

# 广西英罗港 5 种红树植物群落的生物量和生产力\*

## Biomass and Productivity of Five Mangrove Communities in Yingluo Bay of Guangxi

温远光

Wen Yuanguang

(广西大学林学院 南宁市邕武路 16 号 530001)

(Forestry College, Guangxi University, 16 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001)

**摘要** 用样带样方调查广西英罗港红树植物群落,以树种种群为单位,选取木榄 (*Bruguiera gymnorhiza*)、红海榄 (*Rhizophora stylosa*)、秋茄 (*Kandelia candel*)、桐花树 (*Aegiceras corniculatum*) 和白骨壤 (*Avicennia marina*) 测定地上部分生物量;采用径级平均木法,增加权重因素来测算林分生物量;以种群各组分生物量除种群的平均树龄或组成(器官)年龄得年平均净生产量。结果表明:英罗港的红树林群落主要有木榄群落、红海榄群落、秋茄群落、桐花树群落和白骨壤群落。各群落优势种群平均单株生物量为木榄 30.95 千克/株 > 红海榄 16.56 千克/株 > 秋茄 4.27 千克/株 > 白骨壤 3.92 千克/株 > 桐花树 0.37 千克/株。群落生物量的大小顺序是红海榄群落 92.336 t/hm<sup>2</sup> > 木榄群落 75.175 t/hm<sup>2</sup> > 秋茄群落 62.757 t/hm<sup>2</sup> > 桐花树群落 29.772 t/hm<sup>2</sup> > 白骨壤群落 17.011 t/hm<sup>2</sup>。群落生产力为红海榄群落 11.472 t/hm<sup>2</sup>·a > 秋茄群落 9.157 t/hm<sup>2</sup>·a > 木榄群落 5.138 t/hm<sup>2</sup>·a > 桐花树群落 4.407 t/hm<sup>2</sup>·a > 白骨壤群落 1.477 t/hm<sup>2</sup>·a。生物量和生产力及其器官分配的特点反映了红树植物对潮滩特殊生境的适应。

**关键词** 红树植物 群落 生物量 生产力

中图法分类号 Q 948 885.3

**Abstract** The mangrove types and its biomasses and productivities of 5 mangrove communities have been studied in intertidal zone in Yingluo Bay of Guangxi. The results were as follows the dominant types in mangrove communities were Community *Bruguiera gymnorhiza*, Community *Rhizophora stylosa*, Community *Kandelia candel*, Community *Aegiceras corniculatum* and Community *Avicennia marina*. The mean biomasses of the individuals of dominant populations in different mangrove communities were in the order of *B. gymnorhiza* (30.95 kg/individual) > *R. stylosa* (16.56 kg/individual) > *K. candel* (4.27 kg/individual) > *A. marina* (3.92 kg/individual) > *Aegiceras corniculatum* (0.37 kg/individual). The biomass of communities were in the order of Community *R. stylosa* (92.336 t/hm<sup>2</sup>) > Community *B. gymnorhiza* (75.175 t/hm<sup>2</sup>) > Community *K. candel* (62.757 t/hm<sup>2</sup>) > Community *A. corniculatum* (29.772 t/hm<sup>2</sup>) > Community *A. marina* (17.011 t/hm<sup>2</sup>). The productivity of communities were arranged in the order of Community *R. stylosa* (11.472 t/hm<sup>2</sup>·a) > Community *K. candel* (9.157 t/hm<sup>2</sup>·a) > Community *B. gymnorhiza* (5.138 t/hm<sup>2</sup>·a) > Community *A. corniculatum* (4.407 t/hm<sup>2</sup>·a) > Community *A. marina* (1.477 t/hm<sup>2</sup>·a). A characteristics of above-ground biomass and productivity and its distribution of tissues of mangrove tree explained their adaptability to special environment in intertidal zone.

**Key words** mangrove, community, biomass, productivity

红树植物是指生长在热带、亚热带海岸潮间带的木本植物的总称,由它们所组成的群落称为红树植物群落(或红树林)。红树林是一种典型的符合可持续发展要求的湿地生态系统。研究红树植物群落的物质生产可为深入了解红树林生态系统的结构与功能、红树林的保护、恢复和发展提供科学依据。

### 1 研究区的自然条件

研究地点位于广西海岸的最东端,广西山口国家级红树林海洋生态自然保护区内,约居北纬 21°28', 东经 109°43'。年平均气温 22.4℃, 极端最高气温 37.4℃, 极端最低气温 -0.8℃。雨量充沛,年平均降雨量为 1 816.5 mm, 年平均相对湿度为 81.8%<sup>[1]</sup>。从外滩至内滩,依次分布着潮滩沙质盐土(光滩)、红树林潮滩沙质盐土、红树林潮滩壤质盐土和红树林潮滩粘质盐土。英罗港红树植物群落面积约 80 hm<sup>2</sup>, 群

1998-12-2 收稿, 1999-04-2 修回

\* 国家“九五”科技攻关专题(编号: 960070406)的部分研究内容。

落类型主要有分别以白骨壤 (*Avicennia marina*)、桐花树 (*Aegiceras corniculatum*)、秋茄 (*Kandelia candel*)、红海榄 (*Rhizophora stylosa*) 和木榄 (*Bruguiera gymnorhiza*) 为优势的群落,并依次由外滩向内滩呈带状分布,其间存在着一些过渡的群落类型,群落面积最大的是红海榄群落。

## 2 研究方法

### 2.1 群落测树因子调查

1997年7月,从外滩至内滩设一条与海岸线垂直,宽5m,纵跨整个红树植物群落的调查样带,样带长340m,在样带上共设置34个10m×5m小样方。记录每个小样方内的物种数、树高、胸径(或基径)等测树因子,各红树植物群落的测树因子见表1。

### 2.2 种群个体的生物量测定

红树林为异林龄,个体大小和年龄差异很大,为了提高精度,在调查样带周围以树种种群为单位,选取不同径级生长正常的样木3株,其中:白骨壤3株,桐花树4株,秋茄5株,红海榄8株,木榄1株,实测胸径(基径)、树高和冠幅后伐倒,以1m区分段进行分层切割,测定样木地上部分各器官的鲜重。对于地上部板根明显的木榄,测定其板根量;红海榄地上部的支柱根也很发达,测定其支柱根量;考虑到无叶着生的光枝和着生有叶的枝条在功能上的差异,把树枝分为光枝和带叶枝两类,分别测定其重量。取各器官样品100g~200g作室内分析。样品置于烘箱内以85℃烘干至恒重,求算含水率及各器官的生物量,各器官的生物量之和为样木生物量。

### 2.3 红树植物器官生物量相对生长方程的建立

根据5种红树植物样本的生物量  $W$  (kg) 与测树因子 [胸径  $D$  (cm)、树高  $H$  (m)] 的实测数据作为因变量和自变量,运用以下8种经验公组配各组分生物量的相对生长方程: (1)  $W = a + bx$  直线回归法; (2)  $W = a + bx^2$  抛物线回归法; (3)  $1/W = a + b/x$  双曲线回归法; (4)  $W = ax^b$  幂函数曲线回归法; (5)  $W = ae^{bx}$  指数曲线回归法; (6)  $W = ae^{-bx}$  严格苏玛克 (Johnson-Schumacher) 曲线回归法; (7)  $W = a + b \log x$  对数函数曲线回归法; (8)  $W = 1/(a + be^{-x})$  S型曲线回归法。

式中  $x$  是胸径  $D$  的平方与树高  $H$  的乘积。

### 2.4 种群生物量和生产力计算

采用径级平均木法测算林分生物量,计算时增加权重因素。径级的划分是根据不同林分林木径级变化按2cm或4cm确定,按下式计算林分生物量:

$$W = \sum (W_1(G_1/g_1) + W_2(G_2/g_2) + \dots + W_n(G_n/g_n))$$

式中,  $W$  为种群(或各器官)的生物量;  $W_1, W_2, \dots, W_n$  分别为第1, 2,  $\dots, n$  径级样木(或各器官)的生物量;  $G_1, G_2, \dots, G_n$  为第1, 2,  $\dots, n$  径级样木的胸高(或基部)断面积之和;  $g_1, g_2, \dots, g_n$  为第1, 2,  $\dots, n$  径级样木胸高(或基部)断面积之和。将样地中各径级样木的生物量相加得种群生物量,各种群生物量相加得到群落的生物量。

采用“年平均净生产量”作为生产力的估测指标,即以种群各组分的生物量除种群的平均树龄或器官年龄所得的商值。该值未包括枯损及人畜消耗量,结果比实际值偏小。计算公式<sup>[2,3]</sup>:  $NPP = W/la$ ,  $NPP$  为年平均净生产量;  $W$  为群落或器官生物量;  $a$  为群落或器官年龄。群落年龄根据采伐木树干解析结果:木榄的年龄约为40年,红海榄约36年,秋茄约32年,桐花树约为30年,白骨壤约4年。根据树干解析和野外观察,群落上层植株(白骨壤群落、桐花树群落株高在1m以上,秋茄群落株高在2m以上,红海榄群落和木榄群落株高在3m以上)的树干、树皮和支柱根按群落年龄,光枝按树干年龄除2,去叶枝、叶和枯枝按3年计算平均净生产量;更新层

表1 红树植物群落各树种的测树因子

Table 1 The forest factors of communities in mangrove

群落 Community	树种 Tree species	UD	BD <sub>u</sub> (cm)	H <sub>u</sub> (m)	RD	BD <sub>r</sub> (cm)	H <sub>r</sub> (m)
白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i>	白骨壤 <i>A. marina</i>	2 200	6.5	1.67	800	0.9	0.55
	桐花树 <i>A. corniculatum</i>	3 300	5.5	1.21	11 200	0.8	0.50
桐花树群落 <i>Aegiceras corniculatum</i>	白骨壤 <i>A. marina</i>	1 200	6.0	1.50			
	桐花树 <i>A. corniculatum</i>	40 100	3.5	1.18	7 700	0.5	0.75
秋茄群落 <i>Kandelia candel</i>	白骨壤 <i>A. marina</i>	300	5.8	3.13	5 100	2.5	1.80
	桐花树 <i>A. corniculatum</i>				59 400	3.1	1.10
	秋茄 <i>K. candel</i>	7 700	7.5	2.75			
红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i>	红海榄 <i>R. stylosa</i>	4 900	3.3	3.35			
	红海榄 <i>R. stylosa</i>	2 800	5.0	3.58	48 700	1.8	1.41
	木榄 <i>B. gymnorhiza</i>	400	3.0	2.10	2 200	1.7	1.11
木榄群落 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	红海榄 <i>R. stylosa</i>	400	4.8	3.05	3 400	1.5	0.87
	木榄 <i>B. gymnorhiza</i>	1 500	8.5	4.13	41 300	1.0	0.63

UD: 上层密度 (株/公顷) Upper layer density (individual/hm<sup>2</sup>); BD<sub>u</sub>: 上层木平均直径 Basal diameter of upper layer, \* 平均胸径 Mean breast height diameter; H<sub>u</sub>: 上层木平均树高 Mean height of upper layer; RD: 更新层密度 (株/公顷) Regeneration layer density (individual/hm<sup>2</sup>); BD<sub>r</sub>: 更新层直径 Basal diameter of regeneration layer; H<sub>r</sub>: 更新层平均树高 Mean height of regeneration layer.

(低于上述指标)的幼苗、幼树、树干、树皮和支柱根按10年推算,其他器官的计算办法与上层植株相同。

### 3 结果

#### 3.1 红树植物群落结构

广西英罗港现存的红树植物群落比较低矮。从外滩至内滩,植物的生长型由灌木型向乔木型发展,高度上由1 m~2 m增加到5 m~6 m;外貌由灰绿色→黄绿色→青绿色→深绿色变化;结构上由单层发展为双层,层次相当简单。群落中缺乏草本层和由藓类植物构成的地被层,以及由附生植物及藤本植物构成的层间结构。由于海潮的作用,林地上也没有枯枝落叶层,几乎所有的枯落物被海浪推到了海岸边。这与陆地上植物群落的层次结构有着明显不同。

红树植物群落的分布从外滩、中滩至内滩,出现如下群落更替现象:白骨壤群落→白骨壤+桐花树群落或秋茄+白骨壤群落→桐花树群落→秋茄+桐花树群落→秋茄+红海榄群落或桐花树+红海榄群落→红海榄+桐花树群落或红海榄+秋茄群落→红海榄群落→红海榄+木榄群落→木榄+红海榄群落→木榄群落。充分反映了从外滩到内滩红树植物群落类

表2 红树植物各组分生物量的优化回归方程

种名 Species	器官或组分 Composition	回归方程 Regression equation	R	F
白骨壤 <i>Avicennia marina</i> †	树干 Stem	$W_s = 0.60962 + 0.000155(D^2H)^2$	0.9633	38.6895*
	树皮 Bark	$W_b = 0.01186(D^2H)^{0.58152}$	0.9119	14.8034*
	光枝 Branch	$W_{br} = 0.34972 + 0.000159(D^2H)^2$	0.9434	24.2960*
	去叶枝 Twig	$W_t = 1/[1.98973 + 735.2824e^{-(D^2H/110)}]$	0.9790	69.0891*
	树叶 Leaf	$W_l = 0.05152 + 0.00003(D^2H)^2$	0.9334	20.3108*
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i> †	树干 Stem	$W_s = 0.00963(D^2H)^{0.82406}$	0.9238	23.2932*
	树皮 Bark	$W_b = 0.00248(D^2H)^{0.76714}$	0.9481	35.5561*
	光枝 Branch	$W_{br} = 0.00959(D^2H)^{0.53207}$	0.7843	6.3941*
	去叶枝 Twig	$W_t = -0.00077 + 0.00479 \log(D^2H)$	0.9455	33.7586*
	树叶 Leaf	$W_l = 0.00884(D^2H)^{0.57865}$	0.9362	28.3885*
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	树干 Stem	$W_s = 0.23922 + 0.00802(D^2H)^2$	0.9291	18.9340*
	树皮 Bark	$W_b = 0.05377 + 0.00203(D^2H)^2$	0.9890	89.2766*
	光枝 Branch	$W_{br} = 0.04596 + 0.00936(D^2H)^2$	0.9788	45.7432*
	去叶枝 Twig	$W_t = 0.02454e^{-0.97135/(D^2H)}$	0.9735	36.2936*
	树叶 Leaf	$W_l = 0.16459e^{-1.12250/(D^2H)}$	0.8231	4.2020*
红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i>	树干 Stem	$W_s = 0.01604(D^2H)^{1.08189}$	0.9986	1451.0250*
	树皮 Bark	$W_b = 0.01126(D^2H)^{1.04682}$	0.9917	237.6505*
	光枝 Branch	$W_{br} = 0.00763(D^2H)^{1.20937}$	0.9815	104.8318*
	去叶枝 Twig	$W_t = 0.00586(D^2H)^{0.65625}$	0.9817	79.7758*
	树叶 Leaf	$W_l = 0.05940(D^2H)^{0.66681}$	0.9701	48.0061*
木榄 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	树干 Stem	$W_s = 1.28455 + 0.000064(D^2H)^2$	0.9553	41.7518*
	树皮 Bark	$W_b = 0.37715 + 0.000027(D^2H)^2$	0.9752	77.6276*
	光枝 Branch	$W_{br} = 1.25333 + 0.000089(D^2H)^2$	0.9723	69.2071*
	去叶枝 Twig	$W_t = 0.04823 + 1.35401 \times 10^{-6}(D^2H)^2$	0.9922	252.7271*
	树叶 Leaf	$W_l = 0.52194 + 0.00001857(D^2H)^2$	0.9909	216.1333*

† 方程中的D为基径。The "D" of regression equation is a basal diameter. \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

型的过渡性质和空间变化

红树植物群落这些结构特点有利于潮间带红树植物群落抗风、消浪、促淤功能的增强

#### 3.2 红树植物各组分的相对生长方程

通过回归分析,配置的5种红树植物各组分生物量的相对生长方程共200个,经优化选择,将相关指数和F显著性最大者为最优模型,列入表2

#### 3.3 红树植物个体的生物量

英罗港5种红树植物群落上层个体的平均单株生物量(表3)存在着明显的差异。其大小序列为:木榄>红海榄>秋茄>白骨壤>桐花树。木榄的单株生物量最大,为30.950千克/株,其次是红海榄为16.560千克/株,秋茄和白骨壤的平均单株生物量相近,分别为4.266千克/株和3.920千克/株。桐花树的平均单株生物量最小,只有0.365千克/株。在上述5种红树植物中,木榄的生长个体最为高大,在广西海岸,其林分高5 m~7 m,胸径7 cm~22 cm,在退潮后有淡水调节的淤泥滩段,木榄的高度达8 m,胸径达26 cm<sup>[4]</sup>。红海榄个体的生长潜力不如木榄粗大,其一般高度为4 m~5 m,在英罗港的最大高度为6.5 m,平均胸径约6 cm,最大达12.6 cm。而秋茄、

白骨壤和桐花树的个体生长都较小，以桐花树更甚，秋茄和白骨壤的生长高度 3 m 左右，但桐花树的生长高度多在 1 m~ 2 m，而且其主干小、分枝细，因此桐花树的平均个体生物量最低。

红树植物个体的生物量不仅在数量上存在差异，而且在不同器官的分配上也存在明显差异 (表 3)。

与陆地植物群落的物种生物量分配相比较，海岸潮间带红树植物干材生物量所占比例明显较低，如杉木林干材占地上部分生物量的 60%~ 70%<sup>[5]</sup>，柠檬桉干材占 64%~ 78%，雷林一号桉为 60%~ 75%<sup>[6]</sup>，木麻黄林干材占 42%~ 72%<sup>[7]</sup>等。这与潮滩生境的限制，使红树植物主茎退化紧密相关。

### 3.4 红树植物种群和群落的生物量

红树植物种群和群落的生物量 (表 4) 呈现较大的差异。其大小序列为：红海榄群落 > 木榄群落 > 秋茄群落 > 桐花树群落 > 白骨壤群落。红海榄群落属小乔木林型，具有双层结构和茂密的林冠，郁闭度 0.9 以上，群落分布在淤泥质潮滩，土壤的肥力较高 (有机质含量为 4% 左右)，其群落的生物量最高，达 92 335.6 kg/hm<sup>2</sup>。木榄群落虽然也属小乔木林型，但群落分布在内滩半硬化淤泥质土壤上，土壤的有机质含量达 4%~ 6%，内滩生境受波浪和潮汐冲击的程度较轻，但受人为干扰的程度较大，林木较稀疏，群落的盖度较小，郁闭度为 0.4~ 0.5，所以其群落生物量不如红海榄的高，为 75 175.0 kg/hm<sup>2</sup>。分布在外滩沙质和泥沙质土壤上的白骨壤群落和桐花树群落，群落属矮灌丛型，土壤有机质含量低，沙质土的有机质含量在 1% 以下，泥沙质土 2% 左右，群落受波浪和潮汐的冲击严重，植物普遍受藤壶类和咬齿牡蛎类寄生为害。白骨壤群落组成简单，其群落的生物量最低，只有 17 011.4 kg/hm<sup>2</sup>。桐花树群落因组成

表 3 英罗港 5 种红树植物个体的地上部分生物量 (千克/株)

Table 3 Above-ground biomass of five mangrove species in Yingluo Bay (kilogram/individual)

树种	胸径	树高	支柱根	干材	树皮	光枝	去叶枝	树叶	花果	枯枝	合计
Tree species	Breast height diameter (cm)	Height (m)	Stilt root	Stem	Bark	Branch	Twig	Leaf	Flower & fruit	Dead branch	Sum
白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	5.5	2.00		1.63 (41.58)	0.17 (4.34)	1.63 (41.58)	0.39 (9.95)	0.10 (2.55)			3.920 (100.00)
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	3.7	1.40		0.11 (30.14)	0.03 (8.22)	0.09 (24.66)	0.013 (3.56)	0.07 (19.18)	0.045 (12.33)	0.007 (1.92)	0.365 (100.00)
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	7.6	2.20		1.75 (41.02)	0.43 (10.08)	1.79 (41.96)	0.021 (0.49)	0.117 (2.74)	0.04 (0.94)	0.118 (2.77)	4.266 (100.00)
红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i>	5.0	3.58	4.08 (24.64)	3.56 (21.50)	2.21 (13.35)	4.93 (29.77)	0.12 (0.74)	1.51 (9.12)	0.15 (0.91)		16.56 (100.00)
木榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	7.8	4.40	5.05 (16.32)	9.15 (29.56)	3.41 (11.02)	11.12 (35.93)	0.17 (0.55)	2.01 (6.49)	0.04 (0.13)		30.950 (100.00)

\* 基径 Basal diameter; 括号内数据为生物量分配 The values in the brackets are distribution (%).

成种类较多，有少量的红海榄和秋茄侵入，出现了尚无完全发育的更新层，且群落的密度较大，所以其生物量比白骨壤群落的高，为 29 771.9 kg/hm<sup>2</sup>。秋茄群落分布在从外滩向内滩过渡地带，各种生境条件具有过渡的性质，其群落生物量也带有过渡的特点，为 62 757.2 kg/hm<sup>2</sup>。

### 3.5 红树植物种群不同个体生物量的垂直结构

以红海榄和木榄为例，分析红树植物产量的垂直结构。两种红树植物种群不同层次林木的产量垂直结构见图 1。从各器官生物量的垂直分布看，不同层次的林木，其产量的垂直结构存在较大差异。红海榄群落和木榄群落上层木 (优势木) 的产量结构具有明显的相似性，生物量随树高的增加而递减，呈明显的“金字塔型”，这种产量结构有利于增强林木的抗风浪能力，以适应海岸滩涂特殊生境；两群落的中层木 (中等木) 和下层木 (被压木) 产量结构变化较大，红海榄的表现为两头大中间小的“亚铃型”结构；而木榄的中层木产量结构虽也呈金字塔型，但与上层木相比要瘦小得多，下层木甚至变成“倒塔型”。这显然与它们处在群落的中下层，受到上层木的良好保护，海岸风浪冲击减弱，生态适应还不是那么明显；或者植株还比较年轻，板根和支柱根还不发达有关。

### 3.6 红树植物群落的生产力

从表 5 可见，潮滩红树植物群落以红海榄群落的生产力最高，达 11.4724 t/(hm<sup>2</sup>·a)，其次是秋茄，为 9.1574 t/(hm<sup>2</sup>·a)，白骨壤群落的生产力最小，只有 1.4770 t/(hm<sup>2</sup>·a)；其余是木榄群落 [5.1380 t/(hm<sup>2</sup>·a)] > 桐花树群落 [4.4071 t/(hm<sup>2</sup>·a)]。同一群落不同层次上生产力也有差异，通常，群落上层的生产力高于更新层，但在红海榄群落中出现了相反的情形，更新层的生产力明显高于乔木层。

表 4 红树植物种群和群落地上部分生物量 (kg/hm<sup>2</sup>)

Table 4 Above-ground biomass of populations and communities in mangrove (kg/hm<sup>2</sup>)

群落类型 Type of communities	层次 Layer	种群 Population	支柱根 Stilt root	干材 Stem	树皮 Bark	光枝 Branch	去叶枝 Twig	树叶 Leaf	花果 Flower & fruit	枯枝 Dead branch	合计 Sum
白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i>	Community 上层	白骨壤 <i>A. marina</i>		5938.4	345.5	5490.1	667.7	1231.9	7.6		13681.2
	Up -la.	桐花树 <i>A. corniculatum</i>		1492.4	222.2	405.8	62.8	376.7	125.6	33.8	2719.3
	小计 Subtotal			7430.8	567.7	5895.9	730.5	1608.6	133.2	33.8	16400.5
	更新层 Reg. -la.	白骨壤 <i>A. marina</i>		304.2	9.0	4.5	0.8	7.4			325.9
	Reg. -la.	桐花树 <i>A. corniculatum</i>		77.2	17.8	95.0	5.9	65.3	11.9	11.9	285.0
	小计 Subtotal			381.4	26.8	99.5	6.7	72.7	11.9	11.9	610.9
合计 Sum				7812.2	594.5	5995.4	737.2	1681.3	145.1	45.7	17011.4
桐花树群落 <i>Aegicer as corniculatum</i>	Community 上层	桐花树 <i>A. corniculatum</i>		4222.8	972.0	1435.0	341.9	1842.9	673.5	447.5	9935.6
	Up -la.	白骨壤 <i>A. marina</i>		3666.6	268.6	3050.4	488.8	538.8	3.1		8016.3
	小计 Subtotal			7889.4	1240.6	4485.4	830.7	2381.7	676.6	447.5	17951.9
	更新层 Reg. -la.	红海榄 <i>R. stylosa</i>	1909.0	1754.0	949.6	1883.1	141.8	533.8	3.1	25.7	7200.1
	Reg. -la.	秋茄 <i>K. candel</i>		1557.8	562.8	1774.2	63.7	496.4	42.7	73.0	4570.6
	小计 Subtotal			13.3	3.1	16.4	1.0	11.3	2.1	2.1	49.3
合计 Sum			1909.0	3325.1	1515.5	3673.7	206.5	1041.5	47.9	100.8	11820.0
秋茄群落 <i>Kandelia candel</i>	Community 上层	秋茄 <i>K. candel</i>		7598.5	3188.4	9638.2	414.7	3463.1	232.1	340.7	24875.7
Up -la.	红海榄 <i>R. stylosa</i>	4924.8	4449.6	2666.1	3601.8	916.7	3643.9	243.1		20446.0	
小计 Subtotal				699.9	74.7	701.0	169.5	41.8			1686.9
更新层 Reg. -la.	桐花树 <i>A. corniculatum</i>		4924.8	12748.0	5929.2	13941.0	1500.9	7148.8	475.2	340.3	47008.6
Reg. -la.	白骨壤 <i>A. marina</i>		4526.8	1266.5	3274.7	509.1	2772.2	1467.9	295.0		14112.2
小计 Subtotal				1225.3	298.3	56.4	16.1	40.3			1636.4
合计 Sum				5752.1	1564.8	3331.1	525.2	2812.5	1467.9	295.0	15748.6
红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i>	Community 乔木层	红海榄 <i>R. stylosa</i>	9419.5	8199.7	5091.4	11363.4	283.6	3488.8	345.9		38192.3
Tr. -la.	木榄 <i>B. gymnorrhiza</i>			1.9	0.7	2.5	0.04	0.6	0.01		5.8
小计 Subtotal				9419.5	8201.6	5092.1	11365.9	283.64	3489.4	345.91	38198.0
更新层 Reg. -la.	红海榄 <i>R. stylosa</i>		6485.5	10931.3	8624.1	11159.6	1391.4	14707.1	139.1	106.3	53544.4
Reg. -la.	木榄 <i>B. gymnorrhiza</i>		296.2	93.6	32.3	31.8	20.8	118.2	0.29		593.2
小计 Subtotal				6781.7	11024.9	8656.4	11191.4	1412.2	14825.3	139.39	54137.6
合计 Sum				16201.2	19226.5	13748.5	22557.3	1695.84	18314.7	485.30	92335.6
木榄群落 <i>Bru guiera gymnorrhiza</i>	Community 乔木层	木榄 <i>B. gymnorrhiza</i>	14560.1	16070.0	6323.0	21153.1	357.0	4706.2	34.0		63203.4
Tr. -la.	红海榄 <i>R. stylosa</i>		1726.0	1588.0	849.0	1746.0	50.0	574.1	18.0	36.1	6587.2
小计 Subtotal				16286.1	17658.0	7172.0	22899.1	407.0	5280.3	52.0	69790.6
更新层 Reg. -la.	木榄 <i>B. gymnorrhiza</i>			1124.4	465.1	569.3	130.8	1107.6	25.6		3422.8
Reg. -la.	红海榄 <i>R. stylosa</i>		672.1	287.4	266.4	257.0	56.1	394.4	16.0	12.2	1961.6
小计 Subtotal				672.1	1411.8	731.5	826.3	186.9	1502.0	41.6	5384.4
合计 Sum				16958.2	19069.8	7903.5	23725.4	593.9	6782.3	93.6	75175.0

Up -la.: Upper layer; Reg. -la.: Regeneration layer; Tr. -la.: Tree layer.

表 5 红树植物群落的平均净生产量 (t/hm<sup>2</sup>·a)

Table 5 The average net productivity of communities in mangrove (t/hm<sup>2</sup>·a)

群落类型 Type of communities	层次 Layer	干材 Stem	树皮 Bark	光枝 Branch	去叶枝 Twig	树叶 Leaf	花果 Flower & fruit	枯枝 Dead branch	支柱根 Stilt root	合计 Sum
白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i>	Community 上层 Up -la.	0.1689	0.0129	0.2680	0.2435	0.5362	0.1332	0.0113		1.3740
	更新层 Reg. -la.	0.0381	0.0027	0.0199	0.0022	0.0242	0.0119	0.0040		0.1030
	合计 Sum	0.2070	0.0156	0.2879	0.2457	0.5604	0.1451	0.0153		1.4770
桐花树群落 <i>Aegicer as corniculatum</i>	Community 上层 Up -la.	0.2630	0.0414	0.2990	0.2769	0.7938	0.6766	0.1492		2.4999
	更新层 Reg. -la.	0.3325	0.1516	0.7347	0.0688	0.3472	0.0479	0.0336	0.1909	1.9072
	合计 Sum	0.5955	0.1930	1.0337	0.3457	1.1411	0.7245	0.1828	0.1909	4.4071
秋茄群落 <i>Kandelia candel</i>	Community 上层 Up -la.	0.3984	0.1853	0.8713	0.5003	2.3829	0.4752	0.1134	0.1539	5.0807
	更新层 Reg. -la.	0.5752	0.1565	0.6662	0.1751	0.9375	1.4679	0.0983		4.0767
	合计 Sum	0.9736	0.3418	1.5375	0.6754	3.3204	1.9431	0.2117	0.1539	9.1574
红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i>	Community 上层 Up -la.	0.2278	0.1414	0.6314	0.0945	1.1631	0.3459		0.2617	2.8658
	更新层 Reg. -la.	1.1025	0.8656	0.3730	0.4707	4.9418	0.1394	0.0354	0.6782	8.6066
	合计 Sum	1.3303	1.0070	1.0044	0.5652	6.1049	0.4853	0.0354	0.9399	11.4724
木榄群落 <i>Bru guiera gymnorrhiza</i>	Community 上层 Up -la.	0.4415	0.1793	1.1450	0.1357	1.7601	0.0520	0.0120	0.4072	4.1328
	更新层 Reg. -la.	0.1412	0.0732	0.1653	0.0623	0.5007	0.0416	0.0041	0.0168	1.0052
	合计 Sum	0.5827	0.2525	1.3103	0.1980	2.2608	0.0936	0.0161	0.4240	5.1380

Up -la.: Upper layer; Reg. -la.: Regeneration layer; Tr. -la.: Tree layer.

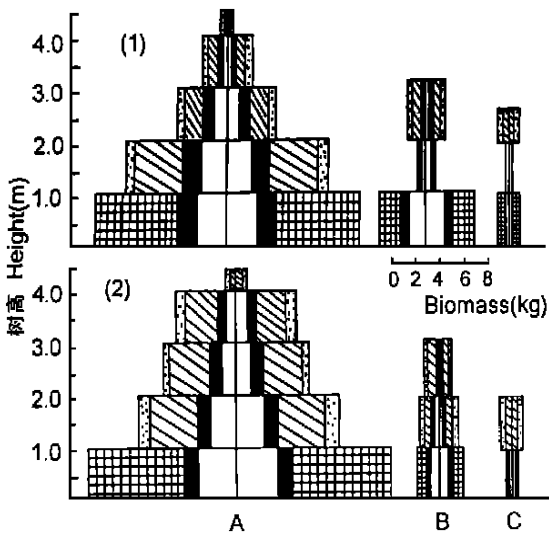


图1 红树植物种群不同个体生物量的垂直结构

Fig. 1 The vertical distribution of different individuals biomass in mangrove population

(1) 红海榄 (*R. stylosa*); (2) 木榄 (*B. gymnorrhiza*). A: 优势木 Dominant tree; B: 中等木 Average tree; C: 被压木 Inferior tree.

▨ 支柱根 Stilt root; ■ 树皮 Bark; □ 干材 Stem; ▨ 光枝 Branch; ⊞ 树叶 Leaf.

更新层仅红海榄的密度就高达 48 700株 /公顷, 而且, 植株的平均地径达 1.8 cm, 平均树高 1.41 m (表 1)。木榄群落更新层中木榄植物个体数也相当高, 达 41 300株 /公顷, 但其个体普遍矮小, 平均地径只有 1 cm, 高 0.63 m (表 1), 所以它的更新层的生产力还比较低。

红树植物叶的生产力在所有组分中是最高的, 其平均净生产量占群落总产量的 1/4~ 1/2, 多数种类占 1/3以上; 其次是树枝的生产力; 干材的生产力很低, 只占群落总产量的 10%~ 14%。群落中生物量为全积累方式的树干的的生产力很小, 而且以积累与凋落并重的枝以及可积累时间不长的叶和花果等组分的生产力又较高, 每年相当部分的生物产量以凋落物的形式归还土壤, 英罗港红海榄群落的年凋落量达 6.313 t/hm<sup>2</sup>·a<sup>[8]</sup>, 所以, 红树植物群落的生物量积累不高, 增长速度相当缓慢。

#### 4 讨论

研究表明, 红树植物普遍是叶、枝的生产力较高, 树干的的生产力较低。这种生产力的器官分配方式决定了红树植物群落生物量的积累是缓慢的。因为叶、枝每年都有大量的凋落, 净积累少。但是, 通过器官生物量的快速大量更替可能有利于减少过多的盐分在体内积累, 这可能是红树植物对潮滩生境的一种生态适应。诚然, 这种生物量的快速更替, 可为河口海湾提供大量的营养物质, 对河口海湾水产业和渔业的正

常发展也具有重要的意义。

本文测算的红海榄生物量 (92.336 t/hm<sup>2</sup>) 与前人报道的 (196.2 t/hm<sup>2</sup>)<sup>[1]</sup> 差异很大, 我们认为这与调查的群落地点及方法不同有关。虽然研究的地点都是在英罗港, 但具体调查和取样的红树林滩位不同。从海滩红树林群落的演替规律可以知道, 同一树种, 越是处在外滩, 演替时间越短, 群落的年龄也越小。由于本文红海榄的取样点靠近中滩, 群落上层林木的胸径 (4 cm~ 6 cm), 树高 (3.5 m~ 4.5 m) 都明显小于文献 [1] 所报道的胸径 11 cm~ 15 cm, 树高 6 m, 如果按红海榄目前林木胸径和树高生长率推算, 其胸径和树高达到文献 [1] 所报道的值, 至少还需要 50 年以上的时间。因此, 其产量差异是正常的。此外, 从生物量的计算方法看, 文献 [1] 采用平均标准木法, 根据标准木的材积与样方总材积的比值, 求得群落的现存生物量 (样木数量不详), 与本文采用的实测和径级平均加权重方法差异较大。我们曾经尝试用径级平均木法计算群落的生物量, 其结果与径级平均加权重的方法有较大差异。说明运用径级平均木法计算异龄林分 (或个体差异大的林分) 的生物量时, 考虑不同径级林木的权重是必要的。

致谢

参加野外调查的有李信贤、和太平、梁宏温、李志先、黄承标、黄志辉、何斌、陆道调等同志, 特此致谢。

#### 参考文献

- 林 鹏, 尹 毅, 卢昌义. 广西红海榄群落的生物量和生产力. 厦门大学学报, 1992, 31 (2): 199~ 202.
- 佐藤大七郎等著. 陆地植物群落的物质生产. 聂绍荃等译. 北京: 科学出版社, 1986. 21~ 26.
- 叶镜中, 姜志林. 苏南丘陵杉木人工林的生物量结构. 生态学报, 1983, 3 (1): 4~ 13.
- 李信贤, 温远光, 何妙光. 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): 82~ 89.
- 温远光, 梁宏温, 蒋海平. 广西杉木人工林生物量及其分配规律的研究. 广西农业大学学报, 1995, (1): 55~ 64.
- 陈北光, 傅冠旭, 陈 孝. 两种桉树人工林地上部分生物量和生产力. 雷州短轮伐期桉树生态系统研究. 北京: 中国林业出版社, 1995. 58~ 65.
- 吴寿德, 叶功富, 潘惠忠. 木麻黄人工林生物产量的结构特征. 防护林科技, 1996, (专集): 21~ 24.
- 林 鹏. 中国红树林生态系. 北京: 科学出版社, 1997. 1~ 2, 184~ 212.

(责任编辑: 邓大玉 蒋汉明)