

# 滇南热带雨林物种多样性的取样面积探讨<sup>\*</sup>

朱 华 王 洪 李保贵 许再富

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303)

**摘 要** 通过不同面积样方种数的比较、物种多样性指数等的计算和逐步扩大样地面积的调查,本文研究了滇南热带雨林种数/面积关系、个体/种数关系、物种多样性及树种的频度分布规律,认为滇南热带雨林群落学调查的最适取样(样方)面积是  $0.25 \text{ hm}^2$ , 这个面积接近该类型热带雨林理论上的群落最小表现面积。为能体现一个具体森林(群落)类型的基本的植物区系组成,需设置 4~5 个这样的样方(总面积累计  $1 \text{ hm}^2$  以上)。从与世界不同地区热带雨林的比较亦可见,云南热带雨林有类似的树种频度分布规律,单位面积上的物种多样性比典型的东南亚低地热带雨林稍低,但比非洲的热带雨林要高。

**关键词** 热带雨林,种数/面积,物种多样性,云南

**Species diversity of primary tropical rain forest of south Yunnan of China with special reference to sampling area/ ZHU Hua, WANG Hong, LI Bao Gui, XU Zai Fu**

**Abstract** An investigation aiming to demonstrate plant species / area of the primary tropical rain forest of south Yunnan has been done. Species diversity, species/individual relationship and frequency of tree species were discussed. From the analysis of species/area, the optimal plot size for phytocoenological survey on the forest is suggested to be  $0.25 \text{ hm}^2$ , which is close to the phytocoenological minimum area of the forest, and the total sampling area for a forest type in which the intrinsic floristic composition can be embodied is also suggested to be at least one  $\text{hm}^2$  (four such plots of  $0.25 \text{ hm}^2$  with cumulative area one  $\text{hm}^2$ ). It is also concluded that the rain forest formations on non-limestone have higher species diversity than limestone rain forest formations, and the formations on ravine habitats have higher species diversity than the ones on lower hill slopes. The comparison between the rain forest of Yunnan and the ones of the world revealed that the rain forest of Yunnan has a slightly lower species richness than typical lowland rain forests of southeast Asia, but higher than rain forests of tropical Africa.

**Key words** tropical rain forest, species diversity, South Yunnan

**Author's address** Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, The Chinese Academy of Science, Mengla, Yunnan 666303

## 1 前言

中国热带雨林主要分布在西藏东南部,云南、广西和台湾南部以及海南。最大面积的热带雨林是在云南南部,并且是至今保存较好的雨林。云南的热带雨林在区系组成上与热带亚洲植物区系亲缘,是东南亚热带雨林的北缘类型<sup>[1~4]</sup>。

云南南部位于热带季风气候带的北缘,属于横断山余脉的山原、山地区。热带雨林主要分布在湿热的低丘和谷地,与山地的常绿阔叶林和干坡的半常绿季节雨林形成交错镶嵌的分布格局。由于特殊的发生和分布,造就了该地区热带雨林群落类型多样性和物种丰富性<sup>[5,6]</sup>,热带雨林的每个块片经常很自然地就是一个森林类型。或就植被分类系统名称而言,有时也可称做一个群系。尽管热带雨林的类型或群系的区分通常是依据群落结构、生态外貌和自然生境特点的综合考虑而不管植物区系组成<sup>[7~13]</sup>,由于云南热带雨林发生和分布的特殊性,在

\*

收稿日期:1997-12-25;接受日期:1998-03-16

\* 中国科学院 KJ85-05-03 课题、KZ951-A-104 课题,云南省基金支持项目

热带雨林类型或群系的区分上,我们仍重视植物区系组成特点,特别是标识种类,在实践上这被证明是可运用的<sup>[5,6,14~19]</sup>。另一方面,热带雨林的一个群落被认为是由林窗、建成和成熟三个演替阶段的镶嵌体,它的林冠总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态<sup>[13,20]</sup>。一单个样方仅是群落景观实体的一个小块片,它代表的也仅是该群落的植物区系的时间和空间浮动(Flux)的一个小部分<sup>[13]</sup>。这样,在对热带雨林群落的调查研究中就常碰到多大的样方面积为宜以能实质性地反映群落的这个小块片的植物区系组成,以及需设置多少个样方才能体现一个具体群落或森林类型的基本的植物区系组成和获得一个群落综合表。本文也将主要针对这些问题进行探讨。

2 样方设置和研究方法

作者选择云南西双版纳自然保护区的勐仑片为研究对象,它位于小腊公路 58 km 里程碑的西侧山坡中下部,是一片热带季节雨林。该地小地形较均一,坡向 NE 20°,坡度 30°,海拔 680 m,土壤湿润,无岩石露头,植被是以大叶白颜树(*Gironniera subaequalis*)和金刀木(*Barringtonia macrostachya*)为优势树种的群落。该群落高 35 m,复盖度大于 95%,乔木有 3 层,林内板根普遍,木质大藤本丰富,为一较典型的地段。为尽量保持小环境的均一性和便于记录工作,基本样方设立为 500 m<sup>2</sup>(50 m ×10 m),然后按每 500 m<sup>2</sup>面积递增至 4000 m<sup>2</sup>。随着样方面积的增大,逐个记录所有胸径大于或等于 5 cm 的立木和逐种登记所有的乔木、幼树、灌木和草本种类。此外,为进一步反映幼树、灌木和草本植物的种数/面积关系,作者在样方内设置了 8 个 5 m ×5 m 的小样方,以同样方式记录种类。以一些典型样方为例,对个体/种数关系、树种的频度分布和香农多样性指数作了计算。为了探讨体现一个具体群落类型的基本的植物区系组成所必需的累计样方面积或样方数量,我们针对云南西双版纳地区的三个主要的热带雨林群系,即番龙眼-千果榄仁林(*Pometia pinnata* *Terminalia myriocarpa* Forest),大药树林-龙果林(*Antiaris toxicaria*-*Pouteria grandiflora* Forest)和望天树林(*Parashorea chinensis* Forest),制作了它们的种数/累积样方面积关系曲线。

3 调查结果

扩大面积的样方调查结果见表 1、图 1 和图 2。表 1 中乔木总种数为胸径大于或等于 5 cm 的立木种数与胸径小于 5 cm 的幼树种数之和,在此已除去了立木、幼树中相互重复的种类。热带雨林乔木的种数/个体关系见表 2,树种的频度分布见表 3,不同热带雨林群系物种多样性的比较见表 4。

表 1 热带季节雨林群落样方面积与种数关系  
Table 1 The relationship between number of species and sampling area in the tropical seasonal rain forest (Menglun Nature Reserve)

样方 Plot	1	2	3	4	5	6	7	8
面积 Area (m <sup>2</sup> )	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
乔木 Tree ≥5 cm DBH	19	24	30	37	44	49	53	55
	18	26	33	35	37	37	38	38
Total	37	50	63	72	81	86	91	93
灌木 Shrub	8	11	12	14	14	15	16	17
草本 Herbaceous plant	17	19	21	24	25	25	25	26
合计 Total species	62	80	96	110	120	126	132	136

表 2 热带雨林乔木的种数/个体关系

Table 2 Individual/ species in different tree strata of the tropical rain forest

样方 Plot	面积 Area (hm <sup>2</sup> )	上层乔木 (> 30 m)			中层乔木 (18 ~ 30m)			下层乔木 (5 ~ 18m)			乔木层 (> 5 m)
		N. I.	N. S.	I. / S.	N. I.	N. S.	I. / S.	N. I.	N. S.	I. / S.	I. / S.
94-1-3	0.25	34	18	1.9	84	35	2.4	76	27	2.8	3.4
94-1-2	0.25	31	14	2.2	48	28	1.7	29	21	1.4	3.7
931206	0.25	22	6	3.6	91	31	2.9	69	35	2.0	3.5
94-1-1	0.25	24	14	1.7	31	21	1.5	41	26	1.6	2.0
92-1	0.25	45	17	2.6	72	25	2.9	90	26	3.5	4.5
总计 平均	1.25	156			326			305			3.4
				2.4			2.3			2.3	

注: N. I.: 株数 (Number of individual), N. S.: 种数 (Number of species), I. / S.: 株/种 (Number of individual per species);  
上层乔木: Top tree layer, 中层乔木: Middle tree layer, 下层乔木: Lower tree layer, 乔木层: Tree layers

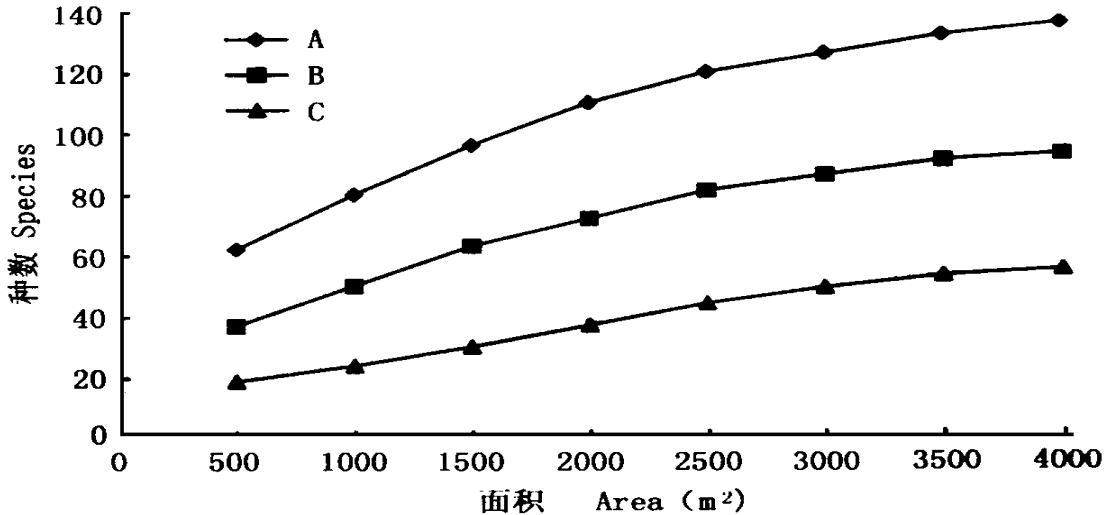


图 1 热带雨林群落植物种数 - 样方面积曲线 (勐仑自然保护区)

Fig. 1 Species/area curves of the tropical rain forest community in the Nature Reserve of Xishuangbanna

A: 乔木、灌木、草本植物合计 (Tree, shrub and herb plants); B: 乔木 (包括幼树) (Tree and sapling); C: 乔木 (Tree ≥ 5 DBH)

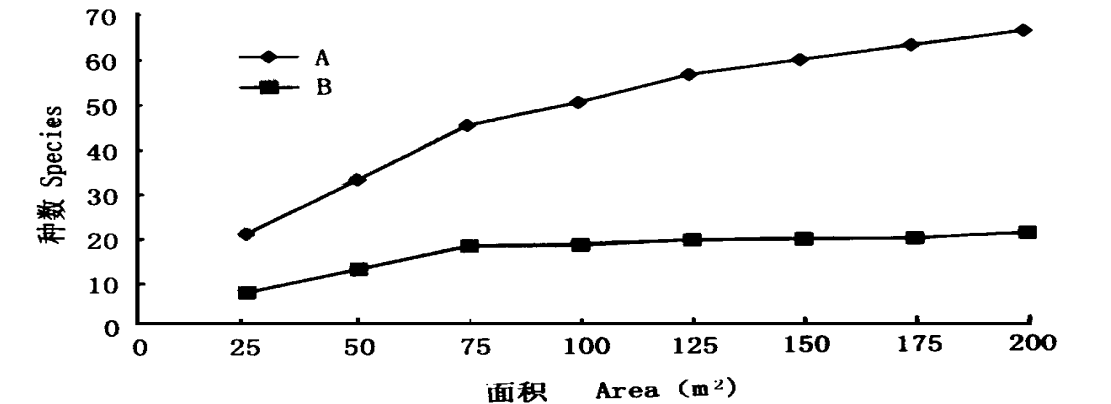


图 2 幼树 - 灌木、草本植物种数 - 面积曲线

Fig. 2 Species/area curves of sapling-shrub and herb plants of the TRF community

A: 幼树 + 灌木 (Sapling and shrub); B: 草本植物 (Herb)

三个主要的热带雨林类型的种数/ 累积样方面积关系曲线见图 3。

表 3 树种的频度分布

Table 3 Frequency of tree species in plots of the tropical rain forest										
株数 No. of plants	样 方 Plot									
	94-1-3		94-1-2		931206		94-1-1		9201	
	No. of sp.	%	No. of sp.	%	No. of sp.	%	No. of sp.	%	No. of sp.	%
1	31	51.7	27	56	25	48.1	28	58	18	39
2 ~ 5	19	31.7	17	35	18	34.6	18	37.5	20	43
6 ~ 10	8	13.3	4	9	6	11.5	1	2.1	2	4.3
11 ~ 20	0	0	0	0	2	3.8	1	2.1	3	6.5
> 20	2	3.3	0	0	1	1.9	0	0	3	6.5

表 4 不同热带雨林群系物种多样性的比较

Table 4 Comparison of species diversity between the limestone seasonal rain forest and the seasonal rain forest on non limestone

森林类型 Forest type	样方 Plot	面积 Area(m <sup>2</sup> )	海拔 Alt. (m)	坡度 Slope(°)	种数 N. S.	株数 N. I.	香农指数 H	均匀度指数 E
石灰岩山地季节雨林	Seasonal rainforest on limestone mountain							
A. 番龙眼 - 油朴林	102-16	2400	700	0-5	45	140	3.2627	0.8571
	HW9203	2500	700	25	23	118	2.4269	0.774
	HW9202	2500	740	10	19	164	2.0464	0.693
B. 轮叶戟 - 油朴林	940301	2500	800	40	27	102	2.5277	0.7669
酸性土山地季节雨林	Seasonal rainforest on acid soil mountain							
C. 千果榄仁、番龙眼林	940102	2500	650	5-10	49	108	3.586	0.9263
	940103	2500	675	30	57	194	3.573	0.8727
	940101	2500	700	25	48	96	3.599	0.9297
D. 大药树、龙果林	931206	2500	650	10	52	182	3.3765	0.8545
	9201	2500	680	30	46	207	3.1594	0.825

H: Shannon-Wiener's diversity indexes<sup>[14]</sup>; E: Evenness indexes of Pielou<sup>[15]</sup>; A. *Pometia pinnata*-*Celtis wightii* Forest; B. *Lasiococca comberi* var. *pseudovericillata*-*Celtis wightii* Forest; C. *Terminalia myriocarpa*-*Pometia pinnata* Forest; D. *An-tiaris toxicaria*-*Pouteria grandiflora* Forest.

4 讨论

从表 1 可见,胸径在 5 cm 以上的树种并不保持与包括幼树、幼苗在内的所有树种同样的种数随面积而增加的幅度。这是因为在群落局部地段上乔木层种类组成并不都与下面的幼树、幼苗种类组成一致。这或许能部分地用奥布维勒提出,理查斯所讨论<sup>[16]</sup>的热带雨林“更新镶嵌”现象来解释。然而,更为可能的是,发生在热带北缘的滇南热带雨林,有更多的林冠植物区系组成浮动(canopy disturbance)。

从 5 个同样面积(0.5 hm<sup>2</sup>)的热带雨林样方的统计(表 2)可见,上层、中层和下层乔木树种的个体/种数比是 2.3~2.4,胸径 5 cm 以上的所有树种的个体/种数比是 3.4,即平均每种有 3.4 株。在勐腊望天树单优群落上层、中层乔木树种的个体/种数比是 4,胸径 5 cm 以上的所有树种的个体/种数比是 7.1。

样方内树种的频度分布是:40%~60%的种类仅有 1 株;30%~40%的种类每种有 2~5

株; $<15\%$ 的种类每种有 6~10 株;不到 10%的种类每种有 10 株以上个体(表 3)。这是热带雨林的一个特征,亦即热带雨林中大多数种类都具有较小的种群,优势种不明显<sup>[17~19]</sup>,反映了热带雨林生境的极端异质性和生态位分化强烈。

物种多样性指数的比较显示(表 4),酸性土山地的季节雨林不同样方尽管单位面积( $0.25\text{ hm}^2$ )上的树种和个体数各不相同,但物种多样性指数都很接近,其值变化在 3.1594~3.599 之间,均匀度变化在 0.825~0.9297 之间。就具体森林群落而言,低丘雨林的物种多样性指数值和均匀度较沟谷雨林稍小。石灰岩山季节雨林的物种多样性指数值和均匀度又较非石灰岩山季节雨林的小,并且不同样方间的物种多样性指数值和均匀度变化亦较大,这一方面反映了石灰岩基质对物种的选择压力较大,另一方面也反应了石灰岩生境的空间异质性亦较大。

种数/面积曲线(图 1)在  $2500\text{ m}^2$  时开始趋于平缓,意味着  $2500\text{ m}^2$  面积已接近群落最小面积,能本质上反映群落在这个局部地段的植物区系组成。

由小样方反映的幼树灌木种数/面积曲线和草本植物种数/面积曲线(图 2)分别在约  $100\text{ m}^2$  和  $75\text{ m}^2$  时开始趋于平缓。通常采用的在样方四个角和中心各设置一个  $5\times5\text{ m}$  小样方作幼树灌木层和草本层的调查是可取的。

Drees E M<sup>[21]</sup>研究了印度尼西亚邦加的热带雨林原始林和次生林的种数-面积关系,认为  $2500\text{ m}^2$  已接近群落最小面积,作为获得反映该地段群落种类组成特征的样方表的面积是适合的。这与笔者的研究结果西双版纳热带雨林以  $2500\text{ m}^2$  作为最适取样面积是一致的。

取自非邻接样方的累加种数/面积曲线(图 3)在大约  $1\text{ hm}^2$  时开始趋于平缓,这意味着为体现一个具体森林类型的基本的植物区系组成,至少  $1\text{ hm}^2$  的累加取样面积是必需的。如果最适单个样方面积是  $0.25\text{ hm}^2$ , 对于一个具体森林类型,至少 4 个这样的样方是需要的,以便一个群落综合表被编制用以体现基本的植物区系组成,也能便于统计植物种的存在度及其它的群落综合指数。

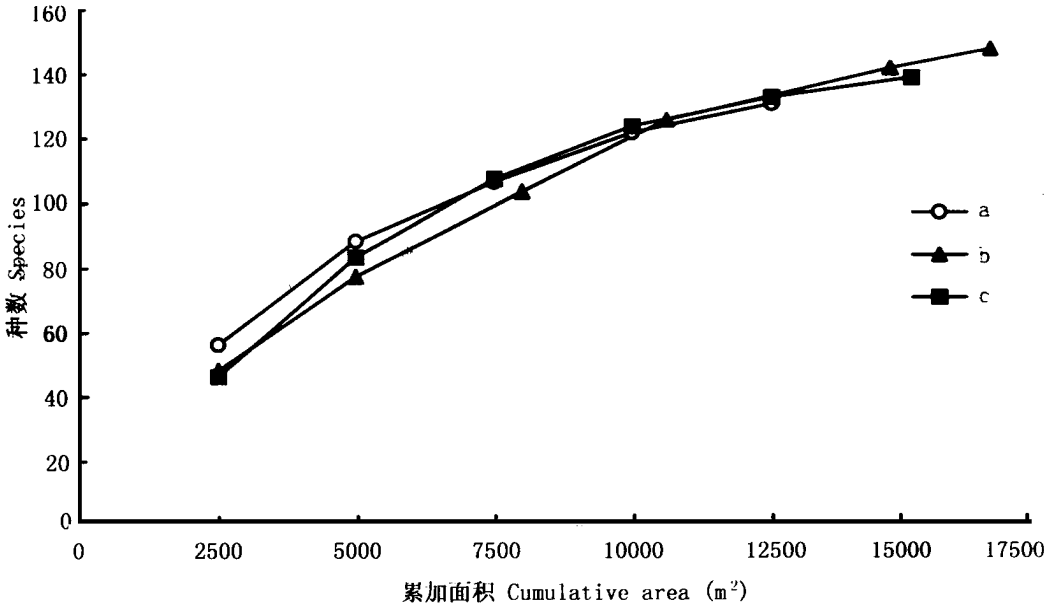


图 3 云南热带雨林的种数/累积样方面积关系曲线

Fig. 3 Tree species/ area curves for the TRF of Yunnan:

a:望天树林(*Parashorea chinensis* Forest); b: 番龙眼- 千果榄仁林(*Pometia pinnata*-*Terminalia myriocarpa* Forest); c:大药树林- 龙果林(*Antiaris toxicaria*-*Pouteria grandiflora* Forest.)

从世界不同热带雨林种数/面积曲线的比较(图4)可见,云南的热带雨林具有比典型东南亚低地热带雨林低的单位面积种数,但比非洲热带雨林高。也就是说,云南热带雨林单位面积上的物种多样性比典型东南亚低地热带雨林低,但比非洲热带雨林高。

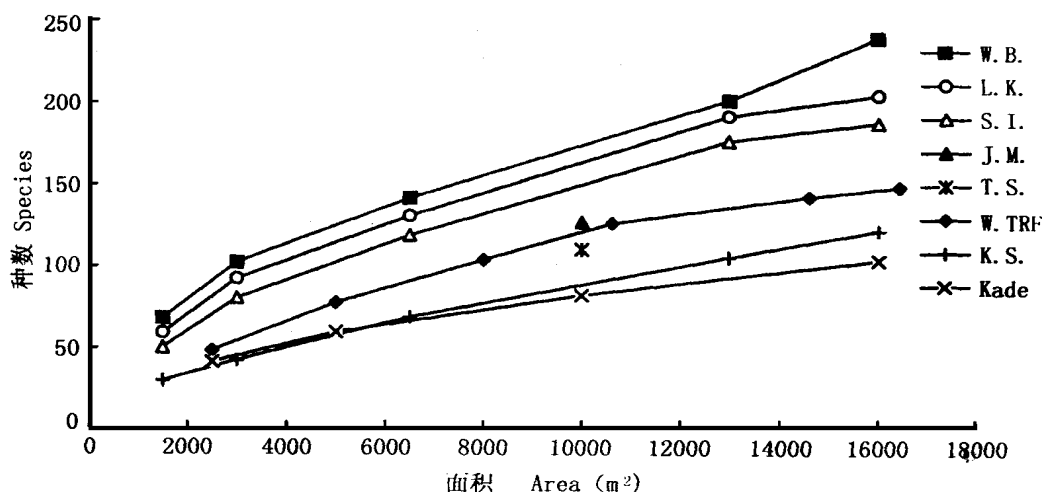


图4 世界不同热带雨林种数/面积曲线的比较

Fig. 4 Comparison of species/area curves (data for Ghana and Yunnan are from non contiguous plots, for all the others from contiguous plots)

W. TRF: Wet seasonal rain forest, south Yunnan; K. S.: Ketamber, Sumatra; W. B.: Wanariset, Boneo; L. K.: Lempake, Kalimantan; S. I.: Sekundur, Indonesia; T. S.: Toraut, Sulawesi; J. M.: Jaro Malaysia; Kade: Kade Ghana (W. TRF: tree over 5 cm DBH; Others: over 10 cm DBH) (Ref.: K. S., W. B., L. K. and S. I. from Kartawinata<sup>[22]</sup>; T. S. and J. M. from Whit more & Sidiyasa<sup>[23]</sup>; Kade from Hall & Swaine<sup>[24]</sup>).

**致谢** 英国剑桥大学植物科学系热带生态学研究室, Tanner E 博士, Grubb P 博士和 Whitmore T C 博士对本研究给予了很大支持, 中科院西双版纳热带植物园张玲、肖文祥、段其武同志参加了调查工作, 作者深表谢意。

## 参 考 文 献

- 1 朱华. 西双版纳望天树林的群落生态学研究. 云南植物研究, 1992, **14**(3): 237 ~ 258
- 2 朱华. 望天树林与相近类型植被结构的比较研究. 云南植物研究, 1993, **15**(1): 34 ~ 46
- 3 朱华. 西双版纳龙脑香林植物区系研究. 云南植物研究, 1993, **15**(3): 233 ~ 252
- 4 朱华. 西双版纳龙脑香林与热带亚洲和中国热带北缘地区植物区系的关系. 云南植物研究, 1994, **16**(2): 97 ~ 106
- 5 金振洲, 欧晓昆. 西双版纳热带雨林植被的植物群落类型多样性特征. 云南植物研究, 1997, 增刊 IX: 1 ~ 30
- 6 金振洲. 西双版纳热带雨林植物种类组成的生态结构多样性特征. 云南植物研究, 1997, 增刊 IX: 32 ~ 58
- 7 Beard J S. The classification of tropical American vegetation types. *Ecology*, 1955, **36**: 359 ~ 412
- 8 Webb L J. A physiognomic classification of Australian rain forests. *J. Ecology*, 1959, **47**: 551 ~ 570
- 9 Robbins R G. The biogeography of tropical rain forest in SE Asia. *Proc. Symp. Recent. Adv. Trop. Ecol.*, 1968: 531 ~ 535
- 10 Hall J B, Swaine M D. Classification and ecology of closed-canopy forest in Ghana. *J. Ecology*, 1976, **64**: 913 ~ 953
- 11 Beadle N C W. The Vegetation of Australia. London: Cambridge University Press, 1981
- 12 Whitmore T C. Tropical rain forest of the far east (Second Edition). Oxford: Clarendon Press, 1984
- 13 Whitmore T C. An Introduction to Tropical Rain Forest. Oxford: Clarendon Press, 1990
- 14 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980, 363 ~ 397

- 15 刘伦辉. 热带雨林. 见: 吴征镒主编《云南植被》, 北京: 科学出版社, 1987, 97 ~ 143
- 16 Richards P W. The Tropical Rain Forest. London: Cambridge University Press, 1952
- 17 Zhu H. The tropical rainforest vegetation in Xishuangbanna. *Chinese Geographical Science*, 1992, **2**(1): 64 ~ 73
- 18 Cao M, Zhang J. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. *Biodiversity and Conservation*. 1997, **6**: 995 ~ 1006
- 19 Zhu H. Ecological and biogeographical studies on the tropical rain forest of south Yunnan, SW China with a special reference to its relation with rain forests of tropical Asia. *J. Biogeography*, 1997, **24**: 647 ~ 662
- 20 Whitmore T C, Sidiyasa K. Composition and structure of a lowland rainforest at Toraut, northern Sulawesi. *Kew Bull.*, 1986, **41**: 747 ~ 755
- 21 Turner I M. An enumeration of one hectare of Pantai Aceh forest reserve, Penang. *Gard. Bull. Sing*, 1989, **42**(1): 29 ~ 44
- 22 Pajmans K. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea. *J. Ecol.* 1970, **58**, 77 ~ 101
- 23 Drees E M. The Minimum area in tropical rainforest with special reference to some types in Bangka (Indonesia). *Vegetatio*, 1954, **5** ~ **6**, 517 ~ 523
- 24 Kartawinata K. A review of natural vegetation studies Malesia with special reference to Indonesia. In: Baas P, Kalkman K, Ceesink R (eds.), *The Plant Diversity of Malesia*. Kluwer Academic Publishers, 1990, 121 ~ 132