

西双版纳热带森林地区 不同生境蜜蜂的物种多样性研究*

杨龙龙 吴燕如

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要 本文研究了西双版纳热带森林地区不同生境蜜蜂的物种多样性。共鉴定蜜蜂总科5科,22属,77种。8个生境的物种丰富度指数 D_{MA} 的取值范围在 1.914~7.877 之间,多样性指数 H' 的范围是 0.608~1.398,均匀度指数 J_{sw} 为 0.716~0.956,其中保护区、雨林和灌丛拥有较高的物种丰富度指数和多样性指数,橡胶林的最小,而均匀度指数以曼养广龙山最大,农田最小。根据不同生境物种的相似性系数 C 进行系统聚类,8个生境在相似性系数 0.169 的水平时全部聚合在一起。傣族龙山在保持雨林的蜜蜂物种多样性中可以起一定的作用,但很有限,且当龙山面积越小,受人为干扰越严重时,物种多样性的损失就越大。雨林一旦被开垦为橡胶林或农田,雨林中原有的许多蜜蜂将会消失,物种多样性显著减少。

关键词 西双版纳,生境,蜜蜂,物种多样性

Species diversity of bees in different habitats in Xishuangbanna tropical forest region/YANG Long Long, WU Yan Ru

Abstract The species composition and diversity of bees in eight different habitats of the tropical forest region in Xishuangbanna were studied. 77 species, belonging to five families and 20 genera, were recognized. The diversity measurements of bees in different habitats showed that values of species richness indexes D_{MA} range from 1.914 to 7.877, species diversity indexes H' range from 0.608 to 1.398, and evenness indexes J_{sw} range from 0.716 to 0.956. Based on similarity coefficients C in table 3, eight habitats can be clustered at the level of 0.169 with the systematic clustering. Holy Hills of Dai nationality play a limited role in the conservation of bee species in rain forest, which is affected by the decreasing areas of Holy Hills and human disturbance. If the tropical rain forest is exploited for cultivation, many species of bees in the rain forest will disappear and will be substituted by some species of relatively extensive distribution. Number of species will be significantly decreased.

Key words Xishuangbanna, habitats, bees, species diversity

Author's address Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080

热带森林蕴藏着地球上绝大部分的生物资源^[1,2],其中包括一些特别重要的热带地区,物种尤其是特有种的分布极为集中^[3]。西双版纳是我国有限的呈斑块状断续分布的热带森林地区之一,素有“热带动植物王国”之称。这里不仅拥有十分丰富的动植物资源^[4,5],而且许多物种和类群是该地区所特有。近些年来,由于毁林开荒、刀耕火种,特别是经济橡胶林的迅猛发展,西双版纳的森林覆盖率已经由 50 年代的约 60% 下降到目前的不足 30%,即以每年 $16 \times 10^2 \text{ hm}^2$ 的速度减少。植被的显著变化,使得自然生态环境极度恶化,并导致许多生物物种在该地区濒于灭绝或消失^[6,7]。许多昆虫和无脊椎动物在还未来得及被认识之前可能就已经消失了。

收稿日期:1997-01-10;接受日期:1997-12-29

* 中国科学院动物研究所所长基金资助课题“西双版纳热带雨林生态环境变化对动物区系的影响”的一部分

蜜蜂总科中的绝大多数种类是许多开花植物的重要传粉昆虫,二者在长期的进化过程中形成了密切的关系^[8]。本世纪50年代,中苏科学家曾对云南生物资源进行了综合考察,在西双版纳发现并记录了许多蜜蜂物种,其中包括许多新种^[9~11]。至80年代末,在该地区已经记录了112种蜜蜂^[12]。1993~1995年间,在中国科学院动物研究所所长基金资助下,对西双版纳不同生态环境的蜜蜂进行了定点和定量调查,并用多样性研究方法对各个生境包括3个龙山的蜜蜂的种类组成、数量和变化规律作了分析,以期对自然保护区的科学管理和退化生态系统的恢复和良性循环提供科学依据。

1 材料和方法

1993年8~9月间和1994年3~4月间,在云南西双版纳热带地区分别选择勐腊县勐仑镇附近的雨林、胶林茶园、灌木丛和农田等不同生境,以及曼峨、城子和景洪县小街乡的曼养广等3个傣族龙山,对访花蜜蜂进行了定量调查采集。所有生境均处于海拔580~700m的范围。其中曼养广龙山海拔700m,面积约20hm²,植被为干性季节性雨林,林内常有人畜穿行,龙山周围被开垦为橡胶林和农田,远离雨林,隔离最为彻底。曼峨龙山位于勐仑镇西,海拔590m,面积约4hm²,三面是农田,北面为公路。公路对面为傣族传统的薪炭林——铁刀木林,破坏较严重。城子龙山位于勐仑镇南,海拔660m,面积3hm²,山南为农田,北边山脚坡地是橡胶林和铁刀木林,西侧与次生林毗邻。然后,对各种生境内蜜蜂的种类组成和数量从以下几个方面进行分析^[13~15]:

(1) 不同取样环境的物种丰富度 以 Margalef 指数 D_{MA} 来测度:

$$D_{MA} = (S - 1) / \ln N$$

S 为物种数, N 为所有物种的个体数之和。

(2) 物种多样性分析 采用 Shannon Weaver 信息多样性指数 H' :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

$$H_{\max} = \log S$$

式中 $P_i = n_i / N$, n_i = 种 i 的个体数, N = 样本总个体数。

(3) 均匀度分析 用 Pielou 的均匀度指数 J_{sw} :

$$J_{sw} = H' / H'_{\max}$$

$$\text{即 } J_{sw} = (- \sum p_i \log p_i) / \log S$$

(4) 相似性分析 用群落系数 C :

$$C = 2W / (A + B)$$

式中 W 为两种不同生境中所拥有的相同物种的数量, A 、 B 分别表示各个生境中物种的总数。

(5) 聚类分析 以相似性系数 C 作为聚类统计量,用系统聚类法中非加权的算术平均聚类法(即组平均法)对不同栖息环境进行聚类。通过上述各项内容的比较和分析,探讨蜜蜂的种类组成和数量变化与其栖息环境之间的相互关系及规律。

2 结果与分析

2.1 蜜蜂的种类组成

1993~1994年连续两年对西双版纳不同生态环境的4次调查采集,经过室内研究鉴

表 1 西双版纳不同生境蜜蜂的种类组成和相对数量

Table 1 Species composition and relative amount of bees in different habitats of Xishuangbanna

种类 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 分舌蜂科 Colletidae									
叶舌蜂 <i>Hylaeus</i> sp. 1								1	☆
叶舌蜂 <i>H.</i> sp. 2								1	☆
叶舌蜂 <i>H.</i> sp. 3	1								☆
2 隧蜂科 Halictidae									
绿光隧蜂 <i>Halictus grandiceps</i>								1	△
稀刻淡脉隧蜂 <i>Lasioglossum albescens</i>				1					△
西方淡脉隧蜂 <i>L. occidens</i>			1						□
尖肩淡脉隧蜂 <i>L. subopacum</i>	1			1					□
粗唇淡脉隧蜂 <i>L. upinense</i>		1							□
淡脉隧蜂 <i>L.</i> sp. 1	1								☆
淡脉隧蜂 <i>L.</i> sp. 2	1								☆
淡脉隧蜂 <i>L.</i> sp. 4	1							1	☆
淡脉隧蜂 <i>L.</i> sp. 5	1							1	☆
淡脉隧蜂 <i>L.</i> sp. 8								1	☆
埃彩带蜂 <i>Nomia ellioti</i>								1	○
褐足彩带蜂 <i>N. fuscipennis</i>	2								○
虹彩带蜂 <i>N. iridescens</i>								2	○
齿彩带蜂 <i>N. punctulata</i>								4	□
越彩带蜂 <i>N. takoensis</i>		1							○
彩带蜂 <i>N.</i> sp. 2		1							☆
红腹蜂 <i>Sphcodes</i> sp. 1	1								☆
3 切叶蜂科 Megachillidae									
平唇切叶蜂 <i>Megachile conjunctiformis</i>		2			1			1	□
条切叶蜂 <i>M. faceta</i>	1	1						1	○
灰花切叶蜂 <i>M. griseopicta</i>	1								○
丘切叶蜂 <i>M. monticola</i>	1							1	□
拟丘切叶蜂 <i>M. pseudomonticola</i>									□
绒切叶蜂 <i>M. velutina</i>						2		2	△
暗足切叶蜂 <i>M. umbripennis</i>	1	1			1			1	△
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 1								1	☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 2		1					1		☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 3								1	☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 4		1							☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 5		2							☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 7	1	1						4	☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 8		1							☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 9	1	1							☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 10								5	☆
切叶蜂 <i>M.</i> sp. 11								1	☆
克黄斑蜂 <i>Anthidium kryzhanovskii</i>	1			2					☆
中国双黄斑蜂 <i>Dianthidium chinensis</i>		1							☆
脊准黄斑蜂 <i>Paraanthidium carinatum</i>	1							1	☆

续表1 Table 1 (continued)

种类 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9
宽足准黄斑蜂 <i>P. latipes</i>								3	△
长须准黄斑蜂 <i>P. longicorne</i>								1	△
褐盾裂爪蜂 <i>Chelostoma aureocincta</i>	3							11	△
黑孔蜂 <i>Heriades sauteri</i>			1					1	□
尖腹蜂 <i>Coelioxys</i> sp. 1		1							☆
4 条蜂科 Anthophoridae									
鞋斑无垫蜂 <i>Amegilla calceifera</i>	1	1	3	1	1				□
色带无垫蜂 <i>A. cingulifera</i>						1	1	1	○
甜无垫蜂 <i>A. dulcifera</i>	1				4		3		□
喜马拉雅无垫蜂 <i>A. himalajaensis</i>		3				2	1		○
褐胸无垫蜂 <i>A. mesopyrrha</i>	1								○
绿条无垫蜂 <i>A. zonata</i>								1	□
齿唇泽条蜂 <i>Heliophila dentilabris</i>		3							☆
中华回条蜂 <i>Habropoda sinensis</i>	1								□
金翅木蜂 <i>Xylocopa (Biluna) auripennis</i>				2					○
竹木蜂 <i>X. (Biluna) nasalis</i>				2					○
蓝胸木蜂 <i>X. (Cyanoderes) caerulea</i>								2	○
小蓝胸木蜂 <i>X. (Cyanoderes) tumida</i>		1							△
尖足木蜂 <i>X. (Hoploxycopa) acutipennis</i>							1		△
大木蜂 <i>X. (Platynopoda) magnifica</i>	5	1		1	1				△
南方芦蜂 <i>Ceratina cognata</i>		2							△
紧芦蜂 <i>C. compacta</i>	1								△
刻面芦蜂 <i>C. denticulata</i>								1	☆
黄芦蜂 <i>C. flavipes</i>	2					2			□
拟黄芦蜂 <i>C. hieroglyphica</i>	1	1				1			□
滑面芦蜂 <i>C. laeviuscula</i>		2	1	1					☆
绿蓝芦蜂 <i>Pithitis smaragdula</i>				1					○
蓝芦蜂 <i>P. unimaculata</i>	2	2						1	○
5 蜜蜂科 Apidae									
中华蜜蜂 <i>Apis cerana</i>	10	2	3	5	2	2		2	□
意大利蜜蜂 <i>A. mellifera</i>		2							□
排蜂 <i>A. (Megapis) dorsata</i>	5	12	13	20	2	1		9	○
黑小蜜蜂 <i>A. (Micrapis) andreniformis</i>	3								○
小蜜蜂 <i>A. (Micrapis) florea</i>		1		2					○
虹无刺蜂 <i>Trigona iridipennis</i>	5								○
光足无刺蜂 <i>T. laeviceps</i>	2	1	1						△
黑胸无刺蜂 <i>T. pagdeni</i>	3					1	1	1	△
无刺蜂 <i>T.</i> sp. 1	1								☆
无刺蜂 <i>T.</i> sp. 2	2								☆
个体总数	66	50	23	39	13	13	7	65	

注: 1 雨林 Rain forest; 2 灌丛 Bush; 3 橡胶林 Rubber trees; 4 农田 Farm land; 5 曼养广 Manyangguang; 6 城子 Chengzi; 7 曼峨 Mane; 8 保护区 Reserve; 9 分布型 Distributive pattern.

☆为西双版纳特有种 (Endemic to Xishuangbanna), △为东洋区热带种 (Oriental tropical species), ○为东洋区种 (Oriental species), □为广布种 (Wide distributing species)

定^[16, 12], 共有蜜蜂 77 种, 分隶于 5 科, 20 属。其中分舌蜂科 (Colletidae) 1 属 3 种; 隧蜂科 (Halictidae) 4 属 17 种; 切叶蜂科 (Megachillidae) 7 属 25 种; 条蜂科 (Anthophoridae) 6 属 22 种; 蜜蜂科 (Apidae) 2 属 10 种 (表 1)。

从区系成分来看, 西双版纳热带地区的蜜蜂主要由东洋界的种类组成, 大约为总种类数的 79.2%, 其中 74.6% 为热带地区的种类。

2.2 多样性分析

根据不同栖息环境采得的蜜蜂的种类和个体数量, 分别计算出物种丰富度指数 (D_{MA})、物种多样性指数 (H') 和均匀度指数 (J_{SW}) 等, 测算结果见表 2。

表 2 不同生境蜜蜂的物种多样性测定

Table 2 Measurement of species diversity of bees in different habitats

测定项目 Measurement term	生 境 Habitats							
	雨林 Rain forest	灌丛 Bush	橡胶林 Rubber trees	农田 Farm land	保护区 Reserve	曼养广龙山 Manyang - guang	城子龙山 Chengzi	曼峨龙山 Mane
物种总数 S	34	28	7	12	31	8	9	5
丰富度指数 D_{MA}	7.877	6.902	1.914	3.003	7.187	2.729	3.119	2.569
多样性指数 H'	1.398	1.298	0.608	0.773	1.215	0.836	0.929	0.641
均匀度指数 J_{SW}	0.913	0.897	0.719	0.716	0.815	0.956	0.873	0.917

从表 2 可以看出, 雨林、灌丛和保护区拥有最多的物种, 其丰富度和多样性程度也很高, 取值分别在 6~8 和 1~1.5 之间, 均匀度指数都大于 0.800。3 个龙山和农田也具有相近的丰富度指数, 其值都接近 3, 但多样性和均匀度指数有所不同, 且以城子龙山的多样性指数最大, 曼养广龙山次之, 曼峨龙山最小, 仅 0.641; 均匀度指数比较接近, 并明显高于农田的数值。橡胶林在所有的生境中, 不但物种丰富度和多样性指数最小, 而且其均匀度指数仅略高于农田的数值。

不同生境内物种的丰富度和多样性指数与物种的数量呈正相关。物种的数量越多, 其测度值也越高。在物种总数相同的条件下, 丰富度指数与总个体数量成反比, 而多样性指数与各物种个体数量的平均程度成正比。物种的均匀度指数则仅仅受各物种个体数量分布的均匀性的影响, 与物种总数无关。因此, 尽管热带雨林 (包括自然保护区) 和灌丛的蜜蜂种类明显高于其它生境, 具有很高的丰富度指数, 但是其均匀度指数并不是最高的, 多样性指数也有所变化。曼峨龙山的蜜蜂虽然仅有 5 种, 在所有 8 个生境中种类最少, 但因各物种的个体数量分布比较平均, 均匀度指数测度值较高, 仅次与曼养广龙山。

2.3 相似性比较和聚类分析

相似性系数的定义有多种, 本文采用群落系数 C 作为不同生境之间相似性的度量标准。根据各生境蜜蜂的物种组成, 计算出生境间的相似性系数, 结果如表 3。

在表 3 中, 城子龙山和曼峨龙山之间的种类相似性系数最高, 为 0.429; 其次是橡胶林和农田之间, 相似性系数是 0.421; 农田和橡胶林与曼养广龙山之间的相似性系数都是 0.400。此外, 雨林与保护区、雨林和灌丛、灌丛和曼养广龙山、灌丛和农田以及三个龙山之间, 分别拥有较大的相似性系数, 表明它们各自之间的关系比较密切。曼峨龙山与橡胶林和农田的相似性系数均为 0, 即其间的种类已经完全不同。

表3 不同生境蜜蜂种类的相似性系数(C)

Table 3 Similarity coefficient (C) of bees in different habitats

生境 Habitats	1	2	3	4	5	6	7	8
1	—							
2	0.355	—						
3	0.195	0.286	—					
4	0.261	0.300	0.421	—				
5	0.338	0.237	0.158	0.093	—			
6	0.286	0.333	0.400	0.400	0.205	—		
7	0.233	0.270	0.250	0.190	0.200	0.353	—	
8	0.103	0.061	0.000	0.000	0.056	0.308	0.429	—

注: 1 雨林 Rain forest; 2 灌丛 Bush; 3 橡胶林 Rubber trees; 4 农田 Farm land; 5 保护区 Reserve; 6 曼养广龙山 Manyang guang Longshan; 7 城子龙山 Chengzi Longshan; 8 曼峨龙山 M ane Longshan。

根据表3的数据,对8个生境作出聚类图如下。

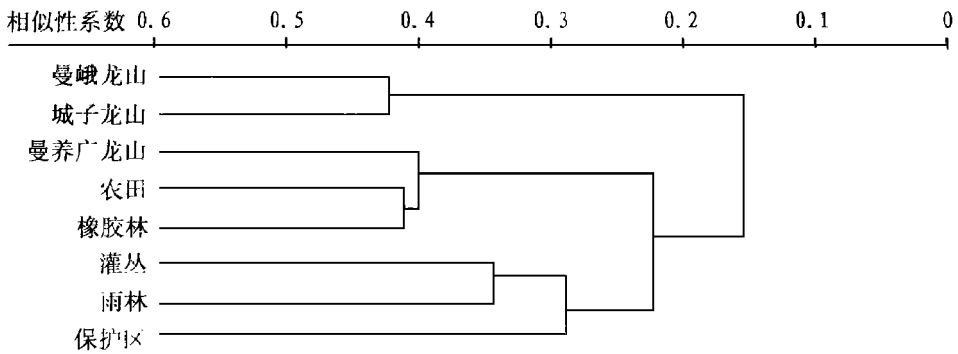


图1 不同生境蜜蜂平均聚类图

Fig. 1 Average cluster of bees in different habitats

如图1所示,在蜜蜂的种类组成上,曼峨龙山和城子龙山最为接近,率先在相似性系数0.429的水平相聚。农田和橡胶林在0.421相聚,并与曼养广龙山在0.400处聚为一类。雨林和灌丛在0.355处相聚后,与保护区在相似性系数0.288处合并。然后,保护区-雨林-灌丛在相似性系数0.235的水平与橡胶林-农田-曼养广龙山相聚,并与城子龙山-曼峨龙山在0.169处最终合并。至此,8个不同的生境全部聚合在一起。

3 讨论

3.1 蜜蜂物种多样性与生境的关系及变化规律

由于人口激增和对自然资源的过度利用,西双版纳热带森林大面积遭受破坏,热带气候特点正在发生改变,丰富的物种资源受到严重威胁。自1957年以来,处于绝灭和濒危的植物大约有500~800种^[4]。即使橡胶林种植也会因气候的改变而受到影响。

蜜蜂不仅依赖于开花植物为其提供花粉和花蜜作为食物,而且其生命活动受到气候因素的影响。因此,植被和气候因子的任何改变,都会对蜜蜂的种类组成和个体数量产生很大的影响。特别是当栖息环境发生剧烈的变化时,原有的物种由于不能适应新的环境条件而无法继续生存。不同的物种因为对栖息环境的适应性的差异,作出的反应也不尽相同。狭适应性(如

单食性)的物种在环境发生较小的改变以后,因不能生存而消失;广适应性的物种当环境的变化在其适宜的范围之内时,仍然能够生存,但数量相对较少。如果栖息环境完全地被改变了,原有的物种成分会显著地减少,甚至消失,而代之以不同的类群。

本项研究表明,西双版纳热带森林地区的雨林环境(包括保护区)中,不仅物种丰富度和多样性都很高,而且物种成分也比较相似,主要是热带种,约占总种数的53%以上,广布种不足25%。当雨林中的乔木层被砍伐,成为灌丛环境以后,原有成分中大约2/3的物种被改变了,物种丰富度和多样性指数略有下降。如果雨林被彻底毁坏,垦为橡胶林和农田后,物种丰富度、多样性和均匀度指数急剧下降,大部分的热带种遭受灭绝之灾,而且新侵入的物种主要是广布种。如在橡胶林茶园,蜜蜂总物种数只有雨林环境的20%,其中57.1%为广布种,几乎完全失去雨林生境物种成分的特点,丰富度和多样性指数是所有生境中最低的。

3.2 傣族龙山蜜蜂的物种多样性及其意义

作为傣族传统信仰的龙山,在西双版纳地区的植被类型和物种多样性保护、水土保持以及地方性小气候的调节等方面都有十分重要的意义^[17]。但是,由于不同程度的人为干扰和破坏,虽然保持了热带季雨林原始林基本的种类组成和一些外貌结构特征,但群落层次结构已不完整,物种成分发生了改变,数量也有所减少^[18]。龙山的长时间隔离使雨林成分和季雨林成分走向衰退,衰退率之和占龙山林中衰退种群的80%以上,先锋和非雨林成分增加^[19]。

从对蜜蜂的研究来看,3个龙山不仅物种的丰富度比较接近,而且相似性程度也较高。表明龙山受环境改变的影响具有相同的变化趋势。若与现有的自然保护区(季雨林)相比,所有龙山蜜蜂的物种丰富度和多样性均呈显著下降的趋势,物种成分也发生了剧烈变化。而且龙山的面积越小,保存的物种也越少,物种成分的变化越大。曼养广龙山20 hm²,面积最大,尽管其被隔离最为彻底,仍然有50%的物种与热带季雨林相同,与季雨林的物种相似性程度最高。曼峨龙山面积4 hm²,仅有20%的物种与季雨林内的相同,与季雨林的物种相似性程度最低。城子龙山只有3 hm²,面积最小,其内44.4%的物种在季雨林中也有,表现出较高的相似性。这是因为曼峨龙山受到的干扰和破坏最为严重,其内的郁闭度和湿度在三个龙山中最低,和雨林环境相差最远。而城子龙山因为与次生雨林相连,与雨林的差异程度降低了,物种的变化不如曼峨龙山显著。此外,在龙山与其它生境之间,曼养广龙山与橡胶林和农田的种类相似性最高,正是由于橡胶林和农田对龙山的隔离作用,使其有被周围生境同化的趋势。

因此,傣族龙山在保持热带雨林物种多样性方面具有一定的作用,但非常有限。而且这种作用与龙山面积的大小,人为干扰、破坏和隔离的程度,以及周围生境的变化相关。这一结果与对植物的研究相比,蜜蜂受西双版纳环境的变化影响更为突出。

3.3 蜜蜂物种多样性在生物多样性保护和持续利用中的功能

蜜蜂的大多数种类是许多开花植物重要的传粉昆虫,在漫长的进化历程中,对这些植物的繁盛和发展起着巨大的作用。特别是在热带森林地区,由于气候潮湿多雨,风媒作用有限的条件下,昆虫尤其是蜜蜂的传粉显得十分重要。蜜蜂的种群和数量的任何变化都会对依靠其作为传粉媒介的植物的生存产生影响。尤其是那些只依赖于单一的蜜蜂种类传授花粉植物,如果传粉蜜蜂受环境条件(包括气候)变化的影响而无法生存,这些开花植物就会因为没有蜜蜂传粉而无法结实,最终导致植物种群的衰退甚至消亡。因此,开展蜜蜂乃至整个昆虫的物种多样性及其保护的研究,不仅是生物多样性研究中的一个重要组成部分,而且在植物多样性的保护和退化生态系统的恢复中具有积极的作用。

致谢 野外工作得到中国科学院西双版纳热带植物园许再富研究员、朱华博士、王洪等同志和西双版纳国家级自然保护区曹孟良等有关领导的热心帮助,特致谢忱。

参 考 文 献

- 1 Wilson E O. The current state of biological diversity. In: H. J. de Blij (ed.), *Earth' 88: Changing Geographical Perspectives*, Washington D C. National Geographical Society, 1988, 3~ 18
- 2 Gentry A H. Tropical forest biodiversity: distribution patterns and their conservational significance. *Copenhagen* **63**: 19~ 28
- 3 Mayers N. Threatened biotas: "Hotspots" in tropical forests. *Environmentalist*, 1988, **8**(3): 1~ 20
- 4 许再富, 禹平华, 裴盛基. 论西双版纳热带植物种质资源的保护. *热带植物研究*, 昆明: 云南大学出版社, 1982, 7~ 15
- 5 施立明. 遗传多样性及其保存. *生物科学信息*, 1990, **2**(4): 158~ 164
- 6 杨岚, 潘汝亮, 王淑珍. 西双版纳茶林及橡胶林区鸟类调查. *动物学研究*, 1985, **6**(4): 353~ 359
- 7 王直军. 西双版纳热带森林鸟类群落结构. *动物学研究*, 1991, **12**(2): 169~ 174
- 8 Barth F G. *Insects and flowers*. Princeton University Press, 1985
- 9 吴燕如. 云南生物考察报告(蜜蜂总科 Apoidea I., 木蜂族 Xylocopini). *昆虫学报*, 1961, **10**(4~ 6): 499~ 503
- 10 吴燕如. 云南生物考察报告(蜜蜂总科 (Apoidea) I., 切叶蜂科 (Megachilidae), Anthidiini 族). *昆虫学报*, 1962, **11**(增刊): 161~ 171
- 11 吴燕如. 云南生物考察报告(蜜蜂总科 (Apoidea) I., 蜜蜂科 (Apidae), Ceratinini 族). *昆虫学报*, 1961, **12**(1): 83~ 91
- 12 吴燕如, 何琬, 王淑芳. 云南蜜蜂志. 云南科技出版社, 1988
- 13 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990, 147~ 172
- 14 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I. 多样性的测度方法(下). *生物多样性*, 1994, **2**(4): 231~ 239
- 15 Pielou E C. 数学生态学(卢泽愚译 1991). 科学出版社, 1985
- 16 吴燕如. 中国经济昆虫志(第九册) 科学出版社, 1965
- 17 刘宏茂, 许再富, 陶国达. 西双版纳傣族“龙山”的生态学意义. *生态学杂志*, 1992, **11**(2): 41~ 43
- 18 朱华等. 西双版纳傣族“龙山”植被的研究. *热带植物研究论文报告集*, 云南大学出版社, 1993, **2**: 14~ 31
- 19 刘宏茂, 许再富, 陶国达. 西双版纳“龙山林”的不同状况与植物多样性变化. *热带植物研论文报告集*, 云南大学出版社, 1993, 32~ 37
- 20 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994, 1~ 237