

黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量与生产量研究

——生物量增量及第一性生产量

陈章和* 张宏达 王伯荪

(中山大学生物系, 广州, 510275)

S718.556

(12)

摘要

本文研究了黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林的生物量增量及其分配规律, 净第一性生产量及其分配规律。生物量增量为 $10.680t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$, 其中干 $6.127(57.37\%)$, 枝 $2.195(20.55\%)$, 叶 $0.514(4.81\%)$, 根 $1.844(17.27\%)$ 。乔木层 $8.786(82.27\%)$, 灌木层 $1.679(15.72\%)$, 草本层 $0.215(2.01\%)$ 。生物量增量的垂直分布以20—25m的林冠层比例最高, 其次是10—15m的乔木层第二亚层。生物量增量的径级分布近于正态分布。

净第一性生产量为 $29.612t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$, 其中干 $8.181(27.63\%)$, 枝 $3.403(11.49\%)$, 叶 $4.281(14.46\%)$, 根 $13.165(44.46\%)$, 花果 $0.582(1.97\%)$ 。细根($D \leq 3mm$)生产量占根系生产量的81%, 根系生产量约占净第一性生产量的45%。传统限定的根系生产量占森林生产量的15%—25%可能是太低的估计。森林的生产效率为 $1.697t \cdot t_{pt}^{-1}$ 或 $1.733t \cdot hm_{pt}^{-2}$ 。各器官的生产效率有如下顺序: 细根>叶>根(包括细根)>枝>干。EVI法用于该森林树干生物量增量的估计, 得到较低的值(约低27%)。

关键词: 黑石顶, 南亚热带常绿阔叶林, 生物量增量, 第一性生产量。

自然保护区

我国自70年代末开展对森林生物量及生产量研究。但对自然林生产量, 尤其是根系生产量的研究很少。本文以较多的样木为基础, 对黑石顶森林的生产量特别是根系的生产量进行了较深入的研究, 为深入开展森林生产力研究提供较可靠的资料。

黑石顶自然保护区位于北回归线上($111^{\circ}53'E$, $23^{\circ}27'N$), 气候属湿润季风气候。研究群落海拔360—400m, 为低山常绿阔叶林。乔木层主要优势种有: 粘木(*Ixonanthes chinensis*)、小叶胭脂(*Artocarpus styracifolius*)、光叶红豆(*Ormosia glaberrima*)、生虫树(*Cryptocarya concinna*)等, 灌木层以华南省藤(*Calamus rhabdocladus*)和金毛狗(*Cibotium barometz*)最常见。林龄约100a。该群落类型在低山地带很常见。

一、研究方法

1. 技术路线

生产量研究以收获技术为主, 在生物量研究¹⁾的基础上进行。生产量, 即净第一性生产量(Pn), 包括生物量增量(ΔB), 枯死、凋落量(L), 动物采食量(H)和细根生产量

* 现在华南师范大学生物系, 广州, 510275。

1) 陈章和、张宏达、王伯荪, 1991。黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量与生产量研究Ⅱ。生物量及其分配(待发)。

本文于1992年1月3日收到, 修改稿于1992年4月20日收到。

(Pfr)。可用下式表示:

$$Pn = \Delta B + L + H + Pfr + CL \quad (1)$$

树冠淋溶量 (CL) 在此忽略。据他人研究结果, CL 量很小(约 $0.1t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)^[1,2]。

图1表示研究的技术路线。

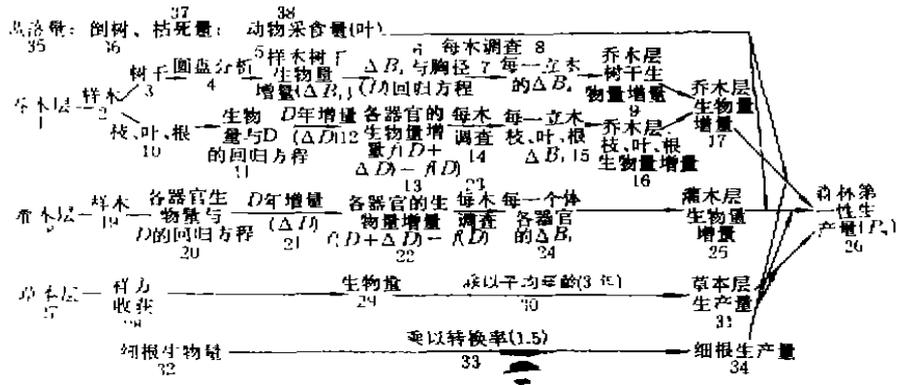


图1 生物量研究技术路线简图

Fig.1 Outline of the production study

- 1: Tree layer; 2: Standard trees(STS); 3: Trunk; 4: Disc analysis; 5: Biomass increment(ΔBi) of trunk of the STS; 6: Regression equations on diameter at breast height(D) and ΔBi ; 7: Census data; 8: ΔBi of every individual of the layer; 9: Total trunk biomass increment of the layer; 10: Branch, leaf, root; 11: Regression equations on biomass and D ; 12: Annual growth of $D(\Delta D)$; 13: Biomass increment of each of the organs: $f(D + \Delta D) - f(D)$; 14: Census data; 15: ΔBi of each of the organs of every individual in the layer; 16: Total biomass increment of each of the organs in the layer; 17: Biomass increment of the layer; 18: Shrub layer; 19: Standard trees; 20: Regression equations on diameter at base(D) and biomass of every organ; 21: Annual growth of $D(\Delta D)$; 22: Biomass increment of every organ: $f(D + \Delta D) - f(D)$; 23: Census data; 24: ΔBi of each organ of every individual in the layer; 25: Total biomass increment of the layer; 26: Net primary production of the forest; 27: Herbaceous layer; 28: Clear cutting of the plots; 29: Biomass of the layer; 30: Divided by the mean age(3 yrs); 31: Production of the layer; 32: Fine root biomass; 33: Multiplied by the turnover rate (1.5); 34: Fine root production; 35: Litterfall; 36: Tree fall; 37: Dead trees; 38: Herbivory(leaf).

2. 取样

乔木层共砍伐样木45株。样木的收获(乔木层)及样地的皆伐(灌木层、草木层)已另文描述^[1]。样木伐倒后,在基部,离基1.3m及向上每2m锯取圆盘(圆盘厚约3—4cm)。圆盘用电刨、手刨刨平滑后,再用砂布磨光滑,数清年轮,测出最近完整5年年轮宽度。

灌木层除皆伐外,还砍伐1—2.5m样木15株,量出基径、高度,称出干、枝、叶、根各器官重量。该层植株的径向生长量取标记的100株林下个体(高一般1—2.5m)的径向生长量测定结果(游标卡尺测固定位置,2a平均)。

细根生产量据细根生物量和转换率计算。细根的取样用土钻法。共取12个钻点,分层(每层20cm)钻至1m深。1—5m深的细根生物量据10m×5m的土壤剖面的细根数估计。取

1) 陈章和 1991,黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量与生产量研究,中山大学博士生毕业论文, P.29..

样的详细方法及死、活根的区分已另文描述¹⁾。

3. 计算

(1) 乔木层生物量增量 树干生物量增量

乔木层树干生物量增量据样木树干生物量增量推算。样木树干每木段体积年增量(ΔV)据下式计算^[2]:

$$V_1 = \frac{H}{3} (S_{11} + \sqrt{S_{11} \cdot S_{12}} + S_{12}),$$

$$V_2 = \frac{H}{3} (S_{51} + \sqrt{S_{51} \cdot S_{52}} + S_{52}),$$

$$\Delta V = \frac{1}{5} (V_2 - V_1).$$

式中 V_1 和 V_2 分别是5a前和5a后(至最近完整1年)木段的体积; S_{11} 和 S_{51} 是木段大头圆盘相应时期的截面积; S_{12} 和 S_{52} 是小头圆盘相应时期的截面积; H 为木段长(2m或1.3m)。

每一样木树干体积年增量(ΔV_p)即为各木段体积增量之和:

$$\Delta V_p = \sum_{i=1}^n \Delta V_i$$

对估计材积增量法(EVI法)^[4,6]进行了比较,该法的算式为:

$$\Delta V_p = \frac{H}{2} \Delta S_{1.3}$$

式中 H 为树高, $\Delta S_{1.3}$ 为胸面积年增量。年重量增量据体积增量和比重算得。

对样木树干年增量和胸径(D)进行回归分析,据样木 D 的大小把样木分为3组:

(a) $D \geq 10\text{cm}$ ($n=15$), (b) $10 > D \geq 3.2\text{cm}$ ($n=14$), (c) $D < 3.2\text{cm}$ ($n=16$),

分别建立回归方程。并对4个回归模型:

(a) $Y = a + bX$, (b) $Y = aX^b$, (c) $Y = ae^{bX}$, (d) $Y = a + b \ln X$

进行比较,采用相关系数最高的方程(表1)。

表 1 树干生物量增量与胸径的优化回归方程

Table 1 Optimal regression equations on biomass increment of the trunk and diameter

样木组 Group of the standard trees	模 型 Model	X	Y	a	b	r
(a)	$Y = ae^{bX}$	D	ΔB	0.3047	0.1341	0.951
(b)	$Y = aX^b$			1.1764×10^{-2}	2.2857	0.938
(c)	$Y = a + bX$			-9.0121×10^{-2}	7.3296×10^{-2}	0.880

D : 胸径 diameter(cm), ΔB : 生物量增量 biomass increment ($\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$).

据每木调查资料,样地中全部个体的树干生物量年增量分别用相应的回归方程算得。森林树干的生物量增量(ΔB)即为森林每一个体年增量(ΔV_{pi})之和减去树干的年枯死量(D')及

1) 同第378页1)。

风倒量(F)¹⁾, 即:

$$\Delta B = \sum_{i=1}^n \Delta V_i p_i - D' - F \quad (2)$$

枝、叶、根生物量增量

枝和根的年轮不易辨别, 不能象树干一样计算生物量增量。和叶一样, 枝和根的生物量增量据生物量和 D 的回归方程¹⁾算得。

假定2 a间生物量和胸径的回归关系不变, 则每一立木1a前各器官的生物量(B_1)为:

$$B_1 = f(D) \quad (3)$$

1a后的生物量(B_2)为:

$$B_2 = f(D + \Delta D) \quad (4)$$

式中 ΔD 为样木最近5 a胸径的平均年增量, $f(D)$ 表示枝、根和叶各自的回归关系。

生物量增量为:

$$\Delta B_i = B_2 - B_1 \quad (5)$$

森林中每一个体生物量 ΔB_i 之和, 减去风倒量、枯死量, 即为森林的枝、叶或根的生物量增量, 也用(2)式表示。

(2) 灌木层生物量增量 灌木层各器官生物量增量的计算和乔木层枝、叶、根相同。据15林样木各器官生物量和基径建立回归方程(全部达极显著), 再据基径的年增量计算各器官生物量增量。计算公式仍用(3)–(5)及(2)式。

(3) 草本层生产量的计算 草本层生产量简单地据生物量除以平均年龄(3a)而得。

(4) 细根生产量的计算 细根生产量 = 细根生物量 × 转换率

(5) 森林净第一性生产量的计算 如(1)式, 森林生物量增量加上枯死、凋落量、动物采食量、细根生产量, 即为森林的净第一性生产量。具体是计算干、枝、叶、根等各器官生产量之和。干的生产量是干的生物量增量加上枯死、风倒量之和; 枝、叶的生产量为枝、叶生物量增量加上凋落量及动物采食量(叶); 果的生产量以凋落量估计; 根生产量为根生物量增量和枯死、倒树的根量及细根生产量之和。

二、结果与分析

1. 生物量增量及其分配

总生物量增量是 $10.680 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 其中干6.127(57.37%), 枝2.195(20.55%), 叶0.514(4.81%), 根1.844(17.27%)。乔木层生物量增量为 8.786(82.27%), 灌木层 1.679(15.72%), 草本层0.215(2.01%)(表2)。

和生物量相比¹⁾, 乔木层生物量增量占较低百分比, 而灌木层和草本层相反, 生物量增量百分比生物量百分比高。尽管辐射从林冠层往林内呈指数下降¹⁾, 但灌木层及草本层同化器官占的百分比比较乔木层高, 而使它们有较高的生物量增量百分比。

树干和根系(细根除外)生物量增量百分比也较其生物量百分比低, 而枝生物量增量占的百分比生物量百分比高, 显然是由于干、根的活组织百分比低。叶两个百分比相当。

年枯死量和年风倒量达 $3.4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 这和生物量相比很小(0.96%), 但和生物量增量相比, 相当显著(27.8%)。特别是风倒引起的死亡。它和枝叶等凋落量相比, 也很显著

1) 同第378页1)

表 2 森林的生物量增量

Table 2 Biomass increment of the forest($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

层次 Layer		干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf	根 Root	合计 Total	%
乔木层 Tree layer ($\geq 2.5\text{m}$)	全部个体的增量 For all the ind. ($\Delta B'$)	7,226	2,335	0,351	2,304	12,216	
	倒树 Tree falls (F)	1,434	0,306	0,102	0,433	2,325	
	死树 Dead trees (D')	0,679	0,143	0,058	0,225	1,105	
	生物量增量 Increment; $\Delta B = \Delta B' - FD'$	5,113	1,886	0,191	1,596	8,786	82.27
灌木层 Shrub layer (1—2.5m)	$\Delta B'$	0,962	0,259	0,259	0,200	1,880	
	D'	0,001	—	—	—	0,001	
	ΔB	0,961	0,259	0,259	0,200	1,679	15.72
草本层 Herbaceous layer($< 1\text{m}$)		0,103		0,064	0,048	0,215	2.01
合计 Total (%)		8,127	2,195	0,514	1,844	10,680	
		57.37	20.55	4.81	17.27		

inds. = individuals; $\Delta B'$, ΔB = biomass increment.

(3.4 vs. 5.2)。这说明森林从土壤中吸收的营养物质, 通过倒树及枯死重新归还土壤再循环的量也是很重要的。此外, 倒树形成的林窗, 对森林的更新及对某些个体的生长, 具有重要作用。

表 3 显示乔木层不同高度级的生物量增量。20m 以上的林冠层生物量增量最大。表明林冠层个体在森林生产力中起决定作用。另一较大值是在 10—15m, 即乔木层第二亚层^[7]。

表 3 乔木层不同高度级的生物量增量

Table 3 Biomass increment of different height classes of the tree layer($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

高度级 Height class (m)	个体数 n	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf	根 Root	合计 Total	%
< 6	1888	0,0712	0,0284	0,0456	0,0619	0,207	1.70
< 10	958	0,788	0,279	0,105	0,302	1,535	12.67
< 15	509	1,871	0,586	0,0812	0,674	3,212	26.29
< 20	338	1,358	0,372	0,0418	0,449	2,223	18.20
≤ 25	245	3,136	1,069	0,0765	0,757	5,038	41.25
合计 Total	3739	7,226	2,334	0,350	2,304	12,215	100

n = number of individuals.

生物量增量随径级的分布和生物量分布相似, 近于正态分布, 以中等径级 (20—40cm) 的生物量增量最大(表 4)。中等径级的许多个体已达林冠层, 这些个体正处于生长的较旺盛阶段, 且有较好的光照条件。它们在生物量和生物量增量中均占较高比例。

表 4 乔木层不同径级的生物量增量

Table 4 Biomass increment of different diameter classes of the tree layer ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

径级(cm) Diameter class	个体数 n	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf	根 Root	合计 Total	%
<5	2079	0.254	0.0693	0.0865	0.136	0.545	4.45
<10	673	0.778	0.288	0.0907	0.384	1.550	12.69
<15	339	0.536	0.101	0.0234	0.233	0.893	7.29
<20	279	0.880	0.174	0.0296	0.355	1.419	11.58
<25	188	1.164	0.304	0.0378	0.452	1.958	15.98
<30	103	1.184	0.323	0.0296	0.330	1.867	15.28
<35	39	0.706	0.198	0.0133	0.140	1.057	8.66
<40	24	0.977	0.415	0.0214	0.164	1.577	12.97
<45	6	0.242	0.116	0.0060	0.0395	0.405	3.32
<50	3	0.105	0.0508	0.0025	0.0256	0.185	1.52
<55	0						
<60	6	0.399	0.285	0.0101	0.0646	0.760	6.26
合计 Total	3739	7.226	2.334	0.351	2.304	12.216	

2. 地上部分与根系生物量增量的关系

由于森林根系生产量研究的困难,一些科学家建议用下式,据地上部分生产量估计根系生产量^[4,5]:

$$\frac{Pa}{Ba} = K \frac{Pr}{Br}$$

式中 Pa 、 Pr 代表地上部分生产量(或生物量增量)和根系生产量(或生物量增量), Ba 、 Br 是地上部分生物量和根系生物量, K 为常数。但因缺乏实验数据,只能假定 K 为 1,直到有较好的实验数据为止。表 5 是本研究的结果。

K 平均为 1.129 (接近 1),表明根系生物量增加速度略低于或接近地上部分生物量增加速度。 Pa 平均说来是 Pr 的 4.388 倍。

表 5 不同径级的 K 和 Pa/Pr 值Table 5 Ratio of Pa/Pr and K values in different diameter classes

径级 Diameter class(cm)	Ratio of Pa/Pr	K
<5	3.058	0.758
<10	3.106	0.945
<15	2.877	0.777
<20	3.294	0.866
<25	3.391	0.890
<30	4.750	1.248
<35	6.674	1.756
<40	8.818	2.021
<45	9.427	2.086
<50	6.364	1.386
<55	—	—
<60	11.046	2.385
平均 Mean	4.388	1.129

表 5 还表明, K 值和 Pa/Pr 值随径级不同而异,较大径级,其值较高。这说明,随着径级的增大,根生物量增加速度较地上部分慢些,较年轻的个体根的生物量增长比大个体快。这在应用上式估计根系生产量时,是值得注意的。

3. 细根生产量

细根生物量为 $7.12t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。据国外的研究^[8-10],细根转换率平均值多在 1.5 左右。如取转换率 1.5,则森林细根生产量为 $10.68t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

4. 净第一性生产量

森林净第一性生产量 (P_n) 及其各部分组成概括于表 6。 P_n 是 $29.612t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,其

表 6 森林的净第一性生产量

Table 6 Net primary production of the forest ($t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)

	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf	花果 Fr & Fl	根 Root	合计 Total	%
生物量增量 Biom. incr. of the for. (ΔB)	6.127	2.195	0.514		1.844	10.680	36.07
凋落量 Litter fall (L)		0.837 (<1cm) 0.371 ($\geq 1cm$)	3.550	0.582		5.340	18.09
倒树量 Tree falls (T)	1.389				0.422	1.811	6.12
死树量 Dead trees (D')	0.665				0.219	0.884	2.99
动物采食量 Herbivory (H)			0.217			0.217	0.73
细根生产量 Production of fine roots (Pfr)					10.680	10.680	36.07
$Pn = \Delta B + L + T +$ $D' + H + Pfr$	8.181	3.403	4.281	0.582	13.165	29.612	
%	27.63	11.49	14.46	1.97	44.46		

Biom. = biomass, incr. = increment, for. = forest,
Fr & Fl = Fruits & flowers.

中干8.181(27.63%), 枝3.403(11.49%), 叶4.281(14.46%), 根 13.165(44.46%), 花果0.582(1.97%)。生物量增量仅为 Pn 的36.07%。细根生产量非常显著, 占根系净生产量的81%。根生产量占 Pn 的44.5%。传统假定的根生产量占 Pn 的 15%—25%^[5,8] 是太低的估计。

表 7 比较了该森林和附近地区森林的净生产量。本森林的 Pn 处于热带雨林和亚热带常绿阔叶林之间, 反映了它的生产力水平。

表 7 黑石顶森林和附近地区森林 Pn 的比较Table 7 Comparison of Pn between the forest in Heishiding and other forests in nearby area

地点及森林 Site and forest	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 Altitude (m)	年雨量 Annual rainfall (mm)	年均温 Annual mean temp. ($^{\circ}C$)	Pn ($t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)	资料来源 Reference
泰国 Thailand							
热带雨林 Trop. rain forest	7°35'N	99°00'E		7200		28.6*	[11]
中国 China							
黑石顶南亚热带常绿阔叶林 Lower subtrop. evg. b. l. for. in. Heishiding	23°27'N	111°53'E	400	1734.8	19.6	18.932* 29.612	This study
鼎湖山南亚热带常绿阔叶林 Lower subtrop. evg. b. l. for. in Dinghushan	23°08'N	112°35'E	200—300	1927	21	26.00(a)	[12]
鼎湖山针阔叶混交林 B. l. and conif. mixed for. in Dinghushan			200			20.99(a)	[12]

续表7

地点及森林 Site and forest	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔(m) Altitude	年雨量(mm) Annual rainfall	年均温(°C) Annual mean temp.	P_n ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	资料来源 Reference
鼎湖山马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> for. in Dinghu- shan			200			8.45(a)	[12]
浙江亚热带 常绿阔叶林 Subtrop. evg. b.l. for. in Zhejiang Province	29°24'N	129°31'E	150—230	1052	16.9	18.835*	3)
中喜马拉雅 亚热带林 Central Himalaya Subtrop. for.	29°07'— 33'N	79°27'— 43'E	300—2200	1076— 2488	15—23.	12.8— 27.9(b)	[13]

Trop. = tropical, for. = forest, subtrop. = subtropical, evg. b.l. = evergreen broad-leaved, conif. = coniferous, temp. = temperature.

* Fine root production was not included. (a): Estimated from photosynthesis and respiration, (b): Fine root production was assessed by adding 1/5 of leaf litter to fine root biomass accumulation.

3). 陈启瑞, 1988: 亚热带青冈栎常绿阔叶林生态系统生物生产力研究. 东北林业大学博士生研究论文(摘要). P71—100

5. 生产效率

以 P_n/B 和 $\Delta B/B$ 为生产效率的指标, 分析了森林及其干、枝、叶、根等器官的生产效率(表8)。

表8 森林的生产效率

Table 8 Production efficiency of the forest

	干 Trunk (%)	枝 Branch (%)	叶 Leaf (%)	根 Root (%)	细根 F.R. (%)	总量 Total (%)	总量/叶生物量 Total/l.b. ($t \cdot t^{-1}$)	总量/叶面积 Total/l.a. ($t \cdot \text{hm}^{-2}$)
$\Delta B/B$	2.747	4.788	3.293	2.508		2.883	0.684	0.625
P_n/B	3.668	7.425	27.426	17.907	150	8.272	1.897	1.733

B = biomass, F.R. = Fine root, l.b. = leaf biomass, l.a. = leaf area.

从 $\Delta B/B$ 看, 枝和叶的生产效率最高。森林整体的生产效率为 $0.684(t \cdot t^{-1})$ 或 $0.625(t \cdot \text{hm}^{-2})$ 。但从 P_n/B 看, 相应的值则高得多。森林整体的生产效率为 1.897 或 1.733。叶和根的生产效率最高。当整个根系一起考虑时, 其生产效率低于叶, 但如果仅考虑细根时, 细根的生产效率远高于其他器官。顺序是: 细根 > 叶 > 根(包括细根) > 枝 > 干。

结果显示, 细根是森林第一性生产量中最活跃的部分。

6. EVI法的结果比较

据 EVI 法计算的树干体积年增量显著比据每木段求积法计算的结果低。平均说来, 前者是后者的 73.3%(56.3%—86.5%)。这可能是因为该森林树干较温带森林树干的形数高。EVI法能否直接应用于热带、南亚热带湿润森林, 有待进一步研究。

三、结 束 语

森林生物量增量有时被作为森林的生产量。但生物量增量仅是生产量的一部分。在某些

情况下, 它和森林的发育阶段的关系比和森林生产力的关系更密切。本文现存量增量仅为生产量的40.55%。因此, 在森林生产力的比较中, 必须注意分清这两个概念。

直接测定森林根系生产量的资料不多, 许多关于森林根系生产量的估计是基于如下假定: 地上部分与根系生产量的比值等于地上部分与根系生物量的比值。但这通常没考虑细根。本森林中细根生产量估计约占总生产量的45%, 说明细根生产量是十分重要的, 值得深入研究。

参 考 文 献

- [1] Brinson, M. M. et al., Litterfall, stemflow, and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest, *Ecology*, 1980, 61(4):827-835.
- [2] Edwards, P. J., Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea V. Rates of cycling in throughfall and litterfall, *J. of Ecol.*, 1982, 70(3):807-827.
- [3] B. 胡希等, 《测树学》, 《测树学》翻译组译, 农业出版社, 1979, 100.
- [4] Lieth, H. and Whittaker R. H., 生物圈的第一性生产力, 王业蓬等译, 科学出版社, 1985, 50-111.
- [5] Whittaker, R. H. and Woodwell G. H., Measurement of net primary production of forests. UNESCO 1971. Productivity of forest ecosystems. Pro. Brussels Symp. 1969. (Ecology and conservation 4), 159-170.
- [6] 木村允, 陆地植物群落的生产量测定法. 姜恕等译, 科学出版社, 1981, 78-97.
- [7] 陈章和, 张宏达, 王伯荪, 黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量与生产量研究 I. 样地群落概况. *生态科学*, 1990, 2, 14-22.
- [8] Edwards, N. T. and Harris W. F., Carbon cycling in a mixed deciduous forest floor, *Ecology*, 1977, 58, 431-437.
- [9] McClaugherty, C. A. et al., The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems, *Ecology*, 1982, 63(5):1481-1490.
- [10] Nadelhoffer, K. J. et al., Fine root, net primary production, and soil nitrogen availability. A new hypothesis, *Ecology*, 1985, 66(4):1377-1390.
- [11] Kira, T. and Shidei T., Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific, *Jap. J. of Ecol.*, 1967, 17(2):70-87.
- [12] 张祝平, 彭少麟等, 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.
- [13] Rana, B. S., Singh R. P., and Singh S. P., Carbon and energy dynamics of seven Central Himalayan forests, *Tropical Ecology*, 1989, 30(2):263-264.

STUDIES ON BIOMASS AND PRODUCTION OF THE LOEWR SUBTROPICAL EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST IN HEISHIDING NATURAL RESERVE ——BIOMASS INCREMENT AND NET PRIMARY PRODUCTION

Chen Zhang-He* Chang Hong-Ta Wang Bo-Sun
(Zhongshan University, Guangzhou, 510275)

Biomass increment, net primary production, and their allocation of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Heishiding natural reserve were studied.

* Dept. Biol., South China Normal University, Guangzhou, 510275

Biomass increment of the forest amounted to $10.680\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, among which trunk $6.127(57.37\%)$, branch $2.95(20.55\%)$, leaf $0.514(4.18\%)$, and root $1.844(17.27\%)$. Increments in tree layer, shrub layer, and herbaceous layer were $8.786\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}(82.27\%)$, $1.679(15.72\%)$, and $0.215(2.01\%)$ respectively.

Vertical allocation of biomass increment was dominated by the canopy (20—25m), next by the second sub-layer(10—15m) of the tree layer. Distribution of the increment among different diameter classes neared a normal pattern.

Net primary production of the forest (P_n) was $29.612\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, and that of trunk, branch, leaf, root, and fruit and flower, $8.181(27.63\%)$, $3.403(11.49\%)$, $4.281(14.46\%)$, $13.165(44.46\%)$, and $0.582(1.97\%)$ respectively.

Fine root ($D \leq 3\text{mm}$) production was very important, about 81% of total root production, and root production was about 45% of P_n . Traditionally accepted root production values 15%—25% of P_n was probably too low.

Production efficiency of the forest was $1.897\text{t}\cdot\text{t}^{-1}$ (leaf) or $1.733\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ (leaf). Efficiencies of different organs showed a sequence as follows: Fine root > leaf > root (including fine root) > branch > trunk. EVI method presented a lower estimate of trunk biomass increment by about 27%.

Key words: Heishiding, lower subtropical evergreen broad-leaved forest, biomass increment, net primary production.