

# 任豆林的生物量和光能利用率\*

张祝平 何道泉 敖惠修

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

**摘要** 本文研究了粤北石灰岩地区以任豆(*Zenia insignis*)为主的自然林(萌生 34 年)的生产能力,并与任豆人工林(6 年生)作对照。结果表明,在 1992 年 7 月调查时,自然林和人工林的现存生物量分别是  $125.38$  和  $10.34\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;平均增长量为  $3.69$  和  $1.72\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ;木材蓄积量为  $86.35$  和  $9.93\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ;其乔木层总生产力为  $84284$  和  $21510\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ;对光合有效辐射能的利用效率为  $5.43\%$  和  $1.39\%$ 。反映了任豆自然林现存生物量和生产力比鼎湖山亚热带常绿阔叶林(同龄萌生林,在 1991 年 11 月调查)现存生物量  $196\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$  低,而比热带和亚热带半干旱区森林植物量分别  $107$  和  $98.7\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$  高。任豆人工林因盖度和叶面积指数比自然林低,故总生产力和光能利用率也比较低,说明任豆人工林尚有较高的生产潜力。

**关键词** 任豆林 生物量 总生产力 光能利用率

我国造林绿化已取得了很大成绩,可是,石灰岩地区森林植被的恢复仍是个重要课题(何道泉等,1993;张祝平等,1993)。研究石灰岩地区任豆(*Zenia insignis*)自然林和人工林的生物量、生产力和光能利用率,分析它们的结构和功能,可为石灰岩地区造林绿化提供科学依据。

## 1 实验区的自然条件

实验区设在广东省阳山县水口镇。两个自然林的样地分别在牛迳村和鸭仔塘村,相距约  $5\text{km}$ ,任豆人工林样地也在附近。本区约居  $24^{\circ}28'N, 112^{\circ}45'E$ ;地貌为峰丛谷地;海拔  $80\sim 120\text{m}$ ;坡向 N,坡度  $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。本区气候属湿润性亚热带季风气候型,据 1990 年观测,年平均气温为  $20.7^{\circ}\text{C}$ ;年降雨量为  $1699.6\text{mm}$ ,年蒸发量为  $1528.9\text{mm}$ ,年平均相对湿度  $78.3\%$ 。山坡土壤多为红色石灰土,土层薄而且分布不连续。植被为次生的石灰岩常绿落叶阔叶混交林类型(张祝平等,1993;何道泉等,1993;杨伟机等,1992)。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

本文于 1994-12-13 收到,1995-06-29 定稿。

\* 国家自然科学基金项目。

在调查石灰岩地区森林植被的基础上,选有代表性的样地(1958年砍伐后的次生林),于1992年7月详细调查了任豆自然林的两个400m<sup>2</sup>样方,分析了群落植物的组成和结构特征,并在其附近的任豆人工林又设400m<sup>2</sup>样方进行调查,以计算它们的生物量和生产力。

## 2.2 生物量的测定

根据林木的胸高直径、树高与生物量之间存在相关关系,同样木收获法分层分级选乔木层中的任豆和其它主要树种26株,灌木10株,根据植株深度,最深者为50cm,宽度则据根的走向和范围,进行全株挖取,分别称根、干、枝、叶鲜重,并根据各部分的大小采圆盘和样品带回室内,于80℃恒温烘至恒干,以计算各部分干/鲜重量比;同时测量样木胸径(或基径),树高(或枝下高)与各部分干重。根据它们之间的关系,求出样木各部分的生长关系式和对数式:

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

$$\log W = \log a + b \log(D^2 \cdot H) \quad (2)$$

式中 $W$ 为植物相应部分的干重, $D$ 、 $H$ 分别为样木胸径和树高。同时用LI-3000型面积仪测定各样木鲜叶的面积,并求出叶的干重与叶面积( $A$ )之比(张祝平等,1991;佐藤大七郎等,1986)。

林中草本及苗木层,用直接收获法收取3个25m<sup>2</sup>样方的植株进行测定;乔木层和灌木层则均用样木的生长关系式和样地每木调查,逐株计算生物量( $B$ ),以其总和除以样地面积( $S$ ):

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

林中各层植物的叶面积指数( $LAI$ ),据上述测算各种植株叶片干重与叶面积之比,求得:

$$LAI = \sum_{i=1}^n A_i / S \quad (4)$$

## 2.3 乔木光合速率的测定

应用红外线CO<sub>2</sub>气体分析法,用QGD-07型(北京分析仪器厂)红外线气体分析仪,采用自制的闭路叶室,在林地连体测定各层主要树木共5种,分别在春季的5月,夏季的8月,秋季的11月和冬季(只有常绿树种)的1月进行测定。同时用LI-190sA量子传感器装于叶室上,用LI-188B积分量子辐射照度仪测定林冠和各叶片的光合有效辐射( $PAR$ )通量( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )。每季测定3~5天,每天以7、9、11、13、15和17时为日进程的测定时间,在树冠顶部和下部采阳叶和阴叶对等重复测定2~4次,取平均值。各层植物的光合速率则取每层主要树种的平均值,其计算公式为:

$$F_n = \frac{\mu_1 \text{CO}_2 \cdot V}{1A \cdot 10^3} \times \frac{44}{22.4} \times \frac{273}{273+T} \times \frac{P}{101322} \quad (5)$$

式中 $V$ 是闭式叶室和管道的气体容量(l/h), $A$ 为叶面积(dm<sup>2</sup>),44是克分子CO<sub>2</sub>重量(g),22.4是标准状态下克分子气体的容量(l), $T$ 是叶室内的温度(℃), $P$ 为大气压

( $P_a$ ),  $F_n$  是净光合速率( $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )(张祝平等, 1989; 1990; 1993)。

## 2.4 群落能量、总生产力和光能利用率的计算

根据 1990~1991 年观测每季的日照时数( $t$ )、每层植物的  $LAI$  和  $F_n$ , 逐层计算光合产量, 按每年总和, 以每  $\text{gCO}_2$  结合 9.4kJ 的能量或 0.67gDM 换算, 取年平均值, 求得总生产力  $P_g(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  或  $\text{gDM} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ); 用  $P_g$  除以投射于林冠的  $PAR$  能量( $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ), 便为该林的光能利用效率  $\epsilon p(\%)$ (张祝平等, 1993; Larcher, 1980)

$$P_g = 9.4 \cdot F_n \cdot LAI \cdot t \text{ 或 } P_g = 0.670 \cdot F_n \cdot LAI \cdot t \quad (6)$$

$$\epsilon P = \frac{P_g}{PAR} \times 100 \quad (7)$$

## 3 研究结果

### 3.1 群落的组成种类和结构

任豆自然林是属于石灰岩常绿落叶阔叶混交林类型。在两个  $400\text{m}^2$  样方中有维管束植物 46 种, 其中乔木 19 种, 灌木 8 种, 木质藤本 9 种, 草本 10 种。在乔、灌木中有常绿植物 20 种, 冬季落叶植物 7 种。表 1 反映该群落的种类组成和数量特征, 重要值在 20 以上的, 其排列依次是任豆、圆叶乌桕、朴树、海红豆。任豆的重要值为 78.37, 它既是优势种, 也是建群种。群落结构比较简单, 层间植物数量不多, 成层现象明显, 乔木可分两亚层, 第一亚层树高为 10~18m, 冠层比较连续, 第二亚层为 3~8m; 灌木层和草本苗木层比较稀疏。人工林是任豆纯林, 树高 3~9m, 结构则更为简单。

### 3.2 任豆林的生物量

根据林木的生活型及其形态特征分为 3 类(1 为任豆乔木, 2 为其它乔木, 3 为灌木) 取样进行回归分析。为了更准确地计算  $B$ , 在任豆和灌木的生长关系式中, 自变量的参数作如下补充: 任豆叶重  $W_l$  的自变量补充树冠覆盖面积  $C$ ; 树干  $W_t$  的自变量  $H_c$  是枝下高, 根重  $W_r$  的自变量  $D$  是基径; 灌木叶重  $W_l$ 、茎重  $W_s$  和根重  $W_r$  的自变量  $D$  也是基径。从表 2 可见, 3 类植物生长式的相关指数  $R^2$  都在 0.9 以上, 说明植物胸径(或基径)、树高(或枝下高)与各部分重量的相关关系密切, 可信度高。任豆自然林和人工林现存生物量详见表 3。各层植物各占该林现存生物量的比例(%), 自然林从 I~IV 层分别是 90.44 (其中任豆占 58.25)、9.01、0.17 和 0.32; 人工林从 I~II 层分别是 99.77 和 0.23。表明上层乔木现存生物量最高, 灌木层最低。各层植物的叶量与该层生物量之比(%), 自然林依次是 5.56、10、18、14.29 和 22.92; 人工林是 7.57 和 25, 其比例逐层递增。但是, 两个林的  $LAI$ (除灌木层外)都逐层减降。自然林(其中任豆种群)和人工林植物各部分器官占该林生物量之比(%), 分别为根: 29.87(37.52)和 29.11, 干为 33.26(21.89)和 31.04, 枝或茎为 30.82(36.63)和 32.21, 叶为 6.05(3.96)和 7.64; 木材蓄积量( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )分别为 86.35(56.54)和 9.93, 反映了干的比例随林龄的增加而增高, 枝叶的比例则有下降趋势, 但自然林任豆种群的干和叶的比例下降, 而根和枝的比例上升, 反映了速生树种任豆前期

表 1 任豆自然林乔木层种类的重要值

Table 1 The importance value of arbor in natural *Zenia insignis* forest

种	名	相对密度	相对频度	相对显著度	重要值
Species		Relative density (%)	Relative frequency (%)	Relative dominance (%)	Importance value
任 豆	<i>Zenia insignis</i>	14.04	10.21	54.12	78.37
圆叶乌桕	<i>Sapium rotundifolium</i>	8.77	6.12	11.97	26.86
朴 树	<i>Celtis tetrandra</i> <i>subsp. sinensis</i>	8.77	8.17	8.34	25.28
海 红 豆	<i>Adenantha pavonina</i>	8.77	10.21	2.66	21.64
铁 槐	<i>Sinosideroxylon</i> <i>wightianum</i>	8.77	8.16	1.69	18.62
白皮乌口树	<i>Tarenna depauperata</i>	7.02	10.21	0.44	17.67
桂 花	<i>Osmanthus fragrans</i>	5.26	6.12	2.27	13.65
黄 梨 木	<i>Boniadendron minius</i>	3.51	4.08	5.04	12.63
月 桂	<i>Osmanthus marginatus</i>	3.51	4.08	3.09	10.68
黄 连 木	<i>Pistacia chinensis</i>	3.51	4.08	2.09	9.68
铜 钱 树	<i>Paliurus hemsleyana</i>	5.26	4.08	0.26	9.60
竹 叶 椒	<i>Zanthoxylum armatum</i>	3.51	4.08	0.42	8.01
南 紫 薇	<i>Lagerstroemia subcostata</i>	1.76	2.04	2.14	5.94
山 槐	<i>Albizia kalkora</i>	3.51	2.04	0.25	5.80
粗 糠 柴	<i>Mallotus philippensis</i>	1.75	2.04	1.70	5.49
枸 树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	1.75	2.04	1.31	5.10
牛 矢 果	<i>Osmanthus matsumuranus</i>	1.76	2.04	0.93	4.73
巴 豆	<i>Croton tiglium</i>	1.75	2.04	0.85	4.64
椴 栝 楠	<i>Photinia davidsoniae</i>	1.75	2.04	0.21	4.00
野 樱	<i>Prunus sp.</i>	1.75	2.04	0.17	3.96
野 黄 皮	<i>Clausena excavata</i>	1.76	2.04	0.04	3.84
山 小 桔	<i>Glycosmis parviflora</i>	1.76	2.04	0.01	3.81
合 计	Total	100	100	100	300

主干生长快,后期分枝多和叶片稀疏的特点。自然林现存生物量为  $125.38\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,叶面积指数 12.6,平均增长量  $3.69\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ,对比广东鼎湖山南亚热带常绿阔叶林(同龄萌生林)黄果厚壳桂群落,在 1991 年 11 月调查时,现存生物量  $196\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,叶面积指数 18,平均增长量  $4.9\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ,其数值都较低(张祝平等,1991;1992);对比热带和亚热带半干旱区森林植物量 107 和  $98.7\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 则显得较高(Walter,1984)。任豆人工林因种植密度为每公顷 650 株,6 年后盖度为 40%,所以现存生物量、叶面积指数和平均年增

长量都比自然林及其任豆种群低。

表2 任豆林样木各部分的生长关系式

Table 2 Growth reation formulas for different parts of sample trees

层次和种类 Layer & species	植物各部分 Different parts of plant	生长关系式 Growth reation formulas	相关指数 Correlation index(R <sup>2</sup> )	
乔木层	Arbor: 任豆 <i>Zenia insignis</i>	1)		
	叶 Leaf	$\log w_l = 0.5279 \cdot \log(D^2 \cdot H \cdot C) - 2.0899$	0.9309	
	枝 Branch	$\log w_b = 0.9748 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.8312$	0.9631	
	其中: 直径 $D > 2\text{cm}$	$\log W_{b_1} = 1.1323 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 2.4089$	0.9293	
		2)		
	直径 $D \leq 2\text{cm}$	$\log W_{b_2} = 0.75587 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.7721$	0.9058	
	主干 Trunk	$\log w_t = 0.8664 \cdot \log(D^2 \cdot Hc) - 1.2248$	0.9742	
	其中: 皮 Bark	$\log w_{t_1} = 0.8664 \cdot \log(D^2 \cdot Hc) - 2.2403$	0.9742	
	木质 Wood	$\log w_{t_2} = 0.8668 \cdot \log(D^2 \cdot Hc) - 1.2695$	0.9746	
	材积 Volume(m <sup>3</sup> )	$\log V = 0.9101 \cdot \log(D^2 \cdot Hc) - 3.8324$	0.9944	
		3)		
		根 Root	$\log w_r = 2.2588 \cdot \log(D) - 1.6799$	0.9933
		其中: 直径 $D \geq 1\text{cm}$	$\log w_{r_1} = 2.3169 \cdot \log(D) - 1.8386$	0.9960
		直径 $D \leq 1\text{cm}$	$\log w_{r_2} = 2.0171 \cdot \log(D) - 2.1308$	0.9740
灌木层	其它种类 Other species	叶 Leaf	$\log w_l = 0.8024 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.7268$	0.9106
		枝 Branch	$\log w_b = 0.9994 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.8921$	0.9217
		主干 Trunk	$\log w_t = 0.9169 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.3568$	0.9873
		其中: 皮 Bark	$\log w_{t_1} = 0.7115 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.6449$	0.9484
		根 Root	$\log w_r = 0.8963 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.7055$	0.9976
		叶 leaf	$\log w_l = 0.9204 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 2.3645$	0.9684
		茎 Stem	$\log w_s = 0.8332 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 1.6126$	0.9767
		根 Root	$\log w_r = 0.836 \cdot \log(D^2 \cdot H) - 2.0665$	0.9392
			4)	

1)c 为冠幅 CROWN; 2)Hc 为枝下高 Clear length; 3), 4)D 为基径 Basal diameter

表 3 任豆林的生物量和材积<sup>1)</sup>Table 3 Biomass ( $t \cdot hm^{-2}$ ) and volume ( $m^3$ ) in *Zenia insignis* forest

森林类型和层次 Forest type, layer		根 Root		主干 Trunk		枝 Branch 或茎 or stem		叶 Leaf	生物量合计 Total	材积 Volume	叶面积 指数 LAI
		D>1cm	D≤1cm	皮 Bark	木质 Wood	D>2cm	D≤2cm				
自然林 Natural forest	乔木层 Arbor I	30.30	4.72	3.55	32.51	28.35	7.66	6.30	113.39	79.57	11.21
	其中:任豆	23.90	3.50	1.56	14.43	23.44	3.31	2.89	73.03	56.54	7.60
	II	1.86	0.35	0.78	4.86	1.22	1.08	1.15	11.30	6.78	1.22
	灌木层 III Shrub	0.05				0.13		0.03	0.21		0.04
	草本及苗木层 Herb & IV seedling	0.17				0.20		0.11	0.48		0.13
	合计 Total	37.45		41.70		38.64		7.59	125.38	86.35	12.60
人工林 Artificial forest	乔木层 I Arbor	2.44 0.56		0.31 2.90		2.34 0.98		0.78	10.31	9.93	2.06
	草本及苗木层 II Herb & seedling	0.007		3.21		0.011		0.006	0.024		0.01
	合计 Total	3.01				3.33		0.79	10.34	9.93	2.07

1) 1992年7月测定 Measured in July, 1992

表 4 任豆林乔木层的总生产力和光能利用效率

Table 4 Gross primary productivity and energy use efficiency of photosynthetically active radiation for arbor layer in *Zenia insignis* forest

林型和层次 Forest type and layer	季度平均净光合速率和光合产量*								总生产力 Gross primary productivity ( $kJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ )	光能利用效率 Energy use efficiency (%)	
	Seasonal average net-photosynthesis rate ( $mgCO_2 \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$ ) and production( $kJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ )										
	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter				
	F <sub>n</sub>	P <sub>g</sub>	F <sub>n</sub>	P <sub>g</sub>	F <sub>n</sub>	P <sub>g</sub>	F <sub>n</sub>	P <sub>g</sub>			
自然林 I Natural forest	7.85	15386	6.91	45072	3.83	17919			78377	5.05	
	8.98	11932	7.95	35156	4.30	13639			60727	3.91	
	其中:任豆 II	3.47	740	4.98	3535	2.58	1314	1.55	318	5907	0.38
	合计 Total		16126		48607		19233		318	84284	5.43
人工林 Artificial forest I	14.39	5183	8.88	10644	6.61	5683			21510	1.39	
光合时数 Photosynthetic hours	186		619		444		204		林冠光合有效辐射能量 Photosynthetically active radiation( $kJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ) 1551771		

\* Spring (from Mar. to May); Summer (from Jun. to Aug.); Autumn (from Sep. to Nov.); Winter (Jan., Feb. and Dec.)

## 3.3 任豆林乔木的总生产力和光能利用率

任豆自然林和人工林乔木层光合速率和光合产量的季节变化动态,春季水湿条件较

好,在晴天植物光合速率( $F_n$ )的日平均值较高,但阴雨天多,日照时数少,光合产量( $P_g$ )值不高;夏季水热条件优越,但上层阳性树种受中午强光高温影响,故 $F_n$ 下降(只有任豆仍缓慢上升)其日平均值低于春季,然而,日照时数最多, $P_g$ 值最高;秋季水湿条件较差, $F_n$ 明显下降, $P_g$ 值比夏季低;冬季是低温干旱季节,只有常绿树种继续进行光合作用,但 $F_n$ 值很低,故 $P_g$ 值是最低的了。两个林的 $F_n$ 值都是春>夏>秋>冬, $P_g$ 值则为夏>秋>春>冬(表4)。任豆自然林乔木层和任豆种群的 $LAI$ 都比人工林高,第一层乔木有任豆、海红豆、朴树、黄梨木、黄连木、圆叶乌桕和南紫薇7种,皆为阳性树种,冬季落叶,其 $LAI$ 为11.21,其中任豆种群为7.6;第二层乔木有桂花、月桂、铁榄、铜钱树、竹叶椒等15种(除第一层已出现的树种),多为耐荫树种,其 $LAI$ 为1.22,其中冬季落叶的为0.15,常绿的为1.07。森林群落的生产能力主要取决于植物的光合速率和同化面积,任豆自然林和人工林的自然条件相近,但林内生境各不相同,乔木层的光合速率和光合产量差异较大。任豆自然林经30多年的生长变化,耐荫树种逐渐成长,种类比较丰富,结构日趋完善,虽然平均光合速率比人工林低,但叶面积指数高,乔木层总生产力和光能利用率都比任豆人工林高,就以任豆种群而言也同样比人工林高。任豆人工林因种植规格疏,其密度为每公顷650株,6年后,乔木层总覆盖度为40%,叶面积指数为2.06,投射于林内空地的 $PAR$ 能量占60%,虽然乔木平均光合速率比自然林第一层和任豆种群都高,但总生产力和光能利用效率都比自然林乔木层和任豆种群低。说明森林群落的结构不同,其功能也不同。

#### 4 小结和讨论

1) 任豆自然林现存生物量比南亚热带常绿阔叶林(同龄萌生林)低,比热带和亚热带半干旱区森林植物量高。粤北石灰岩地区任豆自然林既受亚热带气候制约,又受石灰岩基质影响(何道泉等,1993)。任豆群落主要由常绿阔叶乔木和落叶阔叶乔木组成,并以亚热带成分占优势,大多数树种都有耐旱耐瘠的特性,不少树种如任豆、圆叶乌桕、黄梨木等都适宜在钙质土上生长,有些树种以落叶的方式度过冬干季节,呈现出常绿落叶阔叶混交林的外貌,群落结构一般分乔木层、灌木层和草本苗木层,藤本植物数量不多,附生植物更少。任豆自然林的种类、外貌和结构特征,既不同于南亚热带常绿阔叶林,也有别于中亚热带常绿阔叶林,而为独具特色的中亚热带石灰岩常绿落叶阔叶混交林类型。显然,群落的生物量、生产力和光能利用率与森林类型有关。

2) 任豆人工林现存生物量、总生产力和光能利用效率都比任豆自然林及其任豆种群低。其主要原因是种植规格疏,冠层薄,叶面积指数低,太阳辐射能量损失大。可是,林内透光性强,任豆的光合速率比自然林及其任豆种群都高。显然任豆人工林会有较高的生产潜力。

3) 改进造林措施可提高任豆人工林的光能利用率。绿化造林宜适当密植,可采取见缝插苗或挖石筑带,积土种植。还可模仿自然林,配置适宜于石灰岩生长的乡土常绿阔叶树种,把任豆纯林改变为多层次的常绿落叶阔叶混交林,便可提高人工林的生产力和光能利用效率。

#### 参 考 文 献

- 张祝平, 1990: 鼎湖山森林群落的光能利用效率, 植物生态学与地植物学学报, **14**(2):139~150。
- 张祝平等, 1991: 鼎湖山黄果厚壳桂群落的生物量, 生态科学, **18**(1):8~11。
- 张祝平等, 1993: 粤北石灰岩山地主要造林树种的生理生态学特性。植物生态学与地植物学学报, **17**(2):133~142。
- 张祝平等, 1989: 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, **5**:63~73。
- 杨伟机等, 1992: 粤北石灰岩地区主要树种的物候。中国科学院华南植物研究所集刊, **8**:52~57。
- 佐藤大七郎, 堤利夫(聂绍荃等译), 1986: 陆地植物群落的物质生产, 科学出版社。
- Larcher, W. (李博等译), 1980: 植物生理生态学, 科学出版社。
- Walter, H. (中国科学院植物研究所生态室译), 1984: 世界植被, 科学出版社, 292~298。
- Zhang Zhu Ping, et al., 1992: Nitrogen cycle of monsoon evergreen broadleaf forest in Dinghushan biosphere reserve—(I) the characteristics of floristic composition and structure of *Cryptocarya concinna*, *Lindera chinii* community. *Annali di Botanica* (Roma), **50**:161~171。

## THE BIOMASS AND SOLAR ENERGY UTILIZATION EFFICIENCY IN *ZENIA INSIGNIS* FOREST

Zhang Zhu-ping He Dao-quan Ao Hui-xiu

(South China Institute of Botany, The Chinese Academy of  
Sciences, Guangzhou 510650)

### Abstract

The productive capacity of the natural forests that dominated by *Zenia insignis* in North Guangdong limestone region was investigated, and compared to that of a 6-year-old artificial *Zenia insignis* forest. The results show that the biomass, stocking, increment, gross primary productivity of arbour layer and PAR energy use efficiency in the natural forest in natural *Zenia insignis* forest was  $125.38 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $86.35 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $3.69 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $84284 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  and  $1.39\%$ , respectively, suggesting that its biomass and productivity were lower than those of the evergreen broad leaf forest in humid region [1,2,10], but were higher than those of forest in subtropical semi-arid region [9]. The photosynthesis rates of *Zenia insignis* was higher, but the crown density and leaf area index of artificial forest was lower as compared to those of natural forest. So the gross productivity and solar energy utilization ratio of the artificial forest was low. All above indicate the higher productive potential of the artificial forest.

**Key words** *Zenia insignis* forest, Biomass, Gross primary productivity, solar energy utilization efficiency