分别小区计算株高和基径的算术平均值。

叶面积测定采用HYM-型活体叶面积仪随机测定每小区1株，每株按东、西、南、北4个方向各测1片叶子面积，4片叶子面积的平均值为平均单叶面积。各株叶面积=该株叶片数×该株单叶面积。以小区内5株平均叶面积代表小区平均叶面积。

平均叶绿素含量用HLY-型活体叶绿素仪每小区随机测定20片正常叶子D值，计算小区平均D值，根据Arnon法测定的叶绿素含量(mg/cm²)与D值的回归关系计算出各小区的平均叶绿素含量^[9]。

2 结果与分析

2.1 测定结果

分别测定计算各小区的株高、基径、叶面积和叶绿素含量，结果见表1。

2.2 统计分析

对测定项目按95%(α=0.05)的可靠性，处理间自由度f₁=4-1=3，处理内自由度f₂=4(3-1)=8，进行方差分析^[10]。结果表明，各处理间株高、基径和叶面积有显著差异，而叶绿素含量无显著差异。

表1 木榄、红海榄各小区测定结果

项目 Item	株高 Height (cm)	基径 Basal diameter (cm)	叶面积 Leaf area (厘米 ² /株)	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/cm ²)	
木榄小区 Treatment of Bg	木1 Bg1	77.1	2.68	3 775.1	0.249
	木2 Bg2	67.4	2.18	2 445.6	0.249
	木3 Bg3	62.4	1.70	2 975.2	0.249
	木4 Bg4	61.6	1.80	1 365.9	0.250
红海榄小区 Treatment of Rs	红1 Rs1	95.5	2.36	1 070.0	0.251
	红2 Rs2	84.7	2.10	718.2	0.250
	红3 Rs3	94.3	2.41	1 258.9	0.250
	红4 Rs4	88.3	2.10	856.2	0.250

木1-木4 木榄处理 1-木榄处理 4, 红1-红4 红海榄处理 1-红海榄处理 4(下同)。Bg1 to Bg4 respectively stands for treatments 1 to 4 of *B. gymnorhiza*, Rs1 to Rs4 respectively stands for treatments 1 to 4 of *R. stylosa*. The same below.

对各处理株高作多重比较q检验(表2)可以看出，对木榄作的除灌处理能明显促进株高生长，除灌施肥的株高比留灌施肥的大23.6%，除灌对照的比留灌对照的大9.4%。在除灌条件下施肥可使高生长提高14.4%，在留灌条件下施肥对木榄高生长没有作用。对红海榄而言，施肥对高生长起主要作用。除灌施肥株高比除灌对照的高12.8%，留灌施肥比留灌对照提高6.8%。同为施肥条件时，除灌或留灌对高生长都没有影响；同为不施肥时，留灌株高比除灌的提高4.3%。

表2 木榄、红海榄各处理平均株高q检验

处理 Treatment	H	H-61.6	H-62.4	H-67.4
木1 Bg1	77.1	15.5*	14.7*	9.7*
木2 Bg2	67.4	5.8*	5.0*	
木3 Bg3	62.4	0.8		
木4 Bg4	61.6			
处理 Treatment	H	H-84.7	H-88.3	H-94.3
红1 Rs1	95.5	10.8*	7.2*	1.2
红3 Rs3	94.3	9.6*	6.0*	
红4 Rs4	88.3	3.6		
红2 Rs2	84.7			

* 显著 Significant at 95% confidence level; ** 极显著 Significant at 99% confidence level. H: 平均株高 Stand height (cm).

从基径q检验(表3)可以看出，木榄基径从大到小的排列为木1>木2>木4>木3，各处理间除了处理3和4之外均有显著差异。除灌能明显促进木榄基径生长。在施肥条件下，除灌基径比留灌基径大57.6%；在不施肥条件下，除灌基径比留灌基径大21.1%。在除

灌条件下, 施肥使基径生长提高 22.9%。在留灌条件下, 施肥对基径生长无作用。除灌或留灌对红海榄基径生长均无影响, 无论在除灌或留灌条件下, 施肥均能使基径生长提高 14.3%。

表 3 木榄、红海榄各处理平均基径 q 检验

处理 Treatment	GD	GD - 1.70	GD - 1.80	GD - 2.18
木 1 Bg1	2.68	0.98*	0.88*	0.5*
木 2 Bg2	2.18	0.48*	0.38*	
木 4 Bg4	1.80	0.10		
木 3 Bg3	1.70			

处理 Treatment	GD	GD - 2.1	GD - 2.4
红 1 Rs1	2.4	0.3*	0.0
红 3 Rs3	2.4	0.3*	
红 2 Rs2	2.1	0.0	
红 4 Rs4	2.1		

* 显著 Significant at 95% confidence level ** 极显著 Significant at 99% confidence level. GD: 基径 Ground diameter (cm).

表 4 木榄、红海榄叶面积 q 检验

处理 Treatment	LA	LA - 1365.9	LA - 2445.6	LA - 2975.2
木 1 Bg1	3775.1	2409.2*	1329.5*	799.9*
木 3 Bg3	2975.2	1609.4*	529.6	
木 2 Bg2	2445.6	1079.7*		
木 4 Bg4	1365.9			

处理 Treatment	LA	LA - 718.2	LA - 856.2	LA - 1070
红 3 Rs3	1258.9	540.7*	402.7*	188.9
红 1 Rs1	1070.0	351.8*	213.8	
红 4 Rs4	856.2	138.0		
红 2 Rs2	718.2			

* 显著 Significant at 95% confidence level ** 极显著 Significant at 99% confidence level. LA: 叶面积 Leaf area (cm²).

叶面积 q 检验 (表 4) 表明木榄各处理间均有显著差异, 叶面积大小顺序为: 木 1 > 木 3 > 木 2 > 木 4 施肥和除灌对木榄叶面积生长均有明显的促进作用, 除

表 5 红树林土壤化学组成^[8]

Table 5 Soil chemical content of mangrove swamp^[8]

滩位 Beach site	群落 Community	有机质 Organic matter (%)	全氮 Total N (%)	碱解氮 Hydrizable N ($\times 10^{-6}$)	速效磷 Available P ($\times 10^{-6}$)	总盐量 Total salt (%)
内滩 High beach	木榄 <i>B. gymnorhiza</i>	4.382	0.2496	220	15.9	3.573
中内滩 Mid-high beach	红海榄 <i>R. stylosa</i>	3.924	0.1383	149	12.3	1.296
内滩 High beach	试验地 Experimental	2.350	0.0727	69.7	7.72	2.044

灌施肥叶面积比留灌施肥的大 76.4%, 除灌对照叶面积比留灌对照的大 79.0%。在除灌条件下, 施肥可使叶面积提高 54.4%, 留灌条件下的施肥使叶面积提高 117.8%。

施肥对红海榄叶面积增长有促进作用, 在留灌条件下施肥可使叶面积提高 47.0%, 在除灌条件下施肥可使叶面积增大 49%。同为施肥时, 留灌的叶面积比除灌的大 17.7%, 不施肥时留灌和除灌的叶面积无显著差异。

3 讨论

广西英罗港的木榄平均高 5 m~ 7 m, 最高 7.5 m, 红海榄高 5 m~ 6 m, 最高 6.5 m, 覆盖度均达到 90% 以上, 是我国木榄、红海榄自然分布区中生长最好的地区^[1]。英罗港内滩木榄群落土壤含有机质 > 4%, 全氮 > 0.2%, 碱解氮 > 150 $\times 10^{-6}$, 均达到全国第 2 次土壤普查技术规程中的一级水平。中内滩的红海榄群落土壤有机质 3.9%, 全氮 0.14%, 碱解氮 149 $\times 10^{-6}$, 均达到或接近二级水平 (表 5)。

红海榄和木榄是喜钙树种, 能忍耐土壤中较高的盐分含量, 对土壤中的养分特别是氮和磷的含量要求很高^[8]。试验地碱解氮和速效磷含量分别是木榄群落的 32% 和 49%, 红海榄群落的 47% 和 63%, 因此施用磷肥和氮肥都能促进这两个树种的生长发育。

除灌即解除庇荫条件是促进木榄幼树生长较为有效的抚育措施, 它能使木榄幼树株高生长提高 16.3%, 基径生长提高 38.9%, 叶面积大小提高 43.3%。在除灌条件下施肥可使木榄株高生长提高 14.4%, 基径生长提高 22.9%, 叶面积提高 54.4%。留灌施肥对株高和基径生长没有明显促进作用, 但却使叶面积增加 117.8%, 植株叶面积大小由树冠大小和树叶多少决定, 叶面积的增加意味着具有较高光合作用和生长能力。根据木榄处于红树林群落演替后期和生境土壤肥力高的特点, 施肥理应对促进木榄生长

作用最大。但由于木榄是强阳生树种，得不到充足光照便难以生长发育，光照是幼树得以正常成长的决定因素，因此解除蔽荫条件能明显促进木榄幼树生长。据此可推断自然条件下木榄更新困难的主要原因之一是因为幼树生长受到高度郁闭的树冠所抑制。

施肥可使红海榄幼树株高生长提高 9.7%，基径生长提高 14.3%，叶面积提高 37.4%。除灌与留灌措施比较，在施肥条件下留灌的叶面积比除灌的大 17.7%，株高和基径无显著差异。在不施肥条件下留灌的株高增加 4.3%，基径和叶面积没有显著差异。红海榄由于苗期生长较快，幼树树冠已超过灌丛，光照空间的竞争已退居其次，因而肥力状况成了影响其生长的决定因素。

在木榄和红海榄的幼树生长阶段，必须要保证充足的光照条件，在此基础上施肥特别是氮、磷肥可明显地促进幼树的生长。这与郁闭度不太大时，高肥力可提高白骨壤幼苗生长和成活率的结果相似^[11]。

参考文献

- 1 林鹏著. 中国红树林生态系. 北京: 科学出版社, 1997.
- 2 范航清. 广西海岸红树林现状及人为干扰. 见: 中国红树林研究与管理. 北京: 科学出版社, 1995. 189~ 202.
- 3 卢昌义, 林 鹏. 秋茄红树林的造林技术与生态学原理. 厦

- 门大学学报 (自然科学版), 1990, 29 (6): 694~ 698.
- 4 Fan Hangqing, Chen Jien. Impacts of Light on Rooting of Mangrove *Kandelia candel* propagules. 广西科学院学报, 1993, 9 (3): 73~ 76.
- 5 Lin Guanghui, Sternberg S L. Effect of Growth Form, Salinity, Nutrient and Sulfide on Photosynthesis. Carbon Isotope Discrimination and Growth of Red Mangrove (*Rhizophora mangle* L.). Aust J Plant Physiol, 1992, 19 509~ 517.
- 6 Stewart P G. A guide to mangrove transplanting. The State pollution control commission, Australia, 1983.
- 7 李信贤, 温远光, 温肇穆. 广西海滩红树林主要建群种的生态分布和造林布局. 广西农学院学报, 1991, 10 (4): 83~ 89.
- 8 莫竹承, 梁士楚, 范航清. 广西红树林造林技术的初步研究. 见: 中国红树林研究与管理. 北京: 科学出版社, 1995. 194~ 172.
- 9 何斌源, 梁士楚, 范航清. 红树植物叶片叶绿素提取方法比较及其活体测定. 广西科学院学报, 1994, 9 (2): 77~ 81.
- 10 北京林学院主编. 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 1983.
- 11 Clarke P J, Allaway W G. The regeneration niche of the grey mangrove (*Avicennia marina*): effects of salinity, light and sediment factors on establishment, growth and survival in the field. Oecologia. 1993, 93 548~ 556.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)

表 1 合浦珠母贝幼苗生长比较

Table 1 Comparison of the growth of *Pinctada fucata* spat

时间 Time	数量 Quantity (串 Strings)		幼苗下海时个体大小 Size at the beginning of marine spat (μm)	收苗时个体大小 Spat size at the end(μm)		平均苗数* Average of spat quantity		增加率** Rate of increase(%)	
	室内 Indoor	海上 Marine		室内 Indoor	海上 Marine	室内 Indoor	海上 Marine	成活率 Survival rate	生长率 Growth rate
6月17日~7月11日 (24 d) June 17 to July 11(24 d)	5	5	903×680	3 930×3 070	7 910×6 110	3 555	4 380	23.2	10×99
6月12日~7月13日 (31 d) June 12 to July 13(31 d)	4	4	1 410×1 308	3 937×2 910	9 650×7 455	3 266	4 336	32.7	140×157

本表系摘取 1998 年《水产科技》第 2 期发表的《贝苗海上中间培育试验》一文中的部分数据制成。试验地: 1998 年 6 月~ 7 月, 广东省东山珍珠养殖场; 海水温度: 室内 24℃~ 29℃; 海上 25℃~ 30℃; 海水比重: 1.021~ 1.024 * 单位: 个串, Bodies/Strings; ** 增加率 = $\frac{\text{海上苗} - \text{室内苗}}{\text{室内苗}}$

× 100%。

补漏 (《广西科学》1999 年第 2 期, P153)