

西双版纳勐养山地雨林群落生态学研究^{*}

张国成 施济普 周仕顺 朱华^{* *}

(中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部 昆明 650223)

摘要 依据 5 个 25 m × 20 m 样地的调查,对西双版纳勐养热带山地雨林的群落结构、种类组成、生活型构成、多样性、种面积关系等进行了研究.结果显示,勐养山地雨林主要由茜草科、桃金娘科、肉豆蔻科、樟科、大戟科等植物种类组成,以黄棉木 (*Metadina trichotoma*)、华夏蒲桃 (*Syzygium cathayense*)、假广子 (*Knema erratica*)及山桂花 (*Paramichelia baillonii*)为乔木优势种;群落乔木层以中叶、全缘、革质、尾尖、常绿植物占优势,灌草层植物则以中叶、全缘、纸质叶植物为主;藤本植物中以木质藤本占优势,板根和茎花现象少见.各种性质表明该群落是西双版纳较为典型的山地雨林群落类型,可命名为黄棉木-华夏蒲桃林.图 1 表 5 参 22

关键词 西双版纳; 山地雨林; 物种组成; 群落生态学

CLC Q948 156 (274)

Community Ecology of Montane Rainforest in Mengyang, Xishuangbanna, Yunnan^{*}

ZHANG Guocheng, SHI Jipu, ZHOU Shishun & ZHU Hua^{* *}

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

Abstract The structure, species composition, life form spectrum, species diversity and richness of a tropical montane rainforest in Mengyang, Xishuangbanna were studied based on five 25 m × 20 m sample plots. The forest is composed mainly of the families, Rubiaceae, Myrtaceae, Myristicaceae, Lauraceae and Euphorbiaceae, and dominated by tree species, *Metadina trichotoma*, *Syzygium cathayense*, *Knema erratica* and *Paramichelia baillonii*. In physiognomy, the forest is characterized by the trees with mesophyllous, entire and leathery leaves. Woody lianas are found dominant, but trees with buttresses and cauliflory are relatively few in the forest. All the characters indicate that the community is a typical montane rainforest in the region and can be named as *Metadina trichotoma* - *Syzygium cathayense* forest community. Fig 1, Tab 5, Ref 22

Keywords Xishuangbanna; montane rain forest; species composition; community ecology

CLC Q948 156 (274)

热带森林是地球上生物多样性最丰富、最复杂、人类了解较少和目前受破坏和威胁最严重的生态系统,热带森林的保护和研究已经成为生态学的主题之一.云南南部在自然地理上是热带生物区系向亚热带生物区系的一个过渡地带(生态交错区),在历史地理上是冈瓦那古陆与劳亚古陆的一个融合地带^[1~3],其中大部分地区在第三纪古地中海消退,喜马拉雅隆升、地壳间歇性隆起而形成,其生物区系既具有古地中海起源背景,又受近代印度-马来西亚区系的强烈影响,使该地区在植被地理和生物地理上都十分重要,成为生物多样性保护的关键和热点地区^[4].

山地雨林是热带山地植被垂直带上的一个代表性类型,是热带雨林向亚热带森林过渡的一种湿润性常绿阔叶林类型,它是热带雨林在较高海拔的变型,仍属热带雨林的范畴^[5].热带山地雨林的基本特征是为以热带性物种为主,间有亚热带种类,林下热带成分占显著地位,外貌和结构仍具热带雨林特征.

我国热带山地雨林主要分布在云南南部和海南岛地区^[5, 6].有关热带雨林的研究,海南岛开展的工作较多,如热带山地雨林的植物物种多样性^[7~10]、种-个体的相互关系^[11]、森林循环和林隙更替^[12]等.西双版纳热带山地雨林的研究主要有勐宋地区的热带山地雨林群落学及群落生态学、物种多样性的研究^[13, 14],普文地区的山地雨林特征及群落演替的研究^[15, 16].

勐养保护区位于景洪市东北,西临澜沧江,是西双版纳面积最大的子保护区,保护对象主要是热带山地雨林、季节性雨林等森林类型.勐养保护区的热带山地雨林是西双版纳地区热带山地雨林的典型代表,但有关勐养地区山地雨林的群落学研究还未见报道.本文通过对勐养山地雨林的群落生态学研究,探讨它们的群落结构特征、种类组成及物种多样性,以期对西双版纳热带山地雨林的深入研究,为本地区的生物保护实践提供理论依据.

1 研究地自然状况

研究地位于云南省南部的西双版纳傣族自治州景洪市境内,样地海拔 1 100 ~ 1 200 m.山地下部属北热带季风气候,发育着热带季节雨林.年平均降雨量为 1 194 mm,全年干湿季分明,年均温 20.8℃,最热月(5月)24.6℃,最冷月(1月)14.7℃.

收稿日期: 2005-08-23 接受日期: 2005-11-04

^{*}国家自然科学基金项目(Na 30570128)和中国科学院知识创新工程项目资助. Supported by the National Natural Science Foundation of China (Na 30570128) and the Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences

^{* *}通讯作者 Corresponding author (E-mail: zhuh@xtbg.ac.cn)

.山坡下部土壤为砖红壤,中上部为黄色赤红壤^[17].

2 研究方法

首先对西双版纳勐养地区的森林植被进行了初步的调查了解,选择保存完好的具有代表性的地段,设置了面积为 25 m × 20 m 的 5 个样方,基本上涵盖了所调查区域典型山地雨林主要生境的群落地段.本研究采用记名计数样方调查方法,在每个样方内,记名测量所有胸径 5 cm 以上的树木.在每个样方的四角和中心还设置 5 个 2.5 m × 2 m 的小样方,对胸径小于 5 cm 的幼树、幼苗、灌木和草本植物的种类和数量进行调查.在大样方内的藤本植物和附生植物通过采集和观测进行记录,小样方内未包含但在大样方内出现的其他所有幼树、幼苗、灌木和草本的种类也一并记录.

乔木层重要值计算公式: $N = RDE + RDO + RFE$, 公式中, N (importance value) - 重要值; RDE (relative density) - 相对密度; RDO (relative dominance) - 相对优势度; RFE (relative frequency) - 相对频度^[18]. Simpson 指数 $D = 1 / \sum P_i$; Shannon - W inner 指数 $H' = - \sum (P_i \times \log P_i)$ ^[19]; Pielou 指数 $J = (- \sum p_i \ln p_i) / \ln N$ ^[20]. 上述算式中, P_i 是第 i 种的个体数占样地中所有种的总个体数的比例, N 为物种个体总数.

叶级谱按 (复叶按小叶计算): 细叶, 叶面积 $\leq 25 \text{ mm}^2$; 微

叶, 叶面积为 $26 \sim 225 \text{ mm}^2$; 小叶, 叶面积为 $226 \sim 2\,025 \text{ mm}^2$; 中叶, 叶面积为 $2\,026 \sim 18\,225 \text{ mm}^2$; 大叶, 叶面积为 $18\,226 \sim 164\,025 \text{ mm}^2$; 巨叶, 叶面积 $> 164\,025 \text{ mm}^2$ ^[21].

3 结果与分析

3.1 群落外貌和结构

勐养山地雨林有 3 个相对明显的乔木层. 乔木 A 层由 25 ~ 40 m 的高大树木组成, 盖度达到 70% ~ 80%, 以伞形树冠为主, 为群落的林冠层. 该层主要树种有黄棉木 (*Metadina trichotoma*)、橄榄 (*Canarium tonkinense*)、滇南杜英 (*Elaeocarpus austroyunnanensis*)、山桂花 (*Paramichelia baillonii*)、高山榕 (*Ficus altissima*)、思茅黄肉楠 (*Actinodaphne henryi*)、普文楠 (*Phoebe puwenensis*)、紫叶琼楠 (*Beilschmiedia purpurascens*)、百日青 (*Podocarpus neriifolius*). 其中山桂花、高山榕、橄榄和百日青分布于样地边缘开阔生境中. 黄棉木在本层中数量最多, 在群落中重要值最大, 是本群落乔木 A 层的优势树种. 乔木 B 层高 10 ~ 25 m, 盖度约为 50% ~ 70%. 优势种是华夏蒲桃 (*Syzygium cathayense*)、假广子 (*Knema erratica*)、滇边蒲桃 (*Paramichelia baillonii*)、假鹊肾树 (*Streblus indicus*)、云树 (*Garcinia cowa*)、山木患 (*Harpullia cupanioides*)、滨木患 (*Arytera littoralis*)、笔罗子 (*Meliosma rigida*) 等. 该层最具代表性的树种是华夏蒲桃. 乔木

表 1 乔木层各树种重要值表
Table 1 Important value of tree species

种名 Species name	相对密度 Relative density (RDE)	相对优势度 Relative dominance (RDO)	相对频度 Relative frequency (RFE)	重要值 Importance value (N)
黄棉木 <i>Metadina trichotoma</i>	9.406	9.382	4.348	23.136
华夏蒲桃 <i>Syzygium cathayense</i>	4.950	9.934	3.478	18.363
假广子 <i>Knema erratica</i>	6.436	4.567	4.348	15.350
山桂花 <i>Paramichelia baillonii</i>	0.990	11.95	1.739	14.677
滇边蒲桃 <i>Syzygium forrestii</i>	5.446	5.898	2.609	13.952
橄榄 <i>Canarium tonkinense</i>	0.495	10.45	0.870	11.819
思茅黄肉楠 <i>Actinodaphne henryi</i>	2.970	4.281	2.609	9.860
假鹊肾树 <i>Streblus indicus</i>	5.446	1.776	2.609	9.830
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	3.960	1.323	3.478	8.762
红锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	1.980	4.574	1.739	8.293
滇南杜英 <i>Elaeocarpus austroyunnanensis</i>	0.495	6.493	0.870	7.858
高山榕 <i>Ficus altissima</i>	0.495	5.858	0.870	7.223
云南崖摩 <i>Amoora yunnanensis</i>	2.475	1.805	1.739	6.019
岭罗麦 <i>Tarennoidea wallichii</i>	1.980	1.102	2.609	5.691
紫叶琼楠 <i>Beilschmiedia purpurascens</i>	1.980	1.003	2.609	5.592
越南安息香 <i>Syrax tonkinensis</i>	1.980	1.506	1.739	5.225
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	1.980	0.449	2.609	5.038
琼滇鸡爪勒 <i>Oxyceros sinensis</i>	2.970	0.259	1.739	4.968
云树 <i>Garcinia cowa</i>	2.475	0.702	1.739	4.916
粗丝木 <i>Gomphandra tetrandra</i>	1.485	0.58	2.609	4.674
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i>	1.980	0.884	1.739	4.603
普文楠 <i>Phoebe puwenensis</i>	0.495	2.161	1.739	4.395
樱叶杜英 <i>Elaeocarpus prunifolioides</i>	0.990	1.502	1.739	4.231
百日青 <i>Podocarpus neriifolius</i>	0.990	1.437	1.739	4.166
山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	1.980	0.413	1.739	4.132
细齿桃叶珊瑚 <i>Aucuba chlorascens</i>	1.980	0.228	1.739	3.947
滨木患 <i>Arytera littoralis</i>	1.980	1.093	0.870	3.943
山木患 <i>Harpullia cupanioides</i>	1.485	0.301	1.739	3.525
泰国黄叶树 <i>Xanthophyllum siamense</i>	0.990	0.722	1.739	3.451
长柄油丹 <i>Aseodaphne petiolaris</i>	0.990	1.529	0.870	3.389
柴桂 <i>Cinnamomum tamala</i>	0.990	0.631	1.739	3.360
山香圆 <i>Turpinia montana</i>	1.485	0.124	1.739	3.348
狗骨柴 <i>Diplospora fruticosa</i>	1.485	0.106	1.739	3.330
滇毒鼠子 <i>Dichapetalum gelonioides</i>	1.485	0.076	1.739	3.300

重要值小于 3 的共计 31 种, 总计 65 种 31 species with $N \leq 3$ and totally 65 species

C层主要由高度在 5 ~ 10 m 的小树组成,盖度约为 30% ~ 40%。优势树种主要有琼滇鸡爪勒 (*Oxyceros sinensis*)、滇银柴 (*Aporosa yunnanensis*)、滇毒鼠子 (*Dichapetalum gelonioides*)、山香圆 (*Turpinia montana*)、山油柑 (*Acronychia pedunculata*)、狗骨柴 (*Diplospora fruticosa*)等。

综合 5 个样地的资料,将乔木层树种的重要值列于表 1 中。在群落中,重要值大于 10 的共有 6 种,分别是黄棉木、华夏蒲桃、假广子、山桂花、滇边蒲桃和橄榄,排在前 3 位的是黄棉木、华夏蒲桃、假广子,重要值分别是 23.136、18.363、15.350。总体上群落是以茜草科、桃金娘科、肉豆蔻科、樟科和大戟科植物为优势种类,重要值小于 3 的有 31 种。

灌木层由胸径 5 cm 以下的幼树、灌木组成,盖度约为 20% ~ 30%,幼树主要有假广子 (*Knema erratica*)、滇南红厚壳 (*Calophyllum polyanthum*)、滇毒鼠子 (*Dichapetalum gelonioides*);灌木种类占优势的是椴叶山麻杆 (*Alchomea tiliifolia*)、虎克粗叶木 (*Lasianthus hookeri*)、加纳荜 (*Garrettia sinensis*)等。

草本层较为繁茂,盖度 50% ~ 70%,组成种类丰富,频度和多度较高的是清秀复叶羽蕨 (*Arachniodes spectabilis*)、柃叶 (*Phrynium capitatum*)、野靛棵 (*Mananthes patentiflora*)、长羽柄

短肠蕨 (*Allantodia siamensis*)等,在有倒木或较湿润的沟边,柃叶发展成为高约 2 m 的单优势层。

层间植物木质藤本较为丰富,但是种类组成单一,以梧桐科 (*Sterculiaceae*)的刺果藤 (*Byttneria grandifolia*)和全缘刺果藤 (*Byttneria integrifolia*)最为常见,其它有皱皮枣 (*Zizyphus rugosa*)、柳叶五层龙 (*Salacia cochinchinensis*)、独子藤 (*Celastrus monospermus*)等。附生植物主要集中在乔木 B 层和 C 层。

调查发现,群落中板根和茎花现象很少见。

3.2 物种多样性指数

表 2 是群落乔木层物种多样性指数。可以看出,乔木层各样方 Simpson 指数变化范围在 0.9081 到 0.9527 之间,与平均值 0.9356 的差异不大,各样地间 Pielou 均匀度指数的变化幅度也较小,Shannon - W inner 指数变化在 2.5383 到 3.2105 之间;各样地中,样地 1 的各种指数相对都较小,这是因为样地 1 中只有 15 种树木,是 5 个样地中物种数最少的,同时植株数也较少,所以虽然各种指数偏小,但是与其它样地的各种多样性指数相比差异不大。与勐养山地雨林^[13]相比,其平均 Shannon - W inner 指数分别是八蕊单室茱萸 - 大萼楠林为 2.861 和云南拟单性木兰 - 云南裸林为 2.781,三者之间比较接近,基本处于同一水平。

表 2 乔木层物种多样性指数
Table 2 Tree species diversity indices

层次 Layer	指数类型 Index type	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 4 Plot 4	样地 5 Plot 5	平均 Average
乔木层 Tree layer	Simpson Index	0.9081	0.9442	0.9249	0.9479	0.9527	0.9356
	Shannon - W inner Index	2.5383	3.0944	2.7937	3.1221	3.2105	2.9518
	Pielou Index	0.9373	0.9389	0.9338	0.9473	0.9615	0.9438

3.3 群落在科、属、种三水平植物组成

群落中乔木种类最丰富,共 90 种,分别属于 40 科 69 属,占群落中物种总数的 55.2%、总属数的 54.3%和总科数的 54.1%。样地乔木层共计 65 种, DBH ≥ 5 cm 的共 203 株,其中茜草科、桃金娘科、肉豆蔻科、樟科、大戟科 5 科共计 85 株,占总个体数的 37.0%。灌木、草本、藤本种类相对较少,样地中共有灌木 20 种、草本 28 种和藤本 20 种,分别占群落所有物种种数的 12.3%、17.2%和 12.3%。群落藤本植物以木质藤本所占的比例最大,不乏粗大的木质藤本。样地中共出现附生植物 5 种,占物种总数的 3.07%。群落共有植物 163 种,分属于 74 科,127 属 (表 3)。

3.4 群落叶级谱

该群落以中叶型的植物占最大优势,没有出现鳞叶植物。乔木、灌木和藤本植物均以中叶占优势,乔木树种中叶比例占

75.5% (表 4)。草本层中大叶的比例达到 36.8%,中叶占 42.1%。小叶草本植物多出现在样地的坡上部分,在样地靠近水沟的地方,分布的是一些大叶草本植物,如柃叶。

3.5 叶缘、叶质、叶尖谱及种 - 面积关系

群落中所有植物物种的叶缘、叶质、叶尖谱的统计见表 5。总的特点是乔木以全缘、革质、尾尖为主;灌木、藤本和草本则是以全缘、纸质为优势,灌木中的尾尖比例也很高。乔木的全缘比例最大,到达 82.2%,藤本次之。乔木层的革质比例达到 52.2%,由于群落比较密闭,除乔木外,其他各种生活型的植物都是以纸质叶为主,林下的灌木、草本层纸质叶的比例更高。群落中具尾尖叶的种类在乔木中占 58.9%,在灌木中占 80%,但草本植物的非尾尖比例达到 67.9%。群落乔木层以常绿物种为优势的,常绿成分占 97.4%。

表 3 不同生活型的科、属、种三个水平上的植物组成
Table 3 Numbers of species, genera and families of different life forms

层次 Layer	科 Family	P/%	属 Genus	P/%	种 Species	P/%
乔木 Tree	40	54.1	69	54.3	90	55.2
灌木 Shrub	11	14.9	18	14.2	20	12.3
草本 Herb	22	29.7	26	20.5	28	17.2
藤本 Liana	13	17.6	14	11	20	12.3
附生 Epiphyte	3	4.05	4	3.15	5	3.07
总计 Total	74	100	127	100	163	100

表 4 群落叶级谱

Table 4 Leaf scale spectrum of the community

叶级 Leaf scale	鳞叶 Lepid	微叶 Nano	小叶 Micro	中叶 Meso	大叶 Macro	巨叶 Gigan	总计 Total
乔木种数 Tree species (N)	0	1	15	68	5	1	90
P/%	0	1.1	16.7	77.8	3.3	1.1	100
灌木种数 Shrub species (N)	0	0	6	13	1	0	20
P/%	0	0	30	65	5	0	100
草本种数 Herb species (N) *	0	0	4	8	7	0	19
P/%	0	0	21.1	42.1	36.8	0	100
藤本种数 Liana species (N)	0	0	7	11	2	0	20
P/%	0	0	35	55	10	0	100
附生种数 Epiphyte species (N)	0	0	1	1	3	0	5
P/%	0	0	20	20	60	0	100
总计 Total (N)	0	1	34	101	17	1	154
P/%	0	0.65	22.1	65.6	11	0.65	100

*不包括 9 种蕨类植物 Not including 9 fern species

表 5 叶缘、叶质、叶尖组成

Table 5 Spectra of leaf margin, texture and apex

生活型 Life form	种数 Na of species	叶缘 Leaf margin		叶质 Leaf texture			叶尖 Leaf apex	
		全缘 Entire	非全缘 Not entire	革质 Leathery	纸质 Papery		尾尖 Caud	非尾尖 Not caud
乔木 Tree	90	74	16	47	43		53	37
P/%	100	82.2	17.8	52.2	47.8		58.9	41.1
灌木 Shrub	20	11	9	3	17		16	4
P/%	100	55	45	15	85		80	20
草本 Herb	28	14	14	3	25		9	19
P/%	100	50	50	10.7	89.3		32.1	67.9
藤本 Liana	20	15	5	7	13		6	14
P/%	100	75	25	35	65		30	70
附生 Epiphyte	5	4	1	3	2		3	2
P/%	100	80	20	60	40		60	40
总计 Total	163	120	43	63	100		87	76
P/%	100	73.6	26.4	38.7	61.3		53.4	46.6

图 1 为群落的种 - 面积关系曲线. 随着取样面积的增加, 物种种类的数量也随之增加, 在样地面积依次增加到 1 500 m² 时, 物种相应的从 500 m² 面积内的 74 种、1 000 m² 的 121 种增加到 150 种, 此区间曲线的斜率很大, 当面积从 1 500 m² 增加到 2 500 m² 时, 样地的物种数增加缓慢, 经过 2 000 m² 的 161 种到 2 500 m² 的 163 种. 从曲线可以看出, 1 500 m² 是本样地种 - 面积关系的一个分界点.

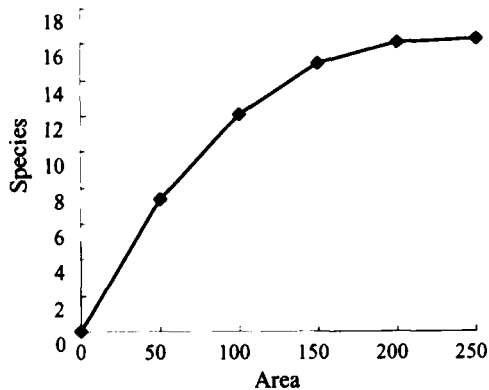


图 1 群落种 - 面积关系图

Fig 1 Species - area curve of the community

4 小结

山地雨林是季节雨林分布在较高海拔的变型, 是滇南地区一种主要的垂直地带性植被, 在群落组成、结构和外貌上仍有

较强的热带雨林性质. 该群落乔木层大致可以分为 3 层, 层间植物丰富, 藤本多为木质藤本; 在群落生境比较开阔的边缘, 出现冠幅宽、径级大、数量少、高出群落优势层的散生巨树, 如群落种中出现有高山榕、山桂花、橄榄和百日青等高度达到 40 m 的大树; 群落中板根和茎花现象少见; 群落整体以全缘、纸质、尾尖种类为主, 林下灌草层中纸质叶所占比例较高, 乔木层则是以全缘、革质、尾尖种类为主. 总体上群落仍具有较强的热带性质, 但是作为季节雨林的高海拔变型, 出现了一些亚热带成分, 也出现了一定比例的落叶成分.

山地雨林在生态特征和种类组成上介于西双版纳的季节雨林和季风常绿阔叶林之间. 在 2 500 m² 的样地中有植物 163 种, 分属于 74 科, 127 属. 其中胸径大于 5 cm (乔木层) 的树种有 65 种, 占样地物种数的 39.9%. 样地乔木层的 Simpson 指数和 Shannon - W inner 指数的平均值分别是 0.935 6 和 2.951 8, 明显高于类似地区季风常绿阔叶林的平均值 0.886 4 和 0.986 1^[22], 与同类型的勐宋山地雨林相比, Shannon - W inner 指数的平均值处于同一水平^[13].

该群落类型在西双版纳热带山地雨林中有一定的典型性和特殊性. 群落乔木层中, 重要值最大的是黄棉木, 达到 23.136, 重要值大于 10 的只有 6 种, 小于 3 的有 31 种, 可见群落优势树种的优势度明显, 根据群落的组成和结构特征, 可以将该热带山地雨林群落命名为黄棉木 - 华夏蒲桃林. 在西双版纳热带山地雨林的研究中, 尚未见到有关以黄棉木 - 华夏蒲桃为优势种的群落的报道. 勐宋的山地雨林有沟谷和山坡两种类

型,其优势种分别是八蕊单室茱萸 - 大萼楠林和云南拟单性木兰 - 云南裸花林,这是由特殊植物区系的古老科属组成的群落^[13, 14];普文山地雨林的群落优势树种中没有出现黄棉木和华夏蒲桃^[16];而相同地区类似高度的其它森林类型的优势种中也没有出现黄棉木和华夏蒲桃^[22]。本群落代表了勐养地区典型的山地雨林,作为一种比较特殊的山地雨林群落类型,有必要加大其保护力度。

References

- Audley - Charles MG. Dispersal of Gondwanaland: Relevance to evolution of the angiosperms. In: Whitmore TC ed. Biogeographical Evolution of the Malay Archipelago. Oxford: Clarendon Press, 1987
- Morley JR. Palynological evidence for tertiary plant dispersals in the SE Asia region in relation to plate tectonics and climate. In: Hall R, Holbway JD eds. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia. Leiden: Backbuys Publishers, 1998
- Hall R, Holloway JD. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia. Leiden: Backbuys Publishers, 1998
- Myers N. Threatened biotas: "Hotspot" in tropical forests. *Environmentalist*, 1998, 8 (3): 1 ~ 20
- Wu ZY (吴征镒). Vegetation of China. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 1980. 97 ~ 192
- Wu ZY (吴征镒). Vegetation of Yunnan. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 1987. 137 ~ 231
- An SQ (安树青), Zhu XL (朱学雷), Wang ZF (王峥峰), Campell DG, Li GQ (李国旗), Chen XL (陈兴龙). The plant species diversity in a tropical montane rain forest on Wuzhi Mountain, Hainan. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1999, 19 (6): 803 ~ 809
- Hu YJ (胡玉佳), Ding XQ (丁小球). A study on the plant species diversity of tropical rain forest in Bawangling, Hainan Island. *Biodiv Sci* (生物多样性), 2000, 8 (4): 370 ~ 377
- Wang ZF (王峥峰), An SQ (安树青), Campell DG, Yang XB (杨小波), Zhu XL (朱学雷). Biodiversity of the montane rain forest in Diaolu Mountain, Hainan. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1999, 19 (6): 61 ~ 67
- Zang RG (臧润国), Yang YC (杨彦承), Jiang YX (蒋有绪). Community structure and tree species diversity characteristics in a tropical montane rain forest in Bawangling Nature Reserve, Hainan Island. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2001, 25 (3): 270 ~ 275
- Yu SX (余世孝), Zang RG (臧润国), Jiang YX (蒋有绪). Species richness - abundance relationship in four tropical forests on altitudinal gradient in Bawangling Nature Reserve, Hainan. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2001, 25 (3): 291 ~ 297
- Zang RG (臧润国), Jiang YX (蒋有绪), Yu SX (余世孝). The forest cycle and tree species diversity dynamics in a tropical montane rain forest of Hainan Island, South China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2002, 22: 24 ~ 32
- Zhu H (朱华), Wang H (王洪), Li BG (李保贵). Plant diversity and physiognomy of a tropical montane rain forest in Mengsong, Southern Yunnan, China. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2004, 28 (3): 351 ~ 360
- Wang H (王洪), Zhu H (朱华), Li BG (李保贵). A study on the tropical montane rainforest in Mengsong, Xishuangbanna, Yunnan. *Guihaia* (广西植物), 2001, 21 (4): 303 ~ 314
- Zeng JM (曾觉民). Characteristics and ecological differentiation of tropical montane rain forest of Puwen, Xishuangbanna. *Yunnan For Sci & Technol* (云南林业科技), 2002, 2: 1 ~ 8
- Zeng JM (曾觉民). Tropical montane rain forest and its ecological succession of Puwen, Xishuangbanna. *Yunnan For Sci & Technol* (云南林业科技), 2002, 4: 11 ~ 16
- 西双版纳自然保护区综合考察团. 西双版纳自然保护区综合考察报告集. 昆明: 云南科技出版社, 1987. 44 ~ 169
- Curtis JT, McIntosh RP. An upland forest continuum in the prairie - forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 1951, 32: 467 ~ 496
- Shannon CE, Wiener W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949
- Pielou EC. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Rheor Boil*, 1966, 13: 131 ~ 144
- 王伯荪. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 1987. 14 ~ 19
- Shi JP (施济普), Zhu H (朱华). A community ecology study on the monsoonal evergreen broad - leaved forest in tropical montane of Xishuangbanna. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 2003, 25 (5): 503 ~ 520