

西双版纳片断热带雨林的结构、物种组成及其变化的研究

朱 华 许再富 王 洪 李保贵 龙碧云

(中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 昆明 650223)

摘 要 通过对西双版纳地区的6个“龙山”片断热带雨林与同样类型的原始热带雨林的比较研究,探讨了片断热带雨林的群落结构、种类组成、生活型构成、种群结构、植物丰富度及多样性等的变化及其规律。随着热带雨林的片断化,森林边缘效应和人为干扰加剧,热带雨林群落的结构变得不完整,植物丰富度降低。在生活型构成上,附生植物、大、中高位芽植物以及地上芽植物比例减少,藤本植物和小高位芽植物比例明显增高。在种群结构上,受轻、中度干扰的片断雨林,仅含1~2个个体的种类在群落中的相对数量有所增加,乔木种类组成变得不稳定,随着人为干扰的加剧,那些仅有1~2个个体为代表的种类将首先消失。在单位面积种数和物种多样性指数上,情况比较复杂,热带雨林片断化和受到一定干扰可能会增加藤本植物多样性指数,但干扰过度又会减低其多样性指数,附生植物多样性指数则随干扰和隔离时间呈明显下降趋势,但总的说来,片断热带雨林单位面积上的种数远比原始林少得多,随着人为干扰和隔离的加剧,物种多样性指数显著降低。

关键词 片断热带雨林 群落结构 种类组成 多样性 西双版纳

EFFECTS OF FRAGMENTATION ON THE STRUCTURE, SPECIES COMPOSITION AND DIVERSITY OF TROPICAL RAIN FOREST IN XISHUANGBANNA, YUNNAN

ZHU Hua XU Zai-Fu WANG Hong LI Bao-Gui and LONG Bi-Yun

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

Abstract Based on a comparison of fragmented and primary tropical rain forests in Xishuangbanna, the effects of fragmentation on structure, species composition, life form, tree populations, plant abundance and species diversity of the tropical rain forest are analyzed. With increasing fragmentation, edge effects and disturbances, fragments become different from the primary rain forest in various ways. Compared with the primary forest, the fragments were incomplete in community structure, lower in plant abundance and species diversity, and showed a relatively lower percentage of epiphytes and chamaephytes but a conspicuously higher percentage of lianas. In the fragments with slight to intermediate disturbances, tree populations of only 1 or 2 individuals make an increasing percentage of the total, indicating that the populations of many tree species have become more unstable. In the fragments with serious disturbances, tree species with only 1 or 2 individuals present disappeared first. As the fragments in Xishuangbanna formed and developed under strong human impact, their species diversity shows complicated changes. Liana species diversity increased with a certain extent of disturbances, but decreased when over disturbed. Species diversity decreased in general with increasing disturbance.

Key words Rain forest fragments, Community structure, Species composition, Species diversity, Xishuangbanna

热带地区生境破碎化和热带森林片断化导致生物多样性的迅速丧失已成为全球生物多样性危机,热带森林片断化与生物多样性关系研究成为目前国际上对热带森林生物多样性保护研究的重要内容

(Turner, 1996; Laurance & Bierregaard, 1997),最有代表性的就是在巴西的玛瑙斯(Manaus)开展的工作,已发表了许多研究论文(Malcom, 1994; Klein, 1989; Fonseca de Souza & Brown, 1994; Ca-

收稿日期:1999-09-20 修订日期:2000-02-20

基金项目:云南省基金(96C122M、98C096M),中国科学院“九·五”重大项目(KZ951-A-104课题),中国科学院百人计划,国家科委(14-602)支持项目

蔡琳女士帮助资料、文字录入,曹敏先生在学术讨论上给予很大帮助,谨此致谢。

margo & Kapos, 1995; Ferreira & Laurance, 1997; Benitez-Malvido, 1998; Laurance *et al.*, 1998a; 1998b), 但玛脑斯的片断热带雨林隔离时间不长(最长的仅20多年), 其研究结果是否具有普遍性仍有争议。其他地区的研究(Diamond *et al.*, 1987; Newmark, 1991; Laurance, 1994; Kattan *et al.*, 1994; Daily & Ehrlich, 1995; Murcia, 1995)已得出了许多有价值的结论。然而大多数研究, 包括玛脑斯的工作都是动物类群的多样性与森林片断的关系, 对植物多样性与森林片断的关系研究(Williams-Linera, 1992; Leigh *et al.*, 1993; Turner *et al.*, 1996; Turner & Corlett, 1996; Fox *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 1997; Oliveira-Filho *et al.*, 1997; Benitez-Malvido, 1998; Laurance *et al.*, 1998a; 1998b)相对做得不多, 并且主要是在片断热带雨林的边缘效应上。国外对片断热带雨林的研究也主要以人为干扰较少的自然片断或人工实验片断(如在 Manaus 的工作)为对象。云南的热带雨林因发生在热带北缘山地, 通常呈断续的小块片存在于局部生境, 与其他类型的森林形成镶嵌的分布格局。在云南南部要选择人为干扰较少而又隔离的自然热带雨林片断或人工实验片断是困难和不现实的。西双版纳傣族的“龙山”为傣民族的神山或坟山的统称, 它们随村寨主要分布在坝区的低丘山地或低平地上, 这些地区的原始植被已几乎不存在, 但由于传统文化信仰, “龙山”上仍保留有半原始的森林片断。这些残存的热带雨林片断尽管通常面积较小和受人为干扰严重, 但它们毕竟是保存下来的半原始热带雨林, 犹如一个个隔离的“绿岛”, 在生物多样性保护的研究上仍有十分重要理论意义和现实意义。

在中国科学院“八·五”重大项目的支持下, 我们曾以西双版纳傣族“龙山”上的片断热带雨林为研究对象, 对其生物多样性及其变化进行了调查, 并与同样类型的原始热带雨林(勐仑自然保护区)作比较, 结合隔离和环境状况, 初步探讨“龙山”片断雨林的物种多样性变化的规律(许再富等, 1994; 1998; 朱华等, 1997)。在中国科学院“九·五”重大项目的支持下, 针对生境片断化与生物多样性丧失, 我们对这几个“龙山”片断热带雨林进一步从物种的遗传多样性、土壤微生物、动物-植物关系、边缘效应等方面进行综合的、深入的研究。本文作为该项目的最为基础的部分, 主要以进行了详细调查的6个“龙山”片断热带雨林为对象, 对其群落结构与物种组成进行研究, 并主要从生活型组成的变化上探讨森林片断化对生

物多样性的影响, 为西双版纳片断热带雨林生物多样性的深入研究提供必要的基础资料, 亦为热带雨林保护生物学研究提供重要的参考。

1 研究方法

研究地点位于云南省的南部西双版纳傣族自治州, 约当 $21^{\circ}09' \sim 22^{\circ}36' N$, $99^{\circ}58' \sim 101^{\circ}50' E$ 之间。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、山地区。该地区的气候属于西部型季风气候, 以勐腊县为例, 年均温 $21^{\circ}C$, $>10^{\circ}C$ 积温 $7639^{\circ}C$, 最热月均温 $24.6^{\circ}C$, 最冷月均温 $15.2^{\circ}C$; 年降雨量 $1531.9 mm$, 干季(11~4月)降雨 $282 mm$, 湿季(5~10月)降雨 $1250 mm$, 相对湿度 80% 。年温差小, 日温差大, 干湿季变化十分明显。

研究样地位于景洪和勐腊的坝子边缘的低丘坡脚和低丘坡顶上, 均属于西双版纳傣族的“龙山”残存的半原始热带雨林片断。本文主要以对景洪曼养广“龙山”林(约 $14 hm^2$ 面积)、曼养“龙山”林(约 $4 hm^2$ 面积)、曼远“龙山”林($1 hm^2$ 面积), 勐腊勐仑城子“龙山”林($4 hm^2$ 面积)、曼俄“龙山”林(约 $3 hm^2$ 面积)、曼龙“龙山”林($3 hm^2$ 面积)及勐仑自然保护区原始雨林片断的调查资料为基础进行分析。在野外调查上, 我们既以整个“龙山”片断雨林为基础, 获取植物区系编目、生态成分研究的数据资料, 又以在每个片断雨林中设置1个标准样方(面积 $2500 m^2$), 按常规的群落学调查(记名记数测量所有胸径 $5 cm$ 以上的立木, 调查时, 每个样方被粗略地分成5个 $10 m \times 50 m$ 的样条, 这样可以统计树种的频度分布以便计算重要值), 获取群落生态学等方面及单位面积上种数和个数等方面的数据资料, 以便能在同等基础上对各个片断进行比较研究。在资料分析上, 重要值的计算按Curtis和McIntosh(1951)的方法, 物种多样性指数用香农指数($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$) (Shannon & Wiener, 1949), 生活型谱按Raunkiaer(1934)的标准。样方调查和植物区系编目所采集的种类凭证标本存放在西双版纳热带植物园标本馆(HITBC), 并由专家进行鉴定, 命名遵从中国植物志。

2 研究结果

2.1 片断热带雨林的结构和物种组成特征

西双版纳傣族的“龙山”片断热带雨林, 根据其分布生境, 外貌结构和种类组成以及与该地区原始植被类型的比较, 确定了它们主要属于低丘热带季

节雨林的两种类型,亦即低丘常绿季节雨林和低丘半常绿季节雨林,前者即为西双版纳地区最有代表性的热带季节雨林类型(朱华等,1998)。本文所用的5个“龙山”片断热带雨林资料及作为对照的勐仑自然保护区原始雨林片断均属于低丘常绿季节雨林或俗称的低丘季节雨林类型,仅1个“龙山”(曼龙)片断热带雨林资料为低丘半常绿季节雨林。低丘季节雨林在过去曾广泛分布在海拔800 m以下的坝区周围的低山、低丘上。现在仅在一些较小坝区周围的低山上,例如勐仑、勐宽、勐腊的曼腊等地,仍有小面积原始林存在。在坝区,亦只在不多的“龙山”,如勐仑的城子、曼俄,勐罕的曼远,大勐龙的曼养广,勐养的曼火裸等,残存有相对较完整的片断。

2.1.1 外貌和结构

“龙山”上的低丘季节雨林,或多或少都受到破坏,因而不同的“龙山”上残存的片断,在外貌和结构的表现上亦不相同。为了能够较为客观地反映这种植被类型的外貌和结构特点,我们主要以作为对照研究的勐仑坝的低丘季节雨林原始林为例进行描述。至于各“龙山”林的外貌和结构现状,在具体提及时会有所阐明。

典型的低丘季节雨林,群落高达35~40 m,乔木至少有三层。第一层高通常在30 m以上,覆盖度约30%,由具有伞形树冠的大树构成。它们的树冠彼此分开、疏离,而使林冠参差不齐。乔木第二层高18~30 m,覆盖度70%~80%,为构成林冠的主要层,它们的树冠形状各异但彼此连接。乔木第三层高5~20 m,覆盖度40%~50%,树冠形状多样而近连续。乔木层之下为幼树和灌木构成的幼树灌木层,高1~5 m,覆盖度30%~60%。再下为草本层,高度和覆盖度均变化较大。

层间藤本植物丰富,木质大藤本常见。附生植物在种类和数量上都不多。绞杀植物亦常见。

“龙山”上残存的季节雨林,现在很少有能较全面反映他的外貌和结构特点的。如有的已没有了乔木上层(A层),乔木第二层的覆盖度亦只30%(曼远“龙山”),保存较好的大勐笼曼养广“龙山”林现在乔木第一层虽在,但第二和第三层已树木稀疏,不能形成郁闭。总之,“龙山”片断热带雨林的一个特点就是它的群落层次结构已不完整。

2.1.2 群落种类组成

“龙山”上的低丘季节雨林,种类组成虽仍基本上相同于原始林,但各个种在群落中的地位上有较明显的一些变化。首先,由于隔离和人为破坏,有较

多的非雨林种类侵入,并且它们的个体数量亦较多。其次由于择伐,改变了各种树在群落中的地位。例如,曼远“龙山”,很多乔木被砍伐而把泰国芒果(*Mangifera siamensis*)留下来了,成为一种以泰国芒果占显著优势的群落片断。再如,曼迈“龙山”(本文未用此资料),龙果被有意保留而成为一种以龙果占优势的群落片断。所以,现在的“龙山”林中常有单种优势现象,但这不能准确地说是其自然特点。这也暗示了对于“龙山”森林我们只能参考一些标志种类来确定它归属的植被类型,而不能依据一些种类组合或组成特点来划分群丛。

就这几个代表性“龙山”林乔木层的种类组成现状看,箭毒木(*Antiaris toxicaria*)具有最大重要值,其次是泰国芒果,大叶白颜树(*Gironniera subaequalis*),布渣叶(*Microcos paniculata*),龙果(*Pouteria grandifolia*),毛麻楝(*Chukrasia tabularis* var. *velutina*),湄公硬核(*Scleropylum wallichianum* var. *mekongense*)等。这些优势树种也有相对较大的存在度,既是“龙山”林的代表成分,大多数显然也是原始林的代表成分。与原始林不同之处是非原始林成分的布渣叶占有较显著地位,而一些原始林成分如泰国芒果等的地位(重要值)提高了。

从各树层来看,A层乔木以箭毒木、泰国芒果、大叶白颜树、龙果、毛麻楝等占优势。B层乔木以阔叶圆果杜英(*Elaeocarpus sphaerocarpus*)、大叶藤黄(*Garcinia xanthochymus*)、樟叶朴(*Celtis timorensis*)、假鹊肾树(*Pseudostrobus indica*)、木奶果(*Baccaurea ramiflora*)、滇南溪桫(*Chisocheton siamensis*)等为优势。A、B层乔木的种类组成及特征仍与原始林接近,是残留的原始林成分。C层乔木种类较多,构成复杂,以湄公硬核、布渣叶、小叶红光树(*Knema globularia*)、柴龙树(*Apodytes dimidiata*)、云南银柴(*Aporosa yunnanensis*)、滨木患(*Arytera litoralis*)、伞花木姜(*Litsea umbellata*)、降真香(*Acronychia pedunculata*)等占优势。这些优势成分仍为原始林成分。但饼树(*Suregada glomerulata*)、铁刀木(*Cassia siamea*)、毛八角枫(*Alangium kurzii*)、黑黄檀(*Dalbergia fusca*)、鹊肾树(*Strobus asper*)等显然是非原始成分。

这些片断热带雨林的灌木层和草本层通常不发达,种类组成与原始林差异大,除一些幼树苗外,大多为次生灌草。

在藤本植物中,弯刺山黄皮(*Randia bispinosa*),多籽五层龙(*Salacia polysperma*),盾苞藤(*Neuro-*

peltis racemosa)最占优势和常见,它们的存在度为100%,是“龙山”片断热带雨林的典型代表。其他常见种还有云南牛栓藤(*Connarus paniculatus*)、青藤子(*Jasminum nervosum*)、阔叶风车藤(*Combretum latifolium*)、印度翼核果(*Ventilago madraspatana*)等。藤本植物在种类组成上与原始林类似,在种数上并不低于原始林,在多度上超过原始林。

附生植物在种数和多度上明显贫乏,仅有少数种类,如石柑(*Pothos chinensis*)、崖姜蕨(*Pseudodrynaria coronans*)、硬叶吊兰(*Cymbidium pendulum*)、铁草鞋(*Hoya pottisii*)等为常见。

2.2 片断雨林与原始林比较

2.2.1 “龙山”片断雨林的隔离和干扰状况

所选6个“龙山”片断雨林中,曼远“龙山”隔离最大,受人为干扰也最严重。曼俄“龙山”距大片原始林最近,但存在的时间最长。城子“龙山”受干扰最轻,在核心部分仍保留着原始林的结构和组成。各“龙山”的共同点是均为孤立的块片,周围被人工林或农田所围绕,但它们面积大小各异,距原始林的距离也不同,受人为干扰状况也各不相同。若给予一个受隔离和干扰状况程度的评价,则是:城子“龙山”<曼俄“龙山”<曼养广“龙山”<曼养“龙山”<曼龙“龙山”<曼远“龙山”。

2.2.2 “龙山”片断雨林的小气候和土壤肥力的变化

根据对城子“龙山”、曼俄“龙山”、曼养广“龙山”片断雨林和作为对照的勐仑自然保护区原始热带雨林的小气候研究表明(马有鑫等,1998),热带雨林片断后,林内与林外之间的小气候环境差异和对林外气候变化的缓冲作用都明显减弱。例如,林内与旷地之间的最高气温、最高地面温度和空气相对湿度的绝对差值大小顺序基本为连续森林(保护区原始热

带雨林)(6.1℃、28.2℃和37%)>城子“龙山”林(8.7℃、24.9℃和31%)>曼养广“龙山”林(4.9℃、19.6℃和26%)>曼俄“龙山”林(4.3℃、14.3℃和22%),这反映了森林对气候的缓冲作用以连续森林最大,曼俄“龙山”林最小,也就是说,森林小气候环境的退化程度是曼俄“龙山”林>曼养广“龙山”林>城子“龙山”林,这与这几个“龙山”片断雨林植物多样性的退化趋势基本上是一致的(朱华等,1997)。在林内相对光强上,是曼俄“龙山”林>城子“龙山”林>曼养广“龙山”林。在气-地温差上城子“龙山”林和曼养广“龙山”林接近连续森林,而曼俄“龙山”林则接近旷地(马有鑫等,1998)。这与曼俄“龙山”林的乔木上层和中层严重退化(被择伐)有关。

对城子“龙山”、曼俄“龙山”、曼养广“龙山”片断雨林的土壤肥力的研究显示(表1),以曼养广“龙山”片断雨林的土壤肥力综合表现较好,城子“龙山”居中,曼俄“龙山”最差,其土壤肥力严重衰退。从林内、林缘和林外(人工林或次生林)土壤肥力的变化来看,则城子“龙山”片断雨林土壤肥力的变化差值最大,意味其森林土壤肥力的退化最小。

2.2.3 “龙山”片断雨林植物种类组成及生活型构成的变化

前已述及,“龙山”片断热带雨林的一个共同点就是层次结构的不完整。不同的“龙山”林,受破坏的方式和程度不一样,导致他们在外貌和结构的现状上各异,这种差异大多是人为的而不是自然的。

在种类组成上,有两点是明显的:其一是“龙山”林中非雨林成分侵入较多;其二是就他们残存的雨林成分而言,在人为择伐的影响下,各个种的地位发生了改变,有的种由于人为留了下来而使得他的地位变得相对突出,例如,泰国芒果因其食用价值被有

表 1 “龙山”片断热带雨林土壤肥力的比较
Table 1 Comparison of soil conditions among fragmented forests on Dai's Holy Hills

“龙山”林 Fragmented forest	曼养广 Manyanguang			城子 Chengzi			曼俄 Man'e		
	林内 Inter.	林缘 Edge	林外 Out	林内 Inter.	林缘 Edge	林外 Out	林内 Inter.	林缘 Edge	林外 Out
取样位置 Plot site									
土壤含水量(雨季) Moisture content(%)	32.12	31.61	32.97	27.83	28.11	25.20	20.53	22.91	20.66
pH	4.51	4.21	4.25	4.67	4.58	4.99	4.81	4.90	4.94
有机质 Organic matter(%)	3.22	3.34	2.56	2.41	1.92	1.56	1.31	1.31	1.44
速效氮 Extractable N(mg·100g ⁻¹)	14.33	13.87	12.31	11.22	9.81	7.48	7.24	7.35	7.44
速效磷 Extractable P(mg·100g ⁻¹)	0.29	0.58	0.23	0.83	0.92	4.52	1.39	0.43	0.42
速效钾 Extractable K(mg·100g ⁻¹)	4.40	5.25	2.65	11.27	7.59	7.45	4.39	4.55	5.27

数据均为0~10 cm, 20~30 cm, 40~50 cm 深度取样的平均值 Data are the average values of the samples from the depth of 0~10 cm, 20~30 cm, 40~50 cm

意保留而成为一个优势树种。在原始林中各个种的地位通常是相对恒定的。

在单位面积的种数上,变化就更大了,这结合了自然和人为两方面的因素。就自然而言,不同“龙山”由于局部环境不同,被保存的种数显然也不同(表2),但无论如何,总的规律是“龙山”片断热带雨林单位面积上的种数远比原始林少得多。

根据6个“龙山”片断热带雨林的植物编目资料,计算出生活型组成,作为一个整体的片断热带雨林植物生活型组成与原始热带雨林的比较见图1。片断热带雨林中,附生植物,大、中高位芽植物以及地上

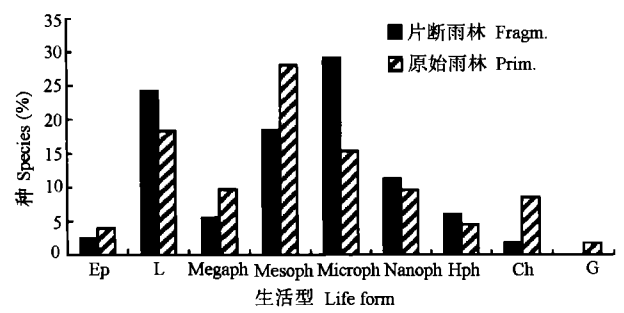


图1 片断雨林与原始雨林植物生活型谱的比较
Fig. 1 Comparison of life form spectra between the fragmented forests and primary forest

Ep:附生植物 Epiphyte L:藤本植物 Liana Megaph:大高位芽植物 Megaphanerophyte Mesoph:中高位芽植物 Meso-phanerophyte Microph:小高位芽植物 Microphanerophyte Nanoph:矮高位芽植物 Nanophanerophyte Hph:草本高位芽植物 Herbaceous phanerophytes Ch:地上芽植物 Chamaephyte G:地下芽植物 Geodhute

芽植物比例减少,藤本植物和小高位芽植物比例明显增高,这也印证了森林片断化后,由于边缘效应和林内生境在一定程度上的干暖化,喜湿耐荫的附生植物和大、中高位芽植物以及林下的地上芽植物趋于减少,而喜光的先锋植物(多为小高位芽植物)和藤本植物则趋增多。就各具体片断热带雨林而言,草本植物的减少比较显著,藤本植物则是相对增加。若除去受干扰破坏较严重的曼远、曼养和曼龙“龙山”林,则生活型构成的这种变化更为明显(图2)。

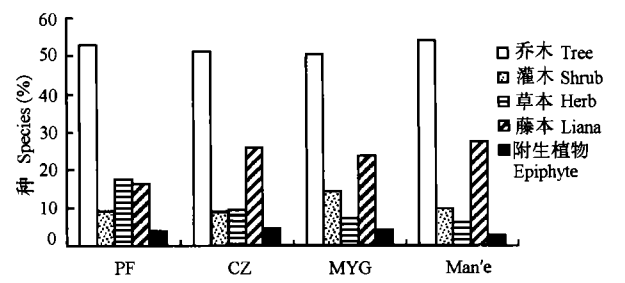


图2 不同“龙山”片断热带雨林与原始热带雨林植物生活型谱的比较
Fig. 2 Comparison of life form spectra between the primary forest and several fragmented forests
PF:原始雨林 Primary forest CZ:城子“龙山”林 Fragment in Chengzi MYG:曼养广“龙山”林 Fragment in Manyang-guang Man'e:曼俄“龙山”林 Fragment in Man'e

2.2.4 “龙山”片断雨林植物种群构成的变化
西双版纳原始热带雨林群落中,就乔木层的树种种群构成而言,大多数树种仅由少数个体所代表,只有少数种类有较多的个体(Cao & Zhang, 1997),

表2 原始雨林与“龙山”片断雨林样方植物种数的比较

Table 2 Comparison of species number per plot between the primary forest and fragmented forests

样方 Plot	原始雨林 Primary		龙山 Fragment I		龙山 Fragment II		龙山 Fragment III		龙山 Fragment IV		龙山 Fragment V		龙山 Fragment VI	
地点 Location	勐仑保护区 Nature Reserve		城子 Chengzi		曼俄 Man'e		曼养广 Manyangguang		曼养 Manyang		曼远 Manyuan		曼龙 Manlong	
面积 Area(m ²)	2500		2500		2500		2500		2500		2500		2500	
	种数 No. sp.	%	种数 No. sp.	%	种数 No. sp.	%	种数 No. sp.	%	种数 No. sp.	%	种数 No. sp.	%	种数 No. sp.	%
乔木 DHB>5 cm	46	30.3	52	38.5	37	32.7	18	18.6	40	51.9	7	16.3	27	37.5
Tree DBH<5 cm	35	23	18	13.3	24	21.2	31	32	8	10.4	11	25.6	5	7.8
乔木合计 Total	(81)	(53.3)	(70)	(51.9)	(61)	(54)	(49)	(50.5)	(48)	(62.3)	(18)	(41.9)	(29)	(45.3)
灌木 Shrub	14	9.2	11	8.15	11	9.7	14	14.4	7	9.1	6	14	8	12.5
草本 Herb	25	16.4	13	9.6	7	6.2	7	7.2	4	5.2	6	14	12	18.8
藤本 Liana	26	17.1	35	25.9	31	27.4	23	23.7	17	22.1	9	20.9	10	15.6
附生植物 Epiphyte	6	3.9	6	4.4	3	2.7	4	4.1	1	1.3	4	9.3	5	7.8
总计 All	152	100	135	100	113	100	97	100	77	100	43	100	64	100

sp. =Species

这种情况可以由样方乔木树种的种序图来反映。我们比较了“龙山”片断热带雨林与对照原始热带雨林样方乔木树种的种序图(图3),城子、曼俄“龙山”与原始热带雨林类似,半数以上种类仅有1~2个个体,亦即它们的种序图均带有一个长尾。城子“龙山”片断热带雨林的种序图的尾特别长,显示了它有大量的种类仅有1~2个个体,群落种类组成更加不稳定。曼龙、曼养广和曼远“龙山”同样面积上乔木种数已大为减少,其种序图已逐渐失去了长尾部分,即它们的仅有1~2个个体为种类已首先失去。这似乎暗示了热带雨林片断化和受轻、中度干扰后仅含1~2个个体的种类在群落中的相对数量会有所增加,乔木种类组成会更加不稳定,随着人为干扰的加剧,那些仅有1~2个个体为种类将首先消失。

2.2.5 “龙山”片断雨林的群落结构及植物丰富度(多度)的变化

我们所研究的这6个“龙山”片断热带雨林在群落结构及植物丰富度(个体多度)上与原始热带雨林有各种各样的异同(朱华等,1997),如城子“龙山”林具有与原始热带雨林最接近的群落结构和植物个体丰富度。曼俄“龙山”林的上、中层乔木个体数和复盖度明显较小,原因之一可能是该龙山过去在林下种过砂仁,曾清除过幼、小树。由于是坟山,人、畜也常出入,林下生境受干扰较重,现在曼俄的“龙山”林中,高度10 m 以下的小树和幼树个体非常丰富,然而,他们大多并非原始雨林树种,而是先锋树种。

曼养广“龙山”林的乔木上、中层在个体数和复盖度上都接近原始雨林,但乔木下层个体数和复盖度均小于原始雨林,幼树灌木层则较原始雨林丰富。曼养“龙山”林过去(50年代)也曾是自然保护区的一

部分,后来变成孤立小片。文革期间,该“龙山”林的大、中树木几乎被全部砍伐。一方面由于生境的巨变,很多雨林幼树、小树不能适应而死亡,另一方面还没有足够长的时间以自然恢复,导致现在几乎乔木的上、中层不存在,只有乔木下层(小树层)异常丰富,先锋成分占有较大比例。

曼龙“龙山”和曼远“龙山”林孤立的时间相对较长,人、畜干扰较严重(经常出入)。曼远“龙山”林受人为破坏严重,乔木层被择伐,群落结构不完整,各层在株数和复盖度上均较小。

这种差异主要由于它们在形成(孤立)时间、人为干扰方式和程度上各不相同,也就是说它们并不完全是一种自然发展的森林片断,这就使得情况变得很复杂。就目前的研究结果来说,隔离(孤立)时间越长久,或受人为干扰越严重,则与原始雨林相比,群落的结构就越趋不完整,植物丰富度也会越低,这样的森林也会越趋偏离原始热带雨林,改变其性质,散失其多样性。

2.2.6 “龙山”片断雨林植物多样性的变化

在与原始雨林的比较上,总的来说,这几个片断热带雨林的物种多样性指数均较原始雨林低(朱华等,1997),不同的生活型表现不一样(图4)。乔木的多样性指数随人为干扰的增加而降低,但曼养“龙山”林多样性指数并不比对照样地小,可能是因为他的上、中层乔木被砍伐的时间较短,原来雨林成分的幼、小树木并未都死亡,而先锋成分和其他成分大量侵入,以致阶段性地增大了多样性指数。幼树、灌木和草本植物的多样性指数随干扰加剧和片断化隔离时间的增加而呈降低趋势。藤本植物的多样性指数在城子“龙山”和曼俄“龙山”林较对照样地高,在其

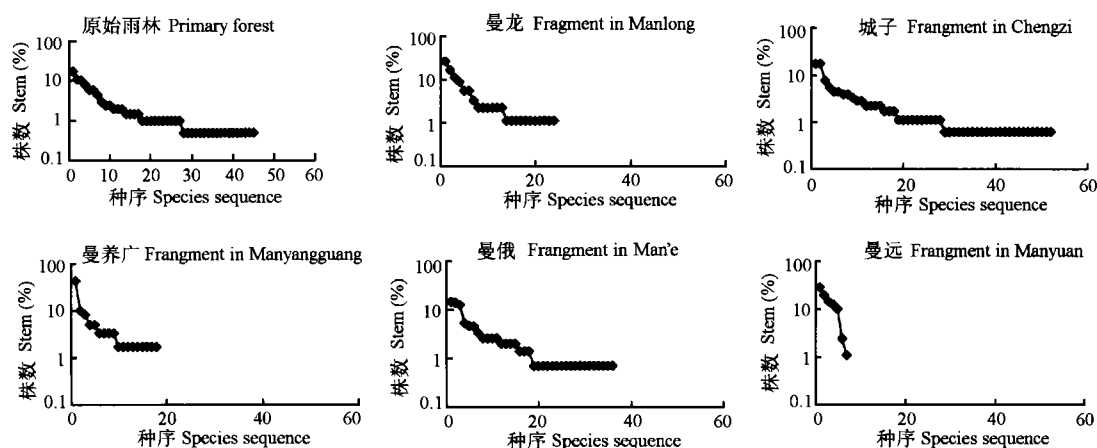


图3 西双版纳傣族“龙山”林与原始热带雨林乔木种序图的比较

Fig. 3 Dominance-diversity curves for the fragmented and primary forests

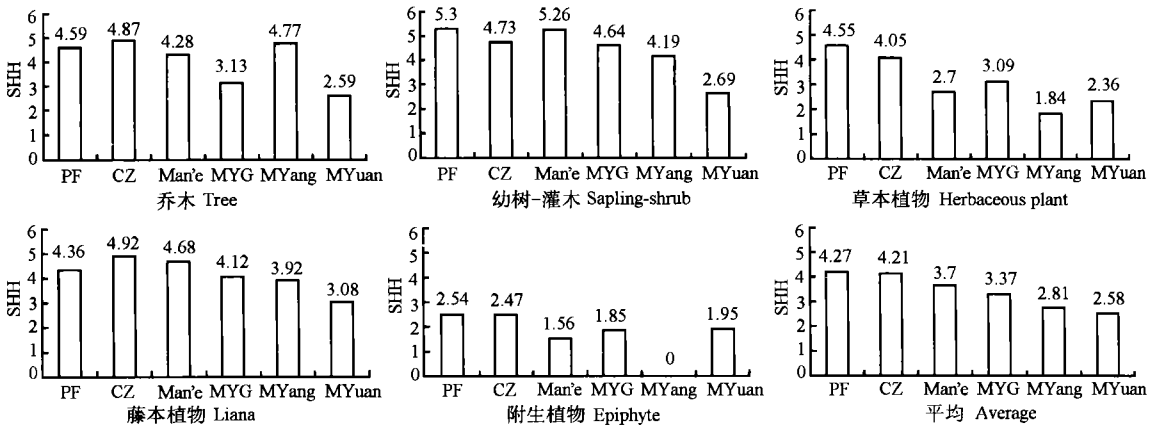


图 4 西双版纳傣族“龙山”林与原始热带雨林植物多样性的比较

Fig. 4 Comparison of plant diversity between the fragmented and primary forests

PF:原始雨林 Primary forest CZ:城子“龙山”林 Fragment in Chengzi MYG:曼养广“龙山”林 Fragment in Manyang-guang
Mane:曼俄“龙山”林 Fragment in Mane MYang:曼养“龙山”林 Fragment in Manyang
林 Fragment in Manyuan SHH: 香农指数 Shannon-Wiener's diversity index

他“龙山”林则较低,这意味着受到一定干扰有可能会增加藤本植物多样性指数,但干扰过度又会减低其多样性指数。附生植物多样性指数则随干扰和隔离时间呈明显下降趋势,这是因为附生植物对空气湿度的依赖性强,森林片断化后,林内小环境由湿凉转向干暖,导致附生植物消失。

3 讨 论

西双版纳傣族“龙山”片断热带雨林,由于隔离(孤立)时间、受人为干扰破坏的方式和程度不同以及本身面积的不同,与原始热带雨林相比,在群落结构、种类组成、植物丰富度及多样性指数方面发生各种各样的变化,情况很复杂。但有一点明显可以得出:随隔离(孤立)时间和人为干扰的加重,“龙山”片断雨林在群落结构(层次和复盖度)、植物丰富度(个体数或密度)上越趋偏离原始热带雨林,在物种多样性指数上显著降低。伴随着“龙山”片断雨林植物多样性的退化,森林小气候和土壤肥力亦相应退化。就总体来说,所研究的未受严重干扰破坏的曼俄“龙山”林、曼养广“龙山”林和城子“龙山”林中,以城子“龙山”林在植物多样性的各个方面最接近原始热带雨林,以曼俄“龙山”林受人为干扰相对更大,面积也最小,相应地城子“龙山”林的森林小气候和土壤肥力最接近原始热带雨林,曼俄“龙山”林的森林小气候和土壤肥力退化最严重。Connell(1978),Huston(1979),Denslow(1980)等提出生态系统受中度干扰后物种多样性会有所增加,如果我们把所研究的“龙山”片断热带雨林看做是受中度干扰的生态系统,尽

管某种生活型的植物在某些片断的物种多样性指数有所增加,但总体的物种多样性指数并未增加而是减低,故片断热带雨林与受中度干扰的生态系统的关系仍需进一步研究。

马来西亚地区新加坡的 Bukit Timah 自然保护区是位于东南亚热带核心地区的一个典型热带雨林片段,它的隔离和人为干扰已超过130年(Corlett, 1995a;1995b),在1884年被划为自然保留地时有343 hm²,至1995年时面积已萎缩到81 hm²,根据 Corlett 的研究,它现有被子植物843种。我们把西双版纳的“龙山”片断热带雨林的生活型构成与他相比较(图5),发现二者有惊人的类似性,亦即草本植物减少,

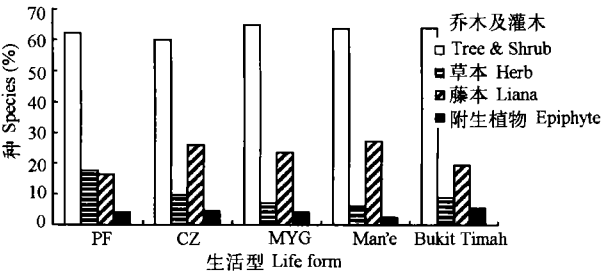


图 5 西双版纳片热带雨林与新加坡片断热带雨林植物生活型谱的比较

Fig. 5 Comparison of life form spectra between several fragmented forests from Xishuangbanna and that from Singapore
PF:西双版纳原始雨林 Primary forest in Xishuangbanna
CZ:城子“龙山”林 Fragment in Chengzi MYG:曼养广“龙山”林 Fragment in Manyanguan
Man'e 曼俄“龙山”林 Fragment in Mane
Bukit Timah:新加坡片断雨林 Fragment in Man'e Singapore

藤本植物则明显增加,这可能是片断热带雨林的一个共性。

“龙山”片断热带雨林的另一个明显变化可能也是最实质性的变化是植物群落的生态成分的变化,亦即热带雨林的固有(顶极)成分被先锋成分、季雨林成分或季风常绿阔叶林成分替代。“龙山”片断雨林植物区系生态成分的替换与岛屿生物地理学中海洋岛屿植物区系分类单位的替换规律有相似之处,但也明显不同。“龙山”片断雨林基本上是在人为干扰下形成和变化的“孤岛”,其区系成分替换的速率往往主要决定于人为干扰的方式和程度,替换的时间尺度短。也由于加进了人为干扰因素,这在研究“龙山”片断雨林的岛屿效应上及物种变化上,远比研究海洋岛屿植物区系要复杂得多。

参 考 文 献

- Benitez-Malvido, J. 1998. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology*, **12**: 380~389.
- Camargo, J. L. C. & V. Kapos. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, **11**: 205~221.
- Cao, M. & J. H. Zhang. 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna. *Biodiversity and Conservation*, **6**: 995~1006.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, **199**: 1302~1310.
- Corlett, R. T. 1995a. The history of Bukit Timah Nature Reserve. In: Chinn, S. C. ed. *Rain forest in the city: Bukit Timah Nature Reserve*, Singapore. *Gardens' Bulletin Singapore*, Suppl. **3**: 7~10.
- Corlett, R. T. 1995b. Flowering plants at of Bukit Timah. In: Chinn, S. C. ed. *Rain forest in the city: Bukit Timah Nature Reserve*, Singapore. *Gardens' Bulletin Singapore*, Suppl. **3**: 11~27.
- Curtis, J. T. & R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, **32**: 467~496.
- Daily, G. C. & P. R. Ehrlich. 1995. Preservation of biodiversity in small rain forest patches: rapid evaluations using butterfly trapping. *Biodiversity and Conservation*, **4**: 35~55.
- Diamond, J. M. , K. D. Bishop & S. V. Balen. 1987. Bird survival in an Javan woodland: Island or mirror? *Conservation Biology*, **1**: 132~142.
- Denslow, J. S. 1980. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia (Berl.)*, **46**: 18~21.
- Ferreira, L. V. & W. F. Laurance. 1997. Effect of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in Central Amazonia. *Conservation Biology*, **11**: 797~801.
- Fonseca de Souza, O. & V. K. Brown. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology*, **10**: 197~206.
- Fox, B. J. , J. E. Taylor, M. D. Fox & C. Williams. 1997. Vegetation change across edges of rain forest remnants. *Biological Conservation*, **82**: 1~13.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, **113**: 81~101.
- Kattan, G. H. , H. Alvarez-lopez & M. Giraldo. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology*, **8**: 138~146.
- Klein, B. C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology*, **70**: 1715~1725.
- Laurance, W. F. 1994. Rainforest fragmentation and the structure of small mammal communities in tropical Queensland. *Biological Conservation*, **69**: 23~32.
- Laurance, W. F. & R. O. Bierregaard. 1997. *Tropical forest remnants—Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Laurance, W. F. , L. V. Ferreira, J. M. R. Merona & S. G. Laurance. 1998a. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, **79**: 2032~2040.
- Laurance, W. F. , L. V. Ferreira, J. M. R. Merona, S. G. Laurance, R. W. Hutchings & T. E. Lovejoy. 1998b. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology*, **12**: 460~464.
- Leigh, E. G. Jr. , S. J. Wright, E. A. Herre & F. E. Putz. 1993. The decline of tree diversity on newly isolated tropical islands: a test of a null hypothesis and some implications. *Evolutionary Ecology*, **7**: 76~102.
- Ma. Y. X. (马有鑫), Y. H. Liu (刘玉洪) & K. Y. Zhang (张克映). 1998. On microclimate edge effects of tropical rain forest fragments in Xishuangbanna. *Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报)*, **22**: 250~255. (in Chinese)
- Malcom, J. R. 1994. Edge effects in central Amazonian forest fragments. *Ecology*, **75**: 2438~2445.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **10**: 58~62.
- Newmark, W. D. 1991. Tropical forest fragmentation and the local extinction of understory birds in the Eastern Usambara Mountains, Tanzania. *Conservation Biology*, **5**: 67~78.
- Oliveira-Filho, A. T. , J. M. de Mello & J. R. S. Scolforo. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five year period. *Plant Ecology*, **131**: 45~66.
- Raunkiaer, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: Oxford University Press.
- Shannon, C. E. & W. Wiener. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal Applied Ecology*, **33**: 200~209.
- Turner, I. M. , K. S. Chua, J. S. Y. Ong, B. C. Soong & H. T. Tan. 1996. A century of plant species loss from an isolated fragment of

- lowland tropical rain forest. *Conservation Biology*, **10**: 1229 ~ 1244.
- Turner, I. M., & R. T. Corlett. 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology and Evolution*, **11**: 330~333.
- Williams-Linera, G. 1992. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology*, **78**: 356~373.
- Xu, Z. F. (许再富), H. Zhu(朱华), L. Yang(杨岚) & H. M. Liu(刘宏茂). 1998. "Island effect" and the changing of species diversity of fragmentary tropical rain forests. In: *Biodiversity Community of the Chinese Academy of Sciences*(中国科学院生物多样性委员会) ed. *Biodiversity and Future of Human*. Beijing: China Forestry Publishing House. 237~252. (in Chinese)
- Xu, Z. F. (许再富), H. Zhu(朱华), H. M. Liu(刘宏茂) & H. Wang(王洪). 1994. The changing tendency of plant species diversity in the fragmental tropical rain forest in southern Yunnan, China. *Journal of Plant Resources and Environment*(植物资源与环境), **3** (2): 9~15. (in Chinese)
- Zhu, H. (朱华), H. Wang(王洪) & B. G. Li(李保贵). 1998. Research on the tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna, south Yunnan. *Guihaia*(广西植物), **18**: 371~384. (in Chinese)
- Zhu, H. (朱华), Z. F. Xu(许再富), H. Wang(王洪) & B. G. Li(李保贵). 1997. Changing of plant diversity of fragmentary tropical rain forests on Dai's Holy Hills in Xishuangbanna. *Guihaia*(广西植物), **17**: 213~219. (in Chinese)

责任编辑:张丽赫

《植物生态学报》“ICT”最佳论文奖及其赞助单位介绍

《植物生态学报》年度最佳论文由《植物生态学报》编辑委员会经两次投票从每年度本刊发表的论文中评出,每年1篇,从1999年开始实行。具体操作方法是先由每一位编委会成员从每期中评出1篇,再由编委会从此6篇中投票选出1篇作为本年度的优秀论文(2/3以上的编委投票)。对获奖文章颁发证书,获选作者将获得一定的物质奖励(人民币4000元,并向文章每一位作者赠送下年度期刊1套),所需费用由澳大利亚 ICT 公司(ICT International Pty Ltd)赞助。

ICT 公司长期从事植物、土壤与环境仪器的销售与开发,代销国外各种先进的专业仪器,并提供各种技术咨询与服务。ICT 公司经营的主要业务有以下几个方面:

灌溉技术开发与应用 由 Peter Cull 博士结合土壤水分和植物生长状态的监测,开发成功一个农业灌溉管理软件(Windows 中文版 MPW)。该系统通过动态监测土壤水分和农作物的水分进行合理的灌溉和生产管理,从而实现节水作物高产高效。

土壤监测仪器 主要有土壤含水测定仪器(503DR 中子仪、Trase 时域反射仪、MP406精密土壤水分探头);张力计;Guelph 入渗仪;土壤水势仪(WP4、Aqualab、Wescor、Thermolink 水势仪);土化参数测量仪器(盐桥、电导仪、反射式光度计)和各种土壤物理参数测量仪器等。

植物生理生态仪器 主要有光合作用测定系统(LCA-4、LCi、叶绿素荧光仪、气孔计、Acou PAR 冠层分析仪、植物压力室、植物液流计、叶面积仪、生长箱红外 CO₂ 气体分析仪等。

环境监测仪器 全自动气象站、数据采集器、水质分析仪(NOVA、U10)等。

ICT 公司和很多国外仪器厂商有着广泛的联系和密切的合作,因此 ICT 公司自1995年进入中国之后,对于推动中国农学、林学、生态学、土壤学与环境科学的发展起了很大的促进作用。

关于 ICT 公司进一步的情况可以直接与其联系。ICT 公司地址:北京市德外大街甲11号美江大厦303室,邮政编码100088,联系人:陈耘、范春梅 电话:010-82082353 传真:010-82082341 E-mail:ictsales@ictchina.com

(中国科学院植物研究所 李庆康)

附:第一轮评选推荐出的文章还有:

第一作者	卷(期)	起止页码	文章题目
谢宗强	23(1)	1~7	中国特有植物银杉的濒危原因及保护对策
夏汉平	23(4)	289~301	垃圾污水的植物毒性和植物净化效果之研究(英文)
高玉葆	23(3)	193~204	黑麦草叶内游离脯氨酸含量对于不同类型和强度的水分胁迫的生理生态响应(英文)
陈章和	23(2)	161~170	高 CO ₂ 浓度下4种豆科乔木种子萌发和幼苗生长
董 鸣	23(4)	302~310	根茎禾草沙鞭的克隆基株及分株种群特征

对上述文章作者,编辑部也将赠送2000年期刊1套