

鼎湖山格木群落的生物量和光能利用效率

蚁伟民¹, 张祝平¹, 丁明懋¹, 王伯荪²

(1. 中国科学院华南植物研究所, 广州 510650; 2. 中山大学, 广州 510275)

摘要: 研究了鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的生物量, 发现其中格木(*Erythrophleum fordii*)群落的生物量为 568.172t/hm², 叶面积指数为 27.8025m²/m², 均高于大面积分布的厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)群落。用红外线 CO₂ 气体分析法, 分层测定了格木群落主要植物的光合速率和呼吸速率, 计算了群落的生产力和光能利用率。结果表明, 格木群落的总生产力为 24970kJ/m²·a, 由总生产力计算其光合有效辐射能的吸收利用率为 17.05%, 净生产力的利用率为 4.482%, 都比厚壳桂群落高。测定格木群落的生产力和光能利用率, 对研究南亚热带森林群落的生产潜力有重要意义。

关键词: 鼎湖山; 格木群落; 总生产力; 净生产力; 光能利用效率

Biomass and efficiency of radiation utilization in *Erythrophleum fordii* community

YI Wei-Min¹, ZHANG Zhu-Ping¹, DING Ming-Mao¹, WANG Bo-Sun² (1. South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650, China; 2. Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The biomass and leaf area index (LAT) studied in *Erythrophleum fordii* community in Dinghushan were 568.172t/hm² and 27.8025m²/m² and they were higher compared with *Cryptocarya chinensis* community distributed widely in this region. CO₂ infra-red analysis method was used to measure both photosynthesis rate and respiratory rate. The productivity and efficiency of radiation utilization were calculated. The results show that the gross primary productivity was 24970kJ/m²·a, the utilization efficiency of available radiation for gross primary productivity and net primary productivity were 17.05% and 4.482% respectively. They were also higher than *Cryptocarya chinensis* community. The study of productivity and efficiency of radiation utilization is very significant in evaluating the productive potential of the forest community in the southern subtropical zone.

Key words: *Erythrophleum fordii* community; gross primary productivity; net primary productivity; efficiency of radiation utilization

文章编号: 1000-0933(2000)03-0397-07 中图分类号: Q145, Q948 文献标识码: A

格木生长速度较慢, 木材硬而亮, 纹理致密, 是我国著名的硬木之一, 分布于广东、广西、浙江、福建、台湾等地, 目前保存下来已不多, 成片分布更为罕见, 我国已把格木列为二级保护植物。研究格木群落的生物量、生产力和光能利用率, 不仅可以了解本区土地的生产潜力, 合理利用自然资源, 提高森林群落的光能利用率, 而且对保护珍稀濒危植物都有其现实意义。

1 群落概况

鼎湖山自然保护区位于广东省中部, 在广州市西南 86km, 23°09'21"~23°11'30"N, 112°30'39"~112°33'41"E。保护区面积为 1155hm², 其中南亚热带常绿阔叶林包括格木群落、厚壳桂群落和黄果厚壳桂群落(*Cryptocarya concinna*)等为 125hm²。本区属南亚热带湿润季风型气候, 年平均气温 21℃, 平均年降雨量 1927mm, 年蒸发量 1095mm, 年平均相对湿度 80%。

格木群落分布于庆云寺以北, 上连黄果厚壳桂群落, 下接沟谷雨林, 所在地海拔高度约 200m, 坡向 S50°W, 坡度 30°, 东面开朗, 日照较早, 西面有连绵起伏的山坡, 日照较短, 土壤为发育于砂岩母质的赤红

壤,土层厚度为 30~60cm。群落植物种类丰富,在 1600m² 样地内有维管植物 91 种,分属 49 科,78 属,其中蕨类植物 6 种,被子植物 85 种。群落结构复杂,成层现象明显,乔木有 3 个亚层。上层乔木(I)高度为 25.1~32m,冠层连续;中层乔木(II)高度为 11.1~17m,冠层不连续;下层乔木(III)高度为 3.1~7m,冠层也不连续。灌木层(IV)高度为 1~3m。1m 以下为草本苗木层(V)。此外层间植物有附生植物小叶姜(*Piper arboricola*)等;木质藤本有白叶瓜馥木(*Fissistigma glaucescens*)、杖枝省藤(*Calamus rhabdocladus*)等。林下枯枝落叶层平均厚度为 3cm^[1,2]。

2 研究方法

2.1 生物量的测定

生物量的测定采用收获法,具体是分层分级选主要树种(包括格木和其它主要种)17 种 34 株(其中,乔木 12 种 23 株,灌木 3 种 5 株,木质藤本植物 2 种 6 株)作为样木,逐株测量胸径(灌木则测基径,下同),树高(木质藤本植物则测长度,下同);每株样木砍伐后,分别根、干(乔木)、茎(灌木和木质藤本植物,下同)、枝、叶各部分器官分级分段称鲜重,并选取圆盘和各部分器官带回实验室,用 LI-3000 面积仪测定各种植物叶片样品的叶面积。然后将全部样品于 80℃ 烘至恒重,求出各种植物各部分器官的干、鲜重量比和叶片鲜重与叶面积之比。根据各层样木(乔木层分 A 格木和 B 其它树种两类)的胸径(或基径)、树高(或长度)与各部分器官干重的关系,求出各层样木各部分的相对生长关系式:

$$W = a(D^2 H)^b \quad (1)$$

式中, W 为植物相应部分生物量的干重, D 为胸高直径, H 为树高,用相关指数(R^2)衡量回归曲线优劣程度。群落植物的乔、灌木和木质藤本植物都用样木的生长关系式和 1600m² 样地内每木调查,逐株计算生物量(B),以其总和除以样地面积(S):

$$B = \sum_{i=1}^n bi/s \quad (2)$$

草本苗木层则用直接收获法,收取两个 4m² 样方的植株进行测定和计算生物量。

群落各层植物的叶面积指数(LAI),据上述测算各种植株叶片鲜重与叶面积之比求得每层每株叶面积(Ai)的总和,除以样地面积:

$$LAI = \sum_{i=1}^n Ai/s \quad (3)$$

2.2 群落植物光合速率和呼吸速率的测定

应用红外 CO₂ 气体分析法,用 QGD-O7 型(北京分析仪器厂)和 FQ 型(广东佛山分析仪器厂)红外线气体分析仪及自制的叶室和呼吸装置,在野外连体测定主要植物 15 种 42 株的光合速率和各部分器官的呼吸速率(包括叶片夜呼吸),并按文献^[1]的方法计算消光系数(K),光合速率(F_n)和呼吸速率(R):

$$I = I_0 \cdot e^{-K \cdot LAI} \quad (4)$$

$$F_n = \frac{\Delta C \cdot V}{A \cdot 10^3} \times \frac{44}{22.4} \times \frac{273}{273 + T} \times \frac{P}{101322} \quad (5)$$

$$R = \frac{\Delta C \cdot V}{gWd \cdot 10^3} \times \frac{44}{22.4} \times \frac{273}{273 + T} \times \frac{P}{101322} \quad (6)$$

式中, I_0 为林冠入射的 PAR 通量, I 为距离林冠之下各层入射的 PAR 通量, K 为群落或各层植物的消光系数, e 为自然对数的底; ΔC 是叶室或呼吸装置内外气体 CO₂ 的含量($\mu\text{L/L}$)之差; V 是叶室或呼吸装置内气体流量(或容量 L/h); A 为叶面积(dm^2); gWd 是呼吸器官(根、茎、枝。叶仍按面积算,下同)的干重(g); 44 是 1molCO_2 重量(g); 22.4 是标准状态下 1mol 气体的体积(L); T 是叶室或呼吸装置内的温度($^\circ\text{C}$); P 是大气压(Pa); F_n 是净光合速率($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$); R 是呼吸速率($\text{mgCO}_2/\text{g} \cdot \text{h}$)^[1,3,4,7]。

2.3 群落植物生产力 and 光能利用效率的计算

根据每季晴、阴、雨天测定的 F_n 、 R 和 PAR ,逐层计算光合量、呼吸量和 PAR 通量,再按年总和换算为能量,求得净生产量 $P_n(\text{kJ/m}^2 \cdot \text{a}$, 不包括叶片的日呼吸),净生产力 $P_n(\text{kJ/m}^2 \cdot \text{a})$ 和群落对 PAR 能量的吸收利用效率 $\epsilon P(\%)$:

$$Pg = 9.4Fn \cdot LAI \cdot t \tag{7}$$

$$Rg' = 9.4R \cdot LAI \cdot t \tag{8}$$

$$Rg = 9.4R \cdot W \cdot t \tag{9}$$

$$Pn = Pg - Rg' - Rg \tag{10}$$

$$\epsilon F = \frac{\text{各层植物固定的能量(kJ/m}^2 \cdot \text{a)} \times 100}{\text{各层植物吸收 PAR 能量(kJ/m}^2 \cdot \text{a)}} \tag{11}$$

$$\epsilon P = \frac{Pg}{I_{abs}} \times 100 \tag{12}$$

式中, Rg' 是叶片的夜呼吸量, Rg 是其他各部分器官的呼吸量($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{a}$), t 为光合或呼吸作用的时间; W 为呼吸器官干重; 9.4 为 gCO_2 换算为 kJ 的能量转换系数; I_{abs} 为单位土地面积吸收的 PAR 能量, ($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{a}$); ϵF 为各层植物对吸收 PAR 能量的利用率^[1,3,4]。

表 1 格木群落样木各部分的生长关系式
Table 1 Growth relation formulas for the different parts of sample trees in *Erythrophloeum fordii* community

层次和种类 Layer and species	植物各部分 Different parts	生长关系式 Growth relation formulas	相关指数 Correlation index (R^2)
乔木 Arbor			
A 格木	叶 Leaf	$W_l=0.0072(D^2H)^{0.9209}$	0.9976
<i>E. fordii</i>	枝 Branch	$W_b=0.0051(D^2H)^{1.2097}$	0.9970
	干 Trunk		
	木质 Wood	$W_{rw}=0.0175(D^2H)^{1.0656}$	0.9976
	皮 Bark	$W_{tb}=0.005(D^2H)^{1.2097}$	0.9970
	根 Root	$W_r=0.0061(D^2H)^{1.0703}$	0.9936
B 其它种	叶 Leaf	$W_l=0.0188(D^2H)^{0.8024}$	0.9106
Other species	枝 Branch	$W_b=0.0104(D^2H)^{0.9994}$	0.9217
	干 Trunk	$W_t=0.0440(D^2H)^{0.9169}$	0.9873
	其中皮	$W_{tb}=0.230(D^2H)^{0.7115}$	0.9484
	根 Root	$W_r=0.0197(D^2H)^{0.8963}$	0.9976
灌木 Shrub			
	叶 Leaf	$W_l=0.0043(D^2H)^{0.9204}$	0.9684
	茎 Stem	$W_s=0.0244(D^2H)^{0.8332}$	0.9767
	根 Root	$W_r=0.0086(D^2H)^{0.8360}$	0.9392
木质藤本植物			
Woody liana	叶 Leaf	$W_l=0.0036(D^2H)^{0.3311}$	0.9552
	茎 Stem	$W_s=0.0172(D^2H)^{0.8028}$	0.9061
	根 Root	$W_r=0.0120(D^2H)^{0.4762}$	0.7945

3 研究结果

3.1 格木群落的生物量

3.1.1 样木测定的回归分析结果 通过样木测定和回归分析,求得样木各部分的生长关系式和相关指数 R^2 (表 1)。格木为二回羽状复叶,枝叶量大,木材坚硬,干/鲜重量比高,各部分器官生长式的值都比其它树种高。乔木层各部分生长式 R^2 都在 0.9936 以上;其它树种虽然种间的形态和干/鲜重的比值不尽相同,但 R^2 值也达到 0.9106 以上,仅次于单一树种的格木。灌木层各种植物各部分生长式的 R^2 在 0.9392,稍高于乔木层其它树种。层间植物主要是附生和木质藤本植物,因种间形态差异较大,故根的 R^2 值只有 0.7945,其它部分亦达到 0.9061 以上。可见,群落各层样木各部分生长式的相关关系都达到了显著和极显著。

3.1.2 群落优势种群的重要值 在 1600m^2 样地内,乔木层有植物 48 种 492 株,其中第 I 层 35 株,II 层 67 株,III 层 390 株;IV 层有植物 55 种;V 层有 35 种;层间植物有 10 种。格木是主要优势种,它在 I 层有 21 株,II 层有 22 株,III 层有 11 株,其重要值为 72.7;黄果厚壳桂在 I 层有 2 株,

II 层 9 株,III 层 80 株,重要值为 36.7;鼎湖钓樟在 II 层有 1 株,III 层 68 株,重要值为 25.1(见表 2),可见群落以耐荫树种占绝对优势,在优势种中尤以格木的重要值最高,反映群落发育已到了成熟期,其林龄与邻近的厚壳桂群落相近似。

3.1.3 群落各层植物的生物量 群落的生物量为 568.17t/hm^2 (见表 3),乔木层占群落生物量的 99.71%,其中第 I 层占 62.50%,II 层占 34.62%,III 层占 2.59%;灌木层(IV)占群落生物量的 0.25%,草本苗木层(V)占 0.026%,层间植物占 0.014%。第 I 层是群落的主要层,它不仅生物量大,而且与外界环境相连接而形成群落内部生境;群落以格木的生物量最高,占群落总生物量的 74.96%,其他树种只占 24.75%,充分反映了格木在群落中的作用最大,地位最高。林下植物,生物量虽少,但它能充分利用弱光,并与死地被物一起,阻止了土肥随雨水而流失,在物质循环中也有其作用。林地土层薄,乔木主根难以于深扎,只有向宽度伸展,因而主、侧根不明显。根占群落生物量的 14.41%,干占 41.66%,茎和枝占 39.41%,叶占 4.52%,叶面积指数(LAI)为 $27.8025\text{m}^2/\text{m}^2$ 。乔木的 LAI 占群落的 98.65%,其中格木占 60.64%,其

他树种占 38.01%。由于以格木为主的 *LAI* 占据了第 I 层,形成群落的冠层比较平坦,这是有别于其他群落特殊外貌^[1,3,5,6]

表 2 格木群落乔木层的种类组成*
Table 2 The specific composition of arbor layer in the *Erythrophleum fordii* community

种名 Species	每层株数 Individuals in several layers				相对多度 Relative abundance (%)	相对频度 Relative frequency (%)	相对显著度 Relative dominance (%)	重要值 Important value
	I	II	III	合计				
格木 ^①	21	22	11	54	11.0	11.4	50.5	72.9
黄果厚壳桂 ^②	2	9	80	91	18.6	12.7	5.4	36.7
鼎湖钓樟 ^③		1	68	69	14.1	9.8	1.2	25.1
锥栗 ^④	3	5	2	10	2.0	2.5	15.9	20.4
光叶山黄皮 ^⑤			43	43	8.8	7.6	0.8	17.2
小盘木 ^⑥			31	31	6.3	6.0	1.0	13.3
云南银柴 ^⑦			24	24	4.9	5.4	0.8	11.1
厚壳桂 ^⑧		4	10	14	2.9	2.5	3.2	8.6
水石梓 ^⑨		1	14	15	3.1	3.8	1.1	8.0
荷树 ^⑩	4	2		6	1.2	1.6	4.5	7.3
白颜树 ^⑪		4	8	12	2.4	2.9	1.9	7.2
白车 ^⑫		2	9	11	2.2	2.9	0.5	5.6
肖蒲桃 ^⑬		1	10	11	2.2	2.5	0.6	5.3
橄榄 ^⑭	1	2	3	6	1.2	1.6	2.3	5.1
假苹婆 ^⑮	1		4	5	1.0	1.3	2.6	4.9
华润楠 ^⑯	1	2	1	4	0.8	1.3	2.6	4.7
岭南山竹子 ^⑰		1	7	8	1.6	2.2	0.5	4.3
土沉香 ^⑱		1	4	5	1.0	1.6	0.9	3.5
谷木 ^⑲			8	8	1.6	1.6	0.1	3.3
翅子树 ^⑳			6	6	1.2	1.6	0.2	3.0
降真香 ^㉑		2	2	4	0.8	1.3	0.3	2.4
红车 ^㉒		2	1	3	0.6	1.0	0.5	2.1
笔罗子 ^㉓			4	4	0.8	1.0	0.1	1.9
黄杞 ^㉔		1	2	3	0.6	0.6	0.6	1.8
小叶胭脂 ^㉕			3	3	0.6	1.0	0.2	1.8
其他 23 种 ^㉖	2	3	35	40	8.5	12.3	1.7	22.5

* I 层树高 25.1~32m, II 层 11.1~17m, III 层 3.1~7m. ①*Erythrophleum fordii*, ②*Cryptocarya concinna*, ③*Lindera chinii*, ④*Castanopsis chinensis*, ⑤*Randia canthioides*, ⑥*Microdesmis caseariiifolia*, ⑦*Aporosa yunnanensis*, ⑧*Cryptocarya chinensis*, ⑨*Sarcosperma laurinum*, ⑩*Schima superba*, ⑪*Gironmiera subaequalis*, ⑫*Syzygium levinei*, ⑬*Acmena acuminatissima*, ⑭*Canarium album*, ⑮*Sterculia lanceolata*, ⑯*Machilus chinensis*, ⑰*Garcinia oblongifolia*, ⑱*Aquilaria sinensis*, ⑲*Memecylon ligustrifolium*, ⑳*Pterospermum lanceaeafolium*, ㉑*Acronychia pedunculata*, ㉒*Syzygium rehderianum*, ㉓*Meliosma rigida*, ㉔*Engelhardtia roxburghiana*, ㉕*Artocarpus styracifolius*, ㉖Other 23 species

3.2 群落的能量分布动态

3.2.1 光合有效辐射的季节变化和垂直分布 投射在群落的光合有效辐射(PAR)通量,在晴天表现为夏>秋>春>冬;由于春季比冬季阴、雨天多,分别晴、阴、雨天计算 PAR 入射量的总和则是夏>秋>冬>春(见表 4、表 5)。本群落比厚壳桂群落的林木高,盖度大,PAR 入射的能量 kJ/m²·a 为 1524854 kJ/m²·a;反射量为 54123 kJ/m²·a,反射率是 3.55%;林下透射量为 5185 kJ/m²·a,透射率是 0.34%;植物吸收量为 1465536 kJ/m²·a,吸收率是 96.11%,比厚壳桂群落和黄果厚壳桂群落的反射率高而透射率稍低,吸收率则比较接近。林下灌木层的 PAR 相对强度已到了维管植物生存的低限(通常 1%~2%视为低限),故灌木层和草本苗木层的植物比厚壳桂群落的稀疏^[1,3,7,8]。

3.2.2 群落的消光系数与叶面积指数 消光系数反映在给定的 *LAI* 下,PAR 在各层的削减程度。由于格木枝叶伸展的水平交角小,枝叶量大,*LAI* 高,PAR 的入射量大部分为乔木层所截获,到达林地地面的透射量已很低。群落的消光系数(*K*)为 0.2044;乔木层为 0.1651,灌木层为 0.1955;厚壳桂群落为 0.2913;乔木层为 0.2751。可见群落各层 *K* 值都比厚壳桂群落的低。本群落比厚壳桂群落的 *LAI* 高,反映了他们的林龄和结构不尽相同;但群落的 *K* 值相差不大,反映了他们的种类成分相似,基本

表 3 格木群落的生物量

Table 3 Biomass in *Erythrophleum fordii* community

层次和种类 Layer and species	生物量 Biomass(t/hm ²)						叶面积 指数 LAI (m ² /m ²)
	根 Root	干 Trunk		茎 Stem	枝 Branch	叶 Leaf	
		木质 Wood	皮 Bark				
乔木 Arbor							
I A	37.5000	102.5000	9.5000		129.6250	9.6875	288.8125
B	11.8125	30.3125	2.1250		17.6875	4.3750	66.3125
II A	18.1250	49.6250	5.2500		57.6875	5.1250	135.8125
B	11.1875	27.5625	2.5000		15.0625	4.5625	60.8750
III A	0.1875	0.5000	0.1250		0.3750	0.0625	1.2500
B	2.6875	5.5000	1.1875		2.5000	1.5625	13.4375
合计 Total	81.5000	216.0000	20.6875		222.9375	25.3750	566.5000
灌木 N Shrub	0.3125			0.8750		0.2500	1.4375
草本和苗木 V ①	0.0575			0.0550		0.0400	0.1525
木质藤本植物②	0.0180			0.0190		0.0450	0.0820
总计 Total	81.8880		236.6875	0.9490		25.7100	568.1720

①Herb and seedling, ②Woody liana

表 4 格木群落光合有效辐射能量 (kJ/m²·a) 的垂直分布

Table 4 Vertical distribution of energy of photosynthetically active radiation in *Erythrophleum fordii* community

层次 Layer	测定高度 Height (m)	春季 (3~5 月) Spring	夏季 (6~8 月) Summer	秋季 (9~11 月) Autumn	冬季 (12~2 月) Winter	年辐射 能量 Radiation	各层植物吸收 Absorption of plant layer	
							合计 Total	占百分比 (%)
林冠反射 Reflection	34	11398	15742	14840	12153	54133		
乔木 Arbor	32	321060	443430	418030	342334	1524854	1454253	95.37
灌木 Shrub	3	3467	4789	4515	3697	16468	9759	0.64
草本及苗木 ①	0.6	1413	1951	1839	1506	6709	1524	0.10
林下地面②		1092	1508	1421	1164	5185		
植物吸收③		308570	426180	401769	329017	1465536	1465536	96.11

①Herb and seeding, ②Ground surface, ③Absorption of plant

表 5 格木群落的净光合速率 (mgCO₂/dm²·h)

Table 5 Net-photosynthesis rates in *Erythrophleum fordii* community

层次和种类 Layers and species			晴天 Sunny				阴、雨天
			春季(3~5 月)	夏季(6~8 月)	秋季(9~11 月)	冬季(12~2 月)	Cloudy and
			Spring	Summer	Autumn	Winter	rainy
乔木 Arbor							
I	A	5.34	4.84	4.36	3.71	1.14	
	B	7.86	6.36	6.05	5.10	1.68	
II	A	3.74	3.39	3.05	2.60	0.80	
	B	5.74	5.04	4.68	3.85	0.95	
III	A	2.78	2.52	2.27	1.93	0.59	
	B	3.55	3.19	2.83	2.12	0.54	
灌木 N Shrub			2.94	2.80	2.67	2.13	0.99
草本及苗木 V ①			2.12	1.89	1.86	1.44	0.62
木质藤本植物②			1.54	1.27	1.23	0.73	0.35
光照时数③			160	467	518	319	
阴、雨天时数④			980.8	746.9	530.5	657.8	

①Herb and seedling, ②Woody liana, ③Hours of sunny, ④Hours of cloudy and rainy.

上属同一森林类型。群落的消光系数和叶面积指数的关系与 Lambest Beer 的消光定律是一致的^[7]。根据 PAR 和 LAI 的垂直分布,用非线性回归方程分析,以 $PAR(X)$ 为自变量, $LAI(Y)$ 为因变量,结果,本群落表现为 $\log Y = -5.6305 + 1.1482 \log X, R^2 = 0.9918$, 厚壳桂群落为 $\log Y = -1.1315 + 3.8097 \log X, R^2 = 0.9788$, 两个群落因地形起伏, PAR 入射量和 LAI 的垂直分布不同,故 Y 值不同,但 R^2 都是显著的,说明 PAR 与 LAI 的相关关系密切。用 M. Monsi 等修正的消光方程式算得本群落 LAI 的季节性变化波动不大,比厚壳桂群落平缓^[1,3,7]。

3.3 群落的生产力和光能利用效率

3.3.1 群落各层植物的光合速率和总生产力 森林植物的净光合速率(F_n)多属双峰型,在晴天 F_n 的日变化,早上是随 PAR 的上升而上升,约在 10:00 出现第 1 个高峰,当 PAR 继续上升时 F_n 反而下降,约在 12:00 时出现低谷,14:00 时左右又有回升,出现第 2 个峰,但后者比前者低,此后又随 PAR 的下降而下降,成双峰形。这种现象,从群落各层植物看,上层乔木比较明显,曲线波动较大,下层植物比较平缓;根据各季节观测,夏、秋季 PAR 入射量较大,曲线波动也大,冬、春季比较平缓。说明每种植物虽有其一定的光合能力,但在群落中都受到能量环境的制约,本群落各层植物 F_n 日(晴天)平均值(见表 5)的季节变化是春>夏>秋>冬。群落植物的 F_n 和 LAI 构成了群落的总生产力(见表 6),分别晴、阴和雨天计算各季光合产量之和则是夏>秋>春>冬。光合有效辐射、光合速率、叶面积指数和光合产量的垂直分布,都是从上而下逐层递减,强光对整个群落植物的光合产量总是有利的,光合产量是光照的函数。群落的总生产力(P_n 不包括叶片白天的呼吸量)为 $249970 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}$,其中春季为 50035,夏季为 78242,秋季为 73052,冬季为 48641,比厚壳桂群落的 180371 高^[1,3,8,9]。

表 6 格木群落的生产力和光能利用效率 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{a}$)

Table 6 Primary productivity and energy(use efficiency of photosynthetically active radiation in *Erythrophleum fordii* community

总生产力 P_g					呼吸量 Respiration										净生产力 P_n		
层次 Layer		固定能量 Fixed energy	各层植物利用效率(%) ϵF of plant layer	森林的利用率 ϵP of forest (%)	叶(夜间) Leaf(at night)		根 Root		干 Trunk		茎 Stem		枝 Branch		合计 Total	固定能量 Fixed energy	森林的利用率 ϵP of forest (%)
					R	R_g	R	R_g	R	R_g	R	R_g	R	R_g			
乔木 Arbor	I	A	101986	6.96	0.54	20344	1.12	14410	0.19	7301			0.76	33800	75855	26131	1.783
		B	57481	3.92	0.90	13597	1.97	7984	0.50	5565			1.37	8314	35460	22021	1.503
	II	A	37806	2.58	0.45	8969	1.12	6984	0.20	3766			0.76	15042	34742	3064	0.209
		B	41847	2.86	0.78	12298	1.88	7216	0.42	4332			1.26	6512	30349	11498	0.784
	III	A	342	0.02	0.33	80	1.15	74	0.20	43			0.77	99	296	46	0.003
		B	8536	0.58	0.48	2590	1.90	1752	0.42	964			1.26	1081	6387	2149	0.147
合计 Total		247998	17.05	16.92	57869		38401		21971				64848	183089	64909	4.429	
灌木 W Shrub		1591	16.30	0.11	0.43	371	1.95	209			1.30	390			970	621	0.042
草本及苗木 V ①		169	11.09	0.01	0.34	47	1.20	24			1.28	24			95	74	0.005
木质藤植物 ②		212		0.01	0.35	99	1.72	11			1.33	9			119	93	0.006
合计 Total		249970		17.05	58386		38645		21971		423		64848	184273	65697	4.482	

* 呼吸速率 Respiratory rates($\text{gCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ or $\text{gCO}_2/\text{kgWd} \cdot \text{d}$); ①Herb and seeding, ②Woody liana

3.3.2 群落植物的呼吸速率和净生产力 群落植物的呼吸速率(R)的日变化是随气温的降低和林内空气 CO_2 浓度增高而下降,林内上层比下层平均气温(除冬季外)高 $1 \sim 2 \text{ }^\circ\text{C}$,空气 CO_2 含量低 $20 \sim 30 \mu\text{l/L}$,故叶片的夜呼吸是从上而下逐层递减,但其它各部分器官又因与其自身的粗细有关,一般粗<细,形成相反方向,故表现不如叶片明显。植物各部分的 R 与生物量(B)构成了呼吸量(R_g 或 R_g')。群落植物的总呼吸量为 $184273 \text{ kJ} \cdot \text{m}^2/\text{a}$,其中根占 20.97%,干占 11.92%,茎占 0.23%,枝占 35.19%,叶片夜呼吸占 31.69%。呼吸数据的 73.72%,比厚壳桂群落低。群落的净生产力(P_n)为 $65697 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}$,占 P_g 的 26.28%,其垂直分布是逐层递减。群落的凋落量为 $8783 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}$ (即 $6.26 \text{ t/m}^2 \cdot \text{a}$),增长量为 56914,占

P_n 的 86.83%,比厚壳桂群落的增长量和增长比率(65.17%)高^[10,11]。

3.3.3 群落的光能利用效率。以光能利用效率来评价森林群落的结构、功能比用生产力更为确切和合理。群落 P_g 对 PAR 能量的吸收利用效率(ϵP)为 17.05%,其季节变化是:春季 16.22%,夏季 18.36%,秋季 18.18%,冬季 14.78%。本群落 P_g 的 ϵP 比厚壳桂群落高,但其季节变化都是夏>秋>春>冬季。群落各层植物吸收 PAR 的利用率(ϵF),乔木层为 17.05%,灌木层为 16.03%,草本苗木层为 11.09%,虽表现出从上而下逐层递降,但数值比较接近,反映下层植物仍能充分利用弱光。各层植物的 P_g 对群落 PAR 的 ϵP 从 I~V 层分别为 10.88,5.44,0.60,0.11 和 0.01,表现逐层下降,也可以反映各层植物在群落中的作用。群落的 P_n 对 PAR 的吸收利用率为 4.482%,其中 I 层为 3.286,II 层为 0.993,III 层为 0.15,IV 层为 0.042,V 层为 0.005,木质藤本植物为 0.006。本群落植物的总生产力和净生产力,对吸收光合有效辐射能量的利用效率比厚壳桂群落和黄果厚壳桂群落都高,而且从 I~V 层对群落吸收光合有效辐射的利用率都是从上而下逐层递降,这与厚壳桂群落的趋向是一致的,可见他们的结构和林龄都比较接近。格木群落是鼎湖山南亚热带常绿阔叶林诸多群落研究中,生产力、增长量和光能利用率最高的群落,其数值可与热带常绿林相媲美,也反映了本区土地生产潜力的幅度^[1~3,12,13]。

4 讨论

格木分布于我国广东、广西、浙江、福建、台湾等地。鼎湖山自然保护区的面积虽不大,但地形起伏复杂,森林群落在水平结构上出现某些不同植物组合和生物量较高的小群落亦不足为奇,而且鼎湖山格木群落的种类成分和厚壳桂群落基本相同,仅在乔木优势种的优势度上有差异而已。厚壳桂群落保存得较好,组成种类、结构特征以及生物量,生产力和光能利用率都能代表本区的森林类型,被认为是南亚热带常绿阔叶林的代表性群落。然而,格木群落的生物量、生产力和光能利用率却比厚壳桂群落高得多,而且可与热带常绿林相媲美,这不能不令人注目^[1~3,12,13]。

H. Walter 指出:“一个茂盛的热带森林最适阶段的资料表明,总植物量每公顷 350~450t,叶面积指数 12~15,年粗生产量每公顷 120~150t。这相当于每公顷 30~35t 的第一性生产量,其中每公顷有 10~12t 为枯枝落叶层^[12]。格木群落的叶面积指数为 27.8,总生产力(换算为 $t/hm^2 \cdot a$)为 178.17,呼吸消耗为 131.34,净生产力为 46.83,其数值显然比热带雨林为高。然而,格木群落的数值只是小生境的特殊反应。

在表现上,格木的生长速度比锥栗、荷木等慢,但其木材坚硬;测定格木的光合速率比其它树种低,但其呼吸速率也比其它树种低。格木的病虫害和枯木都比较少,寿命长,可以结合保护珍稀、濒危植物工作,作为优良的用材树种发展林业。

参考文献

- [1] 张祝平,丁明懋. 鼎湖山亚热带季风常绿阔叶林的生物量和光能利用效率. 生态学报,1996,16(5):525~534.
- [2] Zhang Zhuping,Ding Mingmao. Nitrogen cycle of monsoon evergreen broad leaf forest in Dinghushan Biosphere Reserve-(1)the characteristics of floristic composition and structure of *Cryptocarya concinna*,*Lindera chinii* community. *Annali Di Botanica*(Roma),1992,50:161~171.
- [3] 张祝平. 鼎湖山森林群落的光能利用效率. 植物生态学报,1990,14(2):139~150.
- [4] 张祝平,何道泉,等. 任豆林的生物量和光能利用率,植物生态学报,1996,20(6):502~509.
- [5] Ding Mingmao,Zhang Zhuping,Yi Weimin,*et al.* Nitrogen cycling and its relationship to the ecosystem stability and development of the evergreen broad leaf forest in southern subtropical zone. In:*Proceedings of the International Conference on Natural Resources Management and Conservation in China Tropical and Subtropical Regions*, Li Xiaofang,*et al.* eds.,1993,China Science and Technology Press,Beijing,China,1~8.
- [6] 张祝平,丁明懋,等. 鼎湖山黄果厚壳桂群落的生物量. 生态科学,1991,(1):8~11.
- [7] Larcher W. 植物生理生态学. 李 博,等译. 北京:科学出版社,1980.
- [8] 张祝平. 鼎湖山森林群落的总生产力. 广西植物,1991,11(2):162~170.
- [9] Niciporovic AA. 从光合作用是光照函数的研究来估计生产力. 植物生态学译丛,1978,3:37~48.
- [10] 张祝平,彭少麟,孙谷畴. 鼎湖山森林群落植物量和第一性生产力的初步研究. 热带亚热带森林生态系统研究,1989,5:63~73.
- [11] 翁 轰,李志安,等. 鼎湖山森林凋落物及营养元素含量研究. 植物生态学与地植物学学报,1003,17(4):299~304.
- [12] Walter H. 世界植被. 北京:科学出版社,1984. 73.
- [13] Peng Shaolin,Zhang Zhuping. Biomass, productivity and energy use efficiency of climax vegetation on Dinghu Mountains,Guangdong,China. *Science in China(Series B)*,1995,38(1):67~73.