

西双版纳热带山地雨林群落乔木树种多样性研究^{*}

李宗善¹ 唐建维^{1*} 郑征¹ 朱胜忠² 段文勇² 宋军平² 郭贤明² 曾荣²

(¹ 中国科学院西双版纳热带植物园热带雨林生态系统定位研究站, 勐腊 666303; ² 西双版纳国家级自然保护区管理局, 景洪 666300)

【摘要】 根据 6 块样地资料对西双版纳热带山地雨林树种多样性特征进行了分析。结果表明, 在 2 500 m² 的样地上, 随着起测胸径递增, 各样地乔木个体数和树种丰富度均表现为依次递减; 低海拔带上 (850~1000 m) 的山地雨林 (1、2 号样地) 的各指数值无一定变化规律, 较高海拔带上 (1200~2000 m) 的山地雨林 (3~6 号样地) 的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数均表现为依次递减, 而 Pielou 均匀度指数则呈依次递增的趋势。较高海拔带上的山地雨林在较小乔木起测胸径 (≥ 2 cm、 ≥ 5 cm、 ≥ 10 cm) 的树种丰富度、多样性和均匀度指数均要明显大于低海拔带上的山地雨林, 而两者在较大乔木起测胸径 (≥ 20 cm、 ≥ 30 cm、 ≥ 50 cm) 的各指数值无明显差异。随着取样面积的递增, 各样地树种丰富度、多样性和均匀度指数在取样面积递增到 2 000 m² 处均已趋于平缓。

关键词 树种多样性 热带山地雨林 西双版纳

文章编号 1001-9332(2005)07-1183-06 **中图分类号** S718.54 **文献标识码** A

Tree species diversity of tropical montane rain forest in Xishuangbanna, Yunnan. LI Zongshan¹, TANG Jianwei¹, ZHENG Zheng¹, ZHU Shengzhong², DUAN Wenyong², SONG Junping², GUO Xianming², ZENG Rong²
(¹ Tropical Rainforest Ecosystem Station, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China; ² Xishuangbanna Bureau of National Nature Reserve, Jinghong 666300, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(7): 1183~1188.

Tropical montane rain forest (TMR), one of the main forest vegetation types in Xishuangbanna of Yunnan Province, occurs horizontally in the north (TMRF I) and vertically in the south (TMRF II). In order to understand its tree species diversity in different zones, six fixed plots (50 m $\times$ 50 m) at different sites in Xishuangbanna were established, two (plots 1 and 2) for TMRF I, and four (plots 3, 4, 5 and 6) for TMRF II. Grid method (10 m $\times$ 10 m) was used to record all the individuals with DBH greater than 2.0 cm in each plot, and tree species richness and diversity characteristics along DBH class, as well as changing trend of tree species diversity with increasing sampling area were analyzed. The results showed that the tree stem and species richness in the six plots both declined constantly along the DBH class gradient. For the communities of TMRF I (altitude was 850~1 000 m), all indices had no clear trend with the gradient, while for the communities of TMRF II (altitude 1 200~2 000 m), Shannon-Wiener and Simpson indices declined constantly with gradient, but Pielou's evenness index had the opposite trend. In smaller DBH classes (≥ 2 cm, ≥ 5 cm and ≥ 10 cm), the tree species richness, diversity, and evenness of the communities of TMRF II were obviously higher than those of the communities of TMRF I, but there was no difference between the communities of TMRF I and TMRF II in larger DBH classes (≥ 20.0 cm, ≥ 30.0 cm and ≥ 50.0 cm). With sampling area increased, the tree species richness, Shannon-Wiener index, Simpson index and Pielou's evenness index of the six plots all had the trend to be smooth when the sampling area increased to 2 000 m².

Key words Tree species diversity, Tropical montane rain forest, Xishuangbanna.

1 引言

热带山地雨林是热带雨林在高海拔地带的一种变型, 群落外貌和结构特征与低海拔带的热带雨林相似, 林下热带雨林成分丰富, 而林冠层则以亚热带常绿阔叶林的物种占优势, 在物种组成上明显体现出由热带雨林向亚热带常绿阔叶林的过渡特征^[4,5,11]。国内关于海南岛的热带山地雨林的植物

多样性研究较为深入和全面^[1,7~10,12,18~22], 在西双版纳仅对勐宋、普文等有限几个地区的热带山地雨林植物多样性特征做了初步探索^[2,6,15,23]。可见, 对西双版纳热带山地雨林的研究还十分零散、缺乏系统化, 还有待于进一步深入研究。迄今为止, 在西双

^{*}国家重点基础研究发展规划重大项目(2001CCB00600)和国家自然科学基金资助项目(40075027, 30170168)。

^{**}通讯联系人。

2004-02-09 收稿, 2005-03-18 接受。

版纳地区通过设置多个样地对热带山地雨林群落的树种多样性特征进行深入、系统的研究还未见报道.

生物多样性作为群落生态组织水平独特且可测定的生物学特征,能够较好地反映群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度、生境差异等^[13],可见在西双版纳开展热带山地雨林植物多样性研究能够对本地区的热带山地雨林的生物多样性保护提供科学依据,具有十分重要的理论价值和实践意义.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

研究地点位于西双版纳傣族自治州(21°09′~22°36′N, 99°58′~101°50′E),该地区与老挝、缅甸接壤,西、北、东三面与滇西南山原、山地相连,属于横断山系南端无量山脉和怒山山脉余脉的山原和山地^[25].该地区气候属西南热带季风气候,干、湿季节变化明显,一年可分干热、湿热和雾凉3季,3~5月为干热季,气温较高,雨量少;6~10月为雨季,气候湿热,85%的雨水集中于此时期;11月~次年2月为雾凉季,降雨量较少,但早晚浓雾弥漫,空气湿度较大,可弥补此时期降雨量的不足.该地区的年平均气温为20.5℃,年平均降雨量达1 723.6 mm.

本次所调查的山地雨林群落林冠一般比较平整,缺少突出林冠之上的散生大树,乔木仍有3个层次的分化,但构成密闭林冠是乔木上层.乔木上层高度在20 m以上,胸径在30 cm以上;乔木中层高度在10~20 m之间,胸径在10~30 cm之间;乔木下层高度在3~10 m之间,胸径在2~10 cm之间.群落主要乔木优势树种有樟科的普文楠(*Phoebe puwenensis*)、粗壮琼楠(*Beilschmiedia robusta*)、红梗润楠

(*Machilus rufipes*)和细毛润楠(*Machilus tenuipila*)等,壳斗科的刺栲(*Castanopsis hystrix*)、杯斗栲(*Castanopsis calathiformis*)、湄公栲(*Castanopsis mekongensis*)和截头石栎(*Lithocarpus truncatus*)等,木兰科的山白兰(*Paramichelia baillonii*)、中缅木莲(*Manglietia hookeri*)和长蕊木兰(*Alcimandra cathcartii*)等,茶科的红木荷(*Schima wallichii*)、岗桧(*Eurya groffii*)等.热带雨林中的板状根、茎花、大型木质藤本等特征也有所体现,附生苔藓明显增加.

2.2 样地建立及调查方法

在西双版纳6个不同地点选取了森林群落发育较好、结构完整的山地雨林群落地段建立固定样地.每块样地面积都设为2 500 m² (50 m ×50 m)^[25],低海拔带上的山地雨林设置了2块样地,分布在普文(1号样地)和关坪(2号样地);高海拔带上的山地雨林设置了4块样地,分布在小腊公路48 km处(3号样地)、南贡山(4号样地)和澜沧发展河乡(5号、6号样地).同时记录每个样地坡向、坡度、坡位和海拔等生境因子,同时挖取土壤剖面,每隔20 cm取一土样,以进行pH值和有机质含量的分析.土壤为赤红壤或黄棕壤,土壤深厚,达1 m以上.5号、6号样地的枯枝落叶层和腐殖质较厚,达5~10 cm,林内湿度较大,树干上附生有较厚的苔藓层;其它4块样地的枯枝落叶层和腐殖质较薄,有部分裸露土壤,林内湿度较小.各样地概况详见表1.每块样地均被划分为25个10 m ×10 m的样方,对样方内胸径≥2 cm以上的乔木进行每木调查,测量记录植物名称、胸径、高度、冠幅等,并挂牌、标号,把每株乔木个体的位置按比例绘制在坐标图上.在本次调查中未对样地群落中的藤本和附生植物做相关统计.

2.3 分析方法

根据物种多样性测度指数应用的广泛程度以及对群落

表1 西双版纳热带山地雨林样地基本特征

Table 1 Basic plot features of tropical montane rain forest communities in Xishuangbanna

样地号 Plot No.	地 点 Location	海 拔 Elevation (m)	坡 向 Aspect (°)	坡 度 Slope (°)	坡 位 Position	土壤类型 Soil types	pH	有机质含量 Organic matter (%)
1	普文 Puwen N: 22°25.705' E: 100°05.470'	880	EN5	25~30	中下 Middle-Lower	赤红壤 Lateritic red soil	4.78	1.16
2	关坪 Guanping N: 22°13.645' E: 100°53.280'	970	NE40	5~10	中 Middle	赤红壤 Lateritic red soil	5.01	0.66
3	48 km N: 21°58.413' E: 101°09.654'	1200~1220	NE5	35	中 Middle	赤红壤 Lateritic red soil	5.25	1.03
4	南贡山 Nangongshan N: 21°37.969' E: 101°27.735'	1325~1345	NE40	15~20	中 Middle	赤红壤 Lateritic red soil	4.97	1.37
5	澜沧 Lancang N: 22°24.195' E: 100°11.954'	1900	NE15	5~10	下 Lower	黄棕壤 Yellow-brown soil	5.04	9.08
6	澜沧 Lancang N: 22°23.542' E: 100°12.022'	1950~1970	NE40	25~30	上 Upper	黄棕壤 Yellow-brown soil	5.01	2.76

物种多样性状况的反映能力,本文选取以下 4 种多样性指数来测度和分析群落物种多样性特征^[13],公式分别为:

- (1) 物种丰富度: $R = S$
- (2) Shannon-Wiener 指数: $H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{N_i}{N} \right) \ln \left(\frac{N_i}{N} \right)$
- (3) Simpson 指数: $\lambda = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$
- (4) Pielou 均匀度指数: $J_{sw} = \frac{H'}{\ln(S)}$
- 式中, S 为样地中的物种总数; N 为 S 个物种全部植株个体总数; N_i 为第 i 个物种的植株个体数.

3 结果与分析

3.1 群落乔木树种丰富度

不同海拔带上的山地雨林中,中等海拔带上(1 200~1 400 m)的山地雨林(3 号、4 号样地)群落乔木树种丰富度、属数、科数及每科树种数均处于最高水平(表 2),而植株个体总数和每树种个体数则处于最低水平.低海拔带上(850~1 000 m)的山地雨林(1 号、2 号样地)群落乔木树种丰富度要低于高海拔带上(1 900~2 000 m)的山地雨林(5 号、6 号样地),而两者在科属水平上,以及在每科树种数、每树种个体数和植株个体总数上都比较接近.

表 2 西双版纳热带山地雨林群落乔木(胸径 ≥2 cm)树种丰富度
Table 2 Tree species richness of tropical montane rain forest communities in Xishuangbanna (DBH ≥2 cm)

样地号 Plot No.	个体数 No. of individuals	树种数 No. of species	属数 No. of genera	科数 No. of families	树种数/科数 Species/ Family	个体数/树种数 Individuals/ Species
1	654	54	44	29	1.86	12.11
2	746	59	50	30	1.97	12.64
3	583	112	88	40	2.80	5.21
4	544	92	68	36	2.56	5.91
5	641	68	46	27	2.52	9.43
6	776	74	52	30	2.47	10.49

3.2 群落乔木不同起测胸径树种多样性

所有样地的乔木个体数和树种丰富度均随起测胸径的递增,呈依次递减的趋势(表 3),体现了群落结构自上而下个体数和树种数依次递减的规律,也表明了群落垂直结构的连续性和稳定性.低海拔带上的山地雨林(1 号、2 号样地)的多样性和均匀度指数随起测胸径的递增没有明显的规律,中等海拔和高海拔带上的山地雨林(3~6 号样地)各指数值随起测胸径的递增则体现出一致的变化规律,其中 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数呈依次递减,而 Pielou 均匀度指数则表现为依次递增.

1 号样地较小起测胸径乔木的各指数值均很低,是因为其中少数优势树种十分明显,大大降低了

表 3 西双版纳热带山地雨林乔木不同起测胸径的树种丰富度、多样性和均匀度

Table 3 Tree species richness, diversity and evenness indices in different DBH classes of tropical montane rain forest communities in Xishuangbanna

样地号 Plot No.	胸径 DBH (cm)	个体数 No. of individuals	树种数 No. of species	多样性指数 Diversity indices		均匀度指数 Evenness indices J_{sw}
				H'	λ	
1	≥2	654	54	1.648 7	0.503 5	0.413 3
	≥5	339	43	1.713 9	0.527 6	0.455 7
	≥10	146	34	2.168 8	0.690 2	0.615 0
	≥20	36	22	2.921 9	0.935 2	0.945 3
	≥30	22	14	2.539 4	0.913 2	0.962 2
	≥50	7	6	1.747 9	0.816 3	0.975 5
2	≥2	746	59	2.180 8	0.776 9	0.534 8
	≥5	285	40	2.141 0	0.715 0	0.580 4
	≥10	146	34	2.625 6	0.851 8	0.744 6
	≥20	49	16	2.098 8	0.797 2	0.757 0
	≥30	30	10	1.549 3	0.610 0	0.672 9
	≥50	18	6	1.241 9	0.586 4	0.693 1
3	≥2	583	115	4.100 9	0.972 0	0.864 3
	≥5	267	78	3.874 8	0.969 2	0.889 4
	≥10	112	41	3.373 5	0.954 4	0.908 4
	≥20	42	23	2.902 1	0.930 8	0.925 6
	≥30	21	13	2.441 7	0.902 5	0.951 9
	≥50	3	3	1.098 6	0.666 7	1.000 0
4	≥2	544	93	3.758 7	0.958 1	0.829 3
	≥5	212	60	3.526 8	0.953 4	0.861 4
	≥10	107	36	3.148 4	0.937 5	0.878 6
	≥20	45	17	2.501 3	0.890 9	0.882 9
	≥30	26	13	2.357 7	0.884 6	0.919 2
	≥50	13	6	1.697 7	0.804 7	0.947 5
5	≥2	641	69	3.595 4	0.958 8	0.849 1
	≥5	359	60	3.548 1	0.927 3	0.866 6
	≥10	158	43	3.299 1	0.947 2	0.877 1
	≥20	73	22	2.781 3	0.922 9	0.899 8
	≥30	39	16	2.577 7	0.912 6	0.929 7
	≥50	13	8	1.925 1	0.828 4	0.925 8
6	≥2	776	74	3.626 7	0.960 6	0.842 6
	≥5	309	61	3.634 5	0.962 6	0.884 1
	≥10	145	42	3.371 8	0.954 0	0.902 1
	≥20	52	22	2.883 4	0.934 2	0.932 8
	≥30	21	13	2.491 5	0.911 6	0.971 4
	≥50	6	5	1.560 7	0.777 8	0.969 7

树种间的均匀性,如窄序崖豆树(*Millettia leptobotrya*)在胸径 ≥2 cm、≥5 cm 和 ≥10 cm 的乔木中个体数分别达到了 459、232、80 株,均占总个体数的 50 % 以上,其余较为常见树种的个体数仅在 10 株左右.可见样地中存在十分明显的优势物种,树种间多度分布差异明显,导致了各指数值偏低.而 1 号样地胸径 ≥20 cm、≥30 cm 中多度较大的小果栲(*Castanopsis fleuryi*)、窄序崖豆树、山韶子(*Nephelium chryseum*)的个体数也仅在 3~5 株之间,其它均为 1、2 株个体的树种,树种间多度分布非常均匀,因而各指数值较高;胸径 ≥50 cm 的树种丰富度虽然偏低,但是都为 1、2 株个体的树种,树种间分布均匀,因而均匀度指数较高.2 号样地胸径 ≥10 cm 的各指数值均达到了较高的水平,这是由于其常见的窄序崖豆树、山白兰(*Paramichelia bail-*

lonii), 个体数仅分别为 49、19 株, 其次是披针叶楠 (*Phoebe lanceolata*)、普文楠 (*Phoebe puwenensis*), 个体数在 10 株左右, 虽有几个多度较大的树种, 但是优势地位很不明显, 树种总体上分布还是比较均匀的. 而其它起测胸径中都存在明显的优势种, 如胸径 ≥ 2 cm 的窄序崖豆树、睫毛粗叶木 (*Lasianthus hookeri* var. *dunniana*), 胸径 ≥ 5 cm 中的窄序崖豆树, 胸径 ≥ 30 cm、 ≥ 50 cm 中的山白兰, 因而它们的指数值均较低. 3~6 号样地的较小起测胸径中的树种丰富度要远远大于较大起测胸径, 而且其树种间分布也比较均匀, 无明显优势树种存在, 因而多样性指数偏高; 而较大起测胸径中的树种虽较为贫乏, 但是乔木总植株数较小, 树种间分布要比较起测胸径均匀得多, 因而均匀度指数偏高.

从表 3 还可看出, 中等海拔和高海拔带上的山地雨林 (3~6 号样地) 较小起测胸径 (≥ 2 cm、 ≥ 5 cm、 ≥ 10 cm) 的树种丰富度、多样性和均匀度指数均要明显大于低海拔带上的山地雨林 (1 号、2 号样地), 而两者较大起测胸径 (≥ 20 cm、 ≥ 30 cm、 ≥ 50 cm) 的各指数间则比较接近.

3.3 乔木树种多样性特征与取样面积递增的关系

取样面积按以下方法递增, 即从样地的右下角由 100 m^2 递增到 300 m^2 , 再递增到 500 m^2 ($50\text{ m} \times$

10 m) (样方累加方向为由右向左); 此后以 500 m^2 为基本面积, 每次累加 500 m^2 , 最后递增至 $2\,500\text{ m}^2$. 随着取样面积的递增, 各样地的树种丰富度虽保持着不断增长的趋势, 但在取样面积递增到 $2\,000\text{ m}^2$ 处已基本趋于平缓 (图 1). 随取样面积从 0 递增到 500 m^2 的过程中, 6 块样地的各多样性指数均呈急剧增长趋势. 而当取样面积从 500 m^2 递增到 $2\,500\text{ m}^2$ 的过程中, 1 号、2 号样地的多样性指数均已趋于平缓, 而 3~6 号样地的多样性指数虽有缓慢增长, 但最终还是趋于平缓; 而各样地的均匀度指数均已趋于平缓.

4 讨 论

西双版纳高海拔带上的山地雨林 (3~6 号样地) 乔木在较小起测胸径 ($\geq 2\text{ cm}$ 、 $\geq 5\text{ cm}$ 和 $\geq 10\text{ cm}$) 的树种丰富度、多样性和均匀度指数均要明显大于低海拔带上的山地雨林 (1 号、2 号样地). 这是由于低海拔带上的山地雨林处于西双版纳的北部地区, 温度和热量都较低, 水湿条件也不是十分优越; 而高海拔带上山地雨林处于西双版纳南部地区, 分布于受顺河谷上升的逆温气候影响下形成的局部优越生境中, 温度和热量较高, 水湿条件也较好, 生境条件优越则群落多样性指数就高, 这可能是一个普

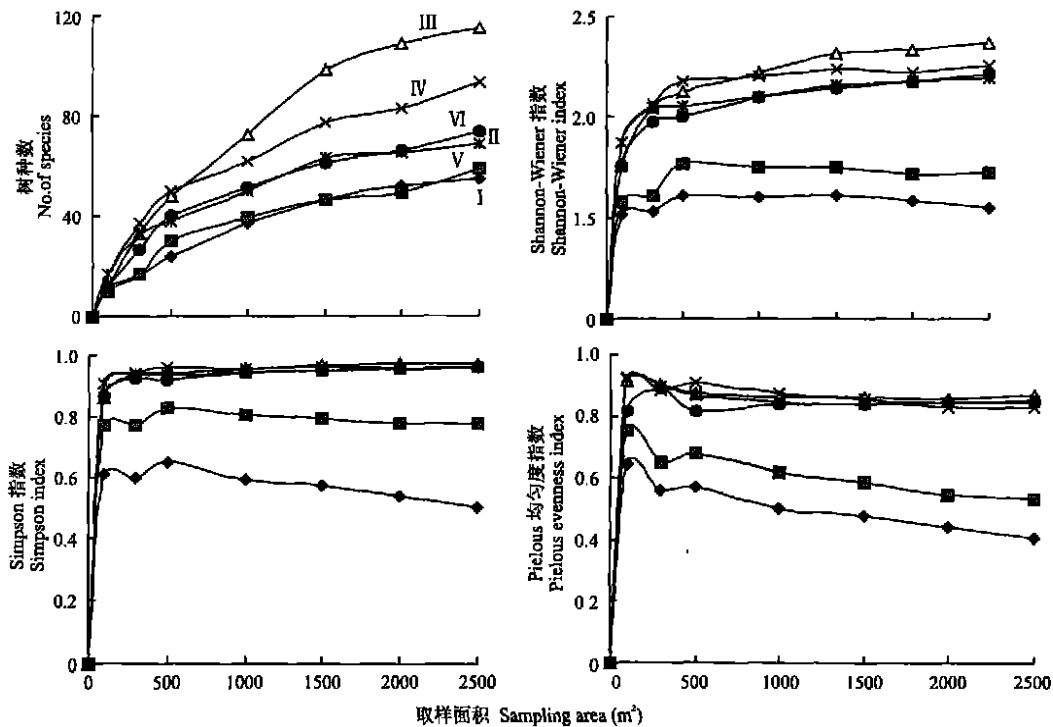


图 1 西双版纳热带山地雨林乔木 (胸径 ≥ 2 cm) 树种丰富度、多样性和均匀度指数随样地取样面积递增的变化趋势
Fig. 1 Accumulation curves of tree species richness, diversity and evenness indices with increasing sampling area of each plot for tropical montane rain forest communities in Xishuangbanna (DBH ≥ 2 cm).
I. 1 号样地 Plot 1; II. 2 号样地 Plot 2; III. 3 号样地 Plot 3; IV. 4 号样地 Plot 4; V. 5 号样地 Plot 5; VI. 6 号样地 Plot 6.

遍的规律^[14,26].而两者在较大起测胸径(≥ 20 cm、 ≥ 30 cm 和 ≥ 50 cm)的树种丰富度、多样性和均匀度指数已经较为接近,这又说明了高海拔带上的山地雨林多样性指数较高是因为拥有丰富的林下小乔木树种,而没有出现低海拔带上的山地雨林群落林下被少数几个树种占据优势的现象.

随乔木起测胸径递增,高海拔带上山地雨林的树种丰富度、Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数都呈现出依次递减的趋势,这表明群落乔木下层的树种丰富度和多样性要高于乔木上层,这和亚热带常绿阔叶林的植物多样性特征是相一致的^[3,14,26].而 Pielou 均匀度指数随起测胸径递增基本上呈依次递增,这表明群落乔木上层优势树种很不明显,树种间多度趋于均匀,种群配置更为合理,向着互利共存的方向发展.

热带雨林群落被认为是由林窗、建成、成熟 3 个演替阶段组成的镶嵌体,其群落林冠是处于一个连续植物区系组成的浮动状态,因而单个样方仅反映群落景观实体的一小斑块,也仅代表该群落类型的植物区系在时间、空间浮动的一部分^[17].据此,朱华等^[25]认为,西双版纳热带雨林群落的最适取样面积为 $2\,500\text{ m}^2$,并需要设置 4~5 个样方才能反映出一个具体热带雨林群落的区系组成.据此,可以认为,6 块不同地点和海拔的 $2\,500\text{ m}^2$ 样地能够较为真实地反映出本地区热带山地雨林的树种组成、群落结

构以及树种多样性的基本特征,这从各多样性指数随取样面积递增的变化趋势得到了证实,各样地乔木树种丰富度、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数随取样面积递增到 $2\,000\text{ m}^2$ 处均已经趋于平缓,可见 $2\,500\text{ m}^2$ 的样地完全可以充分展示西双版纳热带山地雨林的群落植物多样性特征.

西双版纳热带山地雨林的多样性和均匀度指数均明显低于赤道地区巴西和马来半岛的热带雨林以及本地区低地的热带季节雨林以及海南岛地区的热带山地雨林(表 4),这是由于西双版纳山地雨林分布在较高的海拔,生境条件较差,乔木树种中的雨林成分已经大大下降,而且已经具有相当比例的常绿阔叶林的树种,它们在群落还占有一定优势地位,这种趋势在乔木中、上层更加明显,因而其多样性和均匀度指数要偏低.从表 4 还可以看出,西双版纳山地雨林的多样性指数要明显高于本地区的石灰山季雨林和常绿阔叶林以及广东鼎湖山的南亚季风常绿阔叶林.

西双版纳热带山地雨林受到了一定的人为干扰影响,如种植砂仁、草果以及砍伐木材等,希望有关部门尽快对其采取保护措施,建议在澜沧地区尽快建立自然保护区以对本地区热带山地雨林和其它森林类型进行有效保护.

表 4 西双版纳热带山地雨林群落植物多样性和均匀度指数与其它不同森林群落类型的比较
Table 4 Comparisons of tree species diversity and evenness indices between tropical montane rain forest in Xishuangbanna and other forest community types

序号 Order	群落名称 Community	地 点 Location	海 拔 Altitude (m)	面 积 Area (m ²)	胸 径 DBH	植株数 No. of individuals	物种数 No. of species	多样性指数 Diversity indices	均匀度指数 Evenness indices
								H'	J_{sw}
1	热带雨林 TRF	巴西 Brazil		35000	≥ 10	1420	178	6.21	
2	热带雨林 TRF	马来半岛北部 Northern Malay peninsula		1600	≥ 4.5	118	59	4.52	
3	热带雨林 TRF(Mrf)	西双版纳 Xishuangbanna	890	2500	≥ 5	154	54	3.408	0.854
4	热带雨林 TRF(Scf)	西双版纳 Xishuangbanna	720	2500	≥ 5	187	57	3.349	0.828
5	热带雨林 TRF(Scf)	西双版纳 Xishuangbanna	660	2500	≥ 10	257	77	3.888	0.895
6	山地雨林 TMRF	海南五指山 Wuzhi Mountain (Hainan)	820~870	5000	≥ 5	671	117	5.900	0.859
7	山地雨林 TMRF	海南吊罗山 Diaoluo Mountain (Hainan)	900~980	5000	≥ 5	632	118	4.195	0.880
8	石灰山季雨林 MFL	西双版纳 Xishuangbanna	750	400	≥ 3	150	19	1.664	0.565
9	常绿阔叶林 EBLF	西双版纳 Xishuangbanna	1050	1200	≥ 5	164	29	2.802	0.832
10	常绿阔叶林 EBLF	广东鼎湖山 Dinghu Mountain (Guangdong)	250	1200				2.241	0.576
11	山地雨林 TMRF	西双版纳 Xishuangbanna	900~2000	2500	≥ 5	269	54	3.108 6	0.779 6
					≥ 10	129	36	2.984 7	0.831 6

TRF: Tropical rain forest; TMRF: Tropical montane rain forest; EBLF: Evergreen broad-leaved forest; MFL: Monsoon forest over limestone; Scf: *Shorea chinensis* forest; Mrf: Mixed rain forest.

致谢 参加野外考察工作有中国科学院西双版纳热带植物园热带雨林生态系统定位研究站的鲁云、陈德富、李忠华等工作人员,思茅师范专科学校的实习生板佳芹、李惠蓉、藤明本、张云春和李东林以及本国研究生陈春、王月、林露湘和吕晓涛,标本鉴定得到了中国科学院西双版纳热带植物园的陶国达老师、王洪老师以及赵崇奖先生的大力帮助,在此一并深表感谢!

参考文献

- An S-Q(安树青), Zhu X-L(朱学雷), Wang Z-F(王峰峰), et al. 1999. The plant species diversity in a tropical montane rain forest on Wuzhi Mountain, Hainan. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 19(6): 803~809(in Chinese)
- Cao M, Zhang JH. 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. *Biodiv Cons*, 6: 995~1006
- Cao T-R(曹铁如), Qi C-J(祁承经), Yu X-L(喻勋林). 1997. Studies on species diversity of *Fagus lucida* communities on the Badagongshan Mountain, Hunan. *Biodiv Sci* (生物多样性), 5(2): 112~120(in Chinese)
- Compiling Group of the Vegetation of China(中国植被编写组). 1980. The Vegetation of China. Beijing: Science Press. 889~916(in Chinese)
- Compiling Group of the Vegetation of Yunnan(云南植被编写组). 1987. The Vegetation of Yunnan. Beijing: Science Press. 97~192(in Chinese)
- Dang C-L(党承林), Qian W(钱 韦). 1997. A study on the population dynamics of constructive species of the tropical montane rain forest in Xishuangbanna. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), (supp. IX): 83~91(in Chinese)
- Guo Q-B(郭全邦), Liu Y-C(刘玉成), Li X-G(李旭光). 1999. Dynamics of species diversity in secondary succession series of forest communities in Jinyun Mt. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(5): 521~524(in Chinese)
- Guo Z-L(郭忠玲), Ma Y-D(马元丹), Zheng J-P(郑金萍), et al. 2004. Biodiversity of tree species, their populations' spatial distribution pattern and interspecific association in mixed deciduous broadleaved forest in Changbai Mountains. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(11): 2013~2018(in Chinese)
- Hu Y-J(胡玉佳), Ding X-Q(丁小球). 2000. A study on the plant species diversity of tropical natural forest in Bawangling, Hainan Island. *Biodiv Sci* (生物多样性), 8(4): 370~377(in Chinese)
- Huang S-N(黄世能), Li Y-D(李意德), Luo T-S(骆士寿), et al. 2000. Dynamics of associations between tree species in a secondary tropical montane rain forest at Jianfengling on Hainan Island. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 24(5): 569~574(in Chinese)
- Jin Z-Z(金振洲). 1997. The diversity features of the ecological structures of plant species component in the tropical rain forest of Xishuangbanna, Yunnan. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), (supp. IX): 31~57(in Chinese)
- Liu S-J(刘守江), Su Z-X(苏智先). 2004. T-square study on spatial pattern and regeneration of *Betula albosinensis* Burkill population on west slope of Jiuding Mountain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(1): 1~4(in Chinese)
- Ma K-P(马克平). 1994. The measure of community diversity. In: Qian Y-Q(钱迎倩), Ma K-P(马克平), eds. Principles and Methodologies of Biodiversity Studies. Beijing: China Science and Technology Press. 141~165(in Chinese)
- Peng S-L(彭少麟), Chen Z-H(陈章和). 1983. Species diversity of subtropical forest communities in Guangdong. *Ecol Sci* (生态科学), (2): 98~103(in Chinese)
- Wang H(王 洪), Zhu H(朱 华), Li B-G(李保贵). 2001. The community study of tropical montane rain forest in Mengsong, Xishuangbanna. *Guihaia* (广西植物), 21(4): 303~314(in Chinese)
- Wang Z-F(王峰峰), An S-Q(安树青), Campell GD, et al. 1999. Biodiversity of the montane rain forest in Diaoluo Mountain, Hainan. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 19(1): 61~67(in Chinese)
- Whitmore TC. 1990. Introduction to Tropical Rain Forests. London: Oxford Clarendon Press.
- Yan G-Q(闫桂琴), Zhao G-F(赵桂仿), Hu Z-H(胡正海), et al. 2001. Population structure and dynamics of *Larix chinensis* in Qinling Mountain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(6): 824~828(in Chinese)
- Yu S-X(余世孝), Zang R-G(臧润国), Jiang Y-X(蒋有绪). 2001. Species richness-abundance relationships in four tropical forests on altitudinal gradient in Bawangling Nature Reserve, Hainan. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 25(3): 291~297(in Chinese)
- Zang R-G(臧润国), Jiang Y-X(蒋有绪), Liu J-Y(刘静艳), et al. 1999. The gap phase regeneration in a tropical montane rain forest in Bawangling, Hainan Island. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 19(2): 151~158(in Chinese)
- Zang R-G(臧润国), Wang B-S(王伯荪), Liu J-Y(刘静艳). 2000. Tree species diversity in gaps of different sizes and developmental stages in lower subtropical evergreen broadleaved forest, South China. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(4): 485~488(in Chinese)
- Zang R-G(臧润国), Yang Y-C(杨彦承), Jiang Y-X(蒋有绪). 2001. Community structure and tree species diversity characteristics in a tropical montane rain forest in Bawangling Nature Reserve, Hainan Island. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 25(3): 270~275(in Chinese)
- Zhu H(朱 华), Wang H(王 洪), Li B-G(李保贵). 2004. Plant diversity and physiognomy of a tropical montane rain forest in Mengsong, Southern Yunnan, China. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 28(3): 351~360(in Chinese)
- Zhu H(朱 华), Zhou H-X(周虹霞). 2002. A comparative study on the tropical rain forests in Xishuangbanna and Hainan. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 24(1): 1~13(in Chinese)
- Zhu H(朱 华), Wang H(王 洪), Li B-G(李保贵), et al. 1998. Species diversity of primary tropical rain forest of South Yunnan of China with special reference to sampling area. *Biodiv Sci* (生物多样性), 6(4): 241~247(in Chinese)
- Zhu S-Q(朱守谦). 1987. A preliminary study of the species diversity of part of the forest communities in Guizhou. *Acta Phytocol Geobot Sin* (植物生态学与地植物学丛刊), 11(4): 286~295(in Chinese)

作者简介 李宗善,男,1977年出生,在读研究生.从事热带森林的群落生态学和生物多样性研究. Tel: 0691-8715080; E-mail: lzsh@xtbg.org.cn