

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林定位研究(VII)锥栗、黄果厚壳桂群落生物量增量及群落生产力的估算^①

温达志 魏 平 孔国辉 张倩媚 张佑昌

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘 要 本文报道了鼎湖山南亚热带常绿阔叶林锥栗、黄果厚壳桂群落第一性生产力。结果表明, 群落 DBH ≥ 1 cm 的所有个体生物量增量为 $7.40 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 其中地上部分和地下部分分别为 6.04 和 $1.36 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 细根($\leq 2\text{mm}$)生产量为 $2.65 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 年凋落物量为 $7.68 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 整株树木枯死量 $2.19 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 昆虫和动物采食量为 $0.60 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 由此推算群落年净生产力为 $20.52 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

关键词 鼎湖山生物圈保护区, 南亚热带常绿阔叶林, 生物量增量, 年死亡量, 年凋落量, 年净生产力。

生态系统的^①第一性生产力是指绿色植物进行光合作用固定太阳能或积累有机物的速率, 以植物在单位面积、单位时间内所积累的能量或生产的干物质量表示。植物在单位面积、单位时间内所积累的能量或生产的物质总量称为总第一性生产力, 从其中扣除生产者呼吸所消耗的有机物质质量后的剩余部分称净第一性生产力。生产力是森林群落功能特征的重要指标, 受区域性气候、地形地貌、立地条件, 群落树种组成、结构和发育成熟程度等因素的影响。南亚热带常绿阔叶林的生产力已有较多的研究^[1-3]。这里报道的是与鼎湖山低地常绿阔叶林(季风常绿阔叶林)有关的研究结果。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地概况

研究地点位于广东省中部鼎湖山自然保护区内, 东经 $112^{\circ}30'39''\sim 112^{\circ}33'41''$, 北纬 $23^{\circ}09'21''\sim 23^{\circ}11'30''$, 属南亚热带季风气候。年平均气温 21°C , 年降雨量 1929mm , 干湿季分明, 4~9月为雨季, 11月至翌年1月为旱季^[4], 土壤为发育于砂岩、页岩母质的确赤红壤, 土层厚度一般为 60 cm 左右^[5]。群落保存完好, 结构复杂, 组成种类绝大部分为常绿树种, 热带植物丰富, 是南亚热带地带性植被的一重要代表类型。

1.2 研究方法

样地建立与样方调查: 参照《热带森林地区生物多样性长期监测——永久样地的确立与调查方法》^[6], 建立面积 1 hm^2 的永久样地, 并分成 25 个 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 的样方。对样地内所有胸高直径 $\geq 1\text{cm}$ 的个体编、挂牌后作测树指标调查, 调查和记录的内容有: 植物种名、胸高直径、树高、冠幅和树木定位坐标。根据样地内树种组成和径级分布选定样木, 在永久样地外围“全收获

^① 本项研究获国家自然科学基金(9390011)、中国科学院生态系统研究网络、国家科委重大项目“中国生物多样性保护生态学研究(PD-85-31)”项目的资助。参加野外工作的有: 黄忠良、黄玉佳、余清发、王俊浩、韦彩妙。

法”收获,分树干、枝、叶和根四个基本组分建立生物量估测方程,详细过程见温达志等^[7]。

净第一性生产力的计算:有两种方法,一是根据单位面积森林的光合同化总量和呼吸消耗总量计算得到(CO_2/O_2),其优点是能反映群落内不同植物对生境的行为和相应的生理生态过程,不足之处是涉及的参数和相关的生物学过程较多,选样、测定技术难度较大、要求较严,在种类丰富、复层结构的自然林中更为复杂。另一种方法是传统的“收获法”,即测定期为 t_1 和 t_2 时间间隔内现存量的增加部分,加上植物器官的凋落、整株枯倒、昆虫动物等的啃食所消耗的部分,这种方法直观,但它只反映森林在 t_1 和 t_2 时的状态,不能反映森林植物在这期间的生理生态过程,而且,森林随时间在不断发生各种变化,期间的森林状况未必完全相同,在 t_1 时期从调查区附近采伐的样木而求出的关系式也可能因抽样偏差大而不能反映真实情况。尽管如此,本文仍然采用后一种方法,表达式为:年净生产量=生物量年增量+年凋落物量+树木年枯死量+细根年生产量+动物、昆虫等的消耗,其中生物量年增量是根据第二次复查(t_2)和第一次调查(t_1)时样地每木调查数据和第一次调查时(t_1)所建立的生物量预测方程估算得到,年凋落物量的测定方法见张德强等^[8],树木年枯死量的测定方法见魏平等^[9],细根年生产量见本论文集温达志等,动物、昆虫采食量引用彭少麟等的结果^[3]。

2 结果与分析

2.1 不同高度级的生物增量

结果如表1,胸高直径在 $\geq 1\text{cm}$ (植株高度约 $\geq 2.5\text{m}$)的植株, 1hm^2 面积的生物增量为 $7.395\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,以高度在 $15\sim 25\text{ m}$ 这一层的生物增量最大,占总增量的 48.5% , 25m 以上的大树,个体数不多,其生物增量所占的比例并不大,为 19.06% , 5m 以下的植株,个体数虽多,但生物量增长的幅度不及胸径大的个体,因此其比例也较小,占总增量的 6.97% 。

表1 常绿阔叶林不同高度级的生物增量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)

Table 1 Biomass increment ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$) of different height classes in the tree layer of the evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

高度级 (m)	株数密度 ($\text{N}\cdot\text{hm}^{-2}$)	干	枝	叶	根	合计	占总增量的%
$h\leq 5$	2649	281.22	100.31	39.31	94.69	515.53	6.97
$5 < h \leq 10$	800	612.66	220.24	50.68	173.56	1057.15	14.30
$10 < h \leq 15$	156	433.56	207.12	16.55	168.78	826.00	11.17
$15 < h \leq 20$	106	978.47	532.31	25.69	359.11	1895.58	25.63
$20 < h \leq 25$	57	852.61	514.48	16.18	308.29	1691.56	22.87
$25 < h \leq 30$	9	529.73	327.07	7.64	190.71	1055.21	14.27
$h > 30$	1	75.54	113.34	1.96	63.48	354.32	4.79
总计	3778	3863.79	2014.93	158.01	1358.63	7395.36	100.00

样地面积 1hm^2 。

2.2 不同径级的生物增量

因对树木年龄未作测定,以胸径大小代替树木年龄作比较(表2)。结果表明,胸径在 35cm 以上的树木,虽然个体数不多,仅占总株数的 3% 左右,但其生物增量却占了总生物增量的 67.41% ,单株生物增量也大,平均为 $15.83\sim 163.26\text{ kg}/(\text{株}\cdot\text{a})$ 。可见,胸径 $>35\text{cm}$ 的植株是构成该群落生产力的主体。

表2 常绿阔叶林不同径级生物增量(kg·hm⁻²·a⁻¹)

Table 2 Biomass increment(kg·hm⁻²·a⁻¹) of different DBH classes in the tree layer of the evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

径级(cm)	株数密度(N·hm ⁻²)	干	枝	叶	根	合计	占总增量的%	单株增量
≤5	2637	230.58	70.64	27.86	85.26	414.33	5.60	0.16
5.1~15	847	631.21	224.24	58.69	172.82	1086.97	14.70	1.28
15.1~25	179	466.89	225.27	24.74	192.10	909.00	12.29	5.08
25.1~35	71	599.59	294.20	18.94	211.39	1124.12	15.20	15.83
35.1~45	22	487.45	259.33	11.33	173.15	931.25	12.59	42.33
45.1~55	5	148.98	84.80	2.68	53.25	289.70	3.92	57.94
55.1~75	8	585.00	367.33	7.28	211.02	1170.65	15.83	146.33
>75	9	714.09	489.10	6.49	259.64	1469.33	19.87	163.26
总计	3778	3863.79	2014.91	158.01	1358.63	7395.36	100.00	

样地面积1 hm².

表3 常绿阔叶林乔木层主要种类生物增量(kg·hm⁻²·a⁻¹)及年增长率(%)

Table 3 Biomass increment (kg·hm⁻²·a⁻¹)and annual increment ratio (%) of major tree species of the evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

树种	Species	生物增量(kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	平均株高(m)	株数密度(N·hm ⁻²)	年增长率(%)
鱼骨木	<i>Canthium dicoccum</i>	20.70	4.45	22	17.81
谷木	<i>Memecylon ligustrifolium</i>	20.11	5.06	15	14.67
黄叶树	<i>Xanthophyllum hainanense</i>	112.46	4.59	61	9.10
水石梓	<i>Sarcosperma laurinum</i>	58.64	4.54	72	8.27
白颜树	<i>Gironniera subaequalis</i>	425.17	7.00	92	7.80
橄榄	<i>Canarium album</i>	362.20	6.50	18	7.50
岭南山竹子	<i>Garcinia ablongifolia</i>	24.96	5.30	15	7.15
白车	<i>Syzygium levinei</i>	8.65	4.00	27	5.47
红车	<i>Syzygium rehderianum</i>	137.88	4.60	135	5.46
云南银柴	<i>Aporosa yunnanensis</i>	486.98	4.55	1163	4.43
华润楠	<i>Machilus chinensis</i>	98.62	15.00	10	4.40
翅子树	<i>Pterospermum lanceaeifolium</i>	110.81	6.60	76	4.10
鼎湖钓樟	<i>Lindera chunii</i>	18.95	4.37	66	4.10
鸭脚木	<i>Schefflera octophylla</i>	43.38	4.30	40	4.07
黄杞	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	374.22	18.00	11	3.90
笔罗子	<i>Meliosma rigida</i>	47.94	6.30	38	3.60
降真香	<i>Acronychia pedunculata</i>	42.37	6.70	27	3.50
厚壳桂	<i>Cryptocarya chinensis</i>	349.70	15.00	23	3.10
臀形果	<i>Pygeum topengii</i>	213.44	12.00	21	3.00
肖蒲桃	<i>Acmena acuminatissima</i>	370.74	7.30	127	3.00
荷木	<i>Schima superba</i>	844.60	18.00	35	2.90
大苞血桐	<i>Macaranga bracteata</i>	14.19	5.57	21	2.88
红皮紫椴	<i>Craibiodendron wangtungense</i>	46.41	4.80	25	2.34
黄果厚壳桂	<i>Cryptocarya concinna</i>	627.40	10.00	281	2.10
鼎湖血桐	<i>Macaranga sampsoni</i>	19.86	4.64	56	1.63
锥栗	<i>Castanopsis chinensis</i>	1885.52	23.00	14	1.40

在1 hm²永久样地内,对个体数在10株以上的种进行测量、统计的结果。

2.3 优势种的生物量和年增长率

不同树种生物量的年增长率差异较大,见表3。乔木树种生物量年增长率较高的树种有:鱼骨木(17.80%)、谷木(14.67%)、水石梓(8.27%)、黄叶树(9.10%)、白颜树(7.80%);生物量年增长率较低的是锥栗(1.4%)、鼎湖血桐(1.63%)、黄果厚壳桂(2.10%) 鼎湖血桐(1.63%)、红皮紫椴(2.34%)、大苞血桐(2.88%)、荷木(2.90%)。灌木生物量年增长率较高的为猪肚木(21.96%)和柏拉木(20.88%),见表4。

表4 低地常绿阔叶林灌木种类生物增量及年增长率*

Table 4 Biomass increment ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) and annual increment ratio (%) for shrub species of the evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

树种	Species	生物增量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	平均株高 (m)	植株密度 ($\text{N} \cdot \text{hm}^{-2}$)	年增长率 (%)
猪肚木	<i>Canthium horridum</i>	11.01	3.94	10	21.96
柏拉木	<i>Blastus cochinchinensis</i>	34.69	2.89	407	0.88
小盘木	<i>Microdesmis caseariifolia</i>	5.72	2.60	14	10.10
九节	<i>Psychotria rubra</i>	28.11	2.87	221	7.56
罗伞树	<i>Ardisia quinquegona</i>	22.33	3.47	101	6.74
薄叶胡桐	<i>Calophyllum membranaceum</i>	0.32	2.61	13	6.37

* 在 1 hm^2 永久样地内,对个体数在 10 株以上的种进行测量、统计的结果。

2.4 净第一性生产量的估算

按照表达式:年净生产量=生物量年增量+年凋落物量+树木年枯死量+细根年生产量+动物、昆虫等的消耗,估算得到鼎湖山常绿阔叶林锥栗、黄果厚壳桂群落净第一性生产量(表5)。采用全收获法,应用回归方程预测生物量时,地下部分 $\leq 2\text{mm}$ 的根往往收获不全,因此本文在估算群落年净生产量时将其列入。年凋落物量为1995和1996年测定的平均值。彭少麟等^[3]对鼎湖山季风常绿阔叶林黄果厚壳桂、锥栗、厚壳桂、荷木群落20个 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的样方进行过调查,“样木收获法”测得该群落乔、灌木层生物量为 $380.7 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,采用气体(CO_2/O_2)交换法得到净第一性生产力为 $23.3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,略高于本文的结果。由于取样地点、面积

表5 鼎湖山常绿阔叶林的净第一性生产量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Table 5 Net primary production ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) of the evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

项 目	单位($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	资料来源
地上部分生物量增量	6.04	*
根增长量	1.36	*
细根($\leq 2\text{mm}$)增长量	2.65	*
凋落物量	7.68	*
树木年死亡量	2.19	[9]
昆虫和动物采食量	0.6	[3]
合 计	20.52	

* 另文发表。

大小以及树种组成不同,生物量也相差较大(本文所研究的群落生物量为 $295.64 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)^[7],因此两个群落净第一性生产力的差异是因测定方法不同,还是因群落本身的差异所造成仍然难于讨论清楚。

2.5 鼎湖山及其邻近亚热带、亚热带常绿阔叶林,热带雨林的净第一性生产量比较

亚热带常绿阔叶林的净第一性生产力如表 6 所示,虽然不同研究者所报道的净第一性生产力所包括的组分不完全一致,如有些在该项中包括了细根的生长量、死亡率,凋落物量、死木量,但有些则仅为生物增量,且研究方法不同,使研究结果难作完全一致的比较,但大致可看出,亚热带常绿阔叶林的净第一性生产量是相对高的,在 $18 \sim 30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 之间,高于热带次生林和热带山地雨林^[10,11]。

表 6 鼎湖山与其邻近的亚热带常绿阔叶林和热带雨林净第一性生产量比较

Table 6 The comparison of net primary production of various subtropical evergreen broad-leaved forests and tropical rain forests with similar geolocation

森林类型	经、纬度	海拔 (m)	年雨量 (mm)	年均温 ($^{\circ}\text{C}$)	生物量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	净第一性生产量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	资料来源
鼎湖山亚热带常绿阔叶林	23°09'N 112°33'E						
厚壳桂群落		200~300	1927	21	425.47	26	[12]
黄果厚壳桂群落		240	1927	21	191.66	20.64	[13]
锥栗、黄果厚壳桂群落		270~330	1956	21	295.64 ^① 398.62 ^②	20.52	本文
黑石顶亚热带常绿阔叶林	23°27'N 111°53'E	400	1744	19.6	357.64	18.90 29.60	[14]
浙江中亚热带常绿青冈林	29°24'N 119°31'E	190~230	1502	16.9	195.97	18.00	[15]
云南亚热带常绿阔叶林	23°12'N 100°51'E	900~960	1250	19.4		20.10	[16]
海南岛尖峰岭山地雨林	18°44'N 108°55'E	650~1100	1600~ 3000	19.5	639.2	6.24 ^③ 9.87 ^④	[10]
热带次生林(刚果、波多黎各、委内 瑞拉、墨西哥)			2000~ 3640		100.0 ^⑤ 200.0 ^⑥	15.00 ^⑦	[11]

① 样地面积 1 hm^2 , ② 样地面积 1200 m^2 , ③ 原始林, ④ 26 年生次生林, ⑤ 20 年生次生林, ⑥ 15 年生林, ⑦ 80 年生林。

参 考 文 献

- 1 陈章和等. 广东黑石顶常绿阔叶林生物量及其分配的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 289~298
- 2 陈章和, 张宏达等. 黑石顶自然保护区亚热带常绿阔叶林生物量与生产量研究—生物量增量与第一性生产量. 生态学报, 1992, 12(4): 377~386
- 3 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山地带植被的生物量、生产力和能量利用效率. 中国科学(B 辑), 1994, 24(5): 497~502
- 4 黄展帆, 范征广. 鼎湖山的气候. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, 1: 11~13
- 5 何金海等. 鼎湖山自然保护区之土壤. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, 1: 25~3

- 6 Dallmeier F. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas; Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB digest 1992, 11, pp72, UNESCO, Paris
- 7 温达志, 魏平等. 鼎湖山锥栗、黄果厚壳桂、荷木群落生物量及其特征. 生态学报, 1997, 17(5):497~504
- 8 张德强等. 鼎湖山季风常绿阔叶林凋落物层化学性质的研究. 生态学报, 1998, 18(1):118~122
- 9 魏平, 温达志等. 鼎湖山季风常绿阔叶林死木生物量及其特征. 生态学报, 1997, 17(5):505~510
- 10 李意德等. 尖峰岭热带山地雨林生物量的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(4):293~300
- 11 Sandra Brown and Ariel E Lugo. Tropical secondary forest. Journal of Tropical Ecology, 1990, 6:1~32
- 12 张祝平等. 鼎湖山森林群落植物量和第一性生产力的初步比较. 热带亚热带森林生态系统研究, 1989, 5:63~73
- 13 张祝平, 丁明懋. 鼎湖山黄果厚壳桂群落的生物量. 生态科学, 1991, 1:82~85
- 14 陈章和, 张宏达等. 中国南亚热带常绿阔叶林的生产力. 1996, 广东高等教育出版社
- 15 陈启常. 常绿阔叶林生态系统初级生产力. 1992, 杭州大学出版社
- 16 党承林, 吴兆录. 季风常绿阔叶林短刺栲群落的净第一性生产量的研究. 云南大学学报, 1992, 14(2):95~107

Long-term Monitoring of the Lower Subtropical Evergreen Broad-leaved Forest in Dinghushan Biosphere Reserve (VII) An Estimation of the Annual Net Production of the Community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* on Basis of Biomass Increment, Annual Tree Mortality and Litter Production

Wen Dazhi Wei Ping Kong Guohui Zhang Qianmei Zhang Youchang

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

ABSTRACT The annual net production of the community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* in the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan, was estimated in this paper. The results showed that the annual biomass increment for plants $\geq 1\text{cm}$ at the DBH (diameter at the breast height) was $7.40\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (6.04 and 1.36 for the above-ground and below-ground, respectively). Annual net production was $2.65\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, for the fine roots ($\leq 2\text{mm}$) and $7.68\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ for the annual litter fall, $2.19\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ for tree mortality, and $0.6\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ for the consumption by insect and herbivory. The total annual net production was hence estimated as $20.52\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$.

Key words Dinghushan Biosphere Reserve, Lower subtropical evergreen broad-leaved forest, Biomass increment, Tree mortality, Annual litter fall, Annual net primary productivity.