

④ 309—314

广西植物 Guihaia 19 (4): 309—314

1999年11月

文章编号: 1000-3142(1999)04-0309-06

西双版纳原始热带季节雨林生物量研究

S718.556
~~Q948.157~~
S718.542郑征, 刘宏茂[✓], 刘伦辉, 曹敏, 冯志立

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303)

摘要: 用标准木回归分析法(乔木、木质藤本)和样方收获法(灌木、草本), 研究了西双版纳原始热带季节雨林生物量及其分配。雨林总生物量为 692.590 t/hm^2 , 其分配为: 乔木层占 98.66%、灌木层占 0.76%、木质藤本占 0.50%、草本层占 0.09%, 生物量主要集中于乔木层。乔木层生物量的器官分配向树干和树根集中: 树干占 69.80%, 树根占 21.56%, 树枝占 7.77%, 树叶占 0.77%; 生物量径级分配向中等径级(60~70 cm)和最大径级(150~160 cm)集中; 生物量垂直分配向上层集中: I 亚层(高度 >40 m)占 60.55%、II 亚层(20~40 m)占 36.72%、III 亚层(3~20 m)占 2.73%; 优势种番龙眼生物量占乔木层的 20.07%; 乔木层叶面积指数为 6.91。

关键词: 热带雨林; 生物量; 西双版纳; 分配; 森林系统生产力

中图分类号: Q948.157 文献标识码: A

A study on biomass of the primary tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna

ZHENG Zheng, LIU Hong-mao, LIU Lun-hui, CAO Min, FENG Zhi-li

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Yunnan, Mengla 666303, China)

Abstract: The biomass and its allocation of the primary tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna were studied based on the standard tree regression analysis(for trees and lianas) and clear cut(for shrubs and herbs). The total biomass of the forest was 692.590 t/hm^2 , its allocation in the various layers was: the tree layer 98.66%, the shrub layer 0.76%, the liana layer 0.50% and the herb layer 0.09%, the most biomass of the rain forest concentrated on the tree layer. The biomass of the tree layer allocation in the organs concentrated on stems and roots: the stems accounted for 69.80%, the roots 21.56%, the branches 7.77% and the leaves 0.77%; the biomass allocation in the DBH classes concentrated on the middle DBH class(60~70 cm) and the largest DBH class (150~160 cm); the biomass allocation in the different tree layer concentrated on the upper layer: the

收稿日期: 1999-03-03

作者简介: 郑征(1960-), 男, 副研究员。主要从事森林生态学和植物生理生态学研究。

基金项目: 中国科学院生物与技术研究特别支持项目, 中德生态学合作研究计划(CERP), 中国科学院九·五重点项目“KZ952-S1-101”及中国科学院知识创新基地的资助项目。

sub-layer I (height > 40 m) accounted for 60.55%, the sub-layer II (20~40 m) 36.72% and the sub-layer III (3~20 m) 2.73%; the biomass of dominant species *Pometia tomentosa* accounted for 20.07%; the LAI of the tree layer was 6.91.

Key words: Rain forest; biomass; Xishuangbanna

生物量测定是研究森林生态系统生产力和元素循环的基础,对研究森林生态系统结构功能有重要作用。国外对热带雨林生物量的研究开展于60年代^[1],但直接来自第一手资料的研究报道不多,东南亚和南亚热带雨林生物量的研究报道更少^[1-3]。我国对热带雨林生物量的研究开展较晚^[4,5]。西双版纳地处东南亚热带北缘,分布有大片的热带雨林,而且类型较多。本文对其中具有代表性的原始热带季节雨林生物量进行初步研究,为深入开展热带雨林生态系统结构功能研究提供依据。

1 样地环境及群落特征概况

研究样地位于西双版纳勐仑自然保护区内,面积为2500 m²,地理位置为21°58' N, 101°12' E,海拔650 m,气候属北热带季风气候,年平均降雨量为1557 mm,全年干湿季分明,雨季(5~10月)降雨1293 mm,占年降雨的83%,干季(11~4月)降雨264 mm,占年降雨的17%,相对湿度86%。年平均气温21.5℃,最热月(5月)均温为25.3℃,最冷月(1月)均温为15.5℃,土壤为砖红壤,样地坡度33°。

群落特征与主要树种。群落分为乔木层、灌木层、草本层和藤本层。乔木层有树种60种,植株密度为796株/hm²,分为3个亚层。乔木I层高度>40 m,此层的特点是树干及树冠突出,互不联接,盖度约为30%,主要树种有番龙眼(*Pometia tomentosa*)、四瓣木槿(*Amoora tetrapetala*)、王氏银钩花(*Mitrephora wangii*)、香籽含笑(*Michelia hedyosperma*)、五桠果叶木姜子(*Litsea dilleniaefolia*)、皮孔蕞臭木(*Dysoxylum lenticellatum*)、毛麻楝(*Chukrasia tabularia*)等。乔木II层,树高20~40 m,主要树种有云南玉蕊(*Barringtonia macrostachya*)、狭叶红光树(*Knema cinerea*)、王氏银钩花、假广子(*Knema erratica*)、网脉肉托果(*Semecarpus reticulata*)、光叶天料木(*Homalium laoticum*)、大叶白颜树(*Gironniera subaequalis*)。此层是主要树冠层,树冠相互联接,分布较均匀,盖度约80%。乔木III层高度3~20 m,盖度约50%,主要树种有云南肉豆蔻(*Myristica yunnanensis*)、轮叶戟(*Lasiococca comberi*)、染木(*Saprosma ternatum*)、木奶果(*Baccaurea ramiflora*)。以及I层和II层树种的小树。灌木层,高1~3 m,盖度约10%,主要为乔木树种的幼树,灌木种类有细腺萼木(*Mycetia gracilis*)、滇南九节木(*Psychotria henryi*)等。草本层,盖度<10%,高度<2 m,主要有冬叶(*Phrynium caudatum*)、狭叶实蕨(*Bolbitis angustipinnata*)、大苞鸭跖草(*Commelina paludosa*)等。藤本层,木质藤本7种,分布于乔木II层和III层,最大高度38 m,最大胸径13.8 cm,密度48株/hm²,主要有扁担藤(*Tetrastigma planicaulum*)、云南风车子(*Combretum yunnanensis*)、刺果藤(*Byttneria grandifolia*)等。草质藤本有方茎马钱(*Strychnos wallichiana*)等。

2 研究方法

2.1 乔木层

选取当地保护完好的典型原始热带季节雨林作为研究样地,依据热带雨林最小取样面积,确定本

次调查的样地面积为 2 500 m²。对样地中胸径>5 cm 的全部 199 株乔木进行每木检测, 按 15% 的比例, 确定伐取样木总数为 30 株。以每 10 cm 为一径级, 按各径级植株数量的 15%, 确定各径级伐取的样木数, 样木共包含 21 种树种。由于热带雨林树种种类丰富, 不可能对每一树种都建立生物量模型, 所选样木只能包括优势种和一些主要树种。用收获法测定样木生物量, 树干按每米锯断称重并取圆盘, 取样在 105 ℃ 下烘干称重, 依据干重和鲜重比计算树干干重, 对于粗大树干不能直接称重者, 分段测量出体积, 取圆盘测体积和干重, 计算比重, 根据树干体积和比重计算干重^[6]。枝、叶、主根及侧根均分别全部称重, 取样烘干, 计算各自干重。每株样木取叶样品, 测叶面积与叶干重比, 推算样木总叶面积。

乔木层植株径级差异很大(5~153 cm), 故将样木按径级分为小径级组(5 cm<D<20 cm)和大径级组(20 cm<D<153 cm), 分别用样木的干、枝、叶、根及总生物量与样木胸径平方乘树高(D²H)建立各器官及总生物量的幂回归模型。根据样地每木调查结果, 样地中全部乔木植株个体的生物量均由相应的回归模型算出, 加总得出样地乔木层的总生物量^[6,7]。

2.2 木质藤本

根据样地木质藤本胸径, 伐取胸径在 2~13.8 cm 的木质藤本 12 根, 称重并测藤胸径及藤长, 取样烘干计算藤本干重。用藤本直径平方乘藤本长度(D²L)与藤本生物量建立幂回归模型。依据样地藤本每株调查数据, 推算样地全部藤本生物量。

2.3 灌木层(包括乔木幼树、幼苗)和草本层

在林下设置 5 m × 5 m 的小样方 10 个, 用收获法测定各样方全部灌木和草本的生物量, 再推算出样地灌木和草本生物量。

3 结果及分析

3.1 乔木层生物量回归模型

幂函数 $W=a(D^2H)^b$ 可较真实地反映出生物量(W)随胸径(D)及树高(H)的变化趋势, 普遍用于生物量研究^[6-9]。乔木各器官生物量及总生物量的幂回归模型和藤本生物量的幂

回归模型见表 1, 小径级和大径级乔木的干、枝、根和总生物量, 以及藤本生物量的幂回归模型的相关系数均达到极显著水平($\rho < 0.001$)。叶生物量幂回归模型的相关系数也达到显著水平($\rho < 0.01$)。总的来说各模型的相关性很高, 用于推算群落生物量时, 可靠性高, 并具有很好的运用价值。

3.2 群落生物量及其分配

群落生物量见表 2, 群落总生物量为 692.590 t/hm², 群落生物量绝大部分集中于乔木层, 乔木层生物量达 683.291 t/hm², 占群落生物量的 98.66%, 灌木、藤本、草本生物量分别为 5.243 t/hm²、3.444 t/hm² 和

表 1 乔木生物量和藤本生物量回归模型
Table 1 Regression models of tree biomass and liana biomass

生活型 Life form	径级 DBH classes	器官 Organs	回归方程 Regression models	相关系数(r) Correlation coefficients
乔木 Tree	5 cm ≤ D ≤ 20 cm	干 Stems	$W_s = 0.0296 (D^2H)^{0.9579}$	0.9861 ***
		枝 Branches	$W_b = 0.0158 (D^2H)^{0.8285}$	0.8430 ***
		叶 Leaves	$W_l = 0.0488 (D^2H)^{0.5027}$	0.6596 **
		根 Roots	$W_r = 0.0112 (D^2H)^{0.9645}$	0.9535 ***
		总 Total	$W_t = 0.0675 (D^2H)^{0.9040}$	0.9790 ***
	20 cm < D ≤ 153 cm	干 Stems	$W_s = 0.06063 (D^2H)^{0.89763}$	0.97965 ***
		枝 Branches	$W_b = 0.59624 (D^2H)^{0.52284}$	0.86605 ***
		叶 Leaves	$W_l = 0.17068 (D^2H)^{0.42882}$	0.83361 **
		根 Roots	$W_r = 0.00691 (D^2H)^{0.97809}$	0.95554 ***
		总 Total	$W_t = 0.13407 (D^2H)^{0.45964}$	0.97577 ***
藤本 Liana	2 cm < D ≤ 13.8 cm	总 Total	$W_l = 0.07396 (D^2L)^{0.44951}$	0.97555 ***

** $\rho < 0.01$ *** $\rho < 0.001$

表 2 雨林生物量 (t/hm²)
Table 2 Biomass of the rain forest (t/hm²)

	乔木 Trees	灌木 Shrubs	木质藤本 Lianas	草本 Herbs	合计 Total
生物量 Biomass	683.291	5.243	3.444	0.612	692.590
占总生物量(%) % of total biomass	98.66	0.76	0.50	0.09	100.00

0.612 t/hm², 仅分别占群落的 0.76%、0.50% 和 0.09%。该群落总生物量高于海南黎母山热带山地雨林生物量 (地上为 507.242 t/hm²、地下为 80.163 t/hm²)^[4]。

3.3 乔木层生物量分配

3.3.1 乔木层生物量的器官分配 乔木层各器官生物量见表 3, 各器官生物量大小顺序为: 树干 477.375 t/hm², 占乔木生物量的 69.80%; 树根 147.453 t/hm², 占 21.56%; 树枝 53.172 t/hm², 占 7.77%; 树叶 5.291 t/hm², 占 0.77%。以上数据表明该雨林树干和树根的生物量较高, 枝和叶生物量相对较低, 这与热带雨林具有高大通直的树干及发达的板根、枝下高较高、树冠多呈伞形而且相对较小的特征相符合。

与世界一些热带森林相比, 西双版纳热带季节雨林生物量与印度热带雨林较接近, 高于泰国热带雨林。如印度热带雨林地上部分生物量为 420~649 t/hm²^[2], 泰国热带雨林干和枝生物量为 360 t/hm²^[10]。西双版纳热带季节雨林乔木层地上部分生物量为 535.838 t/hm², 干和枝的生物量为 530.547 t/hm²。叶的生物量高于泰国季雨林 (3.8 t/hm²)^[10]。叶面积指数为 6.91, 高于海南黎母山热带山地雨林乔木层的叶面积指数 (6.533)^[4]。根生物量比例与波多黎各低山森林的根生物量比例 (20.40%) 和非洲热带雨林根生物量比例 (20%)^[10, 11] 接近。

3.3.2 乔木层生物量的径级分配

表 3 给出乔木层生物量的径级分配, 在 5~40 cm 的 4 个径级中, 随径级增加, 生物量由 7.845 t/hm² (占乔木生物量 1.15%) 快速增加至 62.008 t/hm² (占 9.07%)。在 40~50 cm 径级, 生物量减少为 46.255 t/hm² (占 6.77%), 随后当径级达到 60~70 cm 时, 生物量达到第一个高峰, 为 130.980 t/hm² (占 19.17%)。70~80 cm 径级和 90~100 cm 径级, 生物量又减少, 分别为 52.460 t/hm² (占 7.68%) 和 40.144 t/hm² (占 5.88%)。在 130~140 cm 径级, 生物量上升到 97.171 t/hm² (占 14.22%), 到 150~160 cm 径级, 生物量再次达到高峰, 为 136.949 t/hm² (占 20.04%)。总体上, 生物量随径级的增加, 呈现较大幅度的波动上升。生物量分配集中于中等径级 60~70 cm 和最大径级 130~140 cm 和 150

表 3 乔木生物量的径级分配

Table 3 The allocation of the biomass among the different DBH classes for tree layer

径级 DBH classes	生物量 Biomass	干 Stems	枝 Branches	叶 Leaves	根 Roots	合计 Total	乔木生物 量的% % of tree biomass
5~10 cm	t/hm ² %	4.889 62.31	1.190 15.16	0.519 6.62	1.248 15.91	7.845 100.00	1.15
10~20 cm	t/hm ² %	9.386 65.67	2.264 15.84	0.453 3.17	2.190 15.32	14.292 100.00	2.09
20~30 cm	t/hm ² %	21.912 65.05	5.729 17.01	0.634 1.88	5.410 16.06	33.685 100.00	4.93
30~40 cm	t/hm ² %	42.014 67.76	8.095 13.06	0.808 1.30	11.090 17.89	62.008 100.00	9.07
40~50 cm	t/hm ² %	31.920 69.01	5.066 10.95	0.474 1.03	8.795 19.01	46.255 100.00	6.77
50~60 cm	t/hm ² %	42.999 69.91	5.650 9.19	0.497 0.81	12.358 20.09	61.503 100.00	9.00
60~70 cm	t/hm ² %	92.324 70.49	10.274 7.84	0.855 0.65	27.527 21.02	130.980 100.00	19.17
70~80 cm	t/hm ² %	37.146 70.81	3.611 6.88	0.288 0.55	11.415 21.76	52.460 100.00	7.68
90~100 cm	t/hm ² %	28.324 71.05	2.345 5.84	0.177 0.44	9.098 22.66	40.144 100.00	5.88
130~140 cm	t/hm ² %	69.080 71.09	4.012 4.13	0.269 0.28	23.810 24.50	97.171 100.00	14.22
150~160 cm	t/hm ² %	97.183 70.96	4.936 3.60	0.317 0.23	34.513 25.20	136.949 100.00	20.04
合计 Total	t/hm ² %	477.375 69.80	53.172 7.77	5.291 0.77	147.453 21.56	683.291 100.00	

~160 cm。这一规律与黎母山山地热带雨林基本一致^[4]。

从表 3 还可看出, 随径级增加, 乔木的干和根的生物量积累比例上升, 叶和枝的生物量积累比例下降。径级由 5~10 cm 增加到 60~70 cm, 茎干生物量比例由 62.31% 上升为 70.49%, 当径级 >70 cm

后, 增长不明显。当径级在 5~30 cm 间, 根生物量积累比例变化不大, 在 15.32%~16.06% 间, 当径级从 30~40 cm 增加到 150~160 cm, 根生物量积累由 17.89% 逐渐上升到 25.20%。叶生物量积累比例则相反, 由 5~10 cm 径级到 150~160 cm 径级, 叶生物量积累比例由 6.62% 逐步下降为 0.23%。在 5~30 cm 间各径级, 枝生物量积累比例为 15.16%~17.01%, 随径级增加, 积累比例下降, 150~160 cm 径级, 枝生物量积累仅为 3.60%。

3.3.3 乔木层生物量的垂直分配

表 4 显示, 乔木层总生物量积累从下层往上层呈快速增长, 即高度为 3~20 m 的乔木 III 层的生物量最低, 占乔木生物量的 2.73%、高度为 20~40 m 的乔木 II 层的生物量次之, 占 36.72%、高度 >40 m 的乔木 I 层的生物量最高, 占 60.55%, 呈倒金字塔。株数在各层的分布则相反, 即乔木 III 层的株数最高, 占乔木株数的 69.35%, 乔木 II 层的次之, 占 24.62%, 乔木 I 层的最低, 为 6.03%。干和根生物量的层次变化与总生物量相似, 随高度上升而增加。从乔木 III 层到乔木 II 层再到乔木 I 层, 干生物量由 11.923 t/hm²、上升到 172.656 t/hm² 和 292.795 t/hm², 根生物量由 2.897 t/hm² 上升到 48.461 t/hm² 和 96.095 t/hm²。枝和叶生物量层次变化与干及根的不同, 其生物量的最大积累不是在乔木 I 层, 而是在乔木 II 层。从乔木 III 层到乔木 II 层再到乔木 I 层, 枝生物量变化由 2.956 t/hm² 上升到 27.138 t/hm² 后, 又下降到 23.079 t/hm²; 叶生物量由 0.856 t/hm² 上升到 2.667 t/hm², 又减少为 1.768 t/hm²。

表 4 乔木生物量在各亚层中的分配

Table 4 The allocation of the biomass among the sub-layers

乔木亚层 Tree sub-layers	生物量 Biomass	干 Stems	枝 Branches	叶 Leaves	根 Roots	合计 Total	乔木生物量 的 % % of tree biomass
III	3~5 m	1.085 61.78	0.264 15.05	0.127 7.22	0.280 15.95	1.756 100.00	0.26
	5~10 m	1.972 62.02	0.480 15.10	0.220 6.93	0.507 15.94	3.180 99.99	0.47
	10~15 m	3.178 63.90	0.771 15.49	0.245 4.93	0.781 15.69	4.974 100.00	0.73
	15~20 m	5.687 65.21	1.441 16.52	0.264 3.03	1.329 15.24	8.721 100.00	1.28
合计 Total	11.923 63.99	2.956 15.87	0.856 4.60	2.897 15.55	18.632 100.00	2.73	
II	20~25 m	3.286 64.23	0.916 17.90	0.133 2.61	0.782 15.27	5.117 100.00	0.75
	25~30 m	28.184 67.39	5.606 13.40	0.597 1.43	7.434 17.78	41.820 100.00	6.12
	30~35 m	34.864 68.16	6.169 12.06	0.625 1.22	9.494 18.56	51.153 100.00	7.49
	35~40 m	106.322 69.57	14.447 9.45	1.312 0.86	30.751 20.12	152.832 100.00	22.37
合计 Total	172.656 68.81	27.138 10.82	2.667 1.06	48.461 19.31	250.922 100.00	36.72	
I	>40 m	292.795 70.77	23.079 5.58	1.768 0.43	96.095 23.23	413.737 100.00	60.55
	全部合 计 All	477.375 69.86	53.172 7.78	5.291 0.77	147.453 21.58	683.291 100.00	100.00

的生物量最高, 占 60.55%, 呈倒金字塔。株数在各层的分布则相反, 即乔木 III 层的株数最高, 占乔木株数的 69.35%, 乔木 II 层的次

之, 占 24.62%, 乔木 I 层的最低, 为 6.03%。干和根生物量的层次变化与总生物量相似, 随高度上升而增加。从乔木 III 层到乔木 II 层再到乔木 I 层, 干生物量由 11.923 t/hm²、上升到 172.656 t/hm² 和 292.795 t/hm², 根生物量由 2.897 t/hm² 上升到 48.461 t/hm² 和 96.095 t/hm²。枝和叶生物量层次变化与干及根的不同, 其生物量的最大积累不是在乔木 I 层, 而是在乔木 II 层。从乔木 III 层到乔木 II 层再到乔木 I 层, 枝生物量变化由 2.956 t/hm² 上升到 27.138 t/hm² 后, 又下降到 23.079 t/hm²; 叶生物量由 0.856 t/hm² 上升到 2.667 t/hm², 又减少为 1.768 t/hm²。

表 5 乔木层中 21 种主要树种的生物量分配

Table 5 The biomass allocation in the main 21 species of tree layer

树种 Species	生物量 Biomass		植株 Individuals	
	t/hm ²	占乔木 % % of tree	Numb. / hm ²	占乔木的 % % of tree
番龙眼 (<i>Pometia tomentosa</i>)	137.152	20.07	12	1.51
四瓣木椴 (<i>Amoora tetrapetala</i>)	97.171	14.22	4	0.50
王氏银钩花 (<i>Mitrephora wangii</i>)	82.508	12.08	36	4.52
假广子 (<i>Knema erratica</i>)	42.811	6.27	12	1.51
香籽含笑 (<i>Michelia hedyosperma</i>)	34.818	5.10	8	1.01
云南玉蕊 (<i>Barringtonia macrostachya</i>)	33.982	4.97	48	6.03
五棱果叶木姜子 (<i>Litsea dilleniaefolia</i>)	29.022	4.25	12	1.51
皮孔蕙臭木 (<i>Dysoxylum lenticellatum</i>)	26.442	3.87	12	1.51
狭叶红光树 (<i>Knema cinerea</i>)	24.569	3.60	20	2.51
毛麻楝 (<i>Chukrasia tabularia</i>)	22.942	3.36	8	1.01
网脉肉托果 (<i>Semecarpus reticulata</i>)	19.374	2.84	4	0.50
光叶天料木 (<i>Homalium laoticum</i>)	18.544	2.71	8	1.01
缩桐 (<i>Sambaviopsis albicans</i>)	14.812	2.17	36	4.52
薄姜木 (<i>Vitex quinata</i>)	12.889	1.89	4	0.50
大叶白藤树 (<i>Gironneria subaequalis</i>)	11.819	1.73	12	1.51
云南肉豆蔻 (<i>Myristica yunnanensis</i>)	8.936	1.31	12	1.51
轮叶戟 (<i>Lasiococca comberi</i>)	7.171	1.05	32	4.02
山韶子 (<i>Nephelium chryseum</i>)	6.058	0.89	8	1.01
叶轮木 (<i>Ostodes paniculata</i>)	4.901	0.72	72	9.05
四数木 (<i>Tetrameles nudiflora</i>)	4.419	0.65	4	0.50
大叶藤黄 (<i>Garcinia xanthochymus</i>)	3.975	0.58	4	0.50
总计 Total	644.313	94.30	368	46.23

3.3.4 乔木层生物量的种类分配

表5列出占乔木层生物量0.58%以上的21种乔木树种生物量,超过10%的有3种,均为上层树种。番龙眼生物量最大,达137.152 t/hm²,占乔木生物量的20.07%,充分显示出优势种地位。其次为四瓣木楝,其生物量占乔木生物量的14.22%,王氏银钩花,占12.08%。其他上层树种的生物量均较高,如香籽含笑5.10%,五桠果叶木姜子4.25%,皮孔葱臭木3.87%,毛麻楝3.36%。中层树中,生物量超过乔木生物量1%的树种有,假广子(6.27%),云南玉蕊(4.97%),狭叶红光树(3.60%),网脉肉托果(2.84%),光叶天料木(2.71%),缅甸桐(2.17%),大叶白颜树(1.73%),云南肉豆蔻(1.31%),轮叶戟(1.05%)。以上树种中,植株最多的是云南玉蕊(48株/hm²)和王氏银钩花及缅甸桐(36株/hm²)。表5中所列21种树种,生物量合计644.313 t/hm²,占乔木层生物量的94.30%,植株数合计368株/hm²,占乔木层植株数的46.23%。占乔木层树种的65%的其它39种的生物量仅占5.70%。

综上所述,总生物量相对集中于少数优势树种。

参考文献:

- (1) Kira T, Shidei T. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific [J]. *Jap. J. of Ecol.*, 1967, 17(2): 70~87
- (2) Rai S N, Proctor J. Ecological studies on four rainforests in Karnataka, India. I. Environment, structure, floristics and biomass [J]. *J. of Ecol.*, 1986, 74(2): 439~454
- (3) Brown S, Gillespie A J R, Lugo A E. Biomass of tropical forests of south and southeast Asia [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1991, 21(1): 111~117
- (4) 黄全,李意德,赖巨章等.黎母山热带山地雨林生物量研究[J].植物生态学与地植物学学报,1991,15(3):197~206
- (5) 李意德,曾庆波,吴仲民等.尖峰岭热带山地雨林生物量的初步研究[J].植物生态学与地植物学学报,1992,16(4):293~300
- (6) 陈章和,张宏达,王伯荪等.广东黑石顶常绿阔叶林生物量及其分配的研究[J].植物生态学与地植物学学报,1993,17(4):289~298
- (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[J].生态学报,1997,17(5):497~504
- (8) 木村允.陆地植物群落的生产量测定法(姜恕等译)[M].北京:科学出版社,1976,58~75
- (9) 佐藤大七郎,堤利夫.陆地植物群落的物质生产(聂绍荃等译)[M].北京:科学出版社,1986,21~47
- (10) Golley F B. 热带森林的生产量和矿质循环(李文华译)[M].植物生态学译丛(4).北京:科学出版社,1975,124~134
- (11) Major J. 演替过程中的生物量积累[A].植被动态(Knapp R主编,宋永昌等译).北京:科学出版社,1986,156~157