

西双版纳热带雨林片断化
及其生物多样性的变化

XISHUANGBANNA REDAI YULIN PIANDUANHUA
JIQI SHENGWU DOUYANGXING DE BIANHUA

西双版纳热带雨林片断化及其生物多样性的变化

朱 华 编著

西双版纳热带雨林片断化
及其生物多样性的变化

XISHUANGBANNA REDAI YULIN
PIANDUANHUA JIQI SHENGWU
DOUYANGXING DE BIANHUA

朱 华 编著

www.ynkjph.com

ISBN 978-7-5587-2815-0



9 787558 728150 >

ISBN 978-7-5587-2815-0

定价：68.00元

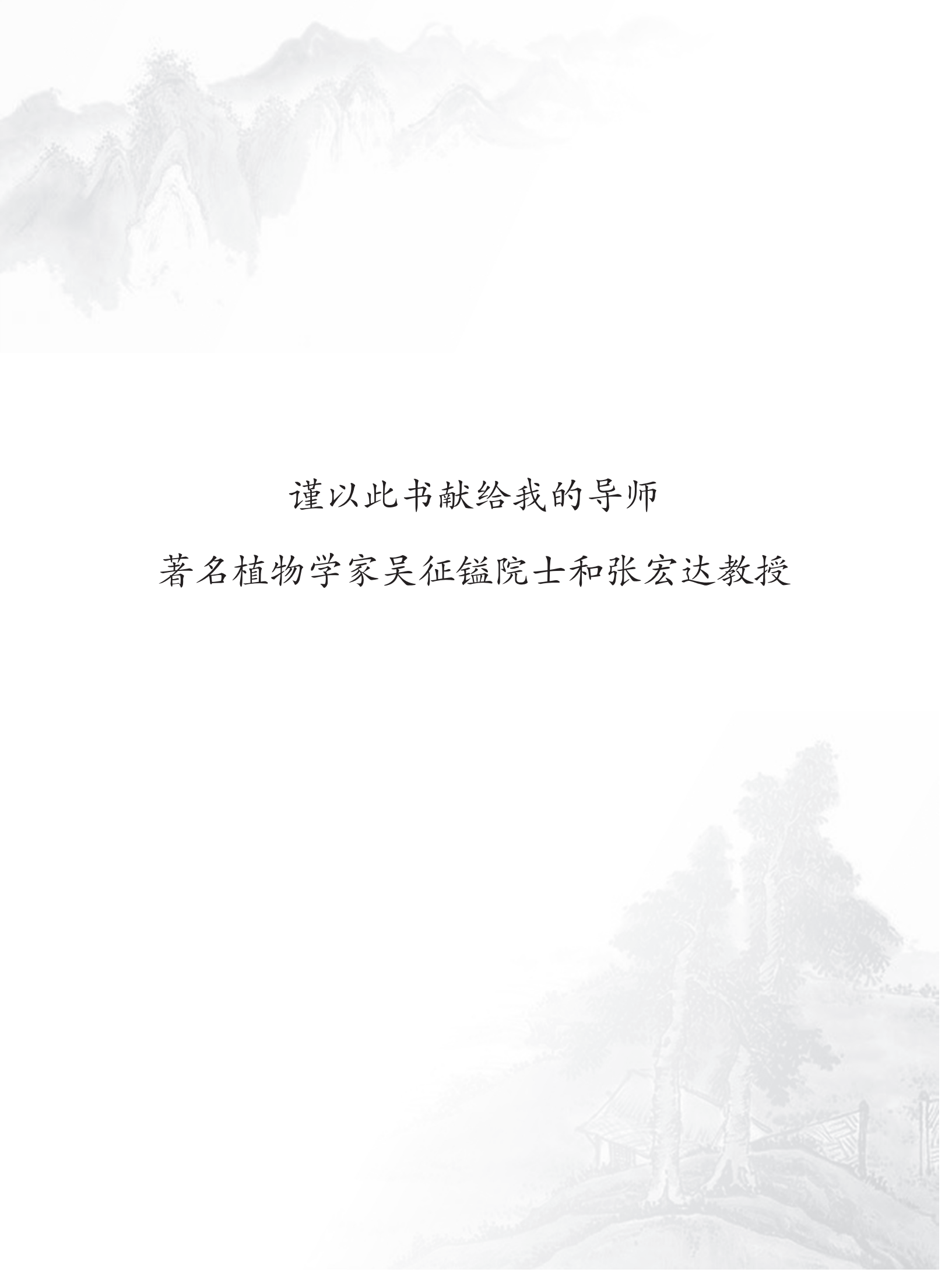
云南出版集团
云南科技出版社



云南出版集团



云南科技出版社



谨以此书献给我的导师
著名植物学家吴征镒院士和张宏达教授

西双版纳热带雨林片断化 及其生物多样性的变化

XISHUANGBANNA REDAI YULIN
PIANDUANHUA JIQI SHENGWU
DOUYANGXING DE BIANHUA

朱 华 编著



云南出版集团



云南科技出版社

· 昆 明 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

西双版纳热带雨林片断化及其生物多样性的变化 /
朱华编著 . -- 昆明 : 云南科技出版社 , 2020.5
ISBN 978-7-5587-2815-0

I . ①西… II . ①朱… III . ①热带雨林—生物多样性
—研究—西双版纳 IV . ① S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 073032 号

西双版纳热带雨林片断化及其生物多样性的变化

朱华 编著

责任编辑: 肖 娅 杨志芳

封面设计: 余仲勋

责任校对: 张舒园

责任印制: 蒋丽芬

书 号: ISBN 978-7-5587-2815-0

印 刷: 云南灵彩印务包装有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 12

字 数: 350 千字

版 次: 2020 年 5 月第 1 版 2020 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 1000 册

定 价: 68.00 元

出版发行: 云南出版集团公司 云南科技出版社

地 址: 昆明市环城西路 609 号

网 址: <http://www.ynkjph.com/>

电 话: 0871-64192752

版权所有 侵权必究

作者简介



朱华，理学博士，中国科学院二级研究员。1982年毕业于北京林业大学林业系，1987年在中山大学张宏达教授指导下获硕士学位，1991年在昆明植物研究所吴征镒教授指导下获博士学位，1991年1月至今在西双版纳热带植物园从事热带雨林生物多样性保护、植被及植物区系地理研究工作，于1996年晋升为研究员。其中，1994—1995年在英国剑桥大学植物系研究热带雨林生态学和多样性保护；2001—2002年受聘为荷兰国家标本馆和荷兰莱顿大学客座教授，研究茜草科粗叶木属植物分类学。兼任过国际生物科学联合会中国全国委员会（CCIUBS）委员；

Journal of Systematics and Evolution, *Tropical Conservation Science*, 《广西植物》《植物生态学报》《生物多样性》《热带亚热带植物学报》《植物分类与资源学报》编委；《植物科学学报》副主编。

中国科学院“百人计划”支持项目资助

西双版纳热带雨林片断化及其 生物多样性的变化

编 著：朱 华

参加人员：许再富 王 洪 李保贵 施济普 马友鑫 周虹霞 龙碧云

主 持：中国科学院西双版纳热带植物园

Funded by “Hundred Talents Program” of Chinese Academy of Sciences

FRAGMENTATION OF THE TROPICAL RAIN FOREST AND ITS BIODIVERSITY CHANGES IN XISHUANGBANNA

EDITOR: ZHU HUA

CONTRIBUTORS: XU ZAIFU, WANG HONG, LI BAOGUI, SHI JIPU, MA YOUXING, ZHOU HONGX-
IA, LONG BIYUN

XISHUANGBANNA TROPICAL BOTANICAL GARDEN,
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

摘 要

西双版纳地处热带北缘，具有在水分、热量和海拔达到极限条件下的热带雨林类型——热带季节性雨林，它具有与东南亚季节性气候区域的低地热带雨林类似的群落结构和生态外貌特征，在植物区系组成上体现了明显的热带亚洲亲缘，是亚洲热带雨林的一个类型。西双版纳的热带季节性雨林主要分布在局部沟谷和低丘生境，通过对热带季节性雨林物种多样性的取样调查发现，取样面积（或非邻接样方的累加）达到 1hm^2 时基本上能体现一个具体群系的植物区系组成，但也发现，胸径在 5cm 以上的树种的植物区系仅是群落的植物多样性的一部分，群落的植物多样性的大部分仍体现在幼树、灌木、草本、藤本等非立木种类上。我们的研究支持热带雨林群落是由林窗、建成和成熟三个演替阶段构成的镶嵌体，它的林冠总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态。热带季节性雨林群落树种频度和存在度分布显示，在群落的一个局部地段， $45\%\sim 60\%$ 的种类每种仅出现 1 株； $25\%\sim 40\%$ 的种类每种出现 2~5 株，群落中大多数种类都具有较小的种群。

热带雨林片断化后，一些植物分类群（种、属、科）的优势度明显改变，单位面积上植物种数减少，并且干扰越严重，减少越明显；在生活型构成上，藤本植物和小高位芽植物相对增加，而附生植物及大、中高位芽植物和地上芽植物相对减少；发现具有较小种群的树种在片断雨林中会首先消失，阳性和先锋植物种类增加，耐阴和阴生植物种类减少。对一个热带雨林群落 48 年片断化的研究发现，该片断热带雨林的植物总种数并未减少，我们提出了在周围原生植被遭破坏的情况下，物种可能会浓缩到残存的片断热带雨林里，但不同生态种组的物种发生了显著变化，阳性和先锋植物种类增加。该片断热带雨林群落的生活型构成并未发生显著改变，种的丧失被各生活型的新迁入成分补偿和平衡了。我们也发现，随着热带森林的片断化，其组成物种发生了系统发育结构的改变：系统发育关系由聚集变为离散。

热带雨林片断化后，林缘小环境与林内小环境的差异增大，产生了明显的“边缘效应”。通过对热带季节性雨林林缘与林内调查样地的比较研究发现：①森林边缘单位面积植物种数和个体数明显多于森林内部，人为干扰破坏越严重，边缘群落物种增加的幅度越大，并以藤本植物的增加最为显著；②边缘群落物种多样性指数并不都与种数增加一致，而与受干扰的状况有关；③干扰越大的片断热带雨林，林缘和林内阳性植物的比例越大，差值越小；④林缘群落在科、属的组成上发生了明显变化。林缘优势科的数量相对增加，即林缘种类主要集中在一些科中，如大戟科和桑科；林内的少种科的比例较高。

西双版纳的热带雨林下曾广泛种植姜科植物砂仁，严重影响热带雨林的更新。热带雨林主要通过林下存在的幼苗、幼树库来更新。林下种植砂仁在措施上须清除原有的幼苗、幼树，这样会破坏了热带雨林更新所依赖的林下幼苗、幼树库，使热带雨林散失更新能力。我们的研究也发现，热带雨林被择伐和皆伐后自然演替形成的次生林，可在一定程度上保持一些原有的雨林成分，群落中具有 1~2 个个体的小种群种类在轮歇后丢荒形成的次生林中相对较多。

ABSTRACT

Located at the northern margin of tropical southeastern Asia, the tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna occurs on the climatic and altitudinal limits of tropical rain forests. The tropical seasonal rain forest has similar floristic and physiognomic characteristics to the seasonal lowland rain forests in tropical Asia. The tropical seasonal rain forest occurs on ravine and lower hills of the region, where are the suitable habitats for tropical crop rubber. The major recent land use change has been a large increase in rubber plantations and a decrease and rapid fragmentation of the tropical seasonal rain forest. With fragmentation of the forest, species diversity is usually reduced, and the smaller the fragment and the greater the disturbance are, the greater the reduction. In life form spectra, the liana and microphanerophyte species increased, but epiphyte, megaphanerophyte, mesophanerophyte and chamaephyte species decreased in the fragmented forests. In ecological species groups, heliophilous or pioneer tree species increased, and shade-tolerant species were reduced. There was a conspicuous shift in the relative representation of mature-forest and light-demanding species: the former decreased. Tree species with small populations are lost first in the process of fragmentation. Phylogenetic structure changed distinctly from clustering to dispersion with fragmentation of the forest. In addition, in fragmented habitats the edge-related changes in environment and plant diversity, that is edge effects, arose on the margin of forest. The plant species and individual numbers are higher in the forest edge than in the interior, and especially lianas increase conspicuously in the edge. The greater of the disturbance to the forest, the more light-demanding species appear both in the edge and the interior. The number of families with abundant species increased in the edge, while the families with less species abundance were more in the interior. Planting of cardamom (*Amomum villosum*) underneath the seasonal rain forest is also a potential threat to forest biodiversity in Xishuangbanna. Clearing saplings and seedlings underneath the forest will take place in this practice, which will destroy the sapling-seedling bank of the forest and cause the forest to lose its regeneration capability. The decrease in area and the consequent fragmentation of the seasonal rain forest mainly due to the expansion of rubber in Xishuangbanna have been obviously the principal factors leading to loss of biodiversity.

前 言

中国的热带地区主要分布在西藏东南部，云南、广西、广东、台湾的南部和海南岛，这些地区在生物地理上均属于热带亚洲的北部边缘，其中保存有较典型和最大面积的热带森林的地区主要在云南南部，亦即西双版纳。

西双版纳位于大陆东南亚热带北缘、横断山系末端，由于横断山在一定程度上阻挡了西北方来的冷气流，弥补了年积温的不足；干季（冬春季）有浓雾又弥补了降水的不足，同时冬季浓雾的存在也起到保暖作用，减小了低温对热带雨林的影响。因而在该地区的低山沟谷及一些低丘上，形成了热带湿润气候，具有东南亚类型的热带雨林发育。

与世界主要的热带雨林分布地区相比，西双版纳的热带地区由于纬度偏北和海拔偏高，本身又是山原地貌，具有相对较低的年平均温度（21~22℃）和年降雨量（平均 1500 mm）。故长期以来，在西双版纳是否有真正的热带雨林一直都有争论。直到 20 世纪 50—60 年代，西双版纳具有生物地理意义上的真正热带雨林（Fedorov, 1958）和热带植物区系（Fedorov, 1957）才被初步肯定，但仍就认为它是一种与印度、马来西亚的热带亚洲雨林不同的类型。直到 1974 年，典型的东南亚热带雨林——以龙脑香科植物为标识种的热带雨林在西双版纳的勐腊县被发现，西双版纳具有东南亚类型的真正热带雨林这一事实才被国际上普遍接受（Whitmore, 1982, 1984, 1990; Richards, 1996）。西双版纳具有东南亚类型的真正热带雨林已有很多针对性研究论文发表（朱华，1992, 1993a, 1993b, 1993c, 1993d, 1994, 2000, 2005, 2007, 2011; 朱华, 周虹霞. 2002; 金振洲, 1997a, 1997b; 朱华等, 1997, 1998a, 1998b, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b, 2004, 2015; Cao et al., 1996, 1997, 2006; Zhu, 1992, 1994, 1997, 2004a, 2004b, 2006, 2008a, 2008b, 2008c, 2017; Zhu & Roos, 2004; Zhu et al., 1998, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2006b, 2015），充分肯定了在西双版纳存在有印度、马来西亚类型的亚洲热带雨林。与此同时，西双版纳热带雨林植物区系的热带亚洲亲缘也被充分的论证。

有三个主要因素直接导致西双版纳的热带雨林生物多样性丧失：①橡胶种植替换了热带雨林；②热带雨林片断化；③热带雨林林下种植药用植物砂仁（*Amomum*）。1976 年西双版纳的热带雨林覆盖率为西双版纳土地面积的 10.9%，2003 年减为 3.6%（Li et al., 2007）。2010 年橡胶林已增至占西双版纳土地面积的 22.14%（Xu et al., 2014），2014 年达 24.28%（Zhang et al., 2019）。热带雨林面积的减小，直接导致热带雨林片断化。

热带雨林片断化后，将引起生物多样性及生态变化。热带森林片断化与生物多样性关系研究是国际上对热带森林生物多样性保护研究的关注点（Bierregaard et al., 1989; Klein, 1989; Williams-Linera, 1990a, 1990b; Laurance, 1991, 1994, 1999; Leigh et al., 1993; Malcom, 1994; Fonseca de Souza et al., 1994; Kattan et al., 1994; Murcia, 1995; Turner, 1996; Laurance & Bierregaard, 1997; Fox, 1997; Oliveira-Filho, 1997; Malanson, 1997; Tabarelli et al., 1999; Liu et al., 2019）。针对热带森林片断化与生物多样性的关系，我们对西双版纳地区在调查时（1990—2000 年）仍保存的相对完整的一些当地傣

族“龙山”上的热带季节性雨林片断进行研究,探讨热带森林片断化与植物区系成分、群落结构、种群、生活型、生态种组以及物种多样性等的变化,阐明森林片断化对生物多样性的影响。另一方面,森林发生片断化后,原有的连续生境破碎化,环境条件改变,生境的边缘面积相对增加,森林内部的生境异质性减少。边缘与森林内部不同的生物及非生物条件可能导致原来生活在连续生境内部的物种消失,同时外来物种得以入侵。森林片断化后改变了的光照、风、水、营养状况等对原有的森林物种产生生存压力(Laurance & Yensen, 1991; Saunders et al., 1991; Didham, 1997; Donovan et al., 1997; Turton & Freiburger, 1997),也会使一些物种的种群发生变化(Weishampel et al., 1997),潜在地改变了其选择对策(Sumner et al., 1999)。森林片断化后一个显著的环境影响就是“边缘效应”。生境片断化后,暴露在其他生境中的边缘比例急剧增加(Kapos et al., 1997),原来生活在连续生境内部的物种增加了被捕食的概率或不适应于变化了的边缘环境,同时使原来不能生存在该类生境内部的物种得以通过边缘侵入。由于“边缘效应”的存在,与原有生境林内相比,林缘具有明显不同的植物物种组成和群落结构,从而使森林功能上的内部面积小于其实际面积(Fraver, 1994)。边缘的产生也影响了土壤种子库和森林种苗库的变化。在新的边缘,植物主要来源于边缘产生前的幼苗及幼树,以后发展起来为边缘植被,其结构和组成部分依赖于土壤种子库中的次生物种以及遗留的种苗库(Enright, 1985)。虽然边缘地带的植物种多样性可能高于森林内部,但它使典型森林内部物种丢失,森林失去原始的结构,从而丧失了原有的生物多样性。

几乎所有热带森林片断化都会导致物种在局域范围内丧失,与片断化相关的物种丧失机制即包括人为干扰在森林砍伐过程中及之后的严重影响,也会影响构成森林的物种的种群、迁移率、群落结构、生态种组、外来物种的入侵等(Turner, 1996; Zhu et al., 2004, 2010)。

我们的研究显示,随着西双版纳热带雨林的片断化,森林的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,乔木种类组成变得不稳定,那些仅有1~2个个体为代表的小种群物种将首先消失。在单位面积种数和物种多样性指数上,片断热带雨林远比原始林少得多,随着人为干扰和隔离的加剧,物种多样性指数显著降低。在生态种组上,阳性的先锋植物在群落中的种数增多。在属和种的地理成分构成上,片断热带雨林中广域分布的属和种的比例相对增高。热带雨林片断化后,雨林固有成分减少了,非雨林成分增加了。在乔木树种的种群组成上,虽热带雨林的大部分种类在片断化之前和之后仍可能存在,但它们的优势度改变了,首先消失的种类,或为先锋树种(短命),或为种群数量很少的树种。

在对片断化的热带雨林边缘效应的研究上,我们也发现,森林边缘单位面积植物种数和个体数明显多于森林内部,人为干扰破坏越严重的片断,边缘群落物种增加的幅度越大。各类生活型的植物(附生植物除外)种类在边缘群落均不同程度有所增加,以藤本植物和幼树的增加最为显著。边缘群落不仅种数增加,种类成分及地位也发生了明显变化,一些先锋树种侵入并进到边缘群落优势种之列,使边缘与森林内部群落种类组成有显著不同。与乔木层立木相比,边缘群落幼树的种类组成更接近森林内部群落。连续热带雨林边缘群落幼树优势种中,除先锋树种外,仍有很多是该群落内部种类,而片断热带雨林边缘群落幼树优势种中,更多的是与内部群落不同的种类。边缘群落物种多样性指数并不都与种数增加一致,在连续森林和受干扰相对小的片断森林的林缘乔木种多样性指数低于林内,而在受干扰严重的片断森林的林缘乔木种多样性指数则高于林内。在占种数百分比和个体数百分比的相对量上,不同生活型植物有不同变化。大、中高位芽植物合计在林缘样地占种数百分比和个体

数百分比上低于林内样地，小高位芽植物在林缘样地则高于林内样地，受干扰越严重，它们在林缘与林内的差值越小。总而言之，在林缘植物总种数和密度（个体数）增大，藤本植物明显增多，但大、中高位芽植物的比例相对减少，小高位芽植物的比例相对增加；受干扰越严重，林缘与林内在乔木种数和多度组成上的差值越小（林内特征散失越多）。

同样，在生态特征上，林缘小叶级植物占总种数百分比高于林内。若按不同生活型分别统计，在片断森林，林缘乔木和灌木小叶级植物种数百分比高于林内；在连续森林，它们又低于林内。在占个体数百分比上，林缘乔木和灌木小叶级低于林内样地。林缘仍以耐阴物种占优势，但林缘增加的光照和降低了的相对湿度，使林缘的阳性物种所占比例较林内增加。干扰越大的片断，林内和林缘阳性植物的比例越大，差值越小；干扰越小的群落，林内和林缘阳性植物比例越小，差值也越大。林缘群落在科、属的组成上也发生了明显变化。林缘优势科的数量相对增加了，亦即林缘种数多，但主要集中在一些科里；林内种数相对少，但少种科比例较高。林缘一些优势科的地位也发生了改变，如大戟科和桑科的种数百分比增高了，茜草科的种数百分比下降了。

另外，在西双版纳热带雨林下曾广泛种植姜科植物砂仁，这会严重影响热带雨林的更新。热带雨林主要通过林下存在的幼苗、幼树库来更新。林下种植砂仁必须清除原有的幼苗、幼树，这样会破坏了热带雨林更新所依赖的林下幼苗、幼树库，使热带雨林散失更新能力（朱华等，2002；Zhu et al., 2007）。

我们对热带雨林被破坏后产生的择伐形成的次生林、皆伐形成的次生林、轮歇后丢荒形成的次生林的研究显示，择伐和皆伐后形成的次生林，可在一定程度上保持一些原有的雨林成分，群落中具有1~2个个体的小种群种类相对轮歇后丢荒形成的次生林较多。

西双版纳橡胶种植业的大面积发展，已使自然保护区外的大片热带季节性雨林成为橡胶种植园地。热带雨林变为橡胶林后，原来物种极端丰富的乔木层变为仅由单一树种橡胶组成的乔木层，物种多样性大量丧失。尽管橡胶林林下植被的物种在一定程度上仍可能丰富，但植物区系组成与热带雨林有很大不同：它们几乎都是分布广泛的杂草和次生物种。橡胶树在西双版纳的干季（冬季）会落叶，大面积落叶的橡胶林替换常绿的热带雨林，自然景观也改变了，从生态学的角度来说，很可能会改变地方小气候和影响生态平衡。

因为热带地区生境破碎化和热带森林片断化已不可避免，所以热带森林片断化与生物多样性关系的研究对热带森林生物多样性保护至关重要。本书虽然主要依据1990—2000年期间所做的野外调查，现今的一些调查地点的状况已面目全非，但本书附有大量的实地和样地调查资料，这些资料难得整理留存，它们是西双版纳热带雨林生物多样性研究的基础，特别是在热带雨林片断化后引起的生态与生物多样性的变化，以及热带雨林边缘效应方面的研究，对热带雨林的保护生物学研究也能提供了重要参考。

目 录

1 西双版纳的自然地理及地质历史背景	1
1.1 地貌与自然地理	1
1.2 气 候	2
1.3 土 壤	3
1.4 地质历史背景	3
1.5 植被历史的轮廓	5
1.6 西双版纳的植被与植物区系	5
2 热带季节性雨林的物种组成与生态特征	10
2.1 热带季节性雨林的物种组成	10
2.2 热带季节性雨林的生态特征	13
2.3 热带季节性雨林的植物区系及地理成分	15
3 热带季节性雨林的物种多样性及种群分布格局	19
3.1 热带季节性雨林的物种/面积关系	19
3.2 热带季节性雨林的种数/个体关系	21
3.3 热带季节性雨林树种的频度和存在度分布	22
3.4 热带季节性雨林乔木种群的分布格局	24
3.5 热带季节性雨林的物种多样性	24
4 片断热带雨林物种组成与结构的变化及其生物多样性的丧失	26
4.1 片断热带雨林的植物区系组成、地理成分及其变化	27
4.2 片断热带雨林的群落结构、物种多样性及生态环境的变化	32
4.3 片断雨林的小气候和土壤肥力的变化	45
4.4 讨 论	46
5 片断热带雨林 48 年物种组成、多样性及生态特征的变化 (研究案例)	48
5.1 植物种类的变化	49
5.2 生活型及群落生态成分的变化	62
5.3 植物种群的变化	65

6	砂仁种植对热带雨林植物多样性的影响	71
6.1	砂仁种植对热带雨林结构和植物丰富度的影响	71
6.2	砂仁种植对热带雨林物种多样性的影响	72
6.3	砂仁种植对热带雨林乔木层种群结构的影响	73
7	热带次生林植物多样性的变化	77
7.1	热带次生林的物种组成	77
7.2	热带次生林的群落多样性指数及植物种数	80
7.3	热带次生林中的先锋成分和非先锋成分	80
7.4	各类型次生林植物多样性比较	81
7.5	单位面积上的次生林植物个体数	82
7.6	次生林的生活型谱及叶级构成	83
8	橡胶种植对热带雨林物种多样性的影响	86
8.1	橡胶种植园地的物种组成	86
8.2	橡胶种植园地的物种多样性	91
8.3	橡胶种植园地的植物区系组成	91
8.4	橡胶种植对西双版纳热带雨林物种多样性的影响	91
9	热带雨林边缘效应对植物多样性的影响	93
9.1	样地设置	94
9.2	热带雨林边缘群落物种组成和数量的变化	96
9.3	热带雨林边缘群落生态特征的变化	102
9.4	边缘群落植物生态种组（演替成分）的变化	112
9.5	边缘群落植物科、属多样性及组成的变化	114
9.6	不同方位边缘群落植物多样性变化	122
9.7	讨 论	124
10	结 论	131
	参考文献	135
	附表 9.1 三个研究样地群落内部样方表	146
	附表 9.2 三个研究样地群落边缘样方表	159

1 西双版纳的自然地理及地质历史背景

1.1 地貌与自然地理

西双版纳地区位于云南省南部，E 90°58′~101°50′，N 21°09′~22°36′，总面积 19690km²。西双版纳南与老挝、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的余脉山原、山地区。整个地势周围高、中部低，以山原为主，其中分布着许多宽谷盆地、低山和低丘。海拔范围从最低处其南部的南腊河与澜沧江交汇处水面 475m，至最高峰澜沧江西岸的滑竹梁子 2429.5m（图 1.1）。西双版纳的典型热带地区仅为海拔 900~1000m 以下的低山、河谷及坝区，约占总面积的 18%（刘隆等，1990）。

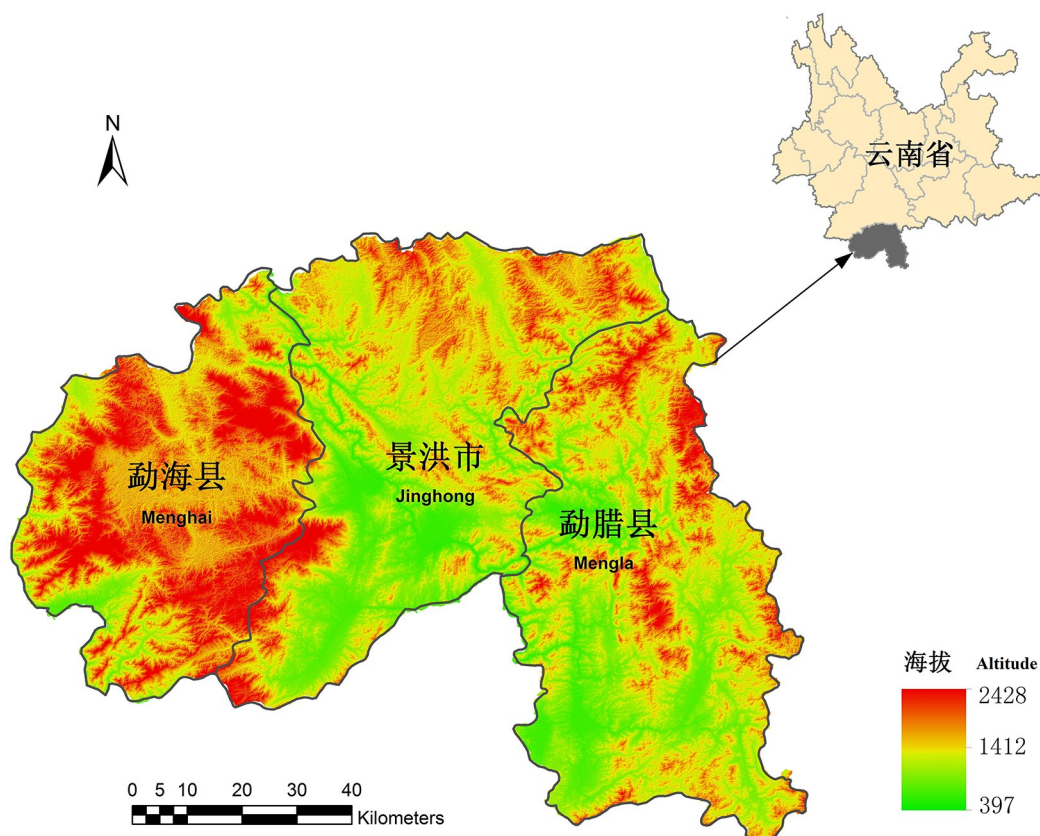


图 1.1 西双版纳地貌示意图（引自西双版纳植物园景观生态研究组）

Figure 1.1 Topography of Xishuangbanna (from the Landscape Ecology Lab., XTBG)

西双版纳大体上在澜沧江以东为中生界红色砂岩、泥岩组成的山原中、低山山地，多大型的深切峡谷；以西为以燕山期花岗岩及下古生界变质岩为基底的中山宽谷盆地。全区地貌特征：西部为较高

的山原,分布着一系列大型山间盆地和狭长的河谷平坝,海拔多在 1000m 以上,为南亚热带气候;东部是复杂的山原、山地、盆地区,在东部的北部仍为山原,南部则为低山、浅丘及宽谷相间地貌,海拔一般在 1000m 以下,是热带气候区。

1.2 气候

西双版纳地区主要受印度洋季风控制,属于西部型热带季风气候,因平均海拔在季风热带上限,带有一定低纬高原性质。气候随地形和海拔高度分异十分明显,以几个不同海拔高度的地点的观测值来进行说明(表 1.1)。全区年均温 21.7~15.1℃,20℃ 的等温线相当于海拔 850m 的等高线,年温差 9.1~10.4℃。最热月为 6 月,均温 25.5~17.9℃。最冷月为 1 月,均温 16~8.8℃。极端低温多年均值一般 5℃ 左右。

本区年降雨量 1193~2491mm,降雨的时空分配不均,变化很大。在时间上有明显的干、湿季之分,最少降雨月一般是 2 月,最多是 7、8 月。在空间分布上,东部降雨量大,西部较少,形成东湿西干、降雨量随海拔高度增加而增大的气候特点(表 1.2)。

本区冬、春多雾,年均有雾日在勐腊为 146.4d,勐仑为 115.6d,曼稿为 126.2d,澜沧江边为 134.4d。11 月—翌年 2 月 70% 以上的日子都有雾,浓雾的降水高达 0.1~0.3mm/d。

本区一些地方还有明显的山地逆温现象,根据在景洪市勐龙镇的观测,气温随海拔垂直增温 1.0~1.2℃/100m,最高可达 2.7℃/100m,比气温随海拔增高而降低的递减率大 1 倍多。由于山地逆温的存在,在一些地方出现倒置的植被垂直带景观。

表 1.1 不同地点温度状况观测值

Table 1.1 Temperature distributions at different altitude in Xishuangbanna

地点	海拔 (m)	年均温 (℃)	≥10℃ 积温	最热月均温 (℃)	最冷月均温 (℃)
澜沧江边	552.7	21.7	7948	25.3	15.6
勐仑	600	21.4	7811	25.3	15.6
勐腊	631.9	21.0	7639	24.6	15.2
勐养	740	20.8	7592	24.6	14.7
曼稿	1176.3	18.1	6578	22.3	11.9
南贡山	1979	15.1	5062	17.9	8.8

表 1.2 不同地点观测的降雨量情况

Table 1.2 Rainfall distributions recorded in different sites (altitudes)

地点	年降雨量 (mm)	干季雨量 (11 月—翌年 4 月)	雨季雨量 (5—10 月)	干湿季比值
澜沧江边	1208.0	178.5	1029.5	0.17
勐仑	1556.8	263.5	1293.3	0.20
勐腊	1531.9	281.6	1250.3	0.23
勐养	1193.7	176.0	1017.9	0.15
曼稿	1390.3	204.8	1185.5	0.17
南贡山	2491.5	371.1	2120.4	0.17

1.3 土 壤

西双版纳具有多种与气候和植被类型相关的土壤类型分布。在海拔 600~1000m 的热带雨林、季雨林分布区,主要为砖红壤;1000~1600m 的低山(季风)常绿阔叶林分布区,主要为赤红壤(砖红壤性红壤);1600m 以上主要是山地红壤;在一些地方间隔镶嵌分布有非地带性的岩性土(紫色土、石灰岩土)。

砖红壤为热带北缘的地带性土壤,成土母质以紫红色砂岩、泥灰岩、砂砾岩、页岩等为主。土壤黏重,结构面有胶膜,土壤中盐基和硅酸盐淋失严重,pH 值<5,盐基代换量一般为 5~11mEq/100g 土,基性矿物强烈分解,铁铝高度聚集,二、三氧化物占土壤胶体的 60%以上,硅铝率为 1.7~1.9,有机质含量上层达 2%~6%,C/N 为 10~17。

1.4 地质历史背景

1.4.1 喜马拉雅隆升与云南南部基本地貌的形成

喜马拉雅-青藏高原的隆升对地理、气候的影响不仅仅只限于它本身及周边地区,而且影响到晚新生代以来全球气候和大范围的环境变化(Raymo et al., 1992; 施雅风等, 1998, 1999)。在南亚低空发生的西南季风是由于青藏高原的隆起才形成,它对印度、中南半岛及中国西南的热带植被的发育具有决定性作用(刘东升等, 1998)。

云南南部属于东喜马拉雅横断山系南端无量山脉和怒山山脉的余脉山原、山地区,它的地形、地貌和气候演化与喜马拉雅-青藏高原的隆升息息相关。

在始新世晚期,4500 万~5000 万年以前,印度板块与亚欧板块相碰,融合成一体,但此后喜马拉雅-青藏高原并未随之强烈隆起,而是经历了一个漫长的抬升与夷平过程,长期处于较低的海拔高度(1000~2000m)。直到第四纪初,于 340 万年或 250 万年以前才强烈隆升到达现在的高度(潘裕生等, 1998)。喜马拉雅-青藏高原的强烈隆升的时期有很大争议,根据 Su et al. (2019), Liu et al (2019)对西藏古植物学的研究,提出青藏高原应隆升得更早,在此,我们还是采用潘裕生、施雅风等人对青藏高原的综合考察提出的观点。

喜马拉雅-青藏高原的隆升直接影响了东亚季风的形成。在青藏高原强烈隆升以前,虽有主要受海陆分布影响的古季风,但很弱。直到 240 万年,青藏高原强烈隆升到相当高度,东亚现代季风气候才形成(施雅风等, 1998)。在喜马拉雅山脉隆升达到相当高度的海拔(6000m)以上时,南来的暖湿气流受高大山脉的阻挡,造成南坡降水丰富,在较低海拔处形成温暖湿润的亚热带、热带气候(钟祥浩, 1998)。

根据地质资料(云南省地质局, 1976),云南南部地区在中生代仍以海洋环境为主。自第三纪始新世,与喜马拉雅-青藏高原的演化相呼应,本区内形成了近南—北向的褶皱带,地壳转为上升阶段,奠定和逐步形成了现代山脉和地势的轮廓。

白垩期末,云南南部地区大部分还是与海水相通的内陆湖盆,气候炎热干燥。古新世到始新世,地壳主要处于上升侵蚀阶段,气候十分干燥,形成大量石盐。渐新世,喜马拉雅运动再次深化发展,该地区初步形成南—北向及北—西向山脉的地貌景观,地形高差不断增大。

中新世时,地壳的局部又复下沉,形成一系列大体成南—北向排列的湖盆,气候变得温暖潮湿,为本区主要的聚煤时期,并持续到上新世。

第四纪，随青藏高原的剧烈隆升，本区地壳处于间歇性的上升隆起阶段，河流下切，逐步形成差异较大的现代地貌和季风气候。

晚白垩世晚期至早第三纪早期，根据对勐腊县磨歇孢粉组合的研究（孙湘君，1979），该组合中含有一定比例的榆粉（*Ulmipollenites*）和麻黄粉（*Ephedripites*），并且在这一时期本地区有大量石盐沉积，反映了干旱的气候条件。

中新世到上新世是本区主要的聚煤时期，反映了气候温暖湿润。

根据 Liu et al.（1986）对勐遮盆地晚更新世孢粉组合的分析，这个时期该地的气候经历了四次湿润与干燥期的更替变化，大体上与我国冰期和间冰期的变化相符。

1.4.2 印度支那板块逃逸致使东南亚的热带植物区系在云南南部演化和发展

由于印度板块与亚洲大陆的碰撞挤压，导致喜马拉雅隆升和印度支那板块逃逸，云南南部随着印度支那地质板块向东南亚的逃逸，热带亚洲成分渗入，演化成以热带亚洲成分为主的热带植物区系（Zhu, 2012；朱华，2018）。以云南西南部的思茅板块为例，该板块随着印度支那板块逃逸，向南位移了 800 km（Sato et al. , 1999, 2011, 2007；Zhu, 2015）（图 1.2）。

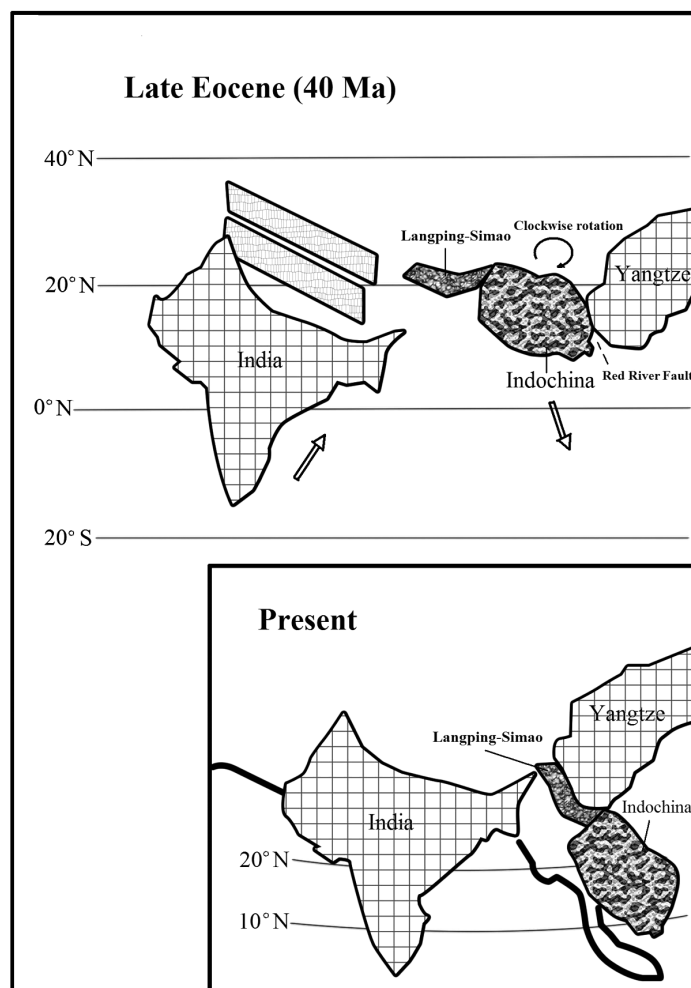


图 1.2 始新世晚期兰坪—思茅和印度支那板块顺时针转动及向东南逃逸

Figure 1.2 Clockwise rotation and southeastward extrusion of Langping-Simao and Indochina geoblocks during late Eocene (Redraw from Sato et al. , 2001, Figure 7)

1.5 植被历史的轮廓

云南南部地区的古植物学研究几乎是空白的,依据现有资料(孙湘君,1979;Liu et al.,1986),参考地质和气候历史及现在一些具有指示意义的植被和区系成分,我们对云南南部植被历史做一个大概的推测。

根据勐腊县磨歇晚白垩世晚期到早第三纪早期的孢粉组合资料,有反映干旱气候的榆粉和麻黄粉;有裸子植物的铁杉粉(*Tsugaepollenites*)、杉粉(*Taxodiaceapollenites*)、单束松粉(*Abietinaepollenites*)、双束松粉(*Pinuspollenites*)等;以被子植物的花粉占优势,有黄杞粉(*Engelhardtoidites*)、山毛榉粉(*Faguspollenites*)、冬青粉(*Ilexpollenites*)、山矾粉(*Symplocospollenites*)、鼠李粉(*Rhamnacidites*)、栗粉(*Cupuliferuipollenites*)、忍冬粉(*Caprifoliidites*)、栎粉(*Quercoidites*)、椴粉(*Fraxinoipollenites*)、枫香粉(*Liquidambarpollenites*)等,推测当时该地区的代表植被是偏干性的亚热带或南亚热带山地常绿阔叶林。

始新世到渐新世,气候仍干燥,山地的植被可能仍同上一时期。

中新世到上新世,该地区湖盆发育,气候温暖湿润,森林繁盛。宋之琛等(1976,1983)把这时期的云南南部及中南半岛北部的相应地区划归高原栎、桦类及灌丛植物地理区中的东部横断山脉植物亚区,认为在河谷低地仍为亚热带-热带性质。参看邻近地区,印度东北部中新世时为亚热带气候(宋之琛等,1984);滇东南开远小龙潭晚中新世植物群为亚热带季风常绿阔叶林(王伟铭,1996);云南景谷(《中国新生代植物》编写组,1978)和中南半岛北部(吴鲁夫, E. B. 仲崇信等译,1944)亦都带有亚热带常绿阔叶林特点;滇西南的龙陵地区在上新世晚期为山地常绿阔叶林,气候比现今更冷一些(Xu et al.,2004);泰国北部在更新世时具有一个较现今更为干冷的气候,其植被亦为亚热带性质的常绿阔叶-针叶混交林(Penny,2001)。因此,我们推测,这时期云南南部的森林植被,主要是南亚热带-亚热带性质的常绿阔叶林。

根据勐遮盆地的材料(Liu et al.,1986),该地区在晚更新世时的植被面貌是亚热带性质的以罗汉松科为优势的湿性针阔混交林和以松科和壳斗科为优势的干性松栎林交替出现。

云南南部现在的热带雨林,显然是在热带季风气候下发育,在水分、热量和海拔达到极限条件下的热带雨林。云南南部的特殊地势和山原地貌在其低海拔的局部地区创造了热带雨林能够生存的条件,这样的条件无疑是当喜马拉雅山隆升到一定高度,季风气候形成以后才具备的。因此,云南南部的热带雨林植被发生的时代一定较晚。

1.6 西双版纳的植被与植物区系

1.6.1 西双版纳的地带性植被

西双版纳的热带气候区域,虽已处在热带雨林发育的年平均温度下限,但仍在热带雨林分布的热量范围内。按Richards(1996)的分类,西双版纳的气候应是介于热带湿润和热带半湿润气候区之间,其地带性植被理论上是半常绿季节林和落叶季节林。然而,由于该地区的特殊地形地貌,干季的浓雾及局部地形下的湿润土壤,在一定程度上弥补了降水的不足,在局部仍能形成较地区性气候更为湿润的小气候,这些局部生境的半常绿季节林的落叶成分相对较少,雨林特征发育,成为低地热带雨林的一个类型——热带季节性雨林(Zhu,1992,1997,2006;Zhu et al.,2006;朱华等,1998b,2015),而在较开阔的盆地和受季风影响强烈的河谷,发育有落叶季节林,即Schimper(1903)定义的季雨林

(朱华, 2005, 2011)。因此, 西双版纳的热带季节性雨林和季雨林是该地区的水平地带性植被。

由于西双版纳的山原地貌, 在水平地带性植被之上, 发育有一系列垂向地带性植被。在热带季节性雨林和季雨林水平地带性植被之上的山地, 在酸性土山上主要分布有热带山地常绿阔叶林, 又称季风常绿阔叶林; 在受局部地形影响的较湿润的生境中分布有热带山地雨林; 在石灰岩山生境中分布有热带季节性湿润林。

1.6.2 西双版纳主要的森林植被类型

参照《云南植被》所采用的植被分类原则和依据, 以群落的生态外貌与结构、种类组成和生境特征相结合作为植被分类的原则和依据, 可以将西双版纳主要的森林植被分类为热带雨林、热带季节性湿润林、热带季雨林和热带山地常绿阔叶林四个主要的植被型, 详见参考文献 (Zhu, 2006; Zhu et al., 2006; 朱华, 2007; 朱华等, 2015)。

西双版纳的热带雨林包括热带季节性雨林和热带山地 (低山) 雨林两个植被亚型。热带季节性雨林具有与赤道低地热带雨林几乎一样的群落结构和生态外貌特征, 是亚洲热带雨林的一个类型, 但由于发生在季风热带北缘纬度和海拔的极限条件下, 受到季节性干旱和热量不足的影响, 在其林冠层中有一定比例的落叶树种存在, 大高位芽植物和附生植物较逊色, 而藤本植物和在叶级谱上的小叶型植物更丰富, 这些特征又有别于赤道低地的热带湿润雨林。热带山地雨林是热带雨林的山地亚型, 是该地区热带山地较湿润生境的一种森林类型, 它在植物区系组成和生态外貌特征上类似于热带亚洲的低山雨林, 隶属于广义热带雨林植被型下的低山雨林亚型。热带季节性湿润林分布在石灰岩山坡中、上部, 在群落外貌上类似热带山地常绿阔叶林, 但在植物区系组成上与后者不同, 它是石灰岩山地垂直带上的一种植被类型。热带季雨林是分布在该地区开阔河谷盆地及河岸受季风影响强烈的生境的一种热带落叶森林, 是介于热带雨林与萨王纳 (热带稀树草原) 之间的植被类型。热带山地常绿阔叶林 (季风常绿阔叶林) 是西双版纳的主要山地植被类型, 在西双版纳的森林植被中面积最大, 它分布在热带季节性雨林带之上偏干的山地生境。它在植物区系组成上不同于该地区的热带季节性雨林, 在生态外貌特征上亦不同于热带山地雨林, 是发育在受地区性季风气候强烈影响的热带山地的一种森林植被类型 (朱华, 2007, 2018; Zhu et al., 2003, 2005, 2006a, 2006b, 2019)。

1.6.3 西双版纳热带季节性雨林的主要群系

西双版纳的热带季节性雨林是低地热带雨林植被的一个亚型, 就像赤道低地雨林一样, 它具有 3~4 个可分的乔木层次, 其中, 乔木上层主要是高达 30m 以上耸出于林冠的散生巨树 (最高者可达 60m 以上), 树冠彼此不连接。乔木中层高 20~30m, 树冠连接, 个体密集, 是森林的主要林冠层。除了乔木上层有部分落叶成分外, 其他层次的植物皆为常绿。林内板根和茎花现象普遍, 大型木质藤本和维管附生植物丰富。

西双版纳的热带季节性雨林最初主要依据标识树种和生境分为湿性季节性雨林、干性季节性雨林和石灰山季节性雨林三个类型 (曲仲湘, 1960)。湿性季节性雨林因主要分布在沟谷生境, 又称沟谷雨林, 而干性季节性雨林分布于低丘台地和低山坡上, 又称低丘雨林 (金振洲, 1983)。后来按植被分类系统把湿性季节性雨林明确为番龙眼、千果榄仁林群系, 把干性季节性雨林明确为箭毒木、龙果林群系, 而把石灰山季节性雨林归为番龙眼、千果榄仁林群系中的群落类型 (吴征镒, 1980, 1987)。

根据我们对西双版纳热带季节性雨林的野外考察和研究, 依据群落结构、生态外貌、生境特点和

植物区系组成的综合考虑,同意在群系之上使用群系组这一辅级,作为较接近的各个群系的一个松散归类。这样,西双版纳的热带季节性雨林可以识别出二个群系组,其区系组成和生态特征大致同等于最初的湿性季节性雨林和干性季节性雨林,根据其分布生境使用沟谷雨林(Ravine seasonal rain forest)和低丘雨林(Lower hill seasonal rain forest)来称呼这两个群系组更为适宜。

这样,西双版纳的热带季节性雨林包括低丘雨林和沟谷雨林两个群系组,识别出九个群系:①箭毒木+龙果林;②轮叶戟+油朴林;③番龙眼+千果榄仁林;④番龙眼+油朴林;⑤顶果木+八宝树林;⑥大果人面子+番龙眼林;⑦浆果乌柏+龙果林;⑧望天树林;⑨青梅林。

1.6.4 西双版纳植物区系组成及特点

西双版纳种子植物区系记录有188科,1242属,4152种。种子植物中,含100种以上的优势科有兰科 Orchidaceae (378: 100),豆科 Fabaceae (261: 64),茜草科 Rubiaceae (201: 53),禾本科 Gramineae (189: 84),大戟科 Euphorbiaceae (148: 44),菊科 Compositae (137: 62)和樟科 Lauraceae (105: 14)。

含50种以上的科有唇形科 Lamiaceae (83: 34),荨麻科 Urticaceae (84: 16),姜科 Zingiberaceae (84: 15),桑科 Moraceae (83: 7),爵床科 Acanthaceae (77: 26),萝藦科 Asclepiadaceae (66: 25),莎草科 Cyperaceae (63: 16),葫芦科 Cucurbitaceae (60: 20),壳斗科 Fagaceae (60: 6),蔷薇科 Rosaceae (59: 17),番荔枝科 Annonaceae (57: 15)等。

含30种以上的有芸香科 Rutaceae (46: 15),天南星科 Araceae (43: 15),苦苣苔科 Gesneriaceae (42: 16),旋花科 Convolvulaceae (42: 11),棕榈科 Palmae (41: 8),梧桐科 Sterculiaceae (40: 12),蓼科 Polygonaceae (38: 3),卫矛科 Celastraceae (37: 10),百合科 Liliaceae (36: 17),鸭跖草科 Commelinaceae (36: 12),锦葵科 Malvaceae (36: 8),紫金牛科 Myrsinaceae (36: 4),防己科 Menispermaceae (35: 15),茶科 Theaceae (34: 9),五加科 Araliaceae (33: 12)等。

有些科在种数上虽不占优势,但却是构成森林上、中层乔木的主要科或代表科,如无患子科(Sapindaceae)、漆树科(Anacardiaceae)、橄榄科(Burseraceae)、杜英科(Elaeocarpaceae)、柿树科(Ebenaceae)、使君子科(Combretaceae)、榆科(Ulmaceae)、桃金娘科(Myrtaceae)等。还有一些科,种数亦不多,但为群落的特征科,通常有较大重要值,如龙脑香科(Dipterocarpaceae)、四数木科(Tetramelaceae)、肉豆蔻科(Myristicaceae)、藤黄科(Clusiaceae)、茶茱萸科(Icacinaceae)、粘木科(Ixonanthaceae)、山榄科(Sapotaceae)等。

从这些科的地理成分看,典型热带分布的科有泛热带分布的龙脑香科、牛栓藤科(Connaraceae)、肉豆蔻科、莲叶桐科(Hernandiaceae)、蒟蒻薯科(Taccaceae)、橄榄科、山榄科、茶茱萸科等;古热带分布的番荔枝科、露兜树科(Pandanaceae)、海桑科(Sonneratiaceae);热带亚、非、美洲分布的马兜铃科(Aristolochiaceae)、木棉科(Bombacaceae)、粘木科;热带亚洲分布的四角果科(Carlemanniaceae)、四数木科、隐翼科(Crypteroniaceae)等。主产热带,但分布区延伸到亚热带甚至温带的科有大戟科、茜草科、樟科、夹竹桃科、楝科、兰科、橄榄科、桑科、葡萄科、荨麻科、爵床科、天南星科等;主产亚热带的科有壳斗科、木兰科(Magnoliaceae)、五味子科(Schisandraceae)、茶科、山矾科(Symplocaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)、黄杨科(Buxaceae)、紫树科(Nyssaceae)、三白草科(Saururaceae)、省沽油科(Staphyleaceae)、清风藤科(Sabiaceae)、鼠李科(Rhamnaceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、榆科(Ulmaceae)等;主产温带,分布区扩展较大的科有报春花科(Primu-

laceae)、毛茛科 (Ranunculaceae)、菊科、禾本科 (Gramineae)、百合科、蔷薇科、玄参科 (Scrophulariaceae) 等。

西双版纳虽以热带山地占有最大面积,但其植物区系的主体主要是在其热带低地,故仍以热带和主产热带的科为主,仍属于热带性质的植物区系。就不同植被类型而言,典型热带分布的科在季节性雨林中比例最高,热带和主产热带的科在热带季节性雨林中占 79%~80%,但在西双版纳占最大面积的热带山地常绿阔叶林中,仍有相当数量的主产亚热带和主产温带的科。在西双版纳植物区系的热带科中,以主产热带但分布区延伸到亚热带和温带的科为最多,该植物区系中含较多种数的优势科全都为这类科而非典型热带科,故该植物区系具有明显热带边缘性质,是热带亚洲植物区系的北缘部分。

在种子植物属中,榕属 (*Ficus*)、石櫟属 (*Dendrobium*)、石豆兰属 (*Bulbophyllum*)、省藤属 (*Calamus*)、蓼属 (*Polygonum*)、胡椒属 (*Piper*)、薯芋属 (*Dioscorea*)、蒲桃属 (*Syzygium*)、毛兰属 (*Eria*)、木姜子属 (*Litsea*)、崖爬藤属 (*Tetrastigma*)、石栎属 (*Lithocarpus*)、楼梯草属 (*Elatostema*) 等为含 20 种以上的大属;粗叶木属 (*Lasianthus*)、栲属 (*Castanopsis*)、杜英属 (*Elaeocarpus*)、菝葜属 (*Smilax*)、牡竹属 (*Dendrocalamus*)、冷水花属 (*Pilea*)、砂仁属 (*Amomum*)、姜属 (*Zingiber*)、腺茉莉属 (*Clerodendrum*)、罗伞属 (*Ardisia*)、瓜馥木属 (*Fissistigma*)、崖豆树属 (*Millettia*) 等均为含 10 种以上的主要属。在热带雨林中,上层乔木以樟属、杜英属、栲属、石栎属、暗罗属 (*Polyalthia*)、崖摩属 (*Amoora*) 等种数较多;中、下层乔木以榕属、木姜子属、葱臭木属、蒲桃属、崖豆树属等种数较多;灌木以粗叶木属、腺萼木属 (*Mycetia*) 种类最多;草本以胡椒属、楼梯草属种数较多;藤本植物以瓜馥木属、崖爬藤属、风车藤属 (*Combretum*) 等,以及附生植物以兰科、崖角藤属 (*Rhaphidophora*) 和芒毛苣苔属 (*Aeschynanthus*) 植物最占优势。番龙眼属 (*Pometia*)、榄仁属 (*Terminalia*)、箭毒木属 (*Antiaris*)、白颜树属 (*Gironniera*)、龙果属 (*Pouteria*)、翅子树属 (*Pterospermum*)、四树木属 (*Tetrameles*) 等种数虽不多,但在森林上层乔木中有较大优势度或重要值。同样,轮叶戟属 (*Lasiococca*)、藤黄属 (*Garcinia*)、银钩花属 (*Mitrephora*)、藤春属 (*Alphonsea*)、棒柄花属 (*Cleidion*)、缅甸桐属 (*Sumbaviopsis*)、三宝木属 (*Trigonostemon*)、假海桐属 (*Pittosporopsis*) 等在森林中、下层乔木中有较大优势度或重要值。在山地常绿阔叶林中,则以壳斗科、樟科和茶科的属种为优势,如:栲属、石栎属、润楠属 (*Machilus*)、木姜子属、楠木属 (*Phoebe*)、杨桐属 (*Anneslea*)、木荷属 (*Schima*) 等。其他如黄杞属 (*Engelhardia*)、山龙眼属 (*Helicia*)、冬青属 (*Ilex*) 等种数虽不多,但在森林中仍较优势。

按吴征镒教授对中国种子植物属分布区类型划分 (吴征镒, 1991, 1993; 吴征镒等, 2006), 西双版纳植物区系种子植物属的分布区类型是: 热带分布属 (类型 2~7) 共占所统计属数的 76.97%。热带分布属中,又以热带亚洲分布属最多,占所统计属的 27.70%,如藤春属、崖摩属、腺萼木属、香花藤属 (*Aganosma*)、翅子树属、银钩花属、麻楝属、山楝属 (*Aphanamixis*)、隐翼属 (*Crypteronia*)、红光树属 (*Knema*) 等;其次是全热带分布属,占 20.45%,如买麻藤属 (*Gnetum*)、琼楠属 (*Beilschmiedia*)、厚壳桂属 (*Cryptocarya*)、胡椒属、山柑属 (*Capparis*)、棒柄花属、巴豆属 (*Croton*)、薯蓣属、钩藤属 (*Uncaria*)、苧麻属 (*Boehmeria*)、牛奶菜属 (*Marsdenia*)、崖豆树属、粗叶木属、巴戟属 (*Morinda*)、罗伞属、羊蹄甲属 (*Bauhinia*) 等;旧世界热带分布属占 9.98%,如蒲桃属、山牵牛属 (*Thunbergia*)、岩棕属 (*Dracaena*)、露兜树属、翼核果属 (*Ventilago*)、千金藤属 (*Stephania*)、瓜馥木属 (*Fissistigma*)、暗罗属 (*Polyalthia*)、竹节树属、橄榄属 (*Canarium*)、弯管花属 (*Chassalia*)、假海桐属、紫玉盘属 (*Uvaria*) 等;热带亚洲至大洋洲分布属占 10.71%,如银背

藤属 (*Argyreia*)、水锦树属 (*Wendlandia*)、球兰属 (*Hoya*)、瓜子金属 (*Dischidia*)、崖爬藤属、黄檀属 (*Dalbergia*)、臭椿属 (*Ailanthus*)、蒴莲属 (*Adenia*)、苏铁属 (*Cycas*)、五桠果属 (*Dillenia*)、紫薇属 (*Lagerstroemia*)、翅子藤属 (*Loeseneriella*)、九里香属 (*Murraya*)、石仙桃属 (*Pholidota*)、香椿属 (*Toona*) 等; 热带亚洲至热带非洲分布属占 5.72%, 如木棉属 (*Bombax*)、大风子属 (*Flacourtia*)、使君子属 (*Quisqualis*)、逼迫子属 (*Bridelia*)、龙船花属 (*Ixora*)、豆腐柴属 (*Premna*)、飞龙掌血属 (*Toddalia*)、尖叶木属 (*Urophyllum*)、羊角拗属 (*Strophanthus*)、帽蕊木属 (*Mitragyna*)、芒属 (*Miscanthus*)、藤黄属、香茅属 (*Cymbopogon*)、榆绿木属 (*Anogeissus*) 等。

温带分布属包括有北温带分布属, 如蒿属 (*Artemisia*)、鹅耳枥属 (*Carpinus*)、桦木属 (*Betula*)、柳属 (*Salix*)、山茱萸属 (*Cornus*)、松属 (*Pinus*)、花楸属 (*Sorbus*) 等。东亚和北美间断分布属, 如五味子属 (*Schisandra*)、石楠属 (*Photinia*)、紫树属 (*Nyssa*)、木犀榄属 (*Osmanthus*)、木兰属 (*Magnolia*)、十大功劳属 (*Mahonia*)、八角属 (*Illicium*)、栲属等。旧世界温带分布属有筋骨草属 (*Ajuga*)、香薷属 (*Elsholtzia*)、角盘兰属 (*Herminium*)、旋覆花属 (*Inula*)、女贞属 (*Ligustrum*)、重楼属 (*Paris*) 等。

东亚分布属有 73 个, 如猕猴桃属 (*Actinidia*)、射干属 (*Belamcanda*)、三尖杉属 (*Cephalotaxus*)、南酸枣属 (*Choerospondias*)、蓬莱藤属 (*Gardneria*)、拐枣属 (*Hovenia*)、藤漆属 (*Pegia*)、茵芋属 (*Skimmia*)、旌节花属 (*Stachyurus*)、枫杨属 (*Pterocarya*) 等。中国特有属仅有 15 个, 如巴豆藤属 (*Craspedolobium*)、药囊花属 (*Cyphotheca*)、牛筋条属 (*Dichotomanthes*)、串果藤属 (*Sinofranchetia*) 等。

从属的分布区类型构成可以看出, 西双版纳植物区系以热带分布属占优势, 热带性质十分明显, 并且带有较多有热带亚洲或印度-马来西亚植物区系的特点。具体详见参考文献 (朱华等, 2012)。

西双版纳植物区系的性质与特点可以总结如下:

第一, 热带成分占优势, 带有明显印度-马来西亚植物区系特点。西双版纳植物区系中热带分布属约占总属数的 77%, 属于热带性质的植物区系; 在热带分布属中, 又以热带亚洲分布属比例最多, 显示了较强烈的热带亚洲亲缘。

第二, 具有明显热带边缘性质。西双版纳植物区系, 尽管以热带成分占优势, 但毕竟位于东南亚热带北缘山地, 其热带科中以主产热带, 亦分布到亚热带甚至温带的科为主, 典型热带科并不多, 即使是典型的热带科, 在该地区也仅含少数属种, 并且该地区完全缺乏热带核心地区发展的纯粹热带科属。该植物区系中以热带成分为主体, 但典型的热带成分多数在西双版纳已是在分布北界, 有些种类虽未到达最北纬度, 但已达到其海拔极限, 故该植物区系具有明显热带边缘性质。

2 热带季节性雨林的物种组成与生态特征

2.1 热带季节性雨林的物种组成

西双版纳的热带季节性雨林的 9 个群系的详细物种组成特征见文献（朱华等，2015），现简要描述如下：

2.1.1 低丘雨林

低丘雨林分布于生境湿度相对较小的低丘和坡地，落叶树在种类和重要值上均占 10–30%，记载有两个群系。

2.1.1.1 箭毒木+龙果林

箭毒木+龙果林群系主要分布在海拔 800m 以下的酸性土山低山、丘陵、台地上，如村寨附近保存的龙山林基本都是该类森林（朱华，1994；朱华等，1998）。由于种类组成丰富和群落类型多样，我们即使根据上层乔木标志或优势种划分了群系，但在同一群系不同生境的各群落间种类组成，特别是亚优势树种的组成上，亦有较大差异。

该群系上层乔木中落叶树种的比例相对较高，冬季林内干燥。上层乔木代表树种有大药树（*Antiaris toxicaria*）、龙果（*Pouteria grandifolia*）、高榕（*Ficus altissima*）、麻楝（*Chukrasia tabularia*）、翅子树（*Pterosperma lanceaefolium*）、橄榄（*Canarium album*）、大叶白颜树（*Gironniera subaequalis*）等；中下层代表树种有小叶红光树（*Knema globularia*）、云南银柴（*Aporosa yunnanensis*）、滨木患（*Arytera litoralis*）、降真香（*Acronychya pedunculata*）、木奶果等；灌木层常见有茜草科植物南山花（*Prismatomeris tetrandia*）、弯管花（*Chasalia curviflora*）、香港茜木（*Pavetta hongkongensis*）、银背巴豆（*Croton argyratus*）等；草本以多种山壳骨（*Pseudoranthemum* spp.）、耳草（*Hedyotis* spp.）、尽草（*Arthraxon lanceolata*）等为常见。

2.1.1.2 轮叶戟+油朴林

该群系的群落高达 30m，层次较为明显，以轮叶戟（*Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata*）和油朴（*Celtis philippensis* var. *wightii*）为共优种。乔木层的落叶树种有麻楝（*Chukrasia tabularis*）、油榄仁（*Terminalia bellirica*）、四数木（*Tetrameles nudiflora*）和羽叶白头树（*Garuga floribunda* var. *gamblei*）等。此类型是最为普遍的石灰岩山季节性雨林类型（王洪等，1997；Zhu et al., 1998）。

2.1.2 沟谷雨林

沟谷雨林主要分布于坡脚最为潮湿的沟谷或阴坡（通常为东北坡向）。落叶树在种类和重要值上

都低于 10%，此类雨林以番龙眼为标识种，记录有 7 个群系。

2.1.2.1 绒毛番龙眼+千果榄仁林

该群系主要沿沟谷分布在海拔 550~900m 的酸性土山狭谷坡脚，以 600~700m 的沟谷最为集中。林内阴湿，土壤湿润，上层乔木落叶树种相对较少，附生植物、木质大藤本在数量上明显较多。上、中层乔木以千果榄仁 (*Terminalia myriocarpa*)、绒毛番龙眼 (*Pometia tomentosa*)、轮叶戟 (*Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata*)、红光树 (*Knema furfuracea*)、木奶果 (*Baccauria ramiflora*)、小叶藤黄 (*Garcinia cowa*)、狭叶红光树 (*Knema cinerea* var. *glauca*)、阔叶蒲桃 (*Syzygium latilimbium*)、玉蕊 (*Barringtonia macrostachya*) 等为常见；下层乔木以假海桐 (*Pittosporopsis kerrii*)、棒柄花 (*Cleidion spiciflorum*) 为优势。灌木以多种茜草科植物粗叶木 (*Lasianthus* spp.)、腺萼木 (*Mycetia* spp.) 等为常见；草本以柃叶 (*Phrynium capitatum*)、山姜 (*Hedychium* spp.)、长叶实蕨 (*Bolbites heteroclita*)、叉蕨 (*Tectaris* spp.) 等较为常见。

2.1.2.2 绒毛番龙眼+油朴林

该群系分布于最为湿润的石灰岩沟谷底部或山坡脚，土壤（含量）通常丰富。群落高度通常为 35~40m，以绒毛番龙眼为优势，油朴、轮叶戟、滕春 (*Alphonsea mollis*) 在不同地段上均能成为亚优势或共同亚优势种。该类群系的外貌和垂直结构与非石灰岩山的其他季节性雨林群系基本相同。在区系成分上，二者除了有少数各自的特殊成分外，绝大多数种类都相同。石灰岩山季节性雨林由于土壤中岩石分布的影响，树木的密度相对较小，故林内显得较为空旷。

2.1.2.3 顶果木+八宝树林

该群系主要分布在纳板河流域国家级自然保护区（过门山站）的陡坡沟谷。乔木层分为 3 层，上层高 30~50m，林冠镶嵌连接，覆盖度达 70%，顶果木 (*Acrocarpus fraxinifolius*) 作为散生巨树，高达 50m，树冠伞形、平整。八宝树 (*Duabanga grandiflora*) 是上层的优势树种，在群落中具有最大重要值。乔木中层 15~30m，优势种是桃金娘科的阔叶蒲桃 (*Syzygium megacarpum*)，另有云南厚壳桂 (*Cryptocarya yunnanensis*)、云南风吹楠 (*Horsfieldia prainii*)、大果山香圆 (*Turpinia pomifera*)、红光树 (*Knema furfuracea*) 等，覆盖度达 40%~50%。乔木下层高 5~15m，包括有披针叶楠 (*Phoebe lanceolata*)、木奶果 (*Baccaurea ramiflora*)、粗丝木 (*Gomphandra tetrandra*) 等。上层乔木中落叶树种为顶果木，在旱季 11 月—翌年 2 月有明显的落叶期。

灌木层高 2m 左右，其中幼树占此层种数的 80%，以粗丝木、阔叶蒲桃、绒毛番龙眼多度较大，另有云南野独活 (*Milium tenuistipitata*)、长梗三宝木 (*Trigonostemon thyrsoides*)、勐腊核果木 (*Drypetes hoensis*)、大肉实树 (*Sarcosperma arboretum*) 等。最常见的灌木种为单羽火筒树 (*Leea crispa*)、木锥花 (*Gomphostemma arbusculum*)、短柄苹婆 (*Sterculia brevissima*) 等。

草本层约 1m 高，覆盖度 70%~80%，以香豆蔻 (*Amomum subulatum*) 占优势，其他有下延叉蕨 (*Tectaria decurrens*)、线羽凤尾蕨 (*Pteris linearis*)、无腺毛蕨 (*Cyclosorus procurrens*)，另还有柃叶 (*Phrynium rheedei*)、野靛棵 (*Mananthes patentiflora*)、大叶仙茅 (*Curculigo capitulate*) 等。样地内大型藤本植物丰富，以鹿角藤 (*Chonemorpha eriostylis*)、毛枝雀梅藤 (*Sageretia hamosa* var. *trichoclada*)、茎花崖爬藤 (*Tetrastigma cauliflorum*)、蒙自崖爬藤 (*Tetrastigma henryi*) 最为多见。

2.1.2.4 大果人面子+番龙眼林

该群系主要分布在尚勇保护区的小南满河、龙门丫口箐、南木哈河和勐腊子保护区的曼旦水库、南蚌河等河谷的底部。

群落覆盖度 70%~75%，高度为 35~45m。乔木上层覆盖度 30%~35%，以大果人面子 (*Dracontomelon macrocarpum*) 和绒毛番龙眼为优势，其次还有网脉肉托果 (*Semecarpus reticulatus*)、橄榄 (*Canarium album*) 等；中层覆盖度 35%~40%，以蓝树 (*Wrightia laevis*) 和少花琼楠 (*Beilschmiedia pauciflora*) 为优势，其次还有红果桉木 (*Dysoxylum gotadhora*) 和云南割舌树 (*Walsura pinnata*) 等；下层覆盖度 40%~45%，以木奶果 (*Baccaurea ramiflora*) 和版纳柿 (*Diospyros xishuangbannaensis*) 为优势。幼灌层覆盖度 30%~35%，以绒毛番龙眼幼树、虎克粗叶木 (*Lasianthus hookeri*)、染木 (*Saprosma ternate*)、细腺萼木 (*Mycetia gracilis*) 为优势；草本层覆盖度 25%~30%，频度最大的是马蓝 (*Strobilanthes cusia*)、薄叶卷柏 (*Selaginella delicatula*) 和柃叶 (*Phrynium rheedei*)，个体数量多的是柃叶、马蓝等。

该群系藤本植物丰富，常见的有阔叶风车子 (*Combretum latifolium*)、翅果藤 (*Byttneria grandifolia*)、见血飞 (*Caesalpinia cucullata*)、十字崖爬藤 (*Tetrastigma cruciatum*)、扁担藤 (*Tetrastigma planicaule*) 和香港鹰爪花 (*Artabotrys hongkongensis*) 等。附生植物常见的有爬树龙 (*Rhaphidophora decursiva*)、螳螂跌打 (*Pothos scandens*) 和鸟巢蕨 (*Asplenium nidus*) 等，以兰科和天南星科喜湿种类为主。

2.1.2.5 浆果乌桕+龙果林

该群系主要分布在大勐龙地区海拔 1000m 以下的潮湿沟谷、山坡下部。在物种组成上，乔木上层的主要树种为浆果乌桕 (*Sapium baccatum*)、绒毛番龙眼、长柄油丹 (*Alseodaphne petiolaris*)、龙果、云南樟 (*Cinnamomum glanduliferum*)、亮叶波罗蜜 (*Artocarpus nitidus*)、山蕉 (*Mitrephora maingayi*)、韶子 (*Nephelium chryseum*) 等；乔木中层以云南割舌树 (*Walsura pinnata*) 为优势，其他较多的还有泰国黄叶树 (*Xanthophyllum flavescens*)、火烧花 (*Mayodendron igneum*)、云树 (*Garcinia cowa*) 等；乔木下层优势种有滇茜树 (*Aidia yunnanensis*)、披针叶楠 (*Phoebe lanceolata*)、木奶果、滇毒鼠子 (*Dichapetalum gelonioides*)、波缘大参 (*Macropanax undulatus*)、红紫麻 (*Oreocnide rubescens*)、假海桐 (*Pittosporopsis kerrii*) 等；灌木层高度在 2m 以下，覆盖度 30%~40%，常见的有香港大沙叶 (*Pavetta hongkongensis*)、长柱山丹 (*Duperrea pavettifolia*)、线柱苣苔 (*Rhynchotechum ellipticum*)、帚序苘麻 (*Boehmeria zollingeriana*) 等；幼树幼苗以云南割舌树最多，其次为山蕉、滇毒鼠子、绒毛番龙眼等。

草本植物以蕨类植物为优势，主要种类为伏石蕨 (*Lemmaphyllum microphyllum*)、短肠蕨 (*Diplazium dilatatum*)、深绿卷柏 (*Selaginella doederleinii*)，其他种类有异叶楼梯草 (*Elatostema monandrum*)、间型沿阶草 (*Ophiopogon intermedius*)、柃叶等。

层间藤本植物中的大型木质藤本有美丽密花豆 (*Spatholobus pulcher*)、猪腰豆 (*Whitfordiodendron filipes*)、大果油麻藤 (*Mucuna macrobotrys*) 和扁担藤 (*Tetrastigma planicaule*)，中型及中小型藤本种类斑果藤 (*Stixis suaveolens*)、火绳藤 (*Fissistigma poilanei*)、海南崖豆藤 (*Millettia pachyloba*)、藤榕 (*Ficus sagittata*)、多籽五层龙 (*Salacia polysperma*) 和十字崖爬藤 (*Tetrastigma cruciatum*) 等。

2.1.2.6 望天树林

望天树林仅分布在勐腊县补蚌区约 20km² 范围，沿几条河流的支流及沟箐湿润处间断分布，其海

拔范围为 700~950m。主要是以龙脑香科植物望天树 (*Parashorea chinensis*) 组成上层优势的单优群落, 即上层乔木以望天树占优势, 绒毛番龙眼为亚优势, 中层以小叶藤黄, 下层以木奶果和假海桐占优势。该群落是西双版纳季节性林雨中热带性最强, 种类组成最复杂, 雨林特点最浓厚的群落。该群落高达 60m, 上层有部分落叶树种, 中、下层常绿, 结构复杂, 木质大藤本及附生植物极其丰富, 林内阴暗潮湿, 林下以茜草科植物占绝对优势, 详见文献 (朱华, 1992, 1993a, 1993b, 1994; 朱华等, 2015)。

2.1.2.7 青梅林

除望天树单优群落外, 在海拔 800~1100m 的几条河流支流陡坡上, 还分布着以另一种龙脑香科植物版纳青梅 (*Vatica guangxiensis*) 为特征或标识种的热带雨林, 俗称青梅林。青梅林在性质上仍属于热带季节性雨林, 但由于分布海拔偏高和生境特殊, 表现为一种季节雨林向山地雨林过渡的类型, 同时也是热带北缘地区季节性雨林的海拔极限类型。

目前所发现的版纳青梅林分布在西双版纳州勐腊县东南部南腊河上游支流南沙河和南杭河河谷两岸, 与望天树林相邻接而不混交。版纳青梅林分布的地方远离村寨, 很少人为活动, 为其自然分布。这样的分布格局反映了它们处于分布区边缘, 局部环境成为其分布的制约因素。

分布在南沙河中段的青梅林为发育较好的成熟林段。群落高约 45m, 乔木层分为三层。第一层高 30~45m, 由散生的版纳青梅巨树和其他大乔木树种构成, 树冠球形或伞形, 彼此不连接而使林冠参差不齐, 覆盖度 40%~60%; 第二层高 18~30m, 由混交的多种乔木构成, 树冠多椭圆形, 树木密度较第一层大, 树冠近连续, 覆盖度 50%~70%; 第三层高 5~20m, 由上、中层乔木幼树和混交的小乔木组成, 树冠多锥形, 不连接, 覆盖度 40%~50%。上层乔木除极少数有明显换叶期的半落叶树种外, 基本上是常绿, 中层和下层乔木则全部为常绿树种。该群系的种类组成详见文献 (朱华, 1993a; 朱华等, 2015)。

2.2 热带季节性雨林的生态特征

依据低丘雨林 0.4hm² (单个样地) 和沟谷雨林 0.5hm² (2 个并连样方) 样地上所有植物种的统计, 列出生活型谱 (表 2.1); 以及对低丘雨林和沟谷雨林木本植物 (乔木和灌木) 叶级谱和叶型谱进行了统计 (表 2.2)。

西双版纳的热带季节性雨林, 高位芽植物占 87.5%~89.7%, 其中, 藤本高位芽植物占有 18.3%~20.3%, 大高位芽占 7.2%~9.7%, 中高位芽 27%~28%, 小高位芽占有 12%~15%, 矮高位芽占 8.3%~9.7%, 草本高位芽 4.2%~4.6%。

在叶级谱上, 以木本植物统计, 中叶占 71%, 小叶占 20%~23%, 大叶占 5.5%~7.5%。若分别以乔木和灌木统计, 灌木的小叶所占比例较乔木为高。在叶型统计上, 复叶占 21.4%~24.5%, 纸质叶占 54.5%, 革质叶占 45.5%; 全缘叶占 80%。

表 2.3 统计了沟谷雨林群落 (0.5hm²) 145 种高位芽植物的叶型、叶质、叶缘、叶尖和板根。总的特征: 单叶占 78.6%, 复叶占 21.4%; 纸质叶占 54.5%, 革质叶占 45.5%; 全缘叶占 80%。以成熟植物叶统计, 非滴水叶尖占 88.3%。具有板根的乔木约占 32.6%。

就低丘雨林和沟谷雨林比较来看, 低丘雨林的附生植物相对较少些, 小、矮高位芽植物相对多一些, 在叶级谱上小叶比例也相对高一些, 大叶比例少一些。这反映了低丘雨林在生态上较沟谷雨林旱生性更强, 沟谷雨林更接近典型热带雨林, 而低丘雨林则表现为向季雨林和热带山地的常绿阔叶林过渡。

表 2.1 热带季节性雨林生活型谱

Table 2.1 Life form spectrum of the tropical seasonal rain forest

森林类型 Forest type	生活型 Life form	寄生 植物 Para	附生 植物 Ep	藤本 植物 L	大高 位芽 Megaph	中高 位芽 Mesoph	小高 位芽 Microph	矮高 位芽 Nanoph	草本 高位芽 Hph	地上芽 Ch	地下芽 G	合计 Total
低丘雨林 Lower hill seasonal rain forest (0.4hm ²)	种数 No. sp.		7	32	E D 13 4	E D 44 5	27	17	8	15	3	175
	百分比 (%)		4	18.3	9.7	28	15.4	9.7	4.6	8.6	1.9	100
沟谷雨林 Ravine seasonal rain forest (0.5hm ²)	种数 No. sp.	1	22	61	E D 14 5	E D 71 1	32	22	11	2	5	265
	百分比 (%)	0.4	8.3	20.3	7.2	27.1	12.1	8.3	4.2	7.5	1.9	100

Note: Para: Parasitic plants; Ep: Epiphytes; L: Liana; Megaph: Megaphanerophytes; Mesoph: Mesophanerophytes; Microph: Microphanerophytes; Nanoph: Nanophanerophytes; Hph: Herbaceous phanerophytes; Ch: Chamaephytes; G: Geophytes. E: Evergreen; D: Deciduous

表 2.2 热带季节性雨林木本植物叶级谱和叶型谱

Table 2.2 Leaf size and leaf form spectrums of the tropical seasonal rain forest

森林类型 Forest type	生活型 Life form	小叶 Microphyll No. sp. 百分比 (%)	中叶 Mesophyll No. sp. 百分比 (%)	大叶 Macrophyll No. sp. 百分比 (%)	单叶 Simple leaves No. sp. 百分比 (%)	复叶 Compound leave No. sp. 百分比 (%)	合计 (种) Total species
低丘雨林 Lower hill seasonal rain forest (0.4hm ²)	乔木 Trees	18 19.4	69 74.2	6 6.5	68 73.1	25 26.9	93
	灌木 Shrub	8 47.1	9 52.9	— —	15 88.2	2 11.8	17
	总计 All	26 23.6	78 70.9	6 5.5	83 75.5	27 24.5	110
沟谷雨林 Ravine seasonal rain forest (0.5hm ²)	乔木 Trees	18 16.1	83 74.1	10 8.9	85 76.6	26 23.4	111
	灌木 Shrub	11 32.4	22 64.7	1 2.9	29 85.3	5 14.7	34
	总计 All	29 19.9	105 71.9	11 7.5	114 78.6	31 21.4	145

表 2.3 热带季节性雨林植物叶型、叶质、叶缘、叶尖、根型

Table 2.3 Leaf type, leaf texture, leaf margin, leaf apex and root type of the seasonal rain forest in S Yunnan

叶特征及根型 Leaf characters and root types		叶型 Leaf type		叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin		叶尖 Leaf apex		根型 Root type		种数 合计 Total species
		单叶 Simple leaves	复叶 Compound leave	纸质 Papyraceo us leaves	革质 Leathery leaves	全缘 Entile leaves	具齿 Serratus leaves	尾尖 Caudatus leaf tips	非尾尖 Non- caudatus leaf tips	板根 Buttress	非板根 None- buttress	
乔木 Trees	种数	95	28	60	63	97	26	14	109	29	94	123
	百分比 (%)	77.24	22.76	48.78	51.22	78.86	11.14	11.38	88.62	23.58	76.42	

续表 2.3

叶特征及根型 Leaf characters and root types		叶型 Leaf type		叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin		叶尖 Leaf apex		根型 Root type		种数 合计 Total species
		单叶 Simple leaves	复叶 Compound leave	纸质 Papyraceo us leaves	革质 Leathery leaves	全缘 Entile leaves	具齿 Serratus leaves	尾尖 Caudatus leaf tips	非尾尖 Non- caudatus leaf tips	板根 Buttress	非板根 None- buttress	
灌木 Shrubs	种数	19	3	19	3	19	3	3	19			22
	百分比 (%)	86.36	13.64	86.36	13.64	86.36	13.64	13.64	86.36			
乔木+ 灌木	种数	114	31	79	66	116	29	17	128			145
	百分比 (%)	78.62	21.38	54.48	45.52	80	20	11.72	88.28			

2.3 热带季节性雨林的植物区系及地理成分

西双版纳的热带季节性雨林在植物区系组成上,按种数多少排列为大戟科、樟科、楝科、桑科、番荔枝科、无患子科、茜草科等。按各科在群落中的地位,即重要值大小来排名次,则顺序是龙脑香科、樟科、大戟科、无患子科、楝科、桑科、壳斗科、藤黄科、茶茱萸科、肉豆蔻科等。

在植物区系的地理成分上,该热带雨林约 80% 的科、90% 的属和多于 90% 的种均为热带成分,其中约 40% 的属和多于 70% 的种为热带亚洲分布成分。

从热带季节性雨林两群系组乔木树种科的组成看(表 2.4),低丘雨林按种数大戟科和樟科排名在前,楝科次之,桑科、无患子科、番荔枝科再次;按重要值则樟科排名第一,桑科、榆科次之,其后是番荔枝科、大戟科、楝科。沟谷雨林按种数大戟科、桑科和樟科并列第一,楝科、番荔枝科次之;按重要值则大戟科排第一,无患子科第二,使君子科、桑科次之,漆树科、番荔枝科、樟科等再次。二者虽在科的组成上一致,但排名次序上各有侧重。

表 2.4 季节性雨林科的组成及其在群落中的地位

Table 2.4 Number of species and accumulative IVI of families from seasonal rain forest plots

低丘雨林 (箭毒木+龙果林) Lower hill seasonal rain forest 面积 Area: 1.25hm ² ; 种数 No. of tree species: 131			沟谷雨林 (番龙眼+千果榄仁林) Ravine seasonal rain forest 面积 Area: 1.4625hm ² ; 种数 No. of tree species: 140		
科名 Family name	种数 No. of species	重要值 IVI	科名 Family name	种数 No. of species	重要值 IVI
樟科 Lauraceae	12	39.05	无患子科 Sapindaceae	3	32.11
桑科 Moraceae	7	26.35	大戟科 Euphorbiaceae	13	37.67
榆科 Ulmaceae	4	26.07	使君子科 Combretaceae	2	19.17
番荔枝科 Annonaceae	6	24.3	桑科 Moraceae	13	19.13
大戟科 Euphorbiaceae	13	23.31	漆树科 Anacardiaceae	6	16.55
无患子科 Sapindaceae	7	17.39	番荔枝科 Annonaceae	8	14.96
楝科 Meliaceae	10	16.87	樟科 Lauraceae	13	14.28
玉蕊科 Lecythidaceae	1	11.85	肉豆蔻科 Myristicaceae	4	11.25

续表 2.4

低丘雨林 (箭毒木+龙果林) Lower hill seasonal rain forest 面积 Area: 1.25hm ² ; 种数 No. of tree species: 131			沟谷雨林 (番龙眼+千果榄仁林) Ravine seasonal rain forest 面积 Area: 1.4625hm ² ; 种数 No. of tree species: 140		
科名 Family name	种数 No. of species	重要值 IVI	科名 Family name	种数 No. of species	重要值 IVI
茜草科 Rubiaceae	6	11.58	柿树科 Ebenaceae	3	9.91
藤黄科 Guttiferae	2	11.31	榆科 Ulmaceae	5	8.76
肉豆蔻科 Myristicaceae	5	10.81	橄榄科 Burseraceae	2	8.64
豆科 Fabaceae	6	8.42	梧桐科 Sterculiaceae	2	8.11
四数木科 Tetramelaceae	1	8.10	藤黄科 Guttiferae	3	7.34
桃金娘科 Myrtaceae	5	7.00	楝科 Meliaceae	9	7.10
芸香科 Rutaceae	3	6.05	紫葳科 Bignoniaceae	3	5.79
山榄科 Sapotaceae	2	5.88	马鞭草科 Verbenaceae	1	5.47
椴树科 Tiliaceae	2	5.59	苦木科 Simarubaceae	2	5.19
茶茱萸科 Icacinaceae	2	4.86	豆科 Fabaceae	3	4.99
远志科 Polyganaceae	1	3.95	茜草科 Rubiaceae	4	4.83
漆树科 Anacardiaceae	3	2.91	桃金娘科 Myrtaceae	1	3.55
梧桐科 Sterculiaceae	1	2.76	玉蕊科 Lecythidaceae	1	3.22
禾本科 Gramineae (Bamboo)	1	2.49	五加科 Araliaceae	3	3.20
紫葳科 Bignoniaceae	2	2.21	杜英科 Elaeocarpaceae	4	3.11
橄榄科 Burseraceae	2	2.17	壳斗科 Fagaceae	5	3.03
天料木科 Samydaceae	1	1.82	棕榈科 Palmae	1	2.59
壳斗科 Fagaceae	2	1.45	夹竹桃科 Apocynaceae	2	2.23
粘木科 Ixonanthaceae	1	1.36	蔷薇科 Rosaceae	2	1.91
蔷薇科 Rosaceae	1	1.24	荨麻科 Urticaceae	3	1.86
野牡丹科 Melastomaceae	1	1.19	山榄科 Sapotaceae	2	1.74
夹竹桃科 Apocynaceae	2	1.12	省沽油科 Staphyleaceae	2	1.62
紫金牛科 Myrsinaceae	2	1.1	锦葵科 Malvaceae	1	1.59
棕榈科 Palmae	2	1.04	海桑科 Sonneratiaceae	1	1.20
荨麻科 Urticaceae	1	0.73	茶茱萸科 Icacinaceae	1	0.98
毒鼠子科 Dichapetalumaceae	1	0.70	芸香科 Rutaceae	2	0.83
茶科 Theaceae	1	0.70	木兰科 Magnoliaceae	1	0.77
省沽油科 Staphyleaceae	1	0.65	远志科 Polyganaceae	1	0.68

续表 2.4

低丘雨林 (箭毒木+龙果林) Lower hill seasonal rain forest 面积 Area: 1. 25hm ² ; 种数 No. of tree species: 131			沟谷雨林 (番龙眼+千果榄仁林) Ravine seasonal rain forest 面积 Area: 1. 4625hm ² ; 种数 No. of tree species: 140		
科名 Family name	种数 No. of species	重要值 IVI	科名 Family name	种数 No. of species	重要值 IVI
木犀科 Oleaceae	1	0. 65	毒鼠子科 Dichapetalumaceae	1	0. 54
五加科 Araliaceae	2	0. 64	五桠果科 Dilleniaceae	1	0. 48
马鞭草科 Verbenaceae	1	0. 61	紫草科 Boraginaceae	1	0. 37
使君子科 Combretaceae	1	0. 50	椴树科 Tiliaceae	1	0. 30
柿树科 Ebenaceae	1	0. 37	木犀科 Oleaceae	1	0. 20
胡桃科 Juglandaceae	1	0. 36			
红树科 Rhizophoraceae	1	0. 34			
山龙眼科 Proteaceae	1	0. 32			
山柑科 Capparidaceae	1	0. 30			

在植物区系地理成分上, 热带季节性雨林中热带分布属占总属数的 94. 2%; 在热带分布属中, 又以热带亚洲分布属的比例最高, 约占总属数的 42. 3%。在种的地理成分构成上, 热带季节性雨林以热带亚洲分布占优势, 占总种数的 73. 3% (表 2. 5)。

表 2. 5 热带季节性雨林的地理成分构成

Table2. 5 Geographic elements of the tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna

属的地理成分 Geographic elements at generic level		种的地理成分 Geographic elements at specific level	
分布区类型 Areal type	占属百分数 % genera	分布区类型 Areal type	占种百分数 % species
1. 泛热带	19. 6	1. 泛热带	0
2. 热带亚洲-热带美洲	4. 3	2. 热带亚洲-热带美洲	0
3. 旧世界热带	14. 0	3. 旧世界热带	0. 3
4. 热带亚洲-热带澳洲	9. 2	4. 热带亚洲-热带澳洲	2. 9
5. 热带亚洲-热带非洲	4. 8	5. 热带亚洲-热带非洲	0
6. 热带亚洲	42. 3	6. 热带亚洲分布及变型合计	(73. 3)
(热带成分合计)	(94. 2)	1. 印度-马来西亚	28. 9
7. 北温带	1. 8	2. 南亚-大陆东南亚	21. 3
8. 东亚-北美	1. 8	3. 大陆东南亚-中国南部	23. 7
9. 旧世界温带	0. 3	(热带成分合计)	(76. 5)
10. 温带亚洲	0	7. 北温带	0

续表 2.5

属的地理成分 Geographic elements at generic level		种的地理成分 Geographic elements at specific level	
分布区类型 Areal type	占属百分数 % genera	分布区类型 Areal type	占种百分数 % species
11. 地中海-西亚-中亚	0.3	8. 东亚分布	0
12. 中亚	0	9. 中国南部	8.2
13. 东亚	0.3	10. 云南特有	15.4
14. 中国特有	1.5	合计 Total	100
合计 Total	100		

注：左栏括号中数值为热带分布属（类型 1~6）合计，右栏括号中数值 73.3 和 76.5 分别为热带亚洲分布种（类型 6.1~6.3）合计及热带成分（类型 1~6）合计。

Notes: Numbers in brackets in the left columns are sum of tropical elements (including types 1~6), and numbers in brackets in the right columns are sum (73.3) of tropical Asian elements (including types 6.1~6.3) and sum (76.5) of tropical elements (including types 1~6) .

3 热带季节性雨林的物种多样性及种群分布格局

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构成的镶嵌体，它的林冠总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态（Brokaw, 1985; Whitmore, 1989, 1990）。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（Whitmore, 1990）。因此，在对热带雨林群落的调查研究中就常碰到以下问题：多大的样方面积为宜才能实质性地反映群落的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。本章将主要针对这些问题进行探讨。

3.1 热带季节性雨林的物种/面积关系

我们选择云南西双版纳自然保护区的勐仑片区，位于小腊公路 58 km 里程碑的西侧山坡中下部的 一片热带季节性雨林——低丘雨林为研究对象。该地小地形较均一，坡向 NE20°，坡度 30°，海拔 680m，土壤湿润，无岩石露头，植被是以大叶白颜树（*Gironniera subaequalis*）和玉蕊（*Barringtonia macrostachya*）为优势树种的群落。该群落高 35m，覆盖度>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 500m²（50m×10m），然后按每 500m² 面积递增至 4000m²。

随着样方面积的增大，逐个记录所有胸径>5cm 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，我们在样方内设置了 8 个 5m×5m 的小样方，以同样方式记录种类。

以这些典型样方为例，对个体/种数关系、树种的频度分布和香农多样性指数做了计算（表 3.1）。

表 3.1 热带季节雨林群落样方面积与种数关系

Table 3.1 The relationship between number of species and sampling area in the tropical seasonal rain forest (Menglun Nature Reserve)

面积 Area (m ²)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
乔木 Tree > 5 cm DBH	19	24	30	37	44	49	53	55
<5 cm DBH	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

种数/面积曲线（图 3.1）在 2500m²时开始趋于平缓，意味着 2500m²面积已接近群落最小面积，基本上反映群落的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 3.2）分别在约 100m²和 75m²时开始趋于平缓。通常采用在样方四个角和中心各设置一个 5m×5m 小样方做幼树灌木层和草本层的调查是可取的。

E. M. Drees (1954) 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 2500m²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。这与我们的研究结果“热带雨林以 2500m²作为最适取样面积”是一致的。

同样面积的样方，种数有一定变化，特别是当样方面积较小时，种数变化更明显，即使样方是取自同一森林类型也是如此，这是热带雨林物种多样性的一个表现。我们依据 10 个取自典型热带雨林地段的 0.25hm² 面积的样方资料，在一个 0.25hm² 面积的样方里，有维管束植物 150~200 种，其中，胸径在 5 cm 以上的树木是 44~63 种（如果包括幼树、幼苗，则树木种数是 80~90 种），藤本植物 34~40 种，灌木 15~20 种，草本植物 15~25 种，附生植物 5~20 种。

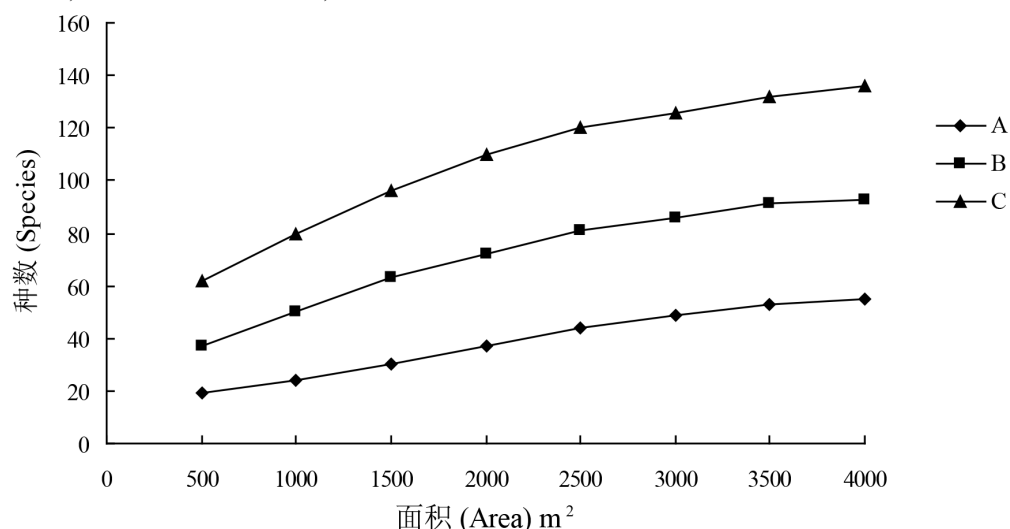


图 3.1 热带季节性雨林群落植物种数一样方面积曲线（勐仑自然保护区）

Fig. 3.1 Species/area curves for the tropical seasonal rain forest community (Nature Reserve of Menglun)

A: 乔木、灌木、草本植物合计 (Tree, shrub and herbaceous plants together);

B: 乔木及幼树 (Trees and saplings); C: 乔木 (Tree ≥5 DBH)

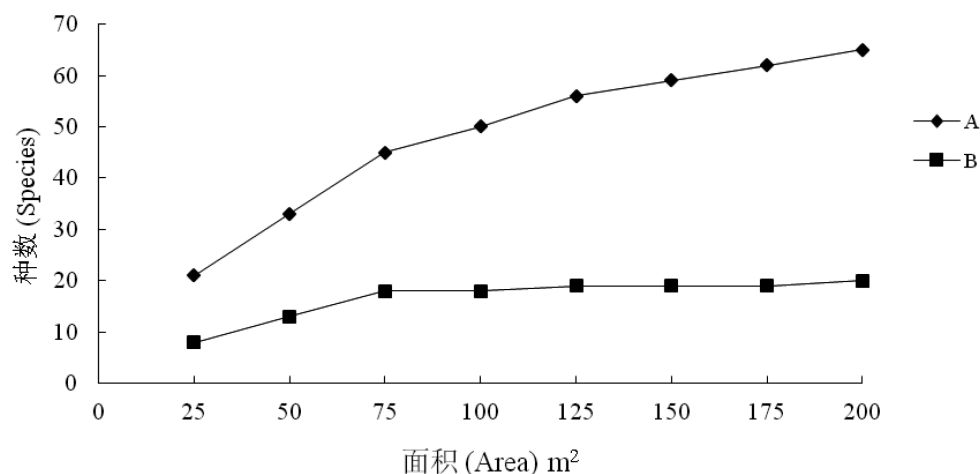


图 3.2 幼树-灌木、草本植物种数/面积曲线

Fig. 3.2 Species/area curves of sapling-shrubs and herbaceous plants for the tropical seasonal rain forest community

A: 幼树+灌木 (Saplings and shrubs); B: 草本植物 (Herbaceous plants)

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代表性热带季节性雨林群系:沟谷季节性雨林(番龙眼+千果榄仁林),低丘季节性雨林(大树树+龙果林),龙脑香季节性雨林(望天树林)和在石灰岩山的季节性雨林,制作了它们的种数/累积样方面积关系曲线(图 3.3)。

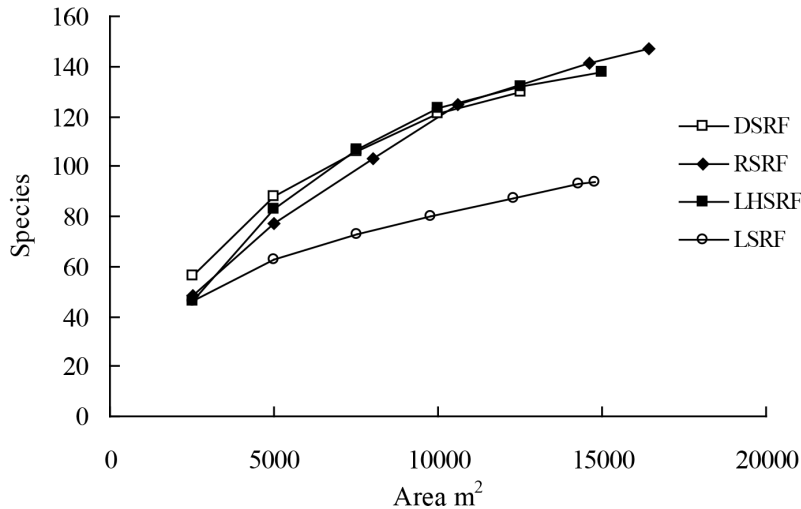


图 3.3 西双版纳热带季节性雨林的种数/累积样方面积关系曲线

Fig. 3.3 Tree species \ area curves for the tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna

DSRF: 龙脑香季节性雨林 (Dipterocarp seasonal rain forest on non-limestone);

RSRF: 沟谷季节性雨林 (Ravine seasonal rain forest on non-limestone);

LHSRF: 低丘季节性雨林 (Lower hill seasonal rain forest on non-limestone);

LSRF: 石灰岩季节雨林 (Limestone seasonal rain forest)

取自非邻接样方的累加种数/面积曲线在大约 1hm^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 1hm^2 的累加取样面积是必需的。如果最适单个样方面积是 0.25hm^2 ,对于一个具体森林类型,至少 4 个样方是需要的,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他的群落综合指数。

从表 3.1 可见,胸径在 5cm 以上的树种并不保持与包括幼树、幼苗在内的所有树种有同样的种数随面积而增加的格局。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、理查斯所讨论的热带雨林“更新镶嵌”现象来解释 (Richards, 1952)。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)。此外,我们也可清楚地看到,胸径在 5cm 以上的树种所代表的物种多样性仅是群落的物种多样性的一部分。实际上群落的物种多样性的一半以上是体现在幼树、灌木、草本、藤本等非立木种类上。令人遗憾的是,这部分物种多样性被多数研究者遗漏了。

3.2 热带季节性雨林的种数/个体关系

热带季节性雨林乔木的种数/个体关系见表 3.2。从乔木种数/个体关系的比较看,在同样面积 (0.25hm^2) 的热带雨林群落样方中,龙脑香季节性雨林的乔木层种数/个体关系比值 (4.2 株/种) 与大树树+龙果林相当 (4 株/种),稍高于千果榄仁+番龙眼林 (3 株/种),低于石灰岩山季节性雨林 (6.8 株/种)。

表 3.2 热带季节性雨林群落乔木的种数/个体关系

Table 3.2 Individuals / species relationships in different tree strata of the tropical seasonal rain forest

森林类型 Forest type	样方号 Plot No.	面积 Area (hm ²)	上层乔木 (> 30m)			中层乔木 (18~30m)			下层乔木 (5~18m)			乔木层 (>5m)
			N. I.	N. S.	I. /S.	N. I.	N. S.	I. /S.	N. I.	N. S.	I. /S.	I. /S.
龙脑香季节性雨林	Dipt-I	0.25	18	10	1.8	28	13	2.2	140	41	3.4	5.0
	Dipt-II	0.25	36	5	7.2	48	19	2.5	193	44	4.4	3.3
	平均	0.25	27	7.5	4.5	38	16	2.3	166.5	42.5	3.9	4.2
沟谷雨林 (番龙眼+千果榄仁林)	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
	94-1-1	0.25	24	14	1.7	31	21	1.5	41	26	1.6	2.0
	平均	0.25	29.7	15.3	1.9	54.3	28	1.9	48.7	24.7	1.9	3.0
低丘雨林 (大药树+龙果林)	931206	0.25	22	6	3.6	91	31	2.9	69	35	2.0	3.5
	92-1	0.25	45	17	2.6	72	25	2.9	90	26	3.5	4.5
	平均	0.25	33.5	11.5	3.1	81.5	28	2.9	79.5	30.5	2.8	4
石灰岩山雨林	HW-9202	0.25	2	1	2	27	9	3	135	13	10.4	8.6
	HW-9203	0.25	9	7	1.3	46	11	4.2	63	11	5.7	4.9
	平均	0.25	5.5	4	1.7	36.5	10	3.6	99	12	8.1	6.8

* N. I. : 株数 (Number of individual); N. S. : 种数 (Number of species);

I. /S. : 株/种 (Number of individual per species)

3.3 热带季节性雨林树种的频度和存在度分布

西双版纳季节性树种的频度分布见表 3.3。龙脑香雨林的乔木树种的频度分布与千果榄仁+番龙眼林接近, 在样方内 45%~60% 的种类每种仅有 1 株; 25%~40% 的种类每种有 2~5 株; <15% 的种类每种有 6~10 株; <10% 的种类每种有 10 株以上, 亦即群落中大多数种类都具有较小的种群, 优势种不明显 (Cao & Zhang, 1997; Turner, 1989; Pajmans, 1970), 这是热带雨林的特征。

存在度是树种种群分布格局的另一指标, 能显示树种种群在同一群落的不同地段的分布情况。西双版纳热带季节性雨林主要群落类型的存在度见图 3.4。三个类型热带雨林均有较为一致的树种存在度分布。存在度小的种类 (I 和 II 级) 占总种数的 70% 以上, 以 I 级占比例最大, 达 50% 以上, 反映了树种在热带雨林中分布很不均匀, 主要是由于物种多样性大和多数树种的种群较小。这与金振洲对西双版纳季节雨林主要组成种类的统计结果是一致的 (金振洲, 1997)。存在度较大的种类 (IV 和 V 级) 不到 10%, 尤以沟谷雨林更为显著, 其存在度小的种类占 80% 以上。

表 3.3 热带季节性雨林群落乔木树种的频度分布

Table 3.3 Frequency of tree species in plots of the tropical seasonal rain forest

	样方	株数	1	2~5	6~10	11~20	>20
龙脑香雨林	Dipt-I	No. of sp.	26	21	5	0	5
		%	45.6	36.8	8.8	0	8.8
	Dipt-II	No. of sp.	33	14	5	2	2
		%	58.9	25	8.9	3.6	3.6
沟谷雨林 (番龙眼+千果榄仁林)	94-1-3	No. of sp.	31	19	8	0	2
		%	51.7	31.7	13.3	0	3.3
	94-1-2	No. of sp.	27	17	4	0	0
		%	56	35	9	0	0
	94-1-1	No. of sp.	28	18	1	1	0
		%	58	37.5	2.1	2.1	0
低丘雨林 (大药树+龙果林)	931206	No. of sp.	25	18	6	2	1
		%	48.1	34.6	11.5	3.8	1.9
	9201	No. of sp.	18	20	2	3	3
		%	39	43	4.3	6.5	6.5
石灰岩山季节性雨林	HW-9202	No. of sp.	7	8	0	0	4
		%	36.8	42.1	0	0	21.1
	HW-9203	No. of sp.	11	7	1	2	2
		%	47.8	30.4	4.3	8.7	8.7

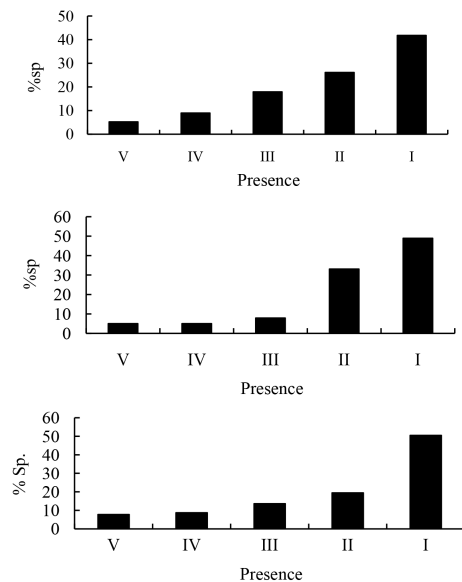


图 3.4 西双版纳热带雨林群落乔木树种的存在度分布

Fig. 3.4 Presence diagrams of tree species of the tropical rain forest in Xishuangbanna

上: 大药树+龙果林; 中: 番龙眼+千果榄仁林; 下: 龙脑香雨林

3.4 热带季节性雨林乔木种群的分布格局

不同热带季节性雨林群落的乔木种序图的比较见图 3.5。除石灰岩低丘季节雨林外，各种热带雨林群落的乔木种序图都显示了一个长尾，表示群落中小种群树种占大多数，即多数树种均只具有 1~2 个个体，树种多样性丰富，但易于散失。

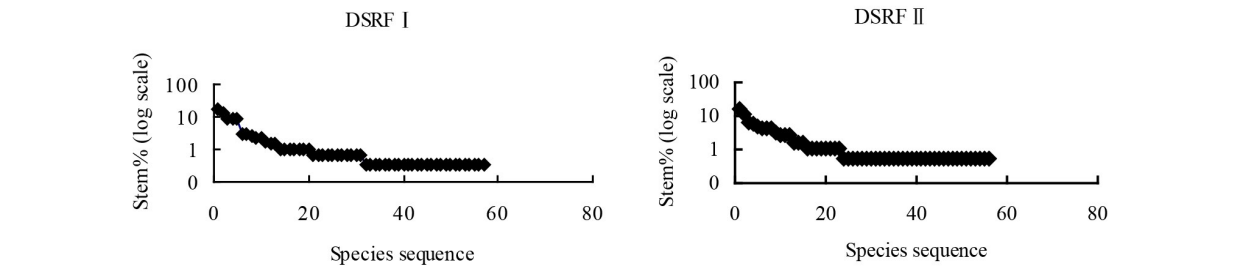
3.5 热带季节性雨林的物种多样性

各热带雨林群系物种多样性的比较见表 3.4。
西双版纳不同热带雨林群落单位面积（2500m²）上植物种数的比较见表 3.5。沟谷季节性雨林单位面积上植物种数最多，变化幅度也最大（龙脑香雨林为 181~196 种，千果榄仁、番龙眼林为 140~219 种）；其次是低丘季节性雨林（135~152 种）；石灰岩山季节性雨林单位面积上植物种数相对较少（72~86 种）。

表 3.4 不同热带雨林群系物种多样性的比较
Table 3.4 Comparison of species diversity among different tropical seasonal rain forest types

森林类型 Forest type	样方 Plot	面积 Area (m ²)	海拔 Alt. (m)	坡度 Slope (°)	种数 N. S.	株数 N. I.	香农 指数 H'	香农 均衡度 E
石灰岩山季节雨林 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	27	102	2.5277	0.7669
酸性土山季节雨林 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	10	52	182	3.3765	0.8545
	9201	2500	680	30	46	207	3.1594	0.825
E. 龙脑香雨林	Dipt- I	2500	700	20	57	284	3.3563	0.8338
	Dipt- II	2500	800	30	56	186	3.1157	0.7706

H': Shannon-Wiener's diversity indexes; E: Evenness indexes of Pielou, Base: 2.718283
* A. *Pometia tomentosa*+*Celtis philippiensis* var. *wightii* Forest; B. *Lasiococca comberi* var. *pseudovercillata*+*Celtis philippiensis* var. *wightii* Forest; C. *Terminalia myriocarpa*+*Pometia tomentosa* Forest; D. *Antiaria toxicaria*+*Pouteria grandiflora* Forest; E. Dipterocarp rain forest.



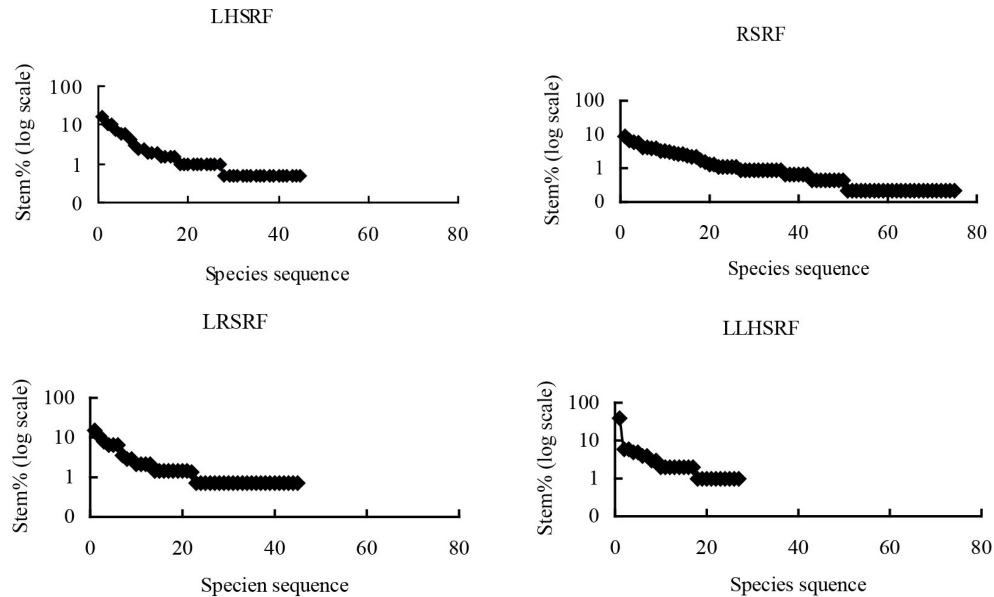


图 3.5 西双版纳不同热带雨林群落乔木种序图的比较

Fig. 3.5 Species sequences of trees from different tropical rain forest communities in Xishuangbanna

DSRF: 龙脑香雨林 (Dipterocarp seasonal rain forest) RSRF: 沟谷季节雨林 (Ravine seasonal rain forest) LHSRF: 低丘季节雨林 (Lower hill seasonal rain forest) LRSRF: 石灰岩沟谷季节雨林 (Limestone ravine seasonal rain forest) LLHSRF: 石灰岩低丘季节雨林 (Limestone lower hill seasonal rain forest)

表 3.5 西双版纳不同热带雨林群落植物种数的比较

Table 3.5 Comparison of species number per plot among different tropical rain forest types in Xishuangbanna

样方 (Plot)	云南大学 *		Plot 97-11		望天树 I		望天树 II		Plot 9201		Plot-93-1206		HW 9202		HW 9203	
群落类型 (Forest type)	RSRF		RSRF		DSRF1		DSRF2		LHSRF		LHSRF		LSRF		LSRF	
地点 (Location)	勐养保护区 Nature Reserve Mengyang		植物园保护区 XTBG Menglun		勐腊保护区 Nature Reserve Mengla		勐腊保护区 Nature Reserve Mengla		勐仑保护区 Nature Reserve Menglun,		勐仑城子 Chengzi Menglun		勐醒回洼 Huiwa Mengxing		勐醒回洼 Huiwa Mengxing	
面积 (Area) m ²	2500		2500		2500		2500		2500		2500		2500		2500	
生活型 (Life form)	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%
乔木及幼树 Tree & saplings	98	47.7	75	53.4	89	50	91	50.3	81	53.3	70	51.9	35	48.6	43	50
灌木 Shrub	43	19.6	13	9.3	19	9.7	16	8.8	14	9.2	11	8.2	7	9.7	7	8.1
草本 Herb	37	16.9	25	17.9	28	14.3	19	10.5	25	16.4	13	9.6	12	16.7	20	23.3
藤本 Liana	35	16	20	14.3	41	20.9	40	22.1	26	17.1	35	25.9	13	18.1	15	17.4
附生植物 Epiphyte	6	2.7	7	5	19	9.7	15	8.3	6	3.9	6	4.4	5	6.9	1	1.2
总计 (All)	219	100	140	100	196	100	181	100	152	100	135	100	72	100	86	100

* 党承林, 王宝荣, 1997

RSRF: 沟谷季节雨林 (Ravine seasonal rain forest); DSRF: 龙脑香季节雨林 (Dipterocarp seasonal rain forest); 低丘季节雨林 (Lower hill seasonal rain forest); 石灰岩山季节雨林 (Limestone seasonal rain forest)

4 片断热带雨林物种组成与结构的变化 及其生物多样性的丧失

西双版纳在过去,甚至今天,还保存有较大面积的热带雨林(现今主要存在于各种自然保护区内)。在20世纪50年代初期,西双版纳的天然林覆盖率达55%~60%。由于近几十年来人口增加,耕地和经济作物如橡胶、茶叶和香蕉等种植园的面积大幅度增加。根据Li et al. (2007)研究,西双版纳地区的热带雨林在1976年时占本区面积的10.9%,在2003年时占3.6%,这些热带雨林主要转变为橡胶种植地。在2010年橡胶林已增至占西双版纳面积的22.14%(Xu et al., 2014)。橡胶种植显然是导致西双版纳热带雨林急减的主要因素(Chen et al., 2016)。即使在西双版纳最典型的东南亚类型的龙脑香热带雨林的分布区域,主要由于橡胶种植,也导致了该类型的热带雨林明显减少(Liang et al., 2010)。热带雨林面积的减小,直接结果是热带雨林片断化,热带雨林片断化后将发生生物多样性及生态变化。

热带地区森林片断化已不可避免,热带森林片断化与生物多样性关系研究是国际上对热带森林生物多样性保护研究的关注点(Bierregaard et al., 1989; Klein, 1989; Williams-Linera, 1990a, 1990b; Laurance, 1991, 1994, 1999; Leigh et al., 1993; Malcom, 1994; Fonseca de Souza et al., 1994; Kattan et al., 1994; Murcia, 1995; Turner, 1996; Laurance & Bierregaard, 1997; Fox, 1997; Oliveira-Filho, 1997; Malanson, 1997; Tabarelli et al., 1999)。针对热带森林片断化与生物多样性关系的研究,我们选择了西双版纳地区在我们调查时(1990—2000年)保存相对完整的一些当地傣族“龙山”上的热带季节性雨林片断进行,首先探讨热带森林片断化与植物区系成分的变化关系。

西双版纳傣族的“龙山”作为一种少数民族的神山或坟山,大多保存了一些原始森林的片段。在周围附近原始植被已不复存在的今天,“龙山”上的森林片断不但是残存下来的珍贵的原生森林和种质资源,而且在生物多样性保护和研究当地的原始植被和植物区系上具有十分重要的意义。西双版纳傣族的“龙山”主要分布在坝区海拔800m以下的低丘山地和低平地上,“龙山”上残留的森林原始地主要属于热带季节雨林的低丘雨林类型。经过对西双版纳地区现存的“龙山”林进行了踏察后,我们选择了位于勐腊县的曼龙“龙山”、勐仑曼俄“龙山”、勐仑城子“龙山”和景洪县的大勐龙曼养广“龙山”、曼养“龙山”和曼远“龙山”进行了植物区系组成和植被的本底调查,对群落组成、结构及物种多样性各个方面等进行了初步研究,并与同样植被类型的原始热带季节性雨林(勐仑自然保护区小腊公路58km里程碑的西侧山坡的低丘雨林)(朱华等, 1997, 1998a, 1998b)做比较,结合隔离和环境状况,探讨“龙山”片断雨林的物种多样性变化的规律。通过比较研究,对面积较大和保存相对较好的3个“龙山”林,即勐仑曼俄“龙山”林(约3hm²)、勐仑城子“龙山”林(约4hm²)和大勐龙曼养广“龙山”林(约20hm²),我们还进行了环境包括小气候、土壤条件的研究测试。本章以进行了调查的上述六个“龙山”片断热带雨林为基础,从植物区系组成和区系成分的变化上分析片断热带雨林植物多样性及其变化,为西双版纳傣族的“龙山”片断热带雨林生物多样性的研究提供必

要的基础数据资料和补充。

4.1 片断热带雨林的植物区系组成、地理成分及其变化

4.1.1 片断热带雨林的植物区系组成与地理成分

经过对所选 6 个“龙山”林的植物区系采集调查,共记录有维管植物 95 科 278 属 413 种及变种,其中,种子植物占 78 科 244 属 362 种和变种,蕨类植物 17 科 31 属 50 种(表 4.1)。

在片断热带雨林的种子植物中,含 10 种以上的大科按种数排名为茜草科(Rubiaceae, 17 属/35 种),大戟科(Euphorbiaceae, 15/23),桑科(Moraceae, 6/18),蝶形花科(Papilionaceae, 6/17),樟科(Lauraceae, 7/14),芸香科(Rutaceae, 7/14),夹竹桃科(Apocynaceae, 12/13),楝科(Meliaceae, 8/13),爵床科(Acanthaceae, 9/10),番荔枝科(Annonaceae, 6/10);含 6~9 种的科有 8 个;含 2~5 种的科有 39 个;含 1 种的科有 21 个。

在片断热带雨林植物区系的 244 个属中,有单型属 9 个,如大戟科的缅桐属(*Sumbaviopsis*)、茶茱萸科的麻核藤属(*Natsiatopsis*)、漆树科的南酸枣属(*Choerospondias*)、紫威科的火烧花属(*Mayodendron*)、蝶形花科的巴豆藤属(*Craspedolobium*)、四树木科的四树木属(*Tetrameles*)等;有少型属 21 个,单型属与少数型各占 4.1%和 9.5%;有小属和中属 137 个,而含 100 种以上的大属有 77 个。

表 4.1 “龙山”片断热带雨林种子植物优势科组成

Table 4.1 The dominant families of the fragments in tropical seasonal rain forest on Dai's Holy hills

科	Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	占总种数 (%) Species (%)
茜草科	Rubiaceae	22	35	9.67
大戟科	Euphorbiaceae	14	23	6.35
桑科	Moraceae	6	18	4.97
蝶形花科	Papilionaceae	7	17	4.70
樟科	Lauraceae	7	14	3.87
芸香科	Rutaceae	7	14	3.87
夹竹桃科	Apocynaceae	13	13	3.59
楝科	Meliaceae	9	13	3.59
爵床科	Acanthaceae	9	10	2.76
番荔枝科	Anonaceae	6	10	2.76
紫金牛科	Myrsinaceae	3	9	2.49
萝藦科	Asclepiadaceae	7	8	2.21
葡萄科	Vitaceae	4	8	2.21
鼠李科	Rhamnaceae	3	7	1.93
无患子科	Sapindaceae	7	7	1.93
五加科	Araliaceae	6	6	1.66

续表 4.1

科	Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	占总种数% Species%
含羞草科	Mimosaceae	4	6	1.66
马鞭草科	Verbenaceae	3	6	1.66
漆树科	Anacardiaceae	4	5	1.38
天南星科	Araceae	4	5	1.38
桃金娘科	Myrtaceae	2	5	1.38
木樨科	Oleaceae	2	5	1.38
梧桐科	Sterculiaceae	4	5	1.38
榆科	Ulmaceae	4	5	1.38

在地理成分构成上,在种子植物科水平,典型热带科有 12 个,占 16.0%,如泛热带的牛栓藤科 (Connaraceae)、肉豆蔻科 (Myristicaceae)、橄榄科 (Bursseraceae)、山榄科 (Sapotaceae)、茶茱萸科 (Icacinaeae) 等;古热带的露兜树科 (Pandanaeae);热带亚洲分布的四数木科 (Tetrameleaceae);热带亚、非、美洲分布的粘木科 (Ixonanthaceae) 等;主产热带,但分布区延伸到亚热带甚至温带的科有 48 个,占 64%,如茜草科、大戟科、桑科、樟科、夹竹桃科、楝科、芸香科、爵床科、番荔枝科 (Anonaceae)、无患子科 (Sapindaceae)、葡萄科 (Vitaceae)、天南星科 (Araceae) 等;主产亚热带的科有 7 个,占 9.3%,如壳斗科 (Fagaceae)、木兰科 (Magnoliaceae)、山茶科 (Theaceae)、灰木科 (Symplocaceae) 等;全世界分布或主产温带的科有 8 个,占 10.7%,主要是些草本科,如菊科 (Compositae)、玄参科 (Scrophulariaceae)、禾本科 (Gramineae) 等。

在属水平上,片断热带雨林植物区系属的地理成分构成仍是:热带分布属 (类型 2~7) 共计 229 个,占总属数的 93.9%;温带分布属 (类型 8 和 9) 有 8 个,仅占 3.3%;其他是东亚和中国特有共 4 个,世界广布属 3 个。在热带分布属中,又以热带亚洲分布属最多,有 81 个,占 33.2%;其次是全热带分布属有 62 个,占 25.3%;旧世界热带分布属 33 个以及热带亚洲至大洋洲分布属 24 个,热带亚洲至热带非洲分布属 18 个等 (表 4.2)。

对傣族“龙山”片断雨林鉴定准确的 315 个种子植物种的地理分布式样仍归纳为八个分布区类型,四个亚型 (表 4.3)。

表 4.2 “龙山”片断热带雨林种子植物属的分布类型

Table 4.2 The areal-types of the genera of the fragments in tropical seasonal rain forest on Dai's Holy hills

分布类型 Areal-type	属数 No. of genus	百分比 (%)
1. 世界分布 Cosmopolitan	3	1.4
2. 泛热带分布 Pantropic	62	25.4
3. 热带亚洲至热带美洲间断分布 Tropical Asia and Tropical America disjuncted	11	4.5
4. 旧世界热带分布 Old world Tropic	33	13.6
5. 热带亚洲至大洋洲 Tropical Asia to Tropical Australia	24	10
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Tropical Asia to Tropical Africa	18	7.2

续表 4.2

分布类型 Areal-type	属数 No. of genus	百分比 (%)
7. 热带亚洲分布 Tropical Asia	81	33.2
8. 北温带分布 N. Temperate	5	1.9
9. 东亚-北美间断分布 E. Asia and N. America disjuncted	3	1.4
10. 东亚分布 E. Asia	3	1.4
11. 中国特有分布 Endemic to China	1	0.5
合 计 Total	244	100

表 4.3 西双版纳傣族“龙山”片断雨林植物种分布区类型

Table 4.3 The distributional patterns of plant species of the fragments in tropical seasonal rain forest on Dai's Holy hills

种分布区类型 Distributional patterns	种数 No. sp.	百分比 (%)
泛热带分布 (Pantropic)	1	0.3
热带亚洲至热带美洲分布 (Tropical Asia and Tropical America disjuncted)	1	0.3
旧世界热带分布 (Old World Tropic)	2	0.6
热带亚洲至大洋洲分布 (Tropical Asia to Tropical Australia)	10	3.2
热带亚洲至热带非洲分布 (Tropical Asia to Tropical Africa)	7	2.2
热带亚洲分布及其变型 (Tropical Asia and its varieties)	(235)	(74.6)
a. 印度-马来西亚 (India-Malesia)	87	27.6
b. 大陆东南亚-马来西亚 (东南亚分布) (Mainland SE Asia to Malesia)	26	8.3
c. 南亚-大陆东南亚 (S Asia to Mainland SE Asia)	61	19.4
d. 大陆东南亚至华南 (Mainland SE Asia to S China)	61	19.4
中国西南至东南部分布 (SW to SE China)	32	10.1
云南 (西双版纳) 特有分布 (Endemic to Yunnan including Xishuangbanna)	27	8.6
总计 (All)	315	100

4.1.2 片断热带雨林植物区系与原始热带雨林的比较

4.1.2.1 植物区系优势科的变化

我们把“龙山”片断热带雨林植物区系的前 17 名优势科与该地区原始热带雨林植物区系的优势科做了比较,结果列于表 4.4。片断热带雨林的优势科大多数仍在原始热带雨林的优势科之列,但有些科的排名和所含种数百分比发生了变化,例如,蝶形花科和芸香科排名前移和种数百分比明显增大;大戟科、桑科、爵床科、夹竹桃科排名亦有所前移和种数百分比增大;紫金牛科、萝藦科、鼠李科、无患子科、含羞草科等跃居排名在前的优势科之列;而在原始热带雨林植物区系优势科之列中的樟科和番荔枝科在片断热带雨林中排名有所后移和种数百分比减小;兰科、壳斗科、天南星科、胡椒

科、杜英已不在后者的优势科之列；荨麻科则几乎从片断热带雨林中消失了。随着热带雨林的片断化，森林边缘效应和人为干扰加剧，阳性先锋植物，如蝶形花科崖豆树属（*Millettia*）植物多种、大戟科血桐属（*Macaranga*）和野桐属（*Mallotus*）植物多种、芸香科黄皮属（*Clausena*）植物等大量侵入，导致这些先锋植物所属的科在群落中的优势度增大。同样，由于边缘效应，藤本植物在林缘大量增加，导致一些含藤本植物多的科如萝藦科、夹竹桃科等亦在群落中的优势度增大。相反，一些含喜阴湿的阴生植物较多的科如胡椒科、荨麻科等，一些含群落顶极树种较多的科如壳斗科、樟科、番荔枝科、杜英科等，以及一些含附生植物较多的科如天南星科、兰科等则在群落中的优势度减小了。

表 4.4 “龙山”片断热带雨林与原始热带雨林种子植物优势科的比较

Table 4.4 Comparison of dominant families between the fragmentary tropical rain forests on Dai's Holy hills and the primary rain forest in Xishuangbanna

片断热带雨林 Fragment tropical rain forest					原始热带雨林 Continuous tropical rain forest				
排名 Rank	科名 Family	种数 Sp.	片断雨林 Fragm. %	原始雨林 Cont. %	排名 Rank	科名 Family	种数 Sp.	原始雨林 Cont. %	片断雨林 Fragm. %
1	茜草科 Rubiaceae	35	9.67	8.32	1	茜草科 Rubiaceae	53	8.32	9.67
2	大戟科 Euphorbiaceae	23	6.35	4.40	2	樟科 Lauraceae	35	5.49	3.87
3	桑科 Moraceae	18	4.97	3.29	3	大戟科 Euphorbiaceae	28	4.40	6.35
4	蝶形花科 Papilionaceae	17	4.70	1.73	4	番荔枝科 Anonaceae	28	4.40	2.76
5	樟科 Lauraceae	14	3.87	5.49	5	桑科 Moraceae	25	3.92	4.97
6	芸香科 Rutaceae	14	3.87	1.88	6	兰科 Ochidaceae	23	3.61	0.28
7	夹竹桃科 Apocynaceae	13	3.59	2.04	7	楝科 Meliaceae	22	3.45	3.59
8	楝科 Meliaceae	13	3.59	3.45	8	葡萄科 Vitaceae	15	2.35	2.21
9	爵床科 Acanthaceae	10	2.76	1.73	9	夹竹桃科 Apocynaceae	13	2.04	3.59
10	番荔枝科 Anonaceae	10	2.76	4.40	10	芸香科 Rutaceae	12	1.88	3.87
11	紫金牛科 Myrsinaceae	9	2.49	1.41	11	荨麻科 Urticaceae	12	1.88	0
12	萝藦科 Asclepiadaceae	8	2.21	1.10	12	壳斗科 Fagaceae	12	1.88	0.55
13	葡萄科 Vitaceae	8	2.21	2.35	13	蝶形花科 Papilionaceae	11	1.73	4.7
14	鼠李科 Rhamnaceae	7	1.93	0.94	14	爵床科 Acanthaceae	11	1.73	2.76
15	无患子科 Sapindaceae	7	1.93	0.63	15	天南星科 Araceae	10	1.57	1.38
16	五加科 Araliaceae	6	1.66	1.26	16	胡椒科 Piperaceae	10	1.57	0.83
17	含羞草科 Mimosaceae	6	1.66	0.94	17	杜英 Elaeocarpaceae	10	1.57	0.83

4.1.2.2 植物区系地理成分的变化

西双版纳傣族“龙山”片断热带雨林植物区系属和种的地理成分构成与原始热带雨林的比较见图 4.1 和图 4.2。在属的地理成分上，片断热带雨林中泛热带分布和热带亚洲-热带非洲分布成分比例相对增高，而热带亚洲成分相对减少，这可能是森林片断化后，由于边缘效应和林内生境在一定程度上干暖化，喜光的先锋成分增多，而先锋成分大多为一些广域分布属种。在种的地理成分上，片断热带

雨林中广域分布种比例相对增高，显示了与属的地理成分类似的变化。

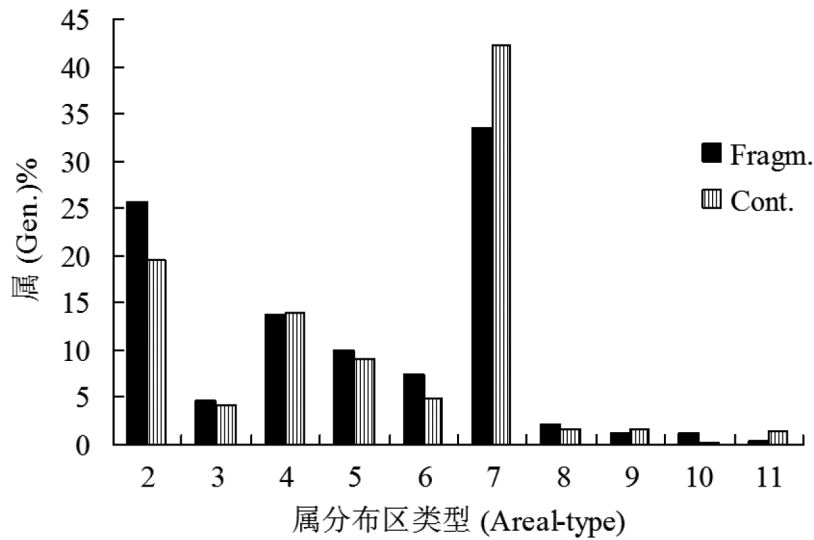


图 4.1 片断雨林与原始雨林植物区系属地理成分比较

Fig. 4.1 Comparison of areal-types of genera between the fragments and continuous primary forest

Fragm. : 片断雨林

Cont. : 原始雨林

2: 泛热带分布; 3: 热带亚洲至热带美洲间断分布; 4: 旧世界热带分布; 5: 热带亚洲至大洋洲; 6: 热带亚洲至热带非洲分布; 7: 热带亚洲分布; 8: 北温带分布; 9: 东亚-北美间断分布; 10: 东亚分布; 11: 中国特有分布

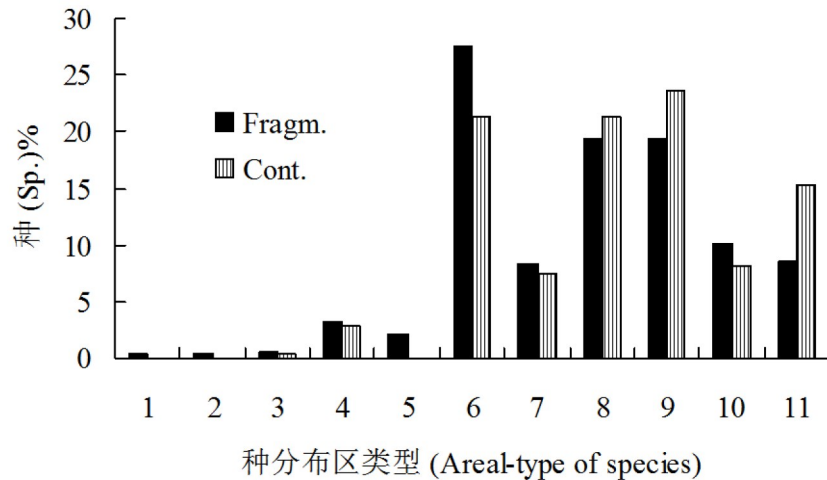


图 4.2 片断雨林与原始雨林植物区系种地理成分比较

Fig. 4.2 Comparison of areal-types of species between the fragments and continuous primary forest

Fragm. : 片断雨林 Cont. : 原始雨林

1: 泛热带分布; 2: 热带亚洲至热带美洲间断分布; 3: 旧世界热带分布; 4: 热带亚洲至大洋洲; 5: 热带亚洲至热带非洲分布; 6: 印度-马来西亚; 7: 大陆东南亚-马来西亚 (东南亚分布); 8: 南亚-大陆东南亚; 9: 大陆东南亚至华南; 10: 中国西南至东南部分布; 11: 云南特有分布

4.2 片断热带雨林的群落结构、物种多样性及生态环境的变化

4.2.1 片断热带雨林的结构和物种多样性

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性雨林。该类森林过去曾广泛分布在海拔 800m 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,勐养的曼火棵等,残存有相对较完整的片断。在我们做了详细样方调查的六个“龙山”片断热带雨林里,有五个属于典型的低丘热带季节雨林,我们主要以此类型的片断热带雨林进行研究。

“龙山”上的低丘热带季节性雨林,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。“龙山”上残存的热带季节性雨林,在群落结构上,因受干扰程度不同,与原始的热带季节性雨林有明显差异,亦即它们的外貌和结构已不完整。有的已没有了乔木上层,乔木第二层的覆盖度亦只有 30% (曼远龙山)。保存较好的大勐龙曼养广“龙山”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。总之一特点:群落层次结构已不完整。

“龙山”上的季节性雨林片断,在种类组成虽仍基本上相同于原始雨林,但各个种在群落中的地位上有较明显的变化。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。有些“龙山”林由于择伐,改变了各树种在群落中的地位。例如,曼远的“龙山”林,许多乔木被砍伐,而把泰国芒果留下来了,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”林,龙果被有意保留,并成为一种以龙果占优势的片断。所以,“龙山”林中常出现单种优势现象。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。

我们根据片断化时间较长,保存相对较好的 3 个“龙山”的调查资料,即景洪大勐龙曼养广龙山,勐腊孟仑曼俄龙山和城子龙山,进行比较研究。曼养广龙山已数百年,20 世纪 60 年代以前保护较好,1975 年前为大勐龙自然保护区的一部分,以后周围全部开垦为农田和橡胶园,周边没有天然森林植被,我们于 1991 年 3 月调查时该片断雨林的面积约 14hm^2 。曼俄龙山存在了数百年,在 20 世纪 60 年代以前,它的一边为水稻田,另一边为次森林,以后森林逐步被铁刀木和其他经济林木部分取代,1989 年 5 月我们调查时该片断雨林面积为 3hm^2 。城子龙山位于山丘顶部,也有数百年历史。在 20 世纪 70 年代时,曾是勐仑自然保护区的一部分,我们 1993 年 12 月调查时片断雨林面积约 4hm^2 ,它的下方(村寨方向)为铁刀木林和橡胶林,后方为幼年次生林,该龙山为神山,离村寨相对稍远,干扰较少(朱华等,1997,2000)。

这 3 个“龙山”林的样方调查资料整理成综合表 4.5~4.8。

各个现存树种在各“龙山”林中的地位,用相对多度、相对显著度及综合值重要值来反映。表 4.5 对于曼俄和城子的“龙山”林只列出了重要值排在前 20 名的乔木种类;对曼养广,样方内仅记录有 18 种乔木树种,全部都列出。

从这 3 个“龙山”林乔木层的种类组成现状看,箭毒木和大叶白颜树具有最大平均重要值(即 3 个“龙山”林样方的重要值累加,除以 3,获得平均值),其次为毛麻楝、小叶红光树、樟叶朴、窄叶

翅子树、糙叶树等。这些优势树种或在单个样方里占绝对优势，或者有较大的存在度。它们既是“龙山”林的优势种，大多数显然也是原始雨林的成分。片断雨林中有些较优势的树种并非是原始林成分，而一些原始林成分如箭毒木、大叶白颜树、毛麻楝等的在片断雨林里的重要值大大提高了。

从这3个片断雨林样方里可以看出，乔木上、中层的大树如箭毒木、大叶白颜树、毛麻楝、泰国芒果、粘木等仍为原始雨林成分，显然是残留下来的成分，在人为干扰过程中可能被有意保留，使其在群落中的重要值偏大。乔木下层种类变化大，构成复杂，如饼树、布渣叶、粗糠柴等并非原始林成分。

灌木层（表4.6）在片断雨林中一般不发达，除一些幼树苗外，在不同样方里差异较大。

草本层（表4.7）通常也是退化、覆盖度低，飞机草、荩草存在度大，多花山壳骨、鳞花草在一些样地中占优势。

显然，灌木层、草本层的种类组成与原始林差异大，大多为次生灌草。

藤本植物（表4.8）以弯刺山黄皮、多籽五层龙、盾苞藤最占优势和最为常见，存在度为100%，是“龙山”林藤本植物的典型代表。其他常见种还有云南牛栓藤、青藤子、阔叶风车藤、印度翼核果等。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。这与森林遭一定破坏后藤本植物大量出现和发展的现象是一致的。

附生植物在种数和多度上明显贫乏，仅有少数种类，如石柑、崖姜蕨、硬叶吊兰、铁草鞋等最为常见。

总之，“龙山”上的森林片段，基本的种类组成和特点仍是存在的，是受人为严重干扰的季节性雨林片断。

表 4.5 片断热带雨林样方乔木树种的重要值表

Table 4.5 Plots for tree layers in the fragments on Dai' holly hills

样地号 Plot		龙山Ⅲ			龙山Ⅱ			龙山Ⅰ			Average IVI
地点 Site		曼养广			曼俄			城子			
面积 Area (m ²)		2500			2500			2500			
海拔 Alt (m)		550			600			650			
坡度 Slope (°)		5			4			5~10			
坡向 Aspect		SE			S			WN			
调查日期:		1991 年 3 月 27 日			1989 年 5 月 20			1993 年 12 月 21 日			
乔木层种数		18			37			52			
树种	Species	Stem (%)	BA (%)	IVI	Stem (%)	BA (%)	IVI	Stem (%)	BA (%)	IVI	
箭毒木	<i>Antinris toxicia</i>	1. 7	13	21. 99	4. 6	14. 7	30. 45	7. 7	68	80. 36	44. 27
大叶白颜树	<i>Gironniera subaequalis</i>	43. 3	41. 6	127. 2	0. 7	0. 5	—	2. 2	0. 59	5. 58	44. 26
毛麻楝	<i>Chukrasia tabularia</i> var. <i>velutina</i>	—	—	—	14. 5	26. 4	62. 81	—	—	—	20. 94
小叶红光树	<i>Knema globalaria</i>	—	—	—	12. 5	6. 7	28. 74	3. 3	0. 6	7. 67	12. 14
樟叶朴	<i>Celtis timorensis</i>	—	—	—	13. 8	7	31. 19	—	—	—	10. 40
车里暗罗	<i>Polyahia cheliensis</i>	—	—	—	—		—	17. 6	7. 2	29. 41	9. 80

续表 4.5

样地号 Plot		龙山Ⅲ			龙山Ⅱ			龙山Ⅰ			Average IVI
地点 Site		曼养广			曼俄			城子			
面积 Area (m ²)		2500			2500m ²			2500m ²			
海拔 Alt. (m)		550			600			650			
坡度 Slope (°)		5			4			5~10			
坡向 Aspect		SE			S			WN			
调查日期:		1991 年 3 月 27 日			1989 年 5 月 20			1993 年 12 月 21 日			
乔木层种数		18			37			52			
树种	Species	Stem (%)	BA (%)	IVI	Stem%	BA (%)	IVI	Stem%	BA (%)	IVI	
多脉葱臭木	<i>Dysoxylum lukii</i>	—	—	—	5.3	7.9	19.73	3.9	0.9	9.45	9.73
湄公硬核	<i>Sclerophyllum wallichii</i> var. <i>mengkongensis</i>	3.3	0.3	5.31	4.5	10.5	22.49	—	—	—	9.27
窄叶翅子树	<i>Pterospermum lancaefloium</i>	10	7.1	25.61	—	—	—	—	—	—	8.54
泰国芒果	<i>Mangifera siamensis</i>	8.3	5.3	20.42	0.7	0.2	—	—	—	—	6.81
粘木	<i>Ixonanthes cochinchinensis</i>	3.3	7.9	20.42	—	—	—			—	6.81
糙叶树	<i>Aphananthe cuspidata</i>	3.3	5.8	13.61	—	—	—	2.8	0.12	5.61	6.41
粗枝崖摩	<i>Amoora dasyclada</i>	—	—	—	2.6	0.9	5.22	2.8	4.7	13.13	6.12
滨木患	<i>Arytera litoralis</i>	5	2	10.5	—	—	—	3.9	1.3	7.83	6.11
大叶藤黄	<i>Garcinia xanthochymus</i>	—	—	—	0.7	2	4.08	17.6	2.8	14.02	6.03
盆架树	<i>Winchia calophylla</i>	5	4.3	14.88	—	—	—	—	—	—	4.96
假鹊肾树	<i>Pseudostreblus indica</i>	3.3	6.6	14.88	—	—	—	—	—	—	4.96
藤春	<i>Alphonsen monogyna</i>	—	—	—	—	—	—	5.5	3.8	13.13	4.38
思茅蒲桃	<i>Syzygium szemaoense</i>	—	—	—	2	2.8	7.37	1.7	1.1	4.64	4.00
布渣叶	<i>Microcos paniculata</i>	—	—	—	0.7	3.3	5.97	2.2	0.68	5.67	3.88
泰国黄叶树	<i>Xanthophyllum siamensis</i>	—	—	—	—	—	—	4.4	1.2	10.22	3.41
山木患	<i>Harpullia cupanioides</i>	—	—	—	—	—	—	4.4	1.15	8.35	2.78
细毛润楠	<i>Machilus tenuipilis</i>	—	—	—	0.7	4.5	7.76	0.6	0.38	—	2.59
毛崖豆树	<i>Millettia velutina</i>	—	—	—	2.6	2.3	7.29	—	—	—	2.43
勐仑琼楠	<i>Beilschmiedia brachythyrsa</i>	—	—	—	0.7	4.5	6.72	—	—	—	2.24
阔叶圆果杜英	<i>Elaeocarpus sphaerocarpus</i>	1.7	2.4	6.17	—	—	—	—	—	—	2.06

续表 4.5

样地号 Plot		龙山Ⅲ			龙山Ⅱ			龙山Ⅰ			Average IVI
地点 Site		曼养广			曼俄			城子			
面积 Area (m ²)		2500			2500			2500			
海拔 Alt. (m)		550			600m			650m			
坡度 Slope (°)		5			4			5~10			
坡向 Aspect		SE			S			WN			
调查日期:		1991 年 3 月 27 日			1989 年 5 月 20			1993 年 12 月 21 日			
乔木层种数		18			37			52			
树种	Species	Stem (%)	BA (%)	IVI	Stem%	BA (%)	IVI	Stem%	BA (%)	IVI	
伞花木姜	<i>Litsea umbellata</i>	—	—	—	3.3	0.6	5.81	—	—	—	1.94
多花白头树	<i>Garuga floribunda</i> var	—	—	—	0.7	3	5.55	0.6	0.6	—	1.85
粗糠柴	<i>Mallotus philippinensis</i>	—	—	—	—	—	—	2.2	2.3	5.24	1.75
窄序崖豆树	<i>Minetia leptobotrya</i>	—	—	—	—	—	—	2.2	0.07	5.06	1.69
千张纸	<i>Oroxylum indicum</i>	—	—	—	2.6	0.6	4.74	—	—	—	1.58
滇桂木莲	<i>Manglietia forrestii</i>	1.7	1.4	4.71	—	—	—	—	—	—	1.57
浆果乌柏	<i>Sapium baccatum</i>	—	—	—	—	—	—	1.1	1.16	4.64	1.55
木奶果	<i>Baccaurea ramiflora</i>	—	—	—	2.6	0.4	4.5	0.6	0.04	—	1.50
龙果	<i>Pouteria grandifolia</i>	1.7	1.1	4.185	—	—	—	0.6	0.01	—	1.40
红光树	<i>Knema furfuracea</i>	—	—	—	—	—	—	1.7	0.44	3.96	1.32
小叶藤黄	<i>Garcinia cowa</i>	—	—	—	1.4	0.3	—	1.7	0.13	3.65	1.22
厚皮榕	<i>Ficum callosa</i>	—	—	—	2	0.3	3.53	—	—	—	1.18
银钩花	<i>Mitrephora thorelii</i>	—	—	—	2	0.3	3.50	0.6	0.18	—	1.17
云南银柴	<i>Aporusa yunnanensis</i>	—	—	—	2	0.2	3.29	0.6	0.01	—	1.10
越南山香缘	<i>Turpinia promifer</i>	1.7	0.1	3.29	—	—	—	—	—	—	1.10
美花崖豆树	<i>Millettia pulchra</i>	1.7	0.5	3.29	—	—	—	—	—	—	1.10
白榄	<i>Canarium album</i>	1.7	0.48	3.27	1.4	0.6	—	—	—	—	1.09
小叶杜英	<i>Elaeocarpus viridescens</i>	1.7	0.03	3.27	—	—	—	—	—	—	1.09
印度栲	<i>Castanopsis insica</i>	—	—	—	—	—	—	1.1	0.25	3.22	1.07
饼树	<i>Suregada glomerulata</i>	1.7	0.3	3.03	—	—	—	—	—	—	1.01

* 相对多度: Stem%; 相对显著度: BA%; 重要值: IVI; “—”: 在样方内无或重要值在前 20 位之后。

重要值 (IVI) = 相对多度+相对显著度+相对频度

Importance value indice (IVI) = Relative abundance (RA)+Relative dominance (RD)+Relative frequency (RF)

表 4.6 片断热带雨林灌木样地表

Table 4.6 The plots for shrubs in the fragments on Dai' holly hills

样方 Plot		龙山 III		龙山 II		龙山 I	
地点 Site		曼养广		曼俄		城子	
面积 Area (m ²)		125		125		125	
种名 Species		个体数 Ind.	频度 Freq. (%)	个体数 Ind.	频度 Freq. (%)	个体数 Ind.	频度 Freq. (%)
弯管花	<i>Chassalia curviflora</i>	4	60	6	80	3	40
香港茜木	<i>Pavetta hongkongensis</i>	—	—	1	20	1	20
露兜树	<i>Pandanus tectorius</i>	—	—	2—	40	3	60
三桠苦	<i>Melicope pteleifolia</i>	3	60	—	—	1	20
薄叶山柑	<i>Capparis tenera</i>	6	60	3	40	8	80
南山花	<i>Prismatomeris tetrandra</i>	2	40	—	—		
银背巴豆	<i>Croton cascarilloides</i>	13	80	—	—		
杜茎山	<i>Maesa japonica</i>	1	20	—	—		
亮叶龙船花	<i>Ixora fulgens</i>	—	—	3	40		
毛腺茉莉	<i>Clerodendrum colebrookianum</i>	7	40	—	—		
椴叶山麻杆	<i>Alchornea tiliifolia</i>	1	20	1	20		
山石榴	<i>Catunaregam spinosa</i>	1	20	—	—		
狗牙花	<i>Tabernaemontana divaricata</i>	3	60	—	—		
双籽棕	<i>Arenga caudata</i>	—	—	4	40		
密花火筒	<i>Leea compactiflora</i>					1	20
长叶紫珠	<i>Callicarpa longifolia</i>					1	20
虎克粗叶木	<i>Lasianthus hookeri</i>					1	22
狭叶巴戟	<i>Morinda angustifolia</i>					1	20
染木树	<i>Saprosma ternatum</i>					1	21
滇南九节	<i>Psychotria henryi</i>					2	20
总计种数		10		7		11	

表 4.7 草本样地表

Table 4.7 The plots for herbaceous plants in the fragments on Dai' holly hills

样方 Plot		龙山 III		龙山 II		龙山 I	
面积 Area (m ²)		125		125		125	
种名 Species		德氏多度 *	Freq. (%)	德氏多度 *	Freq. (%)	德氏多度 *	Freq. (%)
飞机草	<i>Chromolaena odorata</i>	Sol	40	Sp	20	Sol	20
荩草	<i>Arthraxon prionodes</i>	Sp	80	Sp	60	Sp	80
狗肝菜	<i>Dicliptera chinensis</i>	Un	20		—		
多花山壳骨	<i>Pseuderanthemum polyanthum</i>	Un	20	Cop	80		
肾苞草	<i>Phaulopsis dorsiflora</i>	Sol	20			Sp	60
三叉蕨	<i>Tectaria subtriphylla</i>	Sol	20			Sol	20
爱地草	<i>Geophila repens</i>		—	Sol	40	Cop	100
鳞花草	<i>Lepidagathis incurva</i>		—	Cop	80	Sol	20
越南万年青	<i>Aglaonema simplex</i>		—	Sol	20	Sol	40
飞蓬	<i>Erigeron acris</i>		—	Un	20		
小驳骨	<i>Justicia gendarussa</i>	Sol	20				
长叶实蕨	<i>Bolbitis heteroclita</i>					Sol	40
伞花杜若	<i>Polia subumbellata</i>					Un	20
砂仁	<i>Amomum villosum</i>					Sp	20
木锥花	<i>Gomphostemmaarbusculum</i>					Un	20
海芋	<i>Alocasia odora</i>					Un	20
山稗子	<i>Echinochloa caudata</i>					Sol	20
种数合计		7		7		13	

* 德鲁德 (Drude) 六级制多度: Cop3 (copiosae 3): 很多; Cop2 (copiosae 2): 多; Cop1 (copiosae 1): 尚多; Sp (sparsae): 分散; Sol (solitariae): 个别; Un (unicum): 一个

表 4.8 藤本植物样地表

Table 4.8 The plots for lianas in the fragments on Dai' holly hills

样方 Plot		龙山 III	龙山 II	龙山 I
面积 Area (m ²)		2500 ²	2500 ²	2500
种名 Species		德氏多度 *	德氏多度	德氏多度
弯刺山黄皮	<i>Randia bispinosa</i>	Cop1	Cop2	Cop
多籽五层龙	<i>Salacia polysperma</i>	Sp	Cop1	Sp
盾苞藤	<i>Neuropeltis racemosa</i>	Sp	Sol	Cop
青藤子	<i>Jasminum cinnamomifolium</i>	Un	Sol	un
印度翼核果	<i>Ventilago maderaspatana</i>	Sol	Un	Sol
云南牛栓藤	<i>Connarus yunnanensis</i>	Sp		
阔叶风车藤	<i>Combretum latifolium</i>		Sp	Sp
厚果崖豆藤	<i>Millettia pachycarpa</i>		Sp	Un
方茎白粉藤	<i>Cissus subtetragona</i>	Sol	Sol	Sp
羽叶金合欢	<i>Acacia pennata</i>	Un	Un	Cop
倒心盾翅藤	<i>Aspidopterys obcordata</i>		Un	
毛车藤	<i>Amalocalyx microlobus</i>		Sol	
多毛玉叶金花	<i>Mussaenda mollissima</i>	Sp		
三叶乌荑莓	<i>Cayratia trifolia</i>		Un	
滇南马钱	<i>Strychnos nitida</i>	Sol	Sp	
毛弓果藤	<i>Toxocarpus villosus</i>	Sol		
羽叶黄檀	<i>Dalbergia hancei</i>	Sol		
云南菝葜	<i>Smilax yunnanensis</i>	Un	Un	
间序油麻藤	<i>Mucuna interrupta</i>		Sol	
大果油麻藤	<i>Mucuna macrocarpa</i>	Sol		Un
毛果枣	<i>Ziziphus attopensis</i>		Sol	Un
蝉翼藤	<i>Securidaca inappendiculata</i>		Un	Un
大果崖爬藤	<i>Tetrastigma obovatum</i>		Un	Sol
匙羹藤	<i>Gymnema sylvestre</i>	Un		Un
侯风藤	<i>Alangium faberi</i>	Un		Un
油瓜	<i>Hodgsonia heteroclita</i>	Un		Un
显孔崖爬藤	<i>Tetrastigma lenticellatum</i>		Sol	
细圆藤	<i>Pericampylus glaucus</i>		Sol	
麻核藤	<i>Natsiatopsis thunbergifolia</i>		Un	

续表 4.8

样方 Plot		龙山Ⅲ	龙山Ⅱ	龙山Ⅰ
面积 Area (m ²)		2500 ²	2500 ²	2500
种名 Species		德氏多度 *	德氏多度	德氏多度
独子藤	<i>Celastrus monospermus</i>		Un	
咀签	<i>Gouania leptostachya</i>		Un	
大花山牵牛	<i>Thunbergia grandiflora</i>		Un	
云南风车子	<i>Combretum griffithii</i> var. <i>yunnanense</i>		Un	
长节珠	<i>Parameria laevigata</i>	Un		
云南羊角拗	<i>Strophanthus wallichii</i>	Un		
美叶枣	<i>Ziziphus oenopolia</i>			Cop
直刺藤桔	<i>Paramignya confertifolia</i>			Sp
翅子藤	<i>Loeseneriella merrilliana</i>			Sp
羽叶海金沙	<i>Lygodium polystachyum</i>			Sol
买麻藤	<i>Gnetum montanum</i>			Sol
黄花胡椒	<i>Piper flaviflorum</i>			Sp
多裂黄檀	<i>Dalbergia rimosa</i>			Sol
十字崖爬藤	<i>Tetrastigma cruciatum</i>			Sol
帘子藤	<i>Pottsia laxiflora</i>			Un
藤槐	<i>Bowringia callicarpa</i>			Un
印度羊角藤	<i>Morinda umbellata</i>			Un
掌叶海金沙	<i>Lygodium japonicum</i>			Un
勐腊藤	<i>Goniostemma punctatum</i>			Un
瘤果五层龙	<i>Salacia aurantiaca</i>			Un
夜花藤	<i>Hypserpa nitida</i>			Un
苍白秤钩风	<i>Diploclisia glaucescens</i>			Un
小刺果藤	<i>Byttneria integrifolia</i>			Un
毛枝翼核果	<i>Ventilago calyculata</i> var. <i>trichoclada</i>			Un
柳叶海金沙	<i>Lygodium salicifolium</i>			Un
总种数		19	25	35

* 德鲁德 (Drude) 六级制多度

4.2.2 “龙山”片断雨林与原始热带雨林的比较

4.2.2.1 “龙山”片断雨林优势物种的变化

我们把这 3 个“龙山”片断雨林平均重要值排名前 20 位的主要树种与最接近的勐仑自然保护区原始雨林（低丘季节性雨林）重要值排名前 20 位的主要树种进行了比较，见表 4.9。原始雨林中重要值最大的梭罗玉蕊和四数木未见于“龙山”片断雨林，优势种大叶白颜树在片断雨林中仍占优势，但原始雨林中较优势的溪桫、柴桂、假海桐也已未见于“龙山”片断雨林。反之，在“龙山”片断雨林中，箭毒木最占优势，毛麻栋、樟叶朴等较为优势，但在原始雨林中已不在优势种范围。这也就是说，热带雨林片断化后，各树种的优势度发生了明显变化：部分种类仍占优势，部分种类退出优势种行列，部分种类上升为优势种，部分种类消失，一些次生性物种侵入。

表 4.9 “龙山”片断雨林与原始雨林样地优势树种的比较

Table 4.9 Comparison of dominant species in fragmented and primary forest

勐仑保护区原始雨林（小腊公路 58 km） 样方号：92-1；海拔 680m；样方面积：2500m ²		3 个“龙山”片断雨林（龙山Ⅲ+龙山Ⅱ+龙山Ⅰ）	
种名	IVI	种名	IVI
玉蕊 <i>Barringtonia macrostachya</i>	44.5	箭毒木 <i>Antirrhinum toxicaria</i>	44.27
四数木 <i>Tetrameles nudiflora</i>	40.5	大叶白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	44.26
大叶白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	23.97	毛麻栋 <i>Chukrasia tabularia</i> var. <i>velutina</i>	20.94
溪桫 <i>Chisocheton cumingianus</i>	18.51	小叶红光树 <i>Knema globalaria</i>	12.14
柴桂 <i>Cinnamomum tamala</i>	16.36	樟叶朴 <i>Celtis timorensis</i>	10.40
假海桐 <i>Pittosporopsis kerrii</i>	11.66	车里暗罗 <i>Polyahia cheliensis</i>	9.80
思茅崖豆藤 <i>Millettia leptobotrya</i>	11.49	多脉葱臭木 <i>Dysoxylum lukii</i>	9.73
青藤公 <i>Ficus langkokensis</i>	8.61	涓公硬核 <i>Sclerophyllum wallichii</i> var. <i>mengkongensis</i>	9.27
泰国黄叶树 <i>Xanthophyllum flavescens</i>	7.89	窄叶翅子树 <i>Pterospermum lanceifolium</i>	8.54
多毛茜草树 <i>Aidia pycnantha</i>	7.65	泰国芒果 <i>Mangifera siamensis</i>	6.81
普文楠 <i>Phoebe puwenensis</i>	6.71	云南粘木 <i>Ixonanthes cochinchinensis</i>	6.81
山地五月茶 <i>Antidesma montanum</i>	6.26	糙叶树 <i>Aphananthe aspera</i>	6.41
海南岩豆藤 <i>Millettia pachyloba</i>	6.23	粗枝崖摩 <i>Amoora dasyclada</i>	6.12
窄叶半枫荷 <i>Pterospermum lanceifolium</i>	6.06	滨木患 <i>Arytera litoralis</i>	6.11
木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	5.93	大叶藤黄 <i>Garcinia xanthochymus</i>	6.03
黄棉木 <i>Metadina trichotoma</i>	5.7	盆架树 <i>Winchia calophylla</i>	4.96
滇糙叶树 <i>Aphananthe cuspidata</i>	4.32	假鹊肾树 <i>Pseudostreblus indica</i>	4.96
箭毒木 <i>Antiaris toxicaria</i>	3.91	藤春 <i>Alphonsen monogyna</i>	4.38
银钩花 <i>Mitrephora thorelii</i>	3.79	思茅蒲桃 <i>Syzygium szemaoense</i>	4.00
红光树 <i>Knema furfuracea</i>	3.57	布渣叶 <i>Microcos paniculata</i>	3.88

4.2.2.2 “龙山”片断雨林植物种类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不完整。不同的“龙山”林,受破坏的方式和程度不一样,导致它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它的地位变得相对突出,例如,泰国芒果因其食用价值被有意保留而成为一个优势树种。

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”由于人为干扰的程度不同,被保存的种数显然也不同(表 4.10),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。

表 4.10 原始雨林与“龙山”片断雨林样方植物种数的比较

Table 4.10 Comparison of species number per plot between primary forest and fragmentary forests

样方 Plot	原始雨林 Primary	龙山 I Fragment	龙山 II Fragment	龙山 III Fragment	龙山 IV Fragment	龙山 V Fragment	龙山 VI Fragment
地点 Location	勐仑保护区	城子	曼俄	曼养广	曼养	曼远	曼龙
面积 Area (m ²)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	种数 (%)	种数 (%)	种数 (%)	种数 (%)	种数 (%)	种数 (%)	种数 (%)
乔木: DBH>5cm	46 30.3	52 38.5	37 32.7	18 18.6	40 51.9	7 16.3	24 37.5
Tree DBH<5cm	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

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(Raunkiaer, 1934),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 4.3。片断热带雨林中,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。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,喜湿耐阴的附生植物和大、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,则它们的生长型构成的这种变化更为明显(图 4.4)。

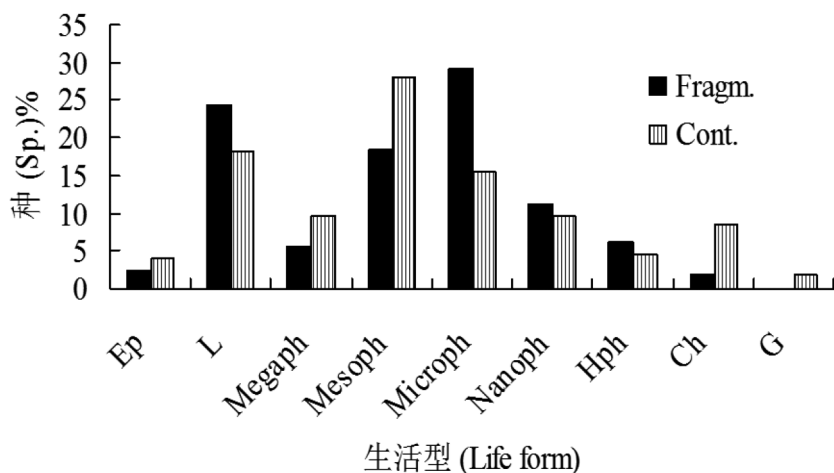


图 4.3 片断雨林 (6 个“龙山”林) 与原始雨林 (保护区) 植物生活型谱的比较

Fig. 4.3 Comparison of life form spectra between the fragmentary forests (6 fragments on Holly hills) and a primary forest in Menglun NR)

Fragm. : 片断雨林; Cont. : 原始雨林; Ep: 附生植物; L: 藤本植物; Megaph: 大高位芽植物; Mesoph: 中高位芽植物; Microph: 小高位芽植物; Nanoph: 矮高位芽植物; Hph: 草本高位芽植物; Ch: 地上芽植物; G: 地下芽植物

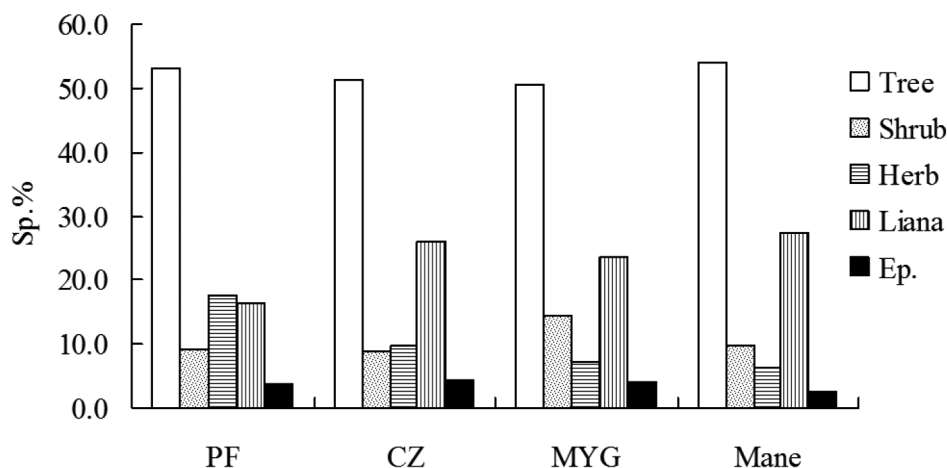


图 4.4 “龙山”片断热带雨林与原始热带雨林植物生长型的比较

Fig. 4.4 Comparison of growth forms between fragments and primary forest

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 Mangyuan); Man-e: 曼俄龙山林 (Fragment in Man-e)

4.2.2.3 “龙山”片断雨林植物种群结构的变化

西双版纳原始热带季节性雨林群落中,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,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”片断热带雨林与作为对照的孟仑自然保护区的原始热带雨林样方乔木树种的种序图 (图 4.5),人为干扰相对较小的城子、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。干扰最小的城子“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,即它们仅有 1~2 个个体为代

表的种类已首先失去。这暗示了热带雨林片断和受轻-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 个个体为代表的种类将首先消失。

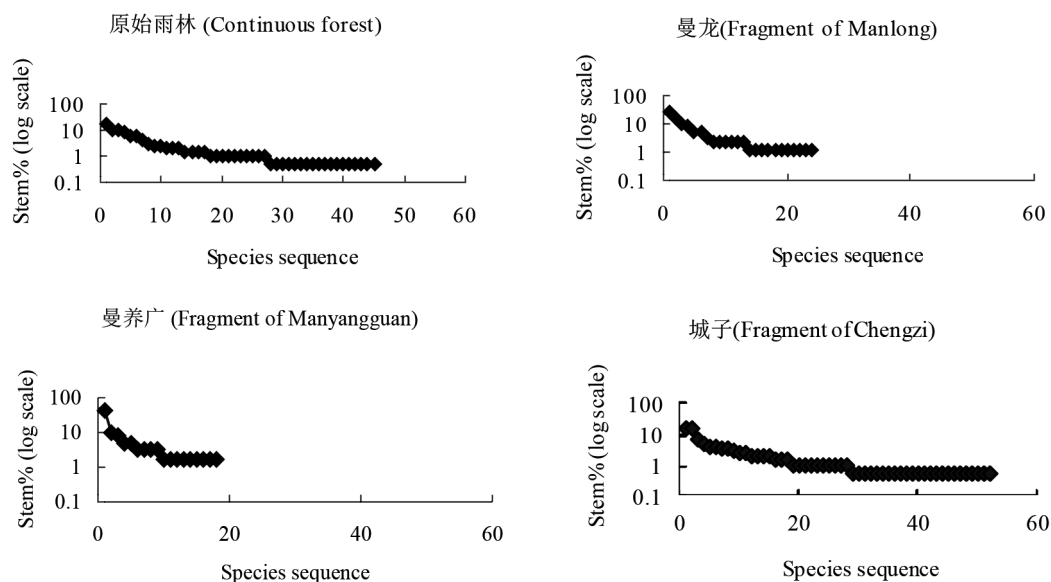
4.2.2.4 “龙山”片断雨林的群落结构及植物丰富度(多度)的变化

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、中层乔木个体数和覆盖度明显较小, 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。还由于曼俄“龙山”是坟山, 人、畜也常出入, 林下生境受干扰较严重, 现在曼俄的“龙山”林中, 高度 10m 以下的小树和幼树个体非常丰富。然而, 它们大多并非原始雨林树种, 而是先锋树种, 多数先锋成分为小乔木, 也长不成大树。

曼养广“龙山”林的乔木上、中层在个体数和覆盖度上都接近原始雨林, 但乔木下层个体数和覆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”林过去也曾是自然保护区的一部分, 后来变成孤立小片。20 世纪 70 年代, 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用以自然恢复, 导致现在几乎乔木的上、中层不存在, 只有乔木下层(小树层)并且异常丰富。整个“龙山”就像是个大林窗, 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)。曼龙“龙山”因位于河岸附近, 森林片断化后的干暖效应可能在一定程度上被河岸潮湿生境抵消, 故该“龙山”林群落各层在个体数(多度)和覆盖度上较原始林并未降低太多。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, 各层在株数和覆盖度上均较小。

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看, 隔离(孤立)时间越长久或受人为干扰越严重, 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。



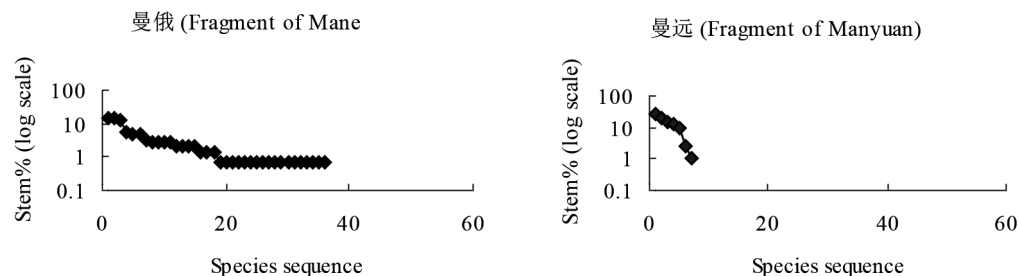


图 4.5 西双版纳傣族“龙山”林与原始热带雨林乔木种序图的比较

Fig. 4.5 Comparison of tree species sequence/stem% diagrams from the fragments and continuous primary forest

4.2.2.5 “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），但不同的生活型表现不一样（图 4.6）。乔木层的多样性指数随人为干扰的增加而降低。例外的是曼养“龙山”林植物多样性指数并不比对照样地小，可能是因为它的上、中层乔木被砍伐的时间较短，原来雨林中的幼、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、灌木层和草本层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。

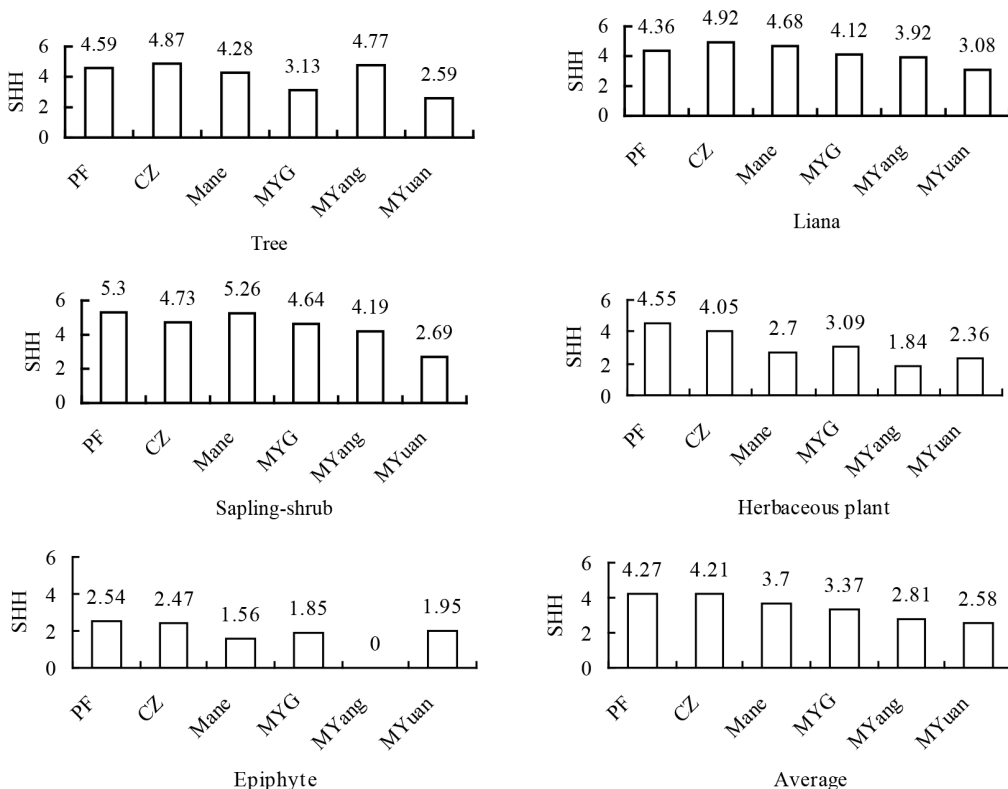


图 4.6 “龙山”片断雨林林与原始雨林植物多样性的比较

Fig. 4.6 Comparison of plant diversity between the fragments and continuous primary forest

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 Manyanguan); Man-e: 曼俄龙山林 (Fragment in Man-e);

MYang: 曼养龙山林 (Fragment in Manyang); MYuan: 曼远龙山林 (Fragment in Manyuan);

SHH: 香农指数 (Shannon-Wiener's diversity index)

4.3 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 (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 (表 4.11) 大小顺序基本为: 连续森林, 即保护区原始热带雨林 (6.1°C 、 28.2°C 和 37%)>城子“龙山”林 (8.7°C 、 24.9°C 和 31%)>曼养广“龙山”林 (4.9°C 、 19.6°C 和 26%)>曼俄“龙山”林 (4.3°C 、 14.3°C 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 (图 4.7)。这与曼俄“龙山”林的乔木上层和中层严重退化 (被择伐) 有关。

表 4.11 旷地、片断热带雨林林缘附近和林内最高气温 (T_{\max})、气温日较差 (ΔT)、最小相对湿度 (RH)、最高地面温度 (T_s)、地面温度日较差 (ΔT_s) 和风速 (V) 的平均值 (干热季)

Table 4.11 Means of maximum air temperature (T_{\max}), daily range of air temperature (ΔT), minimum relative humidity (RH), maximum soil temperature (T_s), daily range of soil temperature (ΔT_s) and velocity (V)

		T_{\max} ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	T_s ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT_s ($^{\circ}\text{C}$)	V (m/s)
城子 Chengzi	旷地 Open	34.7	23.2	19	47.7	36.7	0.6
	林缘附近 Edge	29.9	18.3	26	27.7	14.0	0.1
	林内 Interior	26.0	14.3	50	22.8	9.2	0.1
曼养广 Manyanguang	旷地 Open	35.0	25.5	19	49.4	38.5	0.6
	林缘附近 Edge	32.9	21.9	23	32.9	19.6	0.1
	林内 Interior	30.1	18.9	25	29.8	15.9	0.0
曼俄 Man-e	旷地 Open	29.9	16.1	43	41.0	27.2	0.9
	林缘附近 Edge	28.3	14.9	44	35.1	20.1	0.4
	林内 Interior	25.6	12.2	65	26.7	11.6	0.3
勐仑保护区 Continuous forest	旷地 Open	31.9	20.9	27	50.7	42.1	1.1
	林缘附近 Edge	27.0	16.4	43	25.6	13.2	0.2
	林内 Interior	25.8	14.5	64	22.5	8.2	0.3

(引自马有鑫等, 1998)

对城子“龙山”、曼俄“龙山”、曼养广“龙山”片断热带雨林土壤肥力的研究显示(表 4.12), 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。

表 4.12 “龙山”片断热带雨林土壤肥力的比较 *

Table 4.12 Comparison of soil conditions among fragments on Dai's holy hills

龙山林	曼养广 Manyangguang			城子 Chengzi			曼俄 Man-e		
取样位置 Plot site	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
土壤含水量(雨季) Moisture (%)	32.12	31.61	32.97	27.83	28.11	25.20	20.53	22.91	20.66
pH 值	4.51	4.21	4.25	4.67	4.58	4.99	4.81	4.90	4.94
有机质 Org. (%)	3.22	3.34	2.56	2.41	1.92	1.56	1.31	1.31	1.44
速效氮 N (mg/100g)	14.33	13.87	12.31	11.22	9.81	7.48	7.24	7.35	7.44
速效磷 P (mg/100g)	0.29	0.58	0.23	0.83	0.92	4.52	1.39	0.43	0.42
速效钾 K (mg/100g)	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

4.4 讨 论

西双版纳傣族“龙山”上的片断热带雨林, 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了各种各样的变化, 情况很复杂。但明显可以得出结论: 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(层次和覆盖度)、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。总体来说, 从所研究的曼俄、曼养广和城子的“龙山”林来看, 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, 曼俄“龙山”林受人为干扰最严重, 面积也最小; 与之相对应的是, 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”片断热带雨林看作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。

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, 1995), 在 1884 年被划为自然保留地时有 343hm², 至 1995 年时面积已萎缩到 81hm²。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它相比较(图 4.7), 发现二者有惊人的类似性, 亦即草本植物减少, 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。由于加进了人为干扰因素，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。

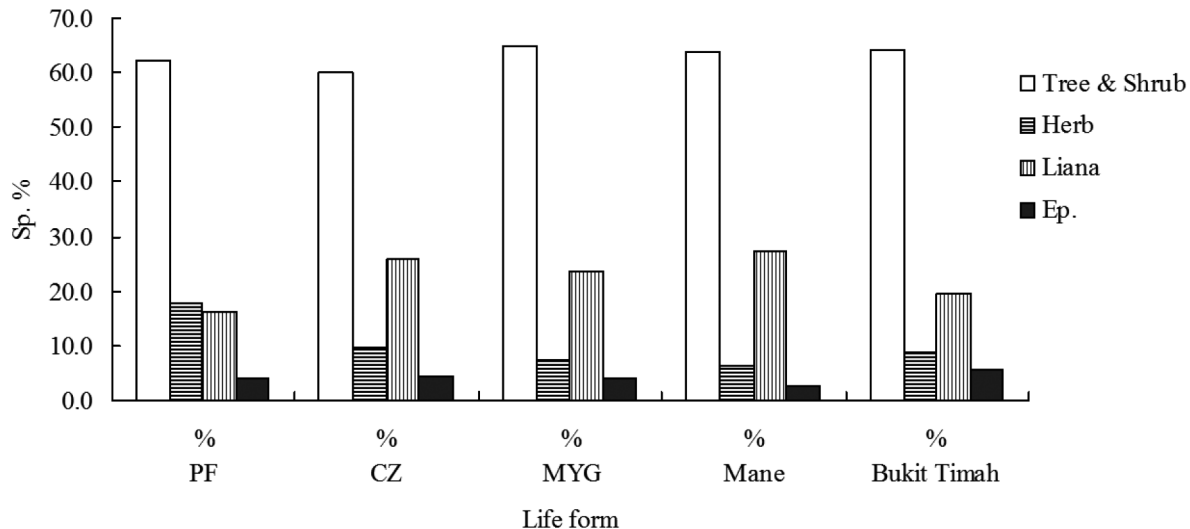


图 4.7 西双版纳片断热带雨林与新加坡片断热带雨林植物生活型谱的比较

Fig. 4.7 Comparison of life form spectra between the fragments 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 Manyangguan); Man-e: 曼俄龙山林 (Fragment in Man-e); Bukit Timah: 新加坡片断雨林 (Fragment in Singapore)

通过对西双版纳傣族“龙山”上热带雨林片断化对其生物多样性及生态影响的研究，我们发现：①片断热带雨林林内外小气候差异要小于原始雨林，反映了片断化后，森林对气候变化的缓冲效应减弱了；片断热带雨林的土壤肥力亦有衰退；②片断雨林的物种组成，特别是一些分类群（种、属、科）的优势度明显改变了；③片断雨林中单位面积上物种数减少了，并且干扰越严重，减少越明显；④在生活型构成上，片断雨林中藤本植物和小高位芽植物相对增加，而附生植物及大、中高位芽植物和地上芽植物相对减少；⑤片断热带雨林的物种多样性一般低于原始热带雨林；⑥具有较小种群的树种在片断雨林中将首先消失；⑦片断雨林中阳性和先锋植物种类增加，耐阴和阴生植物种类减少。

5 片断热带雨林 48 年物种组成、多样性及生态特征的变化（研究案例）

热带雨林片断化后，物种多样性在各个方面均发生了变化，通常研究这些变化是通过把片断热带雨林与同样类型的原始热带雨林做比较，检测其异同，从而判断物种多样性的变化及趋势。这种观测推理因比较对象的复杂性而有一定的局限性。

西双版纳景洪曼养广的“龙山”林 1960 年以前曾是大面积连片的低丘热带季节性雨林，之后逐渐变成为一个孤立的残存在神山（龙山）上的片断雨林，在 2008 年我们再次调查时面积减小到 13.85hm^2 ，它的周边三面是橡胶林，一面是村寨（图 5.1）。该“龙山”林是当地傣族村寨的风水林，受传统文化信仰和乡规名俗的保护。1959 年，中国科学院在曼养广建立了热带生物地理群落定位站，对该“龙山林”做了较为详细的植物区系编目调查（向应海，1981），我们在 1997 年和 2008 年又分别做了二次详细的植物区系编目和样地调查，通过比较历史和不同时段的投资，我们能够探讨该森林片断物种多样性、植物区系组成等随着隔离和时间的变化规律。详见论文（朱华等，2001；Zhu et al., 2010）。

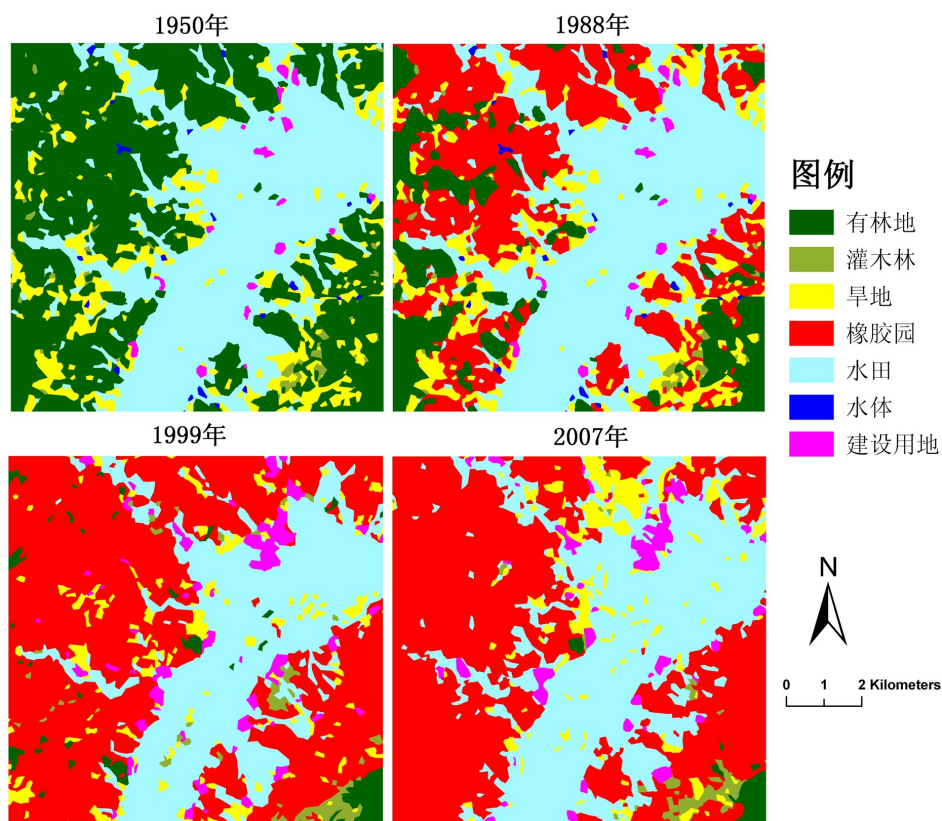


图 5.1 1950—2007 年曼养广的“龙山”热带季节性雨林面积及土地利用格局的变化

Fig. 5.1 Trend in forest cover between the years 1950 to 2007 in the Manyangguang holy hill (from GIS laboratory of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden)

5.1 植物种类的变化

该片断热带雨林在 1959/1960 年记录有 258 种野生种子植物, 在 1997 年, 调查记录到 292 种, 在 2008 年记录到 332 种; 这 3 次调查共记录到 407 种野生种子植物, 其中有 188 个种为所有三个时段共有。

在 258 个原始记录的种野生种子植物中, 有 47 个种在 1997 年的调查中未发现, 有 70 个种在 2008 年的调查中未发现; 反之, 在 2008 年的调查中, 与 1997 年调查相比, 有 68 个种为新记录 (新移入) 的成分, 与 1959/1960 年的记录相比, 则有 147 个种为新记录的成分 (表 5.1)。在 1997 年就已消失的种类, 在 2008 年的调查仍未被发现, 但在 1997 年新移入的成分中, 有 4 个种在 2008 年调查时又消失了, 它们是云南樱花 (*Cerasus cerasoides*)、印度崖豆 (*Millettia pulchra*)、千张纸 (*Oroxylum indicum*)、巴戟 (*Morinda umbellate*), 显然, 这 4 个移入又消失的种都是先锋或阳性植物, 并非雨林成分。

表 5.1 曼养广“龙山”片断热带雨林 1959/1960 年, 1997 年 和 2008 年植物编目及生活型统计

Table 5.1 Species list in inventories in 1959/1960, 1997 and 2008 in the remnant on Manyangguang holy hills

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Ageratum conyzoides</i>	TH	+	+	+
<i>Arthraxon lanceolatus</i>	TH	+	+	+
<i>Chrysopogon aciculatus</i>	TH	+	+	+
<i>Cyathula prostrata</i>	TH	+	+	+
<i>Geophila herbacea</i>	TH	+	+	+
<i>Hedyotis capitellata</i> var. <i>mollissima</i>	TH	+	+	D
<i>Hedyotis verticillata</i>	TH	+	+	+
<i>Oplismenus compositus</i>	TH	+	+	+
<i>Panicum cordatum</i>	TH	+	+	+
<i>Panicum repens</i>	TH	+	+	+
<i>Paspalum conjugatum</i>	TH	+	+	+
<i>Scleria chinensis</i>	TH	+	+	+
<i>Scurrula ferruginea</i>	PARA	+	+	+
<i>Ardisia villosa</i>	NA	+	+	+
<i>Ardisia virens</i>	NA	+	+	+
<i>Callicarpa longifolia</i>	NA	+	+	+
<i>Capparis sabiaefolia</i>	NA	+	+	+
<i>Capparis tenera</i>	NA	+	+	+
<i>Capsicum frutescens</i>	NA	+	+	+
<i>Chassalia curviflora</i>	NA	+	+	+
<i>Clerodendrum japonicum</i>	NA	+	+	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Clerodendrum villosum</i>	NA	+	+	+
<i>Daphniphyllum paxianum</i>	NA	+	D	D
<i>Datura stramonium</i>	NA	+	+	D
<i>Elaeagnus conferta</i>	NA	+	+	+
<i>Ervatamia officinalis</i>	NA	+	+	+
<i>Evodia lepta</i>	NA	+	+	+
<i>Helicteres viscida</i>	NA	+	+	+
<i>Lasianthus hookeri</i> var. <i>dunniana</i>	NA	+	+	+
<i>Leea indica</i>	NA	+	D	D
<i>Maesa indica</i>	NA	+	+	+
<i>Maesa macilentoides</i>	NA	+	+	+
<i>Melastoma imbricatum</i>	NA	+	+	+
<i>Oreocnide rubescens</i>	NA	+	D	D
<i>Pandanus furcatus</i>	NA	+	+	+
<i>Pavetta hongkongensis</i>	NA	+	+	+
<i>Prismatomeris tetrandra</i>	NA	+	+	+
<i>Psychotria henryi</i>	NA	+	D	D
<i>Psychotria siamica</i>	NA	+	D	D
<i>Solanum indicum</i>	NA	+	+	+
<i>Solanum spirale</i>	NA	+	+	+
<i>Urena lobata</i>	NA	+	+	+
<i>Aidia yunnanensis</i>	MI	+	+	+
<i>Antidesma fordii</i>	MI	+	+	D
<i>Antidesma montanum</i>	MI	+	+	+
<i>Antidesma sootepense</i>	MI	+	+	+
<i>Aporusa dioica</i>	MI	+	+	+
<i>Aporusa yunnanensis</i>	MI	+	+	+
<i>Aralia armata</i>	MI	+	+	+
<i>Ardisia arborescens</i>	MI	+	D	D
<i>Arytera littoralis</i>	MI	+	+	+
<i>Canthium horridum</i>	MI	+	+	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Cipadessa baccifera</i>	MI	+	+	+
<i>Clausena dentata</i> var. <i>dunniana</i>	MI	+	+	D
<i>Clausena excavata</i>	MI	+	+	+
<i>Cocculus orbiculatus</i> var. <i>mollis</i>	MI	+	D	D
<i>Croton argyratus</i>	MI	+	+	+
<i>Dalbergia pinnata</i>	MI	+	+	+
<i>Dalbergia rimosa</i>	MI	+	+	+
<i>Dalbergia stipulacea</i>	MI	+	+	+
<i>Decaspermum fruticosum</i>	MI	+	+	+
<i>Decaspermum gracilentum</i>	MI	+	+	+
<i>Dendrocnide sinuata</i>	MI	+	D	D
<i>Ficus esquiroliana</i>	MI	+	+	+
<i>Ficus hookeri</i>	MI	+	D	D
<i>Ficus langkokensis</i>	MI	+	+	+
<i>Flacourtia rukam</i>	MI	+	+	D
<i>Garcinia lancilimba</i>	MI	+	+	+
<i>Helicia cochinchinensis</i>	MI	+	+	+
<i>Knema erratica</i>	MI	+	+	+
<i>Macaranga denticulata</i>	MI	+	+	D
<i>Macropanax dispermus</i>	MI	+	+	+
<i>Mallotus barbatus</i>	MI	+	+	+
<i>Mallotus paniculatus</i>	MI	+	+	+
<i>Meliosma arnottiana</i>	MI	+	+	+
<i>Memecylon polyanthum</i>	MI	+	+	D
<i>Miliusa sinensis</i>	MI	+	D	D
<i>Millettia leptobotrya</i>	MI	+	+	+
<i>Mischocarpus pentapetalus</i>	MI	+	D	D
<i>Ormosia fordiana</i>	MI	+	+	+
<i>Ostodes paniculata</i>	MI	+	+	+
<i>Phoebe lanceolata</i>	MI	+	+	+
<i>Phyllanthus emblica</i>	MI	+	+	D

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Phyllostachys</i> sp.	MI	+	+	D
<i>Premna fulva</i>	MI	+	D	D
<i>Saprosma ternata</i>	MI	+	+	+
<i>Schefflera octophylla</i>	MI	+	+	+
<i>Stereospermum colais</i>	MI	+	+	+
<i>Sumbaviopsis albicans</i>	MI	+	+	D
<i>Suregada glomerulata</i>	MI	+	+	+
<i>Symplocos cochinchinensis</i>	MI	+	+	+
<i>Symplocos hookeri</i>	MI	+	+	D
<i>Syzygium polypetaloides</i>	MI	+	D	D
<i>Syzygium latilimbum</i>	MI	+	+	+
<i>Syzygium oblatum</i>	MI	+	+	+
<i>Syzygium tetragonum</i>	MI	+	+	+
<i>Tarenna yunnanensis</i>	MI	+	+	D
<i>Turpinia cochinchinensis</i>	MI	+	+	+
<i>Vitex quinata</i> var. <i>puberula</i>	MI	+	+	+
<i>Amoora dasyclada</i>	MG	+	+	+
<i>Antiaris toxicaria</i>	MG	+	+	+
<i>Aphananthe cuspidata</i>	MG	+	+	+
<i>Beilschmiedia linocieroides</i>	MG	+	+	+
<i>Canarium tonkinense</i>	MG	+	+	+
<i>Chukrasia tabularis</i> var. <i>velutina</i>	MG	+	+	+
<i>Cinnamomum austroyunnanense</i>	MG	+	+	+
<i>Garuga floribunda</i> var. <i>gamblei</i>	MG	+	D	D
<i>Gironniera subaequalis</i>	MG	+	+	+
<i>Ixonanthes cochinchinensis</i>	MG	+	+	+
<i>Pometia tomentosa</i>	MG	+	D	D
<i>Pouteria grandifolia</i>	MG	+	+	+
<i>Pterospermum lanceifolium</i>	MG	+	+	+
<i>Semecarpus reticulata</i>	MG	+	+	+
<i>Sloanea dasycarpa</i>	MG	+	D	D

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Acronychia pedunculata</i>	ME	+	+	+
<i>Actinodaphne henryi</i>	ME	+	D	
<i>Adenantha pavonina</i> var. <i>microsperma</i>	ME	+	+	+
<i>Ailanthus giraldii</i>	ME	+	+	+
<i>Alangium kurzii</i>	ME	+	+	+
<i>Albizia lucidior</i>	ME	+	+	+
<i>Alstonia rostrata</i>	ME	+	+	+
<i>Aphanamixis polystachya</i>	ME	+	D	D
<i>Artocarpus lakoocha</i>	ME	+	D	D
<i>Baccaurea ramiflora</i>	ME	+	+	+
<i>Barringtonia macrostachya</i>	ME	+	D	
<i>Caryota monostachys</i>	ME	+	+	+
<i>Castanopsis indica</i>	ME	+	+	+
<i>Chisocheton siamensis</i>	ME	+	+	+
<i>Choerospondias axillaris</i>	ME	+	D	
<i>Colona floribunda</i>	ME	+	+	D
<i>Dasymaschalon rostratum</i>	ME	+	D	D
<i>Dillenia indica</i>	ME	+	D	D
<i>Elaeocarpus prunifolioides</i>	ME	+	+	+
<i>Evodia austrosinensis</i>	ME	+	+	+
<i>Ficus altissima</i>	ME	+	+	+
<i>Ficus geniculata</i>	ME	+	+	+
<i>Ficus glaberrima</i>	ME	+	D	D
<i>Ficus orthoneura</i>	ME	+	+	D
<i>Garcinia cowa</i>	ME	+	+	+
<i>Garcinia xanthochymus</i>	ME	+	+	+
<i>Garuga pinnata</i>	ME	+	+	+
<i>Harpullia cupanioides</i>	ME	+	+	+
<i>Homalium ceylanicum</i> var. <i>laoticum</i>	ME	+	+	+
<i>Horsfieldia glabra</i>	ME	+	+	+
<i>Ilex godajam</i>	ME	+	+	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Knema furfuracea</i>	ME	+	+	+
<i>Knema globularia</i>	ME	+	+	+
<i>Litsea glutinosa</i>	ME	+	+	+
<i>Litsea liuyingii</i>	ME	+	+	+
<i>Litsea umbellata</i>	ME	+	+	D
<i>Mangifera siamensis</i>	ME	+	+	+
<i>Mangifera sylvatica</i>	ME	+	+	+
<i>Manglietia forrestii</i>	ME	+	+	+
<i>Microcos paniculata</i>	ME	+	+	+
<i>Mitrephora maingayi</i>	ME	+	+	+
<i>Myrsine seguinii</i>	ME	+	+	+
<i>Nephelium lappaceum</i>	ME	+	+	+
<i>Phoebe puwenensis</i>	ME	+	+	+
<i>Phoebe macrocarpa</i>	ME	+	D	D
<i>Pithecolobium clypearia</i>	ME	+	+	+
<i>Polyalthia simiarum</i> subsp. <i>cheliensis</i>	ME	+	+	+
<i>Radermachera microcalyx</i>	ME	+	+	+
<i>Sapindus rarak</i>	ME	+	+	+
<i>Spondias pinnata</i>	ME	+	D	D
<i>Sterculia lanceolata</i>	ME	+	+	+
<i>Streblus indicus</i>	ME	+	+	+
<i>Toona ciliata</i>	ME	+	+	D
<i>Trewia nudiflora</i>	ME	+	+	+
<i>Wrightia pubescens</i>	ME	+	+	+
<i>Xanthophyllum siamense</i>	ME	+	+	+
<i>Adenia parviflora</i>	LPH	+	D	D
<i>Aspidocarya wifera</i>	LPH	+	D	D
<i>Aspidopterys obcordata</i>	LPH	+	+	+
<i>Atylosia barbata</i>	LPH	+	+	+
<i>Caesalpinia cucullata</i>	LPH	+	+	+
<i>Caesalpinia millettii</i>	LPH	+	+	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Celastrus hindsii</i>	LPH	+	+	D
<i>Celastrus paniculata</i>	LPH	+	+	+
<i>Cissus glaberrima</i>	LPH	+	+	+
<i>Cissus javana</i>	LPH	+	+	+
<i>Combretum latifolium</i>	LPH	+	+	+
<i>Connarus yunnanensis</i>	LPH	+	+	+
<i>Dioscorea garrettii</i>	LPH	+	D	D
<i>Dioscorea glabra</i>	LPH	+	+	+
<i>Embelia undulata</i>	LPH	+	+	+
<i>Entada phaseoloides</i>	LPH	+	+	+
<i>Fissistigma polyanthum</i>	LPH	+	+	+
<i>Gnetum montanum</i>	LPH	+	+	+
<i>Heterostemma wallichii</i>	LPH	+	D	D
<i>Hiptage acuminata</i>	LPH	+	+	+
<i>Hodgsonia macrocarpa</i>	LPH	+	+	+
<i>Ichnocarpus polyanthus</i>	LPH	+	+	+
<i>Illigera parviflora</i>	LPH	+	D	
<i>Iodes cirrhosa</i>	LPH	+	+	+
<i>Iodes vitiginea</i>	LPH	+	+	+
<i>Ipomoea pileata</i>	LPH	+	+	+
<i>Morinda cochinchinensis</i>	LPH	+	+	+
<i>Mucuna macrocarpa</i>	LPH	+	+	+
<i>Mussaenda hossei</i>	LPH	+	+	+
<i>Mussaenda sessilifolia</i>	LPH	+	+	D
<i>Neuropeltis racemosa</i>	LPH	+	+	+
<i>Parabarium spireanum</i>	LPH	+	+	+
<i>Parameria laevigata</i>	LPH	+	D	D
<i>Passiflora foetida</i>	LPH	+	+	+
<i>Poikilosperma lanceolatum</i>	LPH	+	D	
<i>Pristimera arborea</i>	LPH	+	+	D
<i>Pueraria alopecuroides</i>	LPH	+	+	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Randia bispinosa</i>	LPH	+	+	+
<i>Rourea minor</i>	LPH	+	+	+
<i>Salacia polysperma</i>	LPH	+	+	+
<i>Santaloides roxburghii</i>	LPH	+	+	D
<i>Smilax glabra</i>	LPH	+	+	+
<i>Smilax hemsleyana</i>	LPH	+	+	+
<i>Spatholobus pulcher</i>	LPH	+	+	+
<i>Stephania dolichopoda</i>	LPH	+	+	+
<i>Stixis suaveolens</i>	LPH	+	+	+
<i>Strychnos nitida</i>	LPH	+	+	+
<i>Tetracera scandens</i>	LPH	+	D	D
<i>Tetrastigma obovatum</i>	LPH	+	D	D
<i>Thunbergia grandiflora</i>	LPH	+	+	+
<i>Tinomiscium petiolare</i>	LPH	+	+	+
<i>Trachelospermum cordatum</i>	LPH	+	D	D
<i>Uncaria laevigata</i>	LPH	+	+	+
<i>Uncaria sinensis</i>	LPH	+	+	+
<i>Urceola rosea</i>	LPH	+	+	+
<i>Ventilago calyculata</i>	LPH	+	+	+
<i>Arundina graminifolia</i>	HPH	+	D	D
<i>Asystasia gangetica</i>	HPH	+	+	D
<i>Lepidagathis incurva</i>	HPH	+	+	+
<i>Munronia henryi</i>	HPH	+	D	D
<i>Murdannia macrocarpa</i>	HPH	+	D	D
<i>Piper boehmeriifolium</i>	HPH	+	+	+
<i>Piper sarmentosum</i>	HPH	+	+	+
<i>Polygonum chinense</i>	HPH	+	+	+
<i>Amorphophallus virosus</i>	G	+	+	+
<i>Colocasia esculenta</i>	G	+	D	D
<i>Cyperus iria</i>	G	+	+	+
<i>Aerides multiflorum</i>	EP	+	+	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Aeschynanthus acuminatus</i>	EP	+	D	D
<i>Dendrobium primulinum</i>	EP	+	+	+
<i>Dischidia tonkinensis</i>	EP	+	+	+
<i>Epipermnum pinnatum</i>	EP	+	D	D
<i>Ficus gibbosa</i> var. <i>cuspidifera</i>	EP	+	D	D
<i>Ficus sagittata</i>	EP	+	+	+
<i>Hoya pottsii</i>	EP	+	+	+
<i>Pholidota imbricata</i>	EP	+	+	+
<i>Piper mullesua</i>	EP	+	+	+
<i>Pothos chinensis</i>	EP	+	+	+
<i>Pothos scandens</i>	EP	+	+	+
<i>Rhaphidophora megaphylla</i>	EP	+	+	+
<i>Begonia</i> sp.	CH	+	D	D
<i>Belosynapsis ciliata</i>	CH	+	D	D
<i>Bredia velutina</i>	CH	+	D	D
<i>Commelina diffusa</i>	CH	+	D	D
<i>Eurysolen gracilis</i>	CH	+	+	D
<i>Pseudechinolaena polystachya</i>	CH	+	+	+
<i>Rottboellia exaltata</i>	CH	+	+	D
<i>Tadehagi triquetrum</i>	CH	+	+	+
<i>Bidens pilosa</i>	TH	-	-	NM
<i>Blumea balsamifera</i>	TH	-	-	NM
<i>Borreria latifolia</i>	TH	-	-	NM
<i>Breynia fruticosa</i>	TH	-	-	NM
<i>Carex baccans</i>	TH	-	NM	+
<i>Conyza canadensis</i>	TH	-	-	NM
<i>Crassocephalum crepidioides</i>	TH	-	-	NM
<i>Hedyotis costata</i>	TH	-	-	NM
<i>Hedyotis scandens</i>	TH	-	-	NM
<i>Laggera alata</i>	TH	-	-	NM
<i>Vernonia cinerea</i>	TH	-	-	NM

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Alchornea tiliifolia</i>	NA	—	NM	+
<i>Allophylus hirsutus</i>	NA	—	NM	+
<i>Ardisia solanacea</i>	NA	—	NM	+
<i>Cajanus grandiflorus</i>	NA	—	—	NM
<i>Clerodendrum bungei</i>	NA	—	—	NM
<i>Clerodendrum henryi</i>	NA	—	—	NM
<i>Glochidion eriocarpum</i>	NA	—	NM	+
<i>Ixora yunnanensis</i>	NA	—	—	NM
<i>Leea compactiflora</i>	NA	—	—	NM
<i>Melastoma affine</i>	NA	—	—	NM
<i>Psychotria yunnanensis</i>	NA	—	—	NM
<i>Rauwolfia verticillata</i>	NA	—	NM	+
<i>Sida acuta</i>	NA	—	—	NM
<i>Solanum erianthum</i>	NA	—	—	NM
<i>Solanum photeinocarpum</i>	NA	—	—	NM
<i>Solanum torvum</i>	NA	—	NM	+
<i>Sterculia brevissima</i>	NA	—	—	NM
<i>Zanthoxylum dissitum</i>	NA	—	NM	+
<i>Camellia assamica</i> var. <i>assamica</i>	MI	—	NM	+
<i>Amoora yunnanensis</i>	MI	—	—	NM
<i>Antidesma acidum</i>	MI	—	—	NM
<i>Apodytes dimidiata</i>	MI	—	NM	+
<i>Artocarpus nitidus</i> subsp. <i>lingnanensis</i>	MI	—	—	NM
<i>Bridelia insulana</i>	MI	—	NM	+
<i>Celtis biondii</i>	MI	—	NM	+
<i>Cerasus cerasoides</i>	MI	—	NM	D
<i>Cylindrokelpupa kerrii</i>	MI	—	NM	+
<i>Elaeocarpus braceanus</i>	MI	—	—	NM
<i>Evodia simplicifolia</i>	MI	—	NM	+
<i>Ficus callosa</i>	MI	—	NM	+
<i>Ficus hirta</i>	MI	—	NM	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Ficus hispida</i>	MI	—	—	NM
<i>Ficus vasculosa</i>	MI	—	NM	+
<i>Glochidion arborescens</i>	MI	—	NM	+
<i>Glycosmis pentaphylla</i>	MI	—	NM	+
<i>Hyptianthera stricta</i>	MI	—	NM	+
<i>Idesia polycarpa</i>	MI	—	—	NM
<i>Lepionurus sylvestris</i>	MI	—	—	NM
<i>Litsea cubeba</i>	MI	—	—	NM
<i>Litsea garrettii</i>	MI	—	—	NM
<i>Mallotus millietii</i>	MI	—	—	NM
<i>Mallotus philippinensis</i>	MI	—	NM	+
<i>Mallotus repandus</i>	MI	—	—	NM
<i>Manihot esculenta</i>	MI	—	—	NM
<i>Mayodendron igneum</i>	MI	—	NM	+
<i>Meliosma rigida</i>	MI	—	—	NM
<i>Micromelum integerrimum</i>	MI	—	—	NM
<i>Millettia dorwardii</i>	MI	—	NM	+
<i>Millettia pulchra</i>	MI	—	NM	D
<i>Morinda angustifolia</i>	MI	—	NM	+
<i>Ormosia yunnanensis</i>	MI	—	NM	+
<i>Oroxylum indicum</i>	MI	—	NM	D
<i>Phyllanthus flexuosus</i>	MI	—	NM	+
<i>Pittosporopsis kerrii</i>	MI	—	—	NM
<i>Polyalthia cerasoides</i>	MI	—	NM	+
<i>Psidium guajava</i>	MI	—	—	NM
<i>Scleropyrum wallichianum</i>	MI	—	NM	+
<i>Streblus asper</i>	MI	—	—	NM
<i>Trema orientalis</i>	MI	—	NM	+
<i>Trichilia connaroides</i>	MI	—	NM	+
<i>Vernonia volkameriifolia</i>	MI	—	NM	+
<i>Canthium simile</i>	ME	—	NM	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Celtis timorensis</i>	ME	—	NM	+
<i>Dolichandrone stipulata</i>	ME	—	NM	+
<i>Dysoxylum binectariferum</i>	ME	—	NM	+
<i>Dysoxylum densiflorum</i>	ME	—	—	NM
<i>Elaeocarpus sphaerocarpus</i>	ME	—	NM	+
<i>Engelhardia spicata</i>	ME	—	NM	+
<i>Ficus benjamina</i>	ME	—	NM	+
<i>Heteropanax fragrans</i>	ME	—	NM	+
<i>Lagerstroemia tomentosa</i>	ME	—	NM	+
<i>Litsea panamanja</i>	ME	—	NM	+
<i>Melia toosendan</i>	ME	—	—	NM
<i>Pygeum topengii</i>	ME	—	—	NM
<i>Tarennoidea wallichii</i>	ME	—	NM	+
<i>Wrightia laevis</i>	ME	—	NM	+
<i>Dioscorea alata</i>	LPH	—	—	NM
<i>Dioscorea bulbifera</i>	LPH	—	—	NM
<i>Acacia pennata</i>	LPH	—	NM	+
<i>Amalocalyx microlobus</i>	LPH	—	NM	+
<i>Aristolochia tagala</i>	LPH	—	—	NM
<i>Bauhinia touranensis</i>	LPH	—	—	NM
<i>Cayratia trifolia</i>	LPH	—	NM	+
<i>Cissus subtetragona</i>	LPH	—	NM	+
<i>Craspedolobium schochii</i>	LPH	—	—	NM
<i>Cryptolepis sinensis</i>	LPH	—	NM	+
<i>Cynanchum corymbosum</i>	LPH	—	NM	+
<i>Embelia parviflora</i>	LPH	—	NM	+
<i>Erythralium scandens</i>	LPH	—	NM	+
<i>Gouania leptostachya</i>	LPH	—	NM	+
<i>Gymnema sylvestre</i>	LPH	—	NM	+
<i>Hypserpa nitida</i>	LPH	—	NM	+
<i>Jasminum nervosum</i>	LPH	—	NM	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Maclura cochinchinensis</i>	LPH	—	NM	+
<i>Maclura pubescens</i>	LPH	—	NM	+
<i>Mappianthus iodoides</i>	LPH	—	—	NM
<i>Morinda umbellata</i>	LPH	—	NM	D
<i>Mucuna pruriens</i>	LPH	—	—	NM
<i>Mussaenda macrophylla</i>	LPH	—	—	NM
<i>Paederia cavaleriei</i>	LPH	—	NM	+
<i>Pericampylus glaucus</i>	LPH	—	NM	+
<i>Passiflora edulis</i>	LPH			NM
<i>Peripterygium quinquelobum</i>	LPH	—	—	NM
<i>Poranopsis discifera</i>	LPH	—	NM	+
<i>Rubus alceifolius</i>	LPH	—	NM	+
<i>Rubus pirifolius</i> var. <i>cordatus</i>	LPH	—	—	NM
<i>Sabia limoniacea</i>	LPH	—	—	NM
<i>Securidaca inappendiculata</i>	LPH	—	NM	+
<i>Smilax bracteata</i>	LPH	—	—	NM
<i>Strophanthus wallichii</i>	LPH	—	NM	+
<i>Tetrastigma cruciatum</i>	LPH	—	—	+
<i>Thunbergia lacei</i>	LPH	—	—	NM
<i>Toxocarpus villosus</i>	LPH	—	NM	+
<i>Ventilago madaraspatana</i>	LPH	—	NM	+
<i>Zehneria indica</i>	LPH	—	—	NM
<i>Ziziphus fungi</i>	LPH	—	NM	+
<i>Ziziphus oenopolia</i>	LPH	—	NM	+
<i>Colebrookea oppositifolia</i>	HPH	—	NM	+
<i>Indosasa hispida</i>	HPH	—	—	NM
<i>Musa acuminata</i>	HPH	—	—	NM
<i>Zingiber xishuangbannaense</i>	HPH	—	—	NM
<i>Amomum villosum</i>	HCH	—	—	NM
<i>Chroesthes pubiflora</i>	CH	—	NM	+
<i>Dicliptera roxburghiana</i>	CH	—	NM	+

续表 5.1

种名 Species	生活型 Life form *	植物编目 Inventory in 1959/1960	植物编目 Inventory in 1997	植物编目 Inventory in 2008
<i>Eupatorium coelestinum</i>	CH	—	—	NM
<i>Eupatorium odoratum</i>	CH	—	NM	+
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	CH	—	—	NM
<i>Microstegium ciliatum</i>	CH	—	—	NM
<i>Phaulopsis dorsiflora</i>	CH	—	NM	+
<i>Pseuderanthemum polyanthum</i>	CH	—	—	+
<i>Rhaphidospora vagabunda</i>	CH	—	NM	+
<i>Scoparia dulcis</i>	CH	—	—	NM
<i>Setaria palmifolia</i>	CH	—	—	NM
<i>Siegesbeckia orientalis</i>	CH	—	—	NM
<i>Synedrella nodiflora</i>	CH	—	—	NM
<i>Synotis cappa</i>	CH	—	NM	+
<i>Thysanolaena maxima</i>	CH	—	NM	+
<i>Tithonia diversifolia</i>	CH	—	—	NM

* MG (Mega phanaerophyte): 大高位芽植物; ME (Meso phanaerophyte): 中高位芽植物; MI (Micro phanaerophyte): 小高位芽植物; NA (Nano phanaerophyte): 矮高位芽植物; LPH (Liana phanaerophyte): 藤本高位芽植物; HPH (Herbaceous phanaerophyte): 草本高位芽植物; CH (Chamaephyte): 地上芽植物; EP (Epiphyte): 附生植物; G (Geophyte): 地下芽植物; PARA (Parasite): 寄生植物

+: 存在 (Present); -: 不存在 (Not present); D: 已消失 (Disappeared); NM: 新出现 (New migrant)

从该片断雨林中消失的植物显然主要是热带雨林乔木中、下层植物, 如五桠果 (*Dillenia indica*)、玉蕊 (*Barrintonia macrostachya*), 以及林下喜阴植物, 如尖叶芒毛苣苔 (*Aeschynanthus acuminatus*) 等, 这些种的消失导致它们所隶属的属和科的消失。玉蕊科在西双版纳仅有 1 种, 即玉蕊, 它是典型的热带季节性雨林的群落乔木第二层中的一个优势种。例如, 它在勐仑自然保护区原始低丘雨林群落中的重要值高达 44.5 (朱华等, 1998a)。它的果实纺锤形, 长达 12 cm, 重达 100g, 内含 1 至数枚大种子。它通常落地就萌发, 没有休眠期。雨林片断化和受强烈干扰后, 群落的完整结构被破坏 (朱华等, 1997), 林内小环境亦由原来的凉湿向干暖蜕变 (许再富等, 1998), 像玉蕊这样的原始雨林顶级树种无疑会首先消失。其他消失的如秋海棠科和鸭趾草科植物, 它们的种类通常是阴湿的原始林下生长的阴生植物, 消失亦是首当其冲的。

5.2 生活型及群落生态成分的变化

曼养广“龙山”片断热带雨林 1959/1960 年 1997 年和 2008 年片断雨林植物生活型的比较见图 5.2。

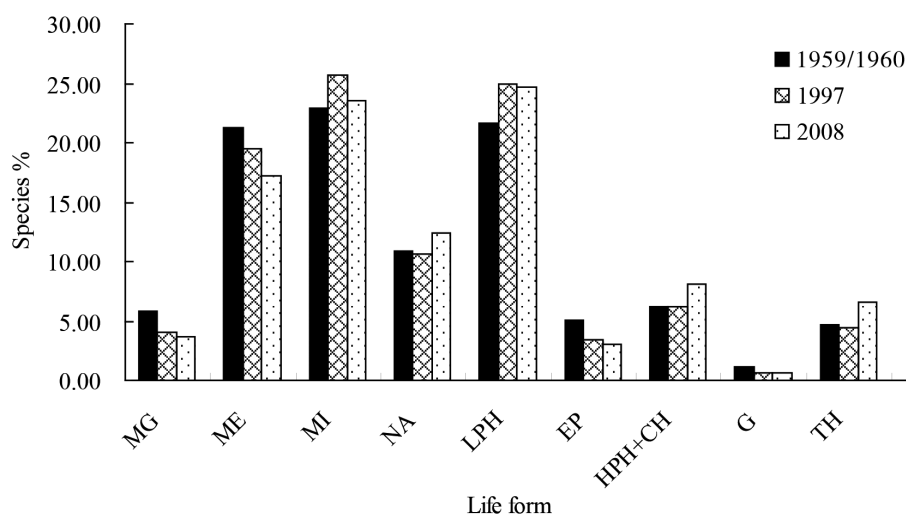


图 5.2 曼养广“龙山”片断热带雨林 1959/1960, 1997 和 2008 年植物生活型的比较

Fig. 5.2 Comparison of plant life form groups between the historical records in 1959/1960 and the inventories in 1997 and 2008 in the remnant of the tropical rain forest on Holy hill

MG (Mega phanaerophyte): 大高位芽植物; ME (Meso phanaerophyte): 中高位芽植物; MI (Micro phanaerophyte): 小高位芽植物; NA (Nano phanaerophyte): 矮高位芽植物; LPH (Liana phanaerophyte): 藤本高位芽植物; HPH (Herbaceous phanaerophyte): 草本高位芽植物; CH (Chamaephyte): 地上芽植物; EP (Epiphyte): 附生植物; G (Geophyte): 地下芽植物

在 1959/1960 年的植物编目中, 大高位芽植物, 如多花白头树 (*Garuga floribunda* var. *gamblei*) 绒毛番龙眼 (*Pometia tomentosa*) 和车里猴欢喜 (*Sloanea cheliensis*) 等, 它们均是该地区热带雨林的上层乔木巨树, 而绒毛番龙眼为其标识树种; 中高位芽植物如常绿臭椿 (*Ailanthus fordii*)、玉蕊、山楝 (*Aphanamixis polystachya*)、五桠果 (*Dillenia indica*)、云南婆罗密 (*Artocarpus lakoocha*)、皂帽花 (*Dasymaschalon rostratum*) 等; 小高位芽植物, 如大参 (*Macropanax dispermus*)、密榴木 (*Milusa sinensis*)、豆腐柴 (*Premula fulva*)、多瓣蒲桃 (*Syzygium polypetaloides*)、柄果木 (*Mischocarpus pentapetalus*) 等; 矮高位芽植物如火筒 (*Leea indica*)、糙叶茜木 (*Pavetta scabrifolia*)、九节木 (*Psychotria siamica*) 等; 藤本植物如青藤 (*Illigera parviflora*)、眼镜豆 (*Entada phaceoloides*)、锡叶藤 (*Tetracera scandens*)、锥头麻 (*Poikilosperma lanceolatum*)、东京大叶藤 (*Tinomiscium tonkinensis*) 等; 这些物种几乎都是雨林里的原生植物, 在该片断雨林中都已消失。但从图中可见, 除了大高位芽 (高大乔木)、中高位芽和附生植物在 1959/1960 年的调查中占比例稍高, 藤本植物在 1997 年和 2008 年的调查中比例稍高外, 该雨林的植物生活型谱在 48 年的片断化中并未发生有意义的变化, 也就是各生活型在群落中的比例并未发生有意义的变化。丧失的各生活型被新迁入成分补偿和平衡了。

在 2008 年调查中未见到的 70 个原始记录 (1959/1960 年) 的物种中, 35 个种是乔木, 6 个是灌木, 12 个是草本, 14 个是藤本植物, 及 3 个是附生植物; 而在 2008 年调查时新记录到的 144 个新迁入种类中, 54 个种是乔木, 18 个是灌木, 33 个是草本, 39 个是藤本植物。各生活型植物丧失的比例类似于新迁入的植物, 即乔木>藤本植物>草本植物>灌木, 以致该片断雨林的生活型谱并未显示出统计意义的改变的。

若按生态习性, 参考 Whitmore 等建议的生态种组来划分 (Whitmore, 1989), 则变化就明显了。图 5.3 显示该片断雨林的生态种组却发生了明显改变, 演替顶级和耐阴物种 (mature-forest plants) 随着片断化, 在比例上有所减少, 而先锋和阳性植物 (light-demanding plants) 比例则增加了。

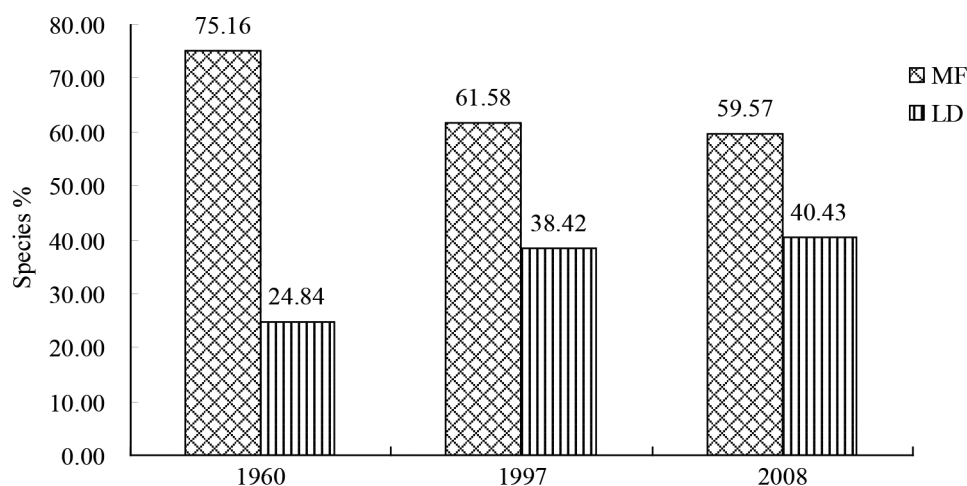


图 5.3 曼养广“龙山”片断热带雨林 1959/1960 年, 1997 年 和 2008 年植物生态种组的比较

Fig. 5.3 Comparison of ecological species groups of woody plants between the historical records in 1959/1960 and the inventories in 1997 and 2008 in the remnant of the tropical rain forest on Holy hill of Mangyangguan

MF: 演替顶级和耐阴物种 (mature-forest plants); LD: 先锋和阳性植物 (light-demanding plants)

在 1959/1960 年, 这片刚开始片断化的森林记录有 258 种野生种子植物, 而在 2008 年对该片断雨林的调查中记录到了 332 种野生种子植物, 尽管该片断雨林在 48 年中面积持续减小并越趋孤立, 物种总种数并未减少。原因可能是由于 1959 年的植物名录并未包括所有当时存在的植物种类, 尽管现今的名录植物总种数增多了, 还不能就断定植物多样性增加了。如果物种数量在该片断雨林增加了, 我们认为可能是在周围原生植被遭破坏的情况下, 物种可能会浓缩到残存的片断雨林里。

片断热带雨林最明显和最有意义的是植物区系成分发生了替换。在 1959/1960 年的原始记录中, 有 70 个种在 2008 年的调查中未见到, 这丧失的 70 个种占 1959/1960 年的原始记录总种数的 27.1%。相对而言, 在 2008 年调查中新出现 (迁入) 的 144 个种占 2008 年总种数的 43.4%。在该片断雨林 48 年的片断化过程中, 发生了明显的物种替换 (shift)。

Primack & Hall (1992) 曾提出物种多样性在片断森林里能够被保持, 因为局部的丧失能被新的迁入 (immigration) 平衡了。我们的案例研究显示在该片断雨林中, 总种数明显增加了, 这种物种丧失和迁入平衡可能是存在的, 但更为重要的是该片断雨林的生态种组发生了明显改变, 演替顶级和耐阴物种随着片断化比例有所减少, 而先锋和阳性植物比例则增加了。

虽然热带雨林群落是一个由林窗、建成和成熟三个演替阶段的镶嵌体, 它总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态, 一个群落景观实体的小块片, 代表的也仅是该群落的植物区系的时间和空间浮动 (Flux) 的一部分 (Richards, 1952; Whitmore, 1990, 1989; Brokaw, 1989)。上述的这种明显的植物区系成分的替换, 并不完全是在自然的植物区系成分浮动的替换速率上, 森林的片断化和人为干扰的不断加剧, 无疑影响和加速了这种替换。

如果分别比较 1959/1969 年和 1997 年间, 1997 年和 2008 年间物种替换, 可以看出, 从 1959/1960 年到 1997 年, 原来物种丧失率是 18.2%, 新迁入率是 27.7%。从 1997 年到 2008 年, 物种丧失率是 9.6%, 新迁入率是 20.5%。在该片断雨林里, 物种的替换在最近 10 年来被很大地加快, 加快的物种的替换与热带雨林在该地区的迅速丧失有关系。

在生活型上, 除了大高位芽 (高大乔木)、中高位芽和附生植物在 1959/1960 年的调查中占比例稍高, 藤本植物在 1997 年和 2008 年的调查中, 以及草本植物在 2008 年的调查中比例稍高外, 该雨林

的植物生活型谱在 48 年的片断化中并未发生有意义的变化, 种的丧失被各生活型的新迁入补偿和平衡了。

进一步的研究还发现, 随着热带森林的片断化, 其组成物种也发生了系统发育结构的改变: 系统发育关系由聚集变为离散 (Liu & Zhu, 2014)。

5.3 植物种群的变化

1959—1960 年, 中科院热带生物地理群落定位站在曼养广“龙山”林内设置了一个 2500m² 的定位样方, 进行了详细的群落学调查, 其资料由向应海整理后于 1981 年发表 (向应海, 1981)。1991 年我们亦在同一地点做了一个 2500m² 的样方。尽管 1991 年我们的样方并未重叠在 1959 年的样方上, 但它们仍在同一地点和同一群落类型。许再富等 (1994) 把 1991 年的样方与 1959 年的样方做了对比研究, 从物种多样性的角度探讨了该片断热带雨林植物多样性的一些变化趋势。

曼养广的片断热带雨林, 因是当地居民的“龙山”林, 尽管经常性地有人为活动影响, 但并未更多砍伐过上、中层的乔木大树。因此, 该片断热带雨林的乔木层特别是乔木的上、中层除了自然枯倒木外, 几乎保持了原来的状态。片断化和人为干扰最主要的是影响了林下层植物, 即幼树、灌木层和草本植物, 变化最大的也应是林下层的植物。

根据向应海 (1981) 的资料, 1959 年的样方对林下更新层即幼灌层和草本层中的幼树、幼苗的种群状况有较详细的记录。我们认为通过对现在群落更新层即幼灌层和草本层中乔木幼树、幼苗种群的研究, 与 1959 年的资料做对比, 可以探讨该片断热带雨林乔木种群的变化规律。

由于现今不能精确确定 1959 年样方的具体位置, 为使调查资料具有可比性, 我们以可能的 1959 年样方位置为核心, 扩展至周围 100m 范围设置了 20 个 5m×5m 小样方, 对其内的所有幼树、幼苗的种群做了调查研究。可以肯定的是, 原来的样方落在我们的小样方涵盖范围内。我们把原来样方内乔木各层树种的幼树 (D 层) 和幼苗 (E 层) 的种群数转化为相对数, 即相对多度来表示, 同样, 我们现在的样方中乔木幼树、幼苗的种群数也转化成相对数量。这样, 通过研究原样方中各种乔木幼苗、幼树的种群相对数量, 它们在现在样方中的种群状况, 通过前后种群数量变化的比较来探讨该片断雨林乔木种群的变化。

将 1959 年和 1997 年的样方调查结果列于表 5.2。在 1959 年的样方里 (乔木上、中、下层的树种按它们在西双版纳热带雨林中的实际生活型表现做了调整, 故上、中、下各层树种种类和株数与原样方有些不同), 按生活型属于乔木上层的树种在幼灌层和草本层中共有 12 种, 分别有幼树 57 株和幼苗 1976 株。在 1997 年的样方里属于乔木上层的树种共有 16 种, 分别有幼树 1630 株和幼苗 3980 株, 其中有 10 种仍与 1959 年样方相同。大叶白颜树在 1959 年样方中幼苗种群相对多度达 32.2%, 幼树、幼苗种群平均相对多度达 16.1%, 但在 1997 年样方中幼苗种群减为 12.6%, 幼树、苗木种群平均值减为 10.8%, 意味着该树种种群有一定衰减。箭毒木幼树、幼苗种群数值 1959 年为 7.7%, 1997 年则为 24.9%, 有非常明显的增加。糙叶树种群亦由 2.4% 增加到 15.3%。粘木和龙果的种群则有明显减少, 分别由原来的 23.9% 和 14.4% 减少到现在的 1.7% 和 3.3% (图 5.4)。

1959 年样方记录有乔木中层树种的幼树、幼苗 13 种分别为 108 株和 489 株, 这 13 种植物在 1997 年样方中仍存在, 但种群大小发生了明显变化。小叶藤黄是一个典型的热带雨林顶级树种, 在 1959 年样方中幼树、幼苗种群平均相对多度为 13.2%, 在 1997 年样方中降为 2.7%, 衰减明显。同样, 光叶倒吊笔、蒲桃在 1959 年样方中种群数值分别为 12.4% 和 21.8%, 在 1997 年样方中减为 0.4% 和

5.2%。其他种如大叶藤黄、泰国黄叶树、毛荔枝等种群数有一定减小。而小叶红光树、红光树、潺槁树、泰国芒果则有一定增加（图 5.4）。

下层乔木的幼树、苗在 1959 年样方中记录有 25 种分别为 305 株和 434 株，其中的 16 种在 1997 年样方中仍存在。梅氏合欢是一个典型先锋树种，在 1959 年样方中幼树、幼苗平均相多度为 7.6%，但在 1997 年样方中未见到（在该龙山片断雨林中仍存在），它的种群明显减小了。滇紫金牛是一个下层阴生小树，在 1959 年样方中种群数值为 9.8%，但在 1997 年样方中也未见到。其他如长裂藤黄、山油柑、灰木、女贞叶谷木等种群数值分别由原来的 7.4%、12.6%、11% 和 9% 减少为 1.8%、4%、3% 和 3.8%。滨木患、五叶茶、木奶果、披针楠木等则分别由原来的 7.5%、2.9%、4.3% 及 0.9% 增加为现在的 19.6%、6.2%、6.8% 及 3.8%（图 5.4）。特别值得一提的是大戟科植物饼树（*Suregada glomerulata*）在原样方中未记录到，在现样方中幼树种群相对多度高达 14.4%，幼苗种群达 11.9%。作者在泰国中部的一个受人畜活动强烈干扰的典型片断雨林中见到大量的饼树存在。这使人想到饼树可能是一个森林片断化后涌现的新兴种群。

在 1997 年的样方中，上层树种 4 种、中层树种 24 种及下层树种 14 种的幼树、幼苗种群未见于 1959 年的样方。因 1997 年的样方是由 20 个涵盖更大范围的小样方累加而来，它包容了更多种类是很自然的。

图 5.5 比较了 1959 年样方和 1991 年样方乔木层树种的种序图。1959 年样方乔木层树种的种序图与原始雨林类似，具有一个长尾，意味着乔木层多数种类仅有 1~2 个个体，体现了大的物种多样性。1991 年样方乔木层树种的种序图显示了长尾部分已失去很多，意味着乔木层中那些只有 1~2 个个体的脆弱种类（种群）已首先消失。

总结来说，通过前后两样方的对比分析，过去该片断雨林的优势成分，绝大多数现在仍存在，多数仍在优势种之列，少数优势种衰退了，少数变得更优势。首先消失的种类，或为先锋树种（短命），或为种群数量很少的脆弱种类。

曼养广“龙山”片断热带雨林在 48 年的片断化中，物种多样性被保持了，总种数有所增加，但植物区系组成及生态种组却发生了显著的变化。在周围原生植被遭破坏的情况下，物种可能浓缩到残存的片断雨林（自然生境）里，但植物区系组成改变了，生态种组也相应发生改变，原生物种减少，次生性成分增加。我们的研究显示了在片断雨林中，热带雨林固有的植物区系并不能被保持，也暗示了如果仅靠保护好这些残存的热带雨林片断，是不能真正保护地区热带雨林植物区系的完整性的。

该片断雨林的植物生活型谱在 48 年的片断化中并未发生有意义的变化，种的丧失被各生活型的新迁入成分补偿和平衡了。这可能是一个规律，植被的植物生活型谱是植被与自然生态环境长期适应的结果，在片断热带雨林里，尽管其物种多样性、植物区系组成及生态种组能受人为干扰及周边环境而改变，构成其生态外貌特征的植物生活型谱仍能保持相对稳定。

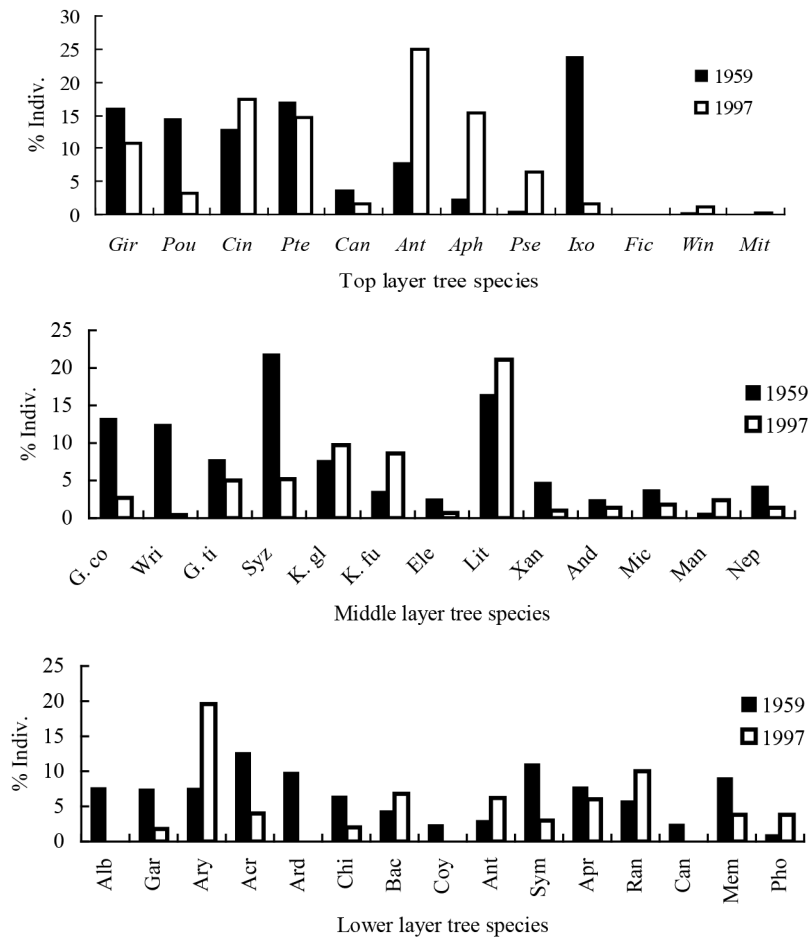


图 5.4 曼养广“龙山”片断热带雨林 37 年前后乔木幼树、苗种群变化

Fig. 5.4 The populations of sapling and seedling of tree species in 1959 plot and 1997 plot from the fragment on Holy hill of Mangyangguan

Gir: <i>Gironiera subaequalis</i> ;	Pou: <i>Pouteria grandifolia</i> ;	Cin: <i>Cinnamomum austroyunnanensis</i> ;
Pte: <i>Pterospermum lanceaefolia</i> ;	Can: <i>Canarium album</i> ;	Ant: <i>Antiaris toxicaria</i> ;
Aph: <i>Aphananthe cuspidata</i> ;	Pse: <i>Pseudostreblus indica</i> ;	Ixo: <i>Ixonanthes cochinchinensis</i> ;
Fic: <i>Ficus altissima</i> ;	Win: <i>Winchia calophylla</i> ;	Mit: <i>Mitrephora maingayi</i> ;
G. co: <i>Garcinia cowa</i> ;	Wri: <i>Wrightia laevis</i> ;	G. ti: <i>Garcinia tinctoria</i> ;
Syz: <i>Syzygium oblatum</i> ;	K. gl: <i>Knema globularis</i> ;	K. fu: <i>Knema furfuracea</i> ;
Ele: <i>Elaeocarpus viridescens</i> ;	Lit: <i>Litsea glutinosa</i> ;	Xan: <i>Xanthophyllum siamense</i> ;
And: <i>Andenanthera panonina</i> ;	Mic: <i>Microcos paniculata</i> ;	Man: <i>Mangifera siamensis</i> ;
Nep: <i>Nephelium lappaceum</i> ;	Alb: <i>Albizia chinensis</i> ;	Gar: <i>Garcinia lancilimba</i> ;
Ary: <i>Arytera littoralis</i> ;	Acr: <i>Acronychia pedunculata</i> ;	Ard: <i>Ardisia yunnanensis</i> ;
Chi: <i>Chisocheton siamensis</i> ;	Bac: <i>Baccaurea ramiflora</i> ;	Car: <i>Caryota ochlandra</i> ;
Ant: <i>Antidesma montana</i> ;	Sym: <i>Symplocos cochinchinensis</i> ;	Apr: <i>Aporosa dioica</i> ;
Ran: <i>Randia yunnanensis</i> ;	Can: <i>Canthium parvifolium</i> ;	Mem: <i>Memecylon ligustrifolium</i>

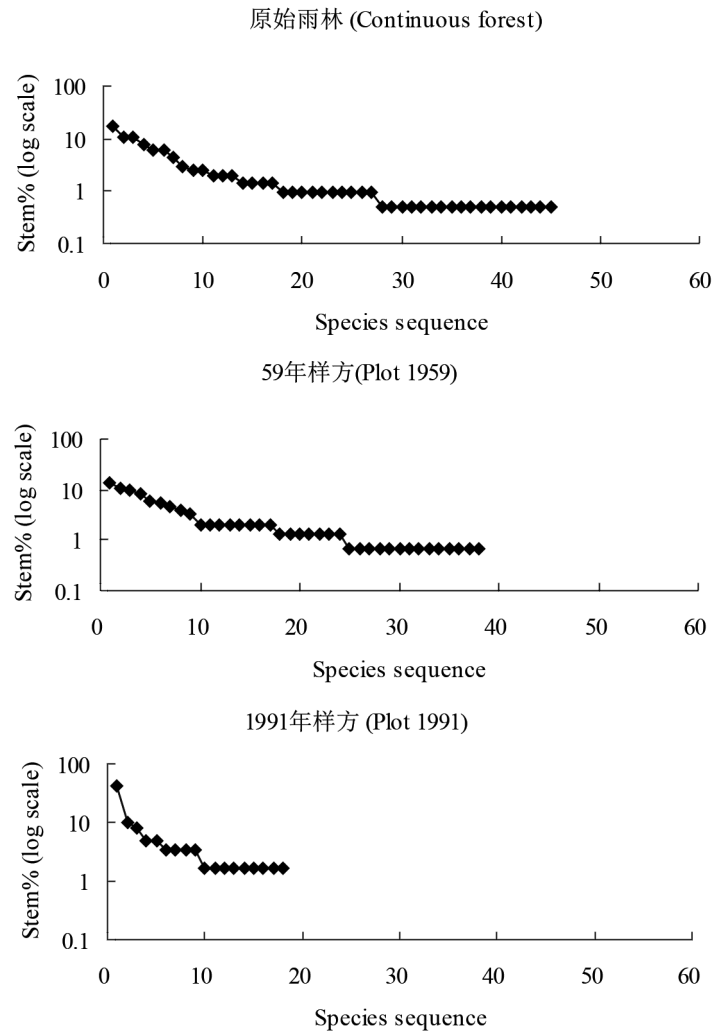


图 5.5 曼养广“龙山”片断热带雨林 30 年前后乔木种序图的比较

Fig. 5.5 Tree species sequences from 1959 plot and 1991 plot in the fragment of the rain forest on Holy hill of Mangyanguan

表 5.2 曼养广“龙山”片断热带雨林定位样方乔木种群变化 (1959—1997 年)

Table 5.2 Tree population changes from the fragment tropical rain forest on Holy hill of Mangyanguan during 37 years isolation

	1959 年 (株/2500m ²)				1997 年 (株/2500m ²)				1959 年 (株/2500m ²)	1997 年 (株/2500m ²)	种群 变化
	SE	SE (%)	SA	SA (%)	SE	SE (%)	SA	SA (%)	(SE%+ SA%)/2	(SE%+ SA%)/2	(SE%+ SA%)/2
上层树种 (Upper layer trees) * *											
大叶白颜树 <i>Gironiera subaequalis</i>	636	32.2	0	0	500	12.6	145	8.9	16.1	10.8	-5.3
龙果 <i>Pouteria grandifolia</i>	463	23.4	3	5.3	60	1.6	80	4.9	14.4	3.3	-11.1
假肉桂 <i>Cinnamomum austroyunnanensis</i>	440	22.3	2	3.5	350	8.8	435	26.2	12.9	17.5	+4.6
窄叶半枫荷 <i>Pterospermum lanceaefolium</i>	287	14.5	11	19.3	620	15.6	220	13.5	16.9	14.6	-2.3
白榄 <i>Canarium album</i>	75	3.8	2	3.5	25	0.6	45	2.8	3.7	1.7	-2
箭毒木 <i>Antiaris toxicaria</i>	25	1.3	8	14	1575	39.6	165	10.1	7.7	24.9	+17.2

续表 5.2

	1959 年 (株/2500m ²)				1997 年 (株/2500m ²)				1959 年 (株/2500m ²)	1997 年 (株/2500m ²)	种群 变化
糙叶树 <i>Aphananthe cuspidata</i>	25	1.3	2	3.5	520	13.1	285	17.5	2.4	15.3	+12.9
假鹊肾树 <i>Pseudostreblus indica</i>	16	0.8	0	0	250	6.3	105	6.4	0.4	6.4	+6
越南粘木 <i>Ixonanthes cochinchinensis</i>	5	0.3	27	47.4	20	0.5	45	2.8	23.9	1.7	-22.2
高榕 <i>Ficus altissima</i>	3	0.2	0	0	0	0	0	0	0.1	0	Disappear
盆架树 <i>Winchia calophylla</i>	1	0.1	1	0.2	20	0.5	30	1.8	0.2	1.2	+1.0
银 钩 花 <i>Mitrephora maingayi</i>	0	0	1	0.2	25	0.6	0	0	0.1	0.3	+0.2
印度栲 <i>Castanopsis indica</i>					10	0.3	60	3.7	0	2.0	
普文楠 <i>Phoebe puwenensis</i>					5	0.1	0	0	0	0.1	
粗枝崖摩 <i>Amoora dasyclada</i>					0	0	10	0.6	0	0.3	
山白兰 <i>Paramichelia baillonii</i>					0	0	5	0.3	0	0.2	
上层树种合计 (株)	1976	100	57	100	3980	100	1630	100			
中层树种 (Middle layer trees) *											
云 树 <i>Garcinia cowa</i>	115	23.5	3	2.8	15	4.0	10	1.4	13.2	2.7	-10.5
光叶倒吊笔 <i>Wrightia laevis</i>	94	19.2	6	5.6	0	0	5	0.7	12.4	0.4	-12
大叶藤黄 <i>Garcinia tinctoria</i>	75	15.3	0	0	35	9.3	5	0.7	7.7	5	-2.7
蒲 桃 <i>Syzygium oblatum</i>	66	13.5	32	30	20	5.3	35	5.0	21.8	5.2	16.6
红光树 <i>Knema furfuracea</i>	60	12.3	3	2.8	30	8.0	80	11.3	7.6	9.7	+2.1
小叶红光树 <i>Knema globularis</i>	34	7.0	0	0	35	9.3	55	7.8	3.5	8.6	+5.1
云南杜英 <i>Elaeocarpus viridescens</i>	24	4.9	0	0	5	1.3	0	0	2.5	0.7	-1.8
潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	6	1.2	34	31.5	70	18.7	165	23.4	16.4	21.1	+4.7
泰国黄叶树 <i>Xanthophyllum siamense</i>	5	1.0	9	8.3	5	1.3	5	0.7	4.7	1.0	-3.7
海红豆 <i>Andenanthera pavonina</i>	5	1.0	4	3.7	0	0	20	2.8	2.4	1.4	-1.0
破布叶 <i>Microcos paniculata</i>	4	0.8	7	6.5	0	0	25	3.5	3.7	1.8	-1.9
泰国芒果 <i>Mangifera siamensis</i>	1	0.2	1	0.9	10	2.7	15	2.1	0.6	2.4	+1.8
海南韶子 <i>Nephelium lappaceum</i>	0	0	9	8.3	5	1.3	10	1.4	4.2	1.4	-2.8
其他	0	0	0	0	12 种 145 株	38.8	21 种 276 株	39.2			
中层树种合计 (株)	489	100	108	100	375		705	100			
下层树种 (Lower layer trees) *											
楹树 <i>Albizia chinensis</i>	62	14.2	3	1.0	0	0	0	0	7.6	0	Disappear
长裂藤黄 <i>Garcinia lancilimba</i>	61	14	2	0.7	15	3.5	0	0	7.4	1.8	-5.6

续表 5.2

	1959 年 (株/2500m ²)				1997 年 (株/2500m ²)				1959 年 (株/2500m ²)	1997 年 (株/2500m ²)	种群 变化
滨木患 <i>Arytera littoralis</i>	51	12	9	3.0	85	20	120	19.2	7.5	19.6	+12.1
山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	80	18.4	8	6.8	20	4.7	20	3.2	12.6	4	-8.6
滇紫金牛 <i>Ardisia yunnanensis</i>	45	10.4	27	9.1	0	0	0	0	9.8	0	Disappear
溪桫 <i>Chisocheton siamensis</i>	41	9.4	10	3.4	10	2.4	10	1.6	6.4	2	-4.4
木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	20	4.6	12	4.0	30	7.1	40	6.4	4.3	6.8	+2.5
毛叶八角枫 <i>Alangium kurzii</i>	15	3.5	3	1.0	5	1.2	10	1.6	2.3	1.4	-0.9
鱼尾葵 <i>Caryota ochlandra</i>	12	2.8	5	1.7	0	0	0	0	2.3	0	Disappear
山地五月茶 <i>Antidesma montanum</i>	12	2.8	9	3.0	25	5.9	40	6.4	2.9	6.2	+3.3
越南山矾 <i>Symplocos cochinchinensis</i>	9	2.1	59	19.9	5	1.2	30	4.8	11	3	-8
银柴 <i>Aporosa octandra</i>	7	1.6	41	13.8	30	7.1	30	4.8	7.7	6	-1.7
云南山黄皮 <i>Randia yunnanensis</i>	5	1.2	30	10.1	75	17.6	15	2.4	5.7	10	+4.3
多裂黄檀 <i>Dalbergia rimosia</i>	4	1.0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	Disappear
铁屎米 <i>Canthium parvifolium</i>	3	0.7	12	4.0	0	0	0	0	2.4	0	Disappear
围涎树 <i>Pithecelobium lucidium</i>	2	0.5	5	1.7	5	1.2	0	0	1.1	0.6	-0.5
女贞叶谷木 <i>Memecylon ligustrifolium</i>	2	0.5	52	17.5	15	3.5	25	4	9	3.8	-5.2
披针叶楠木 <i>Phoebe lanceolata</i>	2	0.5	4	1.3	15	3.5	25	4	0.9	3.8	+2.8
越南山龙眼 <i>Helicia cochinchinensis</i>	1	0.3	1	0.3	0	0	0	0	0.3	0	Disappear
云南红豆 <i>Ormosia yunnanensis</i>	0		2	0.7	0	0	25	4	0.3	2	+1.7
鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	0		1	0.3	0	0	0	0	0.2	0	Disappear
枝花李榄 <i>Linociera ramiflora</i>	0		2	0.7	0	0	0	0	0.4	0	Disappear
金毛榕 <i>Ficus fulva</i>	0		1	0.3	5	1.2	15	2.4	0.2	1.8	+1.6
轮叶树 <i>Ostodes paniculata</i>	0		1	0.2	0	0	0	0	0.1	0	Disappear
白背桐 <i>Mallotus paniculata</i>	0		6	2.0	0	0	5	0.8	1	0.4	-0.6
其他	0	0	0	0	6 种 83 株	19.8	11 种 215 株	34.5			
合 计 (株)	434	100	305	100	420	100	625	100			

* : 中层和下层树种仅列出 1959 年样方中记录有的种类, 在 1997 年样方中记录有但在 1959 年样方中没有的种类作为“其他”表示; * *: SE: 群落幼苗层 (Seedling layer); SA: 群落幼树层 (Sapling layer)

6 砂仁种植对热带雨林植物多样性的影响

砂仁为姜科豆蔻属植物，是一种原产于亚洲热带雨林林下喜阴湿的多年生大叶草本植物。由于具有显著的药用价值，很早就为民间所利用。1963 年砂仁从广东引入西双版纳试种成功（王宝荣，党承林，1997；王宝荣等，1997），之后迅速在热带雨林林下推广种植。砂仁种植已扩展或砂仁侵入到西双版纳季节性热带雨林中的沟谷雨林群落的几乎每一个片断。在西双版纳热带雨林下广泛种植姜科植物砂仁，会严重影响热带雨林的更新。热带雨林主要通过林下存在的幼苗、幼树库来更新。热带雨林下的土壤种子库几乎都由先锋树种和杂草植物组成（曹敏等，1997），在热带雨林更新上不起作用。林下种植砂仁必须清除原有的幼苗、幼树，这样会破坏了热带雨林更新所依赖的林下幼苗、幼树库，使热带雨林散失更新能力（朱华等，2002；Zhu, 2017；Zhu et al., 2007）。

有关西双版纳砂仁种植对热带雨林物种多样性的影响最近已开展了一些研究（王宝荣等，1997；苏文华等，1997；Liu et al., 2006），这些研究均在一定方面和一定程度上探讨了砂仁种植对热带雨林生物多样性的影响。由于西双版纳热带雨林物种组成的复杂性、群落类型的多样性以及地理分布的特殊性，加上砂仁种植要清除或疏去林下层植物的人为性（在清除程度上因人、地而异），仅凭对少数实例的调查和研究只能阐明一些定性的问题，仍不能定量地回答如在什么样的条件下，在什么栽培措施下，在什么砂仁种植密度下对热带雨林物种流失的影响有多大，热带雨林对砂仁种植的耐性（自身完整性保持）有多大等问题。要彻底解决这些问题，需要用实验方法长期观测分析。本文虽然也不能完全回答这些问题，但拟提供更进一步的调查研究资料，唤起人们的注意，以朝向解决这些问题的目标共同迈进。

砂仁是林下喜阴湿的草本植物，在西双版纳主要种植在沟谷季节性雨林林下。为使样方资料有更大的可比性，我们选择不同状况（不同砂仁覆盖度）的砂仁种植雨林片断与同样类型的原始林，设置同样面积的样方，以同样的方法进行调查记录和资料整理。乔木层树木及单位面积各种生活型植物种数的比较主要以 2500m² 样方为基础，灌木层种数和株数的比较主要以 5m × 5 m 小样方为基础进行比较分析。

6.1 砂仁种植对热带雨林结构和植物丰富度的影响

6.1.1 对乔木层的影响

表 6.1 比较了不同状况下种植砂仁的热带雨林与原始热带雨林同样面积上乔木各层株数。种植砂仁的雨林乔木层株数，特别是下层乔木株数（密度）显著减少。砂仁覆盖度越大，乔木株数减少越多，种植砂仁时清除的树木越多，自然留存的个体数就越少。另一方面，不同热带雨林片断，乔木各层株数和乔木层总株数变化较大。例如，在勐养保护区原始雨林样方，乔木层总株数有 472 株，而在同样面积的勐腊自然保护区原始热带雨林样方，乔木层层总株数从 183 株到 284 株。这意味着我们所研究的各种种植砂仁的雨林片断，在未种砂仁前本身乔木层单位面积株数就不一样。由于热带雨林群落

自身的复杂多样性, 加上种植砂仁时人为清除植物强度的多变性, 这种对比研究只能得出如上所述的定性的结论, 那些所谓种植砂仁后, 热带雨林乔木个体损失百分之多少的定量的结论并非具有普遍意义。

6.1.2 对幼树、灌木层的影响

表 6.2 比较了不同砂仁种植覆盖度的雨林与原始雨林单位面积上灌木层植物 (主要是幼树) 株数。与乔木层有同样的变化规律, 种植有砂仁的雨林, 灌木层单位面积个体数显著减少, 并随砂仁覆盖度的增加, 灌木层个体数大幅度降低。例如, 在砂仁覆盖度占草本层 90% 的雨林, 其灌木层单位面积个体数与原始热带雨林相比可相差十几倍。不同的原始热带雨林群落, 单位面积灌木层个体数变化较大, 但很明显的是, 只要种植了砂仁, 灌木层个体数量显著减少。这主要是由于人为清除灌木层植物的结果, 清除强度与留下的个体数密切相关, 至于靠砂仁自身的竞争抑制并非灌木层散失的主要原因。

林下层的幼苗、幼树库是雨林更新和种类组成维持的物质基础。根据曹敏等 (1997)、唐勇等 (1999, 2000) 的研究显示, 热带雨林土壤种子库储备的有生命力的种子绝大部分为次生或先锋树种和杂草的种子, 居于热带雨林林下有丰富的幼树、幼苗库这一事实, 可以认为热带雨林的更新主要依赖于其林下的幼苗库。砂仁种植对热带雨林的最大危害就是清除或破坏了其幼树、幼苗库。大多数种植砂仁的林段, 其上、中层乔木并未被大量砍伐, 从外表看去林段仍郁郁葱葱, 造成一种森林仍然存在的假象, 似乎砂仁种植对热带雨林的影响不太严重。殊不知一旦踏入这类森林, 即可见林下空空荡荡, 除地面覆盖砂仁外很少见其他幼小树。由于热带雨林物种组成的多样性, 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 (Brokaw, 1985; Whitmore, 1989, 1990), 这就导致了热带雨林的一个局部地段上乔木层植物区系组成与其下的灌草层中幼树、幼苗的植物区系组成不一样, 这就是所谓的更新镶嵌或循环理论 (mosaic or cyclical theory of regeneration) (Richards, 1952)。在我们对西双版纳龙脑香热带雨林的研究例子中, 单个样方乔木层植物区系组成与其下的灌木层中幼树、幼苗的植物区系组成相差 30%~50% (朱华等, 2000)。西双版纳的热带雨林大多呈断续的块片与其他类型植被镶嵌的分布格局, 每个块片可以看作是群落的一个局部地段, 其乔木层植物区系组成与下面的灌草层中幼树、幼苗的植物区系组成并不完全一样, 当种植砂仁清除灌草层幼苗库后, 即使乔木层仍保留, 但灌草层中大量的在该地段上并无母树的幼树、幼苗种类无疑失去了。

从表 6.1 和表 6.2 的比较可以看出, 除非人们有意把大树砍掉, 通常种植砂仁直接清除的主要是灌木层和小树层 (乔木下层)。这样的森林群落结构已非常不完整, 通俗点说就是只有外表而没有内容。这种只是保留了部分乔木层次或层片的雨林片断显然是非常不稳定的, 它们生物多样性的散失不只是直接的砍伐清除, 显然还有更严重的后果。

6.2 砂仁种植对热带雨林物种多样性的影响

表 6.3 比较了种植砂仁的雨林片断与原始热带雨林单位面积上植物各生活型种数的变化。单位面积植物种数的减少与人为清除直接相关, 如表中江边寨与跳坝河的样方 (苏文华等, 1997), 砂仁覆盖度均在 90% 以上时, 乔木种数显著减少, 灌木、草本和藤本植物几乎消失, 这无疑是强度清除的结果。曼么的样方设在砂仁种植地的边缘, 为砂仁种植地向热带雨林纵深侵入的部分, 砂仁覆盖度仅 40%,

未受到强度清除，各生活型植物种数减少不多，仍与原始林接近。尽管在砂仁覆盖度不大，未受强度清除的情况下热带雨林物种多样性减少不多，但在这样的情况下砂仁的产量很低，仍得不偿失。种植砂仁后种数的减少仍主要是人为清除的结果，清除强度大，种类减少就多。

表 6.4 比较了原始热带雨与不同砂仁覆盖度的样方幼树、灌木植物多样性指数的变化情况。植物多样性指数随砂仁覆盖度的增大而减小，在砂仁覆盖度<10%的地段（砂仁种植地边缘），物种多样性指数并不比无砂仁林地小。

6.3 砂仁种植对热带雨林乔木层种群结构的影响

图 6.1 比较了各样地的乔木种序图，可以看出，未种砂仁的热带雨林群落乔木种序图很类似，均有一个长尾，意味着它们的多数种类均只有 1~2 个个体，这是热带雨林物种多样性的一个表现。与之相比，种植砂仁的林地，随砂仁覆盖度及清除强度的增大，这个长尾显著变短，亦即那些只含少数个体的种类（种群）首先消失，最后剩下来的少数种类均是那些含个体数较多的种类（种群）。这也就是说，随着砂仁种植，热带雨林中的稀有种类将首先消失。

总结来说，热带雨林的更新主要依赖于其林下层的幼苗库。砂仁的种植必须大量清除林下幼树、灌木层植物，否则不能获得高产。林下层的幼树、苗库被清除或破坏，热带雨林就难以自我更新。因此，林下种植砂仁对热带雨林生物多样性的影响不仅在于直接的清除林下幼树、灌木层植物，而且更大的潜在危害是使得热带雨林难以自我更新。种植了砂仁的热带雨林片断，物种和个体数的减少或流失，主要是直接的人为清除的结果，清除强度大，种类和个体减少就多。由于热带雨林物种的极其多样性，在热带雨林群落中，乔木层的多数种类均只有 1~2 个个体，这些种类是非常脆弱的种群，热带雨林下砂仁种植，这些脆弱种类将首先消失。

表 6.1 西双版纳原始热带雨林与林下种植砂仁雨林片断样方乔木层株数的比较

Table 6.1 Comparison of tree density between the primary forests and the forests with *Amomum villosum* plantation underneath

样方 Plot	云南大学 *	望天树 I	望天 II	97-11	94-0101	样方 2 ***	样方 1 ***
群落类型 ** Forest type	RSRF	RDSRF1	RDSRF2	RSRF	RSRF	RSRF	RSRF
干扰状况 State	原始雨林 Primary forest	原始雨林 Primary forest	原始雨林 Primary forest	半原始雨林 Old secondary	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> 40%	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> >90%	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> >90%
乔木层覆盖度 Tree coverage(%)	>95	>95	>95	>90	>90	80	60
地点 Location	勐养保护区 Mengyang NR	勐腊保护区 Mengla NR	勐腊保护区 Mengla NR	植物园保护区 XTBG Menglun	勐罕曼么 Manmo, Menghan	巴卡小寨 Baka village	小腊公路 52km 沟谷 Valley of Mengla-Menglun road
面积 Area(m ²)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
乔木上层株数 Upper layer trees	43	18	36	9	24	13	1
乔木中层株数 Middle layer trees	46	28	49	26	31	2	7

续表 6.1

样方 Plot	云南大学 *	望天树 I	望天 II	97-11	94-0101	样方 2***	样方 1***
乔木下层株数 Lower layer trees	383	137	199	250	41	69	17
合计 Total	472	183	284	285	96	84	25

* 欧晓昆 (1997)

RSRF: 沟谷季节雨林 (Ravine seasonal rain forest); RDSRF: 沟谷龙脑香季节雨林 (Ravine dipterocarp seasonal rain forest)

*** 管于琴: 西双版纳热带天然林下经济作物种植的研究, 中国科学院昆明植物研究所硕士研究生学位论文, 1996

表 6.2 西双版纳原始热带雨林与林下种植砂仁雨林片断样方幼灌层株数的比较

Table 6.2 Comparison of sapling-shrub density between the primary forests and the forests with *Amomum villosum* plantation

样方 Plot	云南大学 *	望天树 I	望天树 II	97-11	971209+ 971207+ 9401013	971203+ 971206	971202+ 9401012
群落类型** Forest type	RSRF	RDSRF1	RDSRF2	RSRF	RSRF	RSRF	RSRF
干扰状况 State	原始雨林 Primary forest	原始雨林 Primary forest	原始雨林 Primary forest	半原始雨林 Old secondary	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> 20% ~ 40%	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> 40% ~ 60%	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> 90%
地点 Location	勐养保护区 Mengyang NR	勐腊保护区 Mengla NR	勐腊保护区 Mengla NR	植物园保护区 XTBG Menglun	勐仑曼掌 Manmo, Menglun	勐仑曼掌 Manmo, Menglun	勐罕曼么 Manmo, Menghan
面积 Area(m ²)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
幼灌层株数 Individuals	9275	4700	6240	3720	2431	1750	725

欧晓昆 (1997)

RSRF: 沟谷季节雨林 (Ravine seasonal rain forest); RDSRF: 沟谷龙脑香季节雨林 (Ravine dipterocarp seasonal rain forest)

表 6.3 原始雨林与林下种植砂仁雨林样方植物种数的比较

Table 6.3 Comparison of species number per plot between primary forest and the forest with *Amomum villosum* plantation

样方 Plot	云南大学 *	望天树 I	望天树 II	97-11	94-0101	云南大学 **	云南大学 **
群落类型 Forest type	RSRF	RDSRF1	RDSRF2	RSRF	RSRF	RSRF	RSRF
干扰状况 State	原始雨林 Primary forest	原始雨林 Primary forest	原始雨林 Primary forest	半原始雨林 Old secondary	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> 40%	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> >90%	种植砂仁雨林 <i>Amomum</i> >90%
地点 Location	勐养保护区 Mengyang NR	勐腊保护区 Mengla NR	勐腊保护区 Mengla NR	植物园保护区 XTBG Menglun	勐罕曼么 Manmo, Menghan	江边寨 Jiang Bian Zhai	跳坝河 Tiao Ba He
面积 Area(m ²)	2500	2500	2500	2500	2500	1200	1200

续表 6.3

样方 Plot	云南大学 *		望天树 I		望天树 II		97-11		94-0101		云南大学 *		云南大学 **	
生活型 Life form	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 Tree	98	47.7	89	50	91	50.3	75	53.4	82	54.3	24	96	16	88.8
灌木 Shrub	43	19.6	19	9.7	16	8.8	13	9.3	12	7.9	0	0	0	0
草本 Herb	37	16.9	28	14.3	19	10.5	25	17.9	26	17.2	1	4	1	5.5
藤本 Liana	35	16	41	20.9	40	22.1	20	14.3	24	15.9	0	0	1	5.5
附生植物 Epiphyte	6	2.7	19	9.7	15	8.3	7	5	7	4.6	0	0	0	0
总计 All	219	100	196	100	181	100	140	100	151	100	25	100	18	100

* 党承林, 王宝荣 (1997)

** 苏文华等 (1997)

RSRF: 沟谷季节雨林 (Ravine seasonal rain forest); RDSRF: 沟谷龙脑香季节雨林 (Ravine dipterocarp seasonal rain forest)

表 6.4 热带雨林下不同砂仁种植密度幼树、灌木多样性变化

Table 6.4 Species number, density and diversity indexes of sapling & shrub in different *Amomum villosum* density plantation under tropical rain forest

砂仁覆盖度 <i>Amomum</i> coverage (%)	样地号 Plot no.	面积 Area (m ²)	种数 No. sp.	株数 No. indiv.	香农指数 * SHH	香农均衡度 SHE
0	88-1	5 (5×5)	68	235	3.4823	0.9149
0	88-2	5 (5×5)	71	312	3.3331	0.875
0	Jiangbianzhai	25 (2×2)	77	371	4.3438	0.8281
<10	9401011	3 (5×5)	53	92	3.7334	0.9403
<10	971201	5×5	33	41	3.4431	0.9847
<10	971204	5×5	30	43	3.2855	0.966
<10	971208	5×5	25	37	3.1333	0.9733
20~30	971209	5×5	22	27	3.0391	0.9832
30~40	971207	5×5	16	25	2.6779	0.9658
30~40	9401013	5×5	15	21	2.5575	0.9444
40~60	971203	5×5	13	18	2.4762	0.9654
40	971206	5×5	12	17	2.3439	0.9433
90	971202	5×5	6	6	1.7918	1
>90	9401012	3 (5×5)	4	23	0.5306	0.3827

SHH: Shannon-Wiener's diversity index

SHE: Evenness index

Base = 2.718283

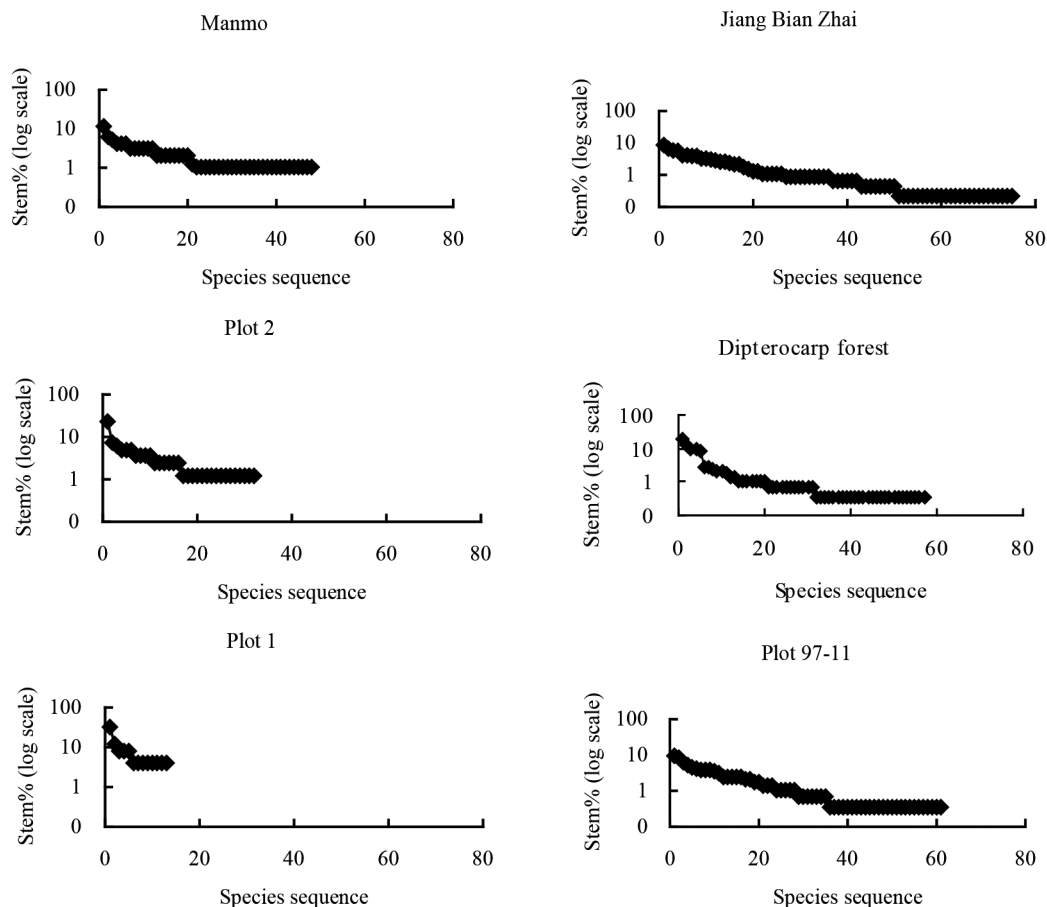


图 6.1 种植砂仁的雨林与原始热带雨林乔木种序图的比较

Fig. 6.1 Comparison of tree species sequence/stem% diagrams from the forests with *Amomum villosum* plantation and primary forests without *Amomum villosum*

种植砂仁雨林 (Forest with *Amomum* Plantation)

Manmo: Tree coverage >90%, *Amomum* 40%

Plot 2: Tree coverage 80%, *Amomum* >90%

Plot 1: Tree coverage 60%, *Amomum* >90%

未种植砂仁雨林 (Forest without *Amomum*)

Jiang Bian Zhai: Tree coverage >95%, no *Amomum*

Dipterocarp forest: Tree coverage >95%, no *Amomum*

Plot 97-11: Tree coverage >90%, no *Amomum*

7 热带次生林植物多样性的变化

西双版纳的热带森林生态系统已日趋严重的破碎化，实际上已成为各种不同形式和程度的退化生态系统。热带森林生态系统的退化将导致其生物多样性的迅速散失，表现在组成、结构和功能上的各种变化上，我们对西双版纳热带森林的3种主要人为干扰破坏后形成的次生群落进行了样方调查，探讨它们在物种和群落水平上植物多样性各个方面的变化规律（施济普，朱华，2002）。

研究样地均位于西双版纳州勐腊县勐仑镇，包括：①择伐次生林，为当地老百姓打柴不断干扰而成，群落高度为20m左右，干扰时间约为20年；②皆伐次生林，为皆伐后自然更新的群落，高度15m左右，皆伐时间为6年；③轮歇次生林，为刀耕火种撩荒15年后恢复起来的次生群落，高度15m左右。样地的坡度都为10°左右。

7.1 热带次生林的物种组成

针对择伐次生林，皆伐次生林和轮歇次生林，我们各做了500m²面积（5个10m×10m）的样地调查，将3个类型次生群落的物种组成及重要值统计于表7.1。择伐次生林中重要值>20%的物种有：窄序岩豆树（*Millettia leptobotrya*）、思茅木姜子（*Litsea pierrei*）、突脉榕（*Ficus vasculosa*）、湄公栲（*Castanopsis meikongensis*）、香花木姜子（*Litsea panamonja*）、多瓣蒲桃（*Syzygium polyetaloideum*）和大参（*Macropanax dispermus*）共7种，>10%的有10种；皆伐次生林中重要值>20%的有：窄序岩豆树、尖尾榕（*Ficus langkokensis*）、大叶白颜树（*Gironniera subaequalis*）和野荔枝（*Litchi chinensis*）4种，大于10%的共有8种；轮歇次生林中重要值大于20%的植物种类有：中平树（*Macaranga denticulata*）、滇银柴（*Aporosa yunnanensis*）、艾胶树（*Glochidion lanceolarium*）、黄牛木（*Cratoxylon cochinchinensis*）共4种，大于10%的有9种。择伐次生林和皆伐次生林中都有几个树种较为优势，如择伐次生林中的思茅木姜子（重要值35.34）、突脉榕（重要值24.69）、窄序岩豆树（重要值36.82）等；皆伐次生林中的大叶白颜树（重要值38.88）、尖尾榕（重要值39.39）、野荔枝（重要值25.42）、窄序岩豆树（重要值46.38）。而轮歇次生林中则以中平树（重要值96.34）最为优势，形成中平树单优群落，其余相对优势的植物种类为艾胶树和滇银柴。其重要值远低于群落中的中平树。

表 7.1 各类次生群落的物种组成及重要值

Table 7.1 Species composition and their important value of the secondary forests

群落类型 Type of forest	种名 Species name	株数 No. of tree	相对密度 RDE (%)	相对优势度 RDO (%)	相对频度 RFE (%)	重要值 IVI
择伐次生林 Selected logging type	窄序岩豆树 <i>Millettia leptobotrya</i>	10	16.13	8.5	12.2	36.82
	思茅木姜子 <i>Litsea pierrei</i>	8	12.9	12.68	9.76	35.34
	突脉榕 <i>Ficus vasculosa</i>	5	8.06	9.31	7.32	24.69
	湄公栲 <i>Castanopsis meikongensis</i>	2	3.23	16.9	2.44	22.57
	香花木姜子 <i>Litsea panamonja</i>	4	6.45	10.48	4.88	21.81
	多瓣蒲桃 <i>Syzygium polyoetaloideum</i>	4	6.45	6.69	7.32	20.46
	大参 <i>Macropanax dispermus</i>	4	6.45	6.48	7.32	20.25
	刺栲 <i>Castanopsis hystrix</i>	2	3.23	10.58	4.88	18.68
	华夏蒲桃 <i>Syzygium cathayensis</i>	3	4.84	3.44	7.32	15.59
	大叶白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	3	4.84	2.72	2.44	10
	滇银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	3	4.84	2.59	2.44	9.87
	齿叶猫尾 <i>Dolichandrone stipulata</i>	2	3.23	1.49	2.44	7.15
	降真香 <i>Acronychia pedunculata</i>	1	1.61	1.7	2.44	5.75
	黄牛木 <i>Cratoxylon cochinchinensis</i>	1	1.61	1.27	2.44	5.32
	细毛润楠 <i>Machilus tenuipilia</i>	1	1.61	1.14	2.44	5.19
	小萼瓜腹木 <i>Fissistigma polyanthum</i>	1	1.61	0.69	2.44	4.74
	尖尾榕 <i>Ficus langkokensis</i>	1	1.61	0.59	2.44	4.64
	细罗伞 <i>Ardisia arborescens</i>	1	1.61	0.5	2.44	4.56
	云南灰木 <i>Symplocos yunnanensis</i>	1	1.61	0.5	2.44	4.56
	椴叶山麻杆 <i>Alchornea tiliacifolia</i>	1	1.61	0.35	2.44	4.4
	光叶合欢 <i>Albizia lucidior</i>	1	1.61	0.35	2.44	4.4
	披针叶楠 <i>Phoebe lanceolata</i>	1	1.61	0.35	2.44	4.4
	绒毛泡花树 <i>Meliosma velutina</i>	1	1.61	0.35	2.44	4.4
	小叶红光树 <i>Knema globularia</i>	1	1.61	0.35	2.44	4.4
合计共 24 种 Total 24 species		62	100	100	100	300

续表 7.1

群落类型 Type of forest	种名 Species name	株数 No. of tree	相对密度 RDE (%)	相对优势度 RDO (%)	相对频度 RFE (%)	重要值 IVI
皆伐次生林 Cleared logging type	窄序岩豆树 <i>Millettia leptobotrya</i>	15	23.08	12.78	10.53	46.38
	尖尾榕 <i>Ficus langkokensis</i>	5	7.69	23.8	7.89	39.39
	大叶白颜树 <i>Girouneria subaequalis</i>	8	12.31	18.67	7.89	38.88
	野荔枝 <i>Litchi chinensis</i>	6	9.23	5.66	10.53	25.42
	伞花木姜子 <i>Litsea umbellata</i>	3	4.62	7.16	2.63	14.4
	滇银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	3	4.62	3.96	5.26	13.84
	玉蕊 <i>Barringtonia macrostachya</i>	2	3.08	2.31	5.26	10.65
	绒毛泡花树 <i>Meliosma velutina</i>	3	4.62	3.26	2.63	10.51
	大参 <i>Macropanax dispersum</i>	2	3.08	1.09	5.26	9.43
	华夏蒲桃 <i>Syzygium cathayensis</i>	2	3.08	1.09	5.26	9.43
	大叶藤黄 <i>Garcinia xanthochymus</i>	1	1.54	4.26	2.63	8.43
	山木患 <i>Harpullia cupanioides</i>	2	3.08	1.85	2.63	7.56
	滇南溪桫 <i>Chisocheton siamensis</i>	2	3.08	1.33	2.63	7.04
	大花哥纳 <i>Goniotalamus griffithii</i>	1	1.54	2.18	2.63	6.35
	柴龙树 <i>Apodytes dimidiata</i>	1	1.54	1.76	2.63	5.93
	湄公栲 <i>Castanopsis meikongensis</i>	1	1.54	1.39	2.63	5.56
	泰国黄叶树 <i>Xanthopyllum sismensis</i>	1	1.54	1.39	2.63	5.56
	野芭蕉 <i>Musa acuminata</i>	1	1.54	1.39	2.63	5.56
	木奶果 <i>Baccaurea ramiflora</i>	1	1.54	1.07	2.63	5.24
	披针叶楠 <i>Phoebe lanceolata</i>	1	1.54	1.07	2.63	5.24
	勐仑翅子树 <i>Pterospermum menglunense</i>	1	1.54	0.78	2.63	4.95
	山乌柏 <i>Sapium baccatum</i>	1	1.54	0.66	2.63	4.83
	红果葱臭 <i>Dysoxylum Binectiferum</i>	1	1.54	0.54	2.63	4.71
	越北巴豆 <i>Croton argyratus</i>	1	1.54	0.54	2.63	4.71
合计 24 种 Total 24 species		65	100	100	100	300

续表 7.1

群落类型 Type of forest	种名 Species name	株数 No. of tree	相对密度 RDE (%)	相对优势度 RDO (%)	相对频度 RFE (%)	重要值 IVI
轮歇次生林 Shifting terra type	中平树 <i>Macaranga denticulata</i>	42	37.5	45.68	13.16	96.34
	滇银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	17	15.18	6.11	13.16	34.45
	艾胶树 <i>Glochidion lanceolarium</i>	11	9.82	9.31	10.53	29.66
	黄牛木 <i>Cratoxylon cochinchinensis</i>	7	6.25	10.23	5.26	21.75
	猪肚木 <i>Canthium parvifolium</i>	7	6.25	3.75	7.89	17.89
	云南黄杞 <i>Engelhardtia spicata</i>	3	2.68	5.34	7.89	15.91
	木荷 <i>Schima wallichii</i>	5	4.46	4.28	5.26	14.01
	云南蒲桃 <i>Syzygium yunnanense</i>	4	3.57	1.78	5.26	10.62
	漆树 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	2	1.79	3.22	5.26	10.27
	盆架树 <i>Winchia calophylla</i>	3	2.68	2.04	5.26	9.98
	红梗楠 <i>Machilus rufipes</i>	2	1.79	2.06	5.26	9.11
	岗桉 <i>Eurya groffii</i>	4	3.57	2.67	2.63	8.87
	余甘子 <i>Phyllanthus emblica</i>	1	0.89	1.43	2.63	4.95
	笔管榕 <i>Ficus superba</i>	1	0.89	0.63	2.63	4.16
	嘉赐树 <i>Casearia balansae</i>	1	0.89	0.49	2.63	4.01
	假柿木姜子 <i>Litsea monopetala</i>	1	0.89	0.49	2.63	4.01
	毛阿方 <i>Alphonsea mollis</i>	1	0.89	0.49	2.63	4.01
合计 17 种 Total 17 species		112	100	100	100	300

7.2 热带次生林的群落多样性指数及植物种数

表 7.2 为 3 个次生群落类型的样地乔木层和灌草层植物种数, 物种多样性指数的统计。从表 7.2 可见: 择伐次生林、皆伐次生林、轮歇次生林在 100m² 面积上, 乔木种数相差不大, Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数亦无显著差异。3 个群落林下灌草层平均种数在轮歇次生林中最多, 但 Shannon-Wiener 指数则在皆伐次生林最大, 轮歇次生林最小。择伐和皆伐次生林乔木种数和多样性数值在不同样地间变化相对大些, 灌草层的多样性数值在不同样地间变化相对小。轮歇次生林则表现相反。

7.3 热带次生林中的先锋成分和非先锋成分

经统计, 胸径大于 5cm 的乔木在择伐次生林 500m² 面积中, 共有 24 种, 其中先锋成分 12 种, 非先锋 12 种, 先锋成分和非先锋成分各占一半; 灌草层共包括 61 种, 其中先锋植物 29 种, 非先锋植物 32 种。皆伐次生林有乔木 24 种, 其中先锋 10 种, 非先锋 14 种; 灌草层共有 95 种, 其中先锋 45 种, 非先锋 50 种。轮歇次生林中共有乔木 17 种, 13 种为先锋植物, 4 种为非先锋植物; 林下灌草层有植物 101 种, 先锋 78 种, 非先锋 23 种。

若把样地内所有物种记入，则择伐次生林样地共有植物 92 种，先锋 49 种，非先锋 43 种。皆伐次生林样地共有植物 125 种，先锋 65 种，非先锋 60 种。轮歇次生林样地共有植物 143 种，先锋 109 种，非先锋 34 种。前二类群落中先锋和非先锋植物之间比例较接近，各约占 50%，轮歇次生林中先锋物种占较大比重，达 76%。在前二类群落中，森林由于被砍伐从而使一些先锋植物得以侵入，但同时有一部分非先锋植物的种子或萌桩存在，又使群落一定程度上可能保持原有的一些非先锋成分。轮歇次生林恢复的基础是刀耕火种后的轮歇地，轮歇地由于砍伐树木焚烧后种植作物，焚烧和耕种使群落破坏得更加彻底，土壤等条件更加恶劣，同时焚烧对原有土壤种子库、生境等都会产生不同程度的影响，在这种条件下使得恢复起来的轮歇次生林中的先锋植物占有最高比例。

表 7.2 植物多样性指数及植物种数

Table 7.2 Plant diversity and species numbers per unit area in the three secondary forests

群落类型 Forest type	项目 Item	样地号 No. of plots					
		样地 1 No. 1	样地 2 No. 2	样地 3 No. 3	样地 4 No. 4	样地 5 No. 5	平均 Average
择伐次生林乔木层 Selected logging for tree layer	Simpson Index	0. 8061	0. 8900	0. 8776	0. 7500	0. 7778	0. 8203
	Shannon-Wiener Index	1. 8469	2. 2934	2. 2056	1. 4942	1. 5607	1. 8802
	Total species	7	11	10	5	5	7. 6
皆伐次生林乔木层 Cleared logging for tree layer	Simpson Index	0. 7160	0. 7474	0. 8858	0. 7407	0. 8472	0. 7874
	Shannon-Wiener Index	1. 4271	1. 5336	2. 2824	1. 5811	1. 9779	1. 7604
	Total species	5	6	10	6	8	7. 0
轮歇次生林乔木层 Shifting terra for tree layer	Simpson Index	0. 8077	0. 8050	0. 7194	0. 8011	0. 7934	0. 7853
	Shannon-Wiener Index	1. 8506	1. 8988	1. 5098	1. 8033	1. 7678	1. 7661
	Total species	8	9	6	8	7	7. 6
择伐次生林灌草层 Selected logging for shrub-herb layer	Simpson Index	0. 9366	0. 9312	0. 8766	0. 9324	0. 8576	0. 9069
	Shannon-Wiener Index	2. 9689	2. 7885	2. 9036	2. 9473	2. 2639	2. 7744
	Total species	30	22	25	28	21	25. 2
皆伐次生林灌草层 Cleared logging for shrub-herb layer	Simpson index	0. 9601	0. 6953	0. 9349	0. 957	0. 9498	0. 8994
	Shannon-Wiener Index	3. 3416	3. 144	3. 0726	3. 3027	3. 2868	3. 2295
	Total Species	31	25	29	31	33	29. 8
轮歇次生林灌草层 Shifting terra for shrub-herb layer	Simpson Index	0. 8525	0. 8418	0. 8743	0. 9005	0. 9089	0. 8756
	Shannon-Wiener Index	2. 5371	2. 1893	2. 5715	2. 7069	3. 021	2. 6052
	Total species	44	35	35	30	47	38. 2

注：样地 1~5 乔木层面积 100m²，灌草层面积 3m×4m

7.4 各类型次生林植物多样性比较

从表 7.3 中可以看出：乔木层种数择伐次生林和皆伐次生林无差异，比轮歇次生林丰富。Shan-

non-Wiener 指数在择伐次生林最大, 轮歇次生林最小。林下灌草层植物种数在轮歇次生林最多, 择伐次生林最少, 但 Shannon-Wiener 指数则是在轮歇次生林最小。

表 7.3 各类型次生林植物多样性比较

Table 7.3 The comparison of diversity in the three secondary forests

群落类型 Type of forest	Simpson 指数 (Index)		Shannon-Wiener 指数 (Index)		数 No. of taxa	
	乔木层 Tree Layer	灌草层 Shrub layer	乔木层 Tree layer	灌草层 Shrub layer	乔木层 Tree layer	灌草层 Shrub layer
择伐次生林 Selected logging (500m ²)	0.9251	0.9766	2.8628	3.6219	24	61
皆伐次生林 Cleared logging (500m ²)	0.9032	0.9784	2.7456	4.1818	24	95
轮歇次生林 Shifting terra (500m ²)	0.8119	0.9049	2.1536	3.0447	17	101

7.5 单位面积上的次生林植物个体数

3 个群落样地内单位面积植物个体数比较见表 7.4。择伐次生林和皆伐次生林在乔木层和灌草层单位面积植物个体数上无显著差异, 但明显少于轮歇次生林。

轮歇次生林乔木层以少数树种形成优势为特点, 如中平树, 共 42 株; 滇银柴, 17 株。灌草层也是以共优种多为特点, 如飞机草 (*Chromolaena odorata*) (72 株)、紫茎泽兰 (*Ageratina adenophora*) (254 株)、翠云草 (*Selaginella* sp.) (102 株)、明萼草属一种 (*Rungia* sp.) (157 株) 等。结果造成群落结构单一, 物种多样性指数下降。图 7.1 显示了 3 个群落的种序图。择伐次生林和皆伐次生林大体相似, 具有一个长尾, 意味着乔木层有 1~2 个个体的种类较多, 体现了较大的物种多样性和群落的不稳定性, 一旦群落继续遭到破坏, 这些种类极有可能最先消失, 从而降低群落的物种多样性。轮歇次生林的种序图尾部很短, 意味着较小的物种多样性和群落的相对单一性、相对稳定性。

表 7.4 各群落中单位面积上的植物株数或丛数

Table 7.4 Plant individuals per unit area in the three secondary forest

群落类型 Type of forest		植物个体数 (株或丛) No. of individuals per unit area						
		样地 1 No. 1	样地 2 No. 2	样地 3 No. 3	样地 4 No. 4	样地 5 No. 5	平均 Average	总计 Total
择伐次生林 Selected logging forest	乔木层 Tree layer	14	20	14	8	6	12.4	62
	灌草层 Understory	33	25	77	69	24	45.6	228
皆伐次生林 Cleared logging forest	乔木层 Tree layer	9	17	17	9	12	12.8	64
	灌草层 Understory	41	34	52	47	53	45.4	227
轮歇次生林 Shift terraforest	乔木层 Tree layer	26	20	28	27	11	22.4	112
	灌草层 Understory	284	328	301	173	249	267	1335

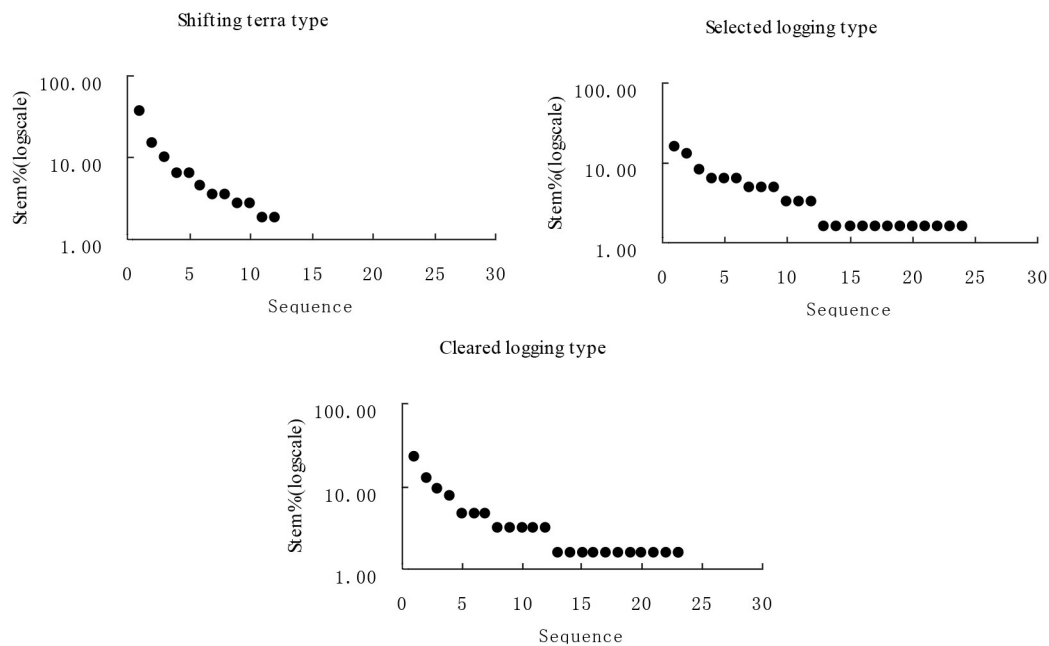


图 7.1 3 个群落种序图的比较

Fig. 7.1 Comparison of tree species sequence/stem% diagrams of the three secondary forests

7.6 次生林的生活型谱及叶级构成

在 500m² 面积内各群落所有植物种类的生活型谱的比较见表 7.5，图 7.2。3 个群落相比，择伐和皆伐次生林乔木种类相对较多，而轮歇次生林中灌木和草本植物种类较为丰富，尤其是一年生草本植物种类远多于其他群落类型。各群落中均以常绿植物占优势，分别占各群落的 96.74%（择伐次生林）、96.80%（皆伐次生林）、86.71%（轮歇次生林）。

从叶级谱的比较看（表 7.6），各群落均以中叶占优势，但轮歇次生林中叶比例相对较小，小叶占比例较大。从起源上看，择伐次生林为原始林中部分植物被破坏的结果，皆伐次生林被破坏更为严重，而轮歇次生林则是原来植被被彻底破坏，包括一些土壤和土壤种子库，这些因素影响了以后植被的恢复和植物种类组成及生态表现。

表 7.5 植物生活型谱的比较

Table 7.5 Comparison of life forms in three secondary forests

群落类型 Type of forest		植物个体数（株或丛） No. of individuals per unit area						
		乔木 Tree	灌木 Shrub	草本 Herb	藤本 Liana	附生 Epiphyte	寄生 Parasit	总计 Total
择伐群落 Selected logging	种数 No. of Sp.	47	16	9	20	0	0	92
	百分比 (%)	51.09	17.39	9.78	21.74	0	0	100
皆伐群落 Cleared logging	种数 No. of sp.	63	16	23	23	0	0	125
	百分比 (%)	50.4	12.8	18.4	18.4	0	0	100
轮歇群落 Shifting terra	种数 No. of sp.	46	29	36	28	3	1	143
	百分比 (%)	32.17	20.28	25.17	19.58	2.1	0.7	100

表 7.6 各群落叶级谱的比较

Table 7.6 Comparison of leaf size spectra in the three secondary forests

群落 Forest type	叶级谱 Leaf size	乔木 Tree	百分比 (%)	灌木 Shrub	百分比 (%)	草本 Herb	百分比 (%)	藤本 Liana	百分比 (%)	总计 Total	百分比 (%)
择伐次生林 selected logging	微叶 Nanophyll	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	小叶 Microphyll	8	17.02	7	43.75	2	22.22	4	20.00	21	22.83
	中叶 Mesophyll	38	80.85	9	56.25	5	55.56	16	80.00	68	73.91
	大叶 Macrophyll	1	2.13	0	0.00	2	22.22	0	0.00	3	3.26
	巨叶 Megaphyll	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	合计 Total	47	100	16	100	9	100	20	100	92	100
皆伐次生林 Cleared logging	微叶 Nanophyll	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	小叶 Microphyll	13	20.63	8	50.00	9	39.13	4	17.39	34	27.20
	中叶 Mesophyll	48	76.19	8	50.00	10	43.48	19	82.61	85	68.00
	大叶 Macrophyll	2	3.17	0	0.00	3	13.04	0	0.00	5	4.00
	巨叶 Megaphyll	0	0.00	0	0.00	1	4.35	0	0.00	1	0.80
	合计 Total	63	100	16	100	23	100	23	100	125	100
轮歇群落 Shifting terra	微叶 Nanophyll	0	0.00	0	0.00	2	5.56	0	0.00	3	2.10
	小叶 Microphyll	5	10.87	18	62.07	22	61.11	4	14.29	52	36.36
	中叶 Mesophyll	37	80.43	10	34.48	10	27.78	22	78.57	79	55.24
	大叶 Macrophyll	4	8.70	1	3.45	1	2.78	2	7.14	8	5.59
	巨叶 Megaphyll	0	0.00	0	0.00	1	2.78	0	0.00	1	0.70
	合计 Total	46	100	29	100	36	100	28	100	143	100

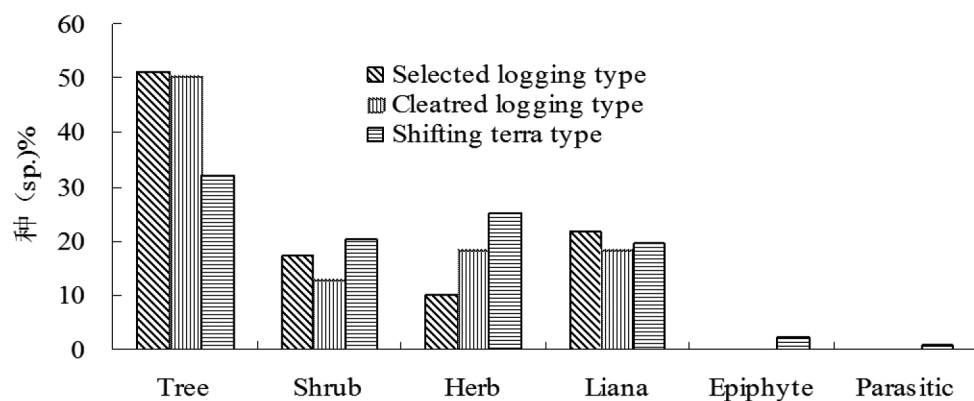


图 7.2 各群落生活型谱的比较

Fig. 7.2 Comparison of life form spectra of the three secondary forests

择伐次生林、皆伐次生林、轮歇次生林数在 100m² 的 5 个样地中平均物种相差不大。轮歇次生林灌草层植物种数较多，但 Simpson、Shannon-Wiener 平均多样性指数则较低。在 500m² 面积的乔木层种

数在择伐次生林和皆伐次生林无差异，比轮歇次生林丰富，Shannon-Wiener 指数在择伐次生林最大，轮歇次生林最小。择伐次生林和皆伐次生林先锋成分略高于 50%，轮歇次生林中先锋成分则高达 76%。择伐次生林和皆伐次生林中都以几种乔木树种共同为优势树种，轮歇次生林中则通常以中平树形成单优群落。皆伐次生林乔木种类相对较多，轮歇次生林则灌木、草本和藤本植物较多，尤其是一年生草本植物种类远多于其他群落类型。从叶级谱构成上看，各群落均以中叶占优势，但轮歇次生林小叶比例增高。经择伐和皆伐人为干扰后的次生林，可在一定程度上保持原有的雨林成分，群落中具有 1~2 个个体的种类相对轮歇群落较多。

8 橡胶种植对热带雨林物种多样性的影响

最近中国热带地区土地利用的主要变化是橡胶种植的增加导致热带森林的减少，其直接结果是热带森林片断化及生物多样性丧失。西双版纳热带季节性雨林的覆盖率从 1976 年的 10.9% 下降到 2003 年的 3.6% (Li et al., 2007)，到了 2010 年，橡胶种植园地已占到西双版纳面积的 22.14% (Xu et al., 2014)。西双版纳橡胶种植业的大面积发展，已使自然保护区外的大片热带季节性雨林成为橡胶种植园地。热带雨林变为橡胶林后，原来物种极端丰富的乔木层变为仅由单一树种橡胶组成的乔木层，物种多样性大量丧失。

8.1 橡胶种植园地的物种组成

我们选择了孟仑农场三分场和孟仑植物园里的橡胶林地进行了物种多样性调查。两橡胶林地的情况是：三分场橡胶林平均树龄 20~25 年，树高 22m 左右，株距 2.5m，行距 10m 或 12m，海拔 600m 左右；所调查的五个 10m × 10m 样地共有橡胶树 18 棵，平均胸径 28.90cm，最大胸径 46.47cm，最小胸径 8.28cm。植物园橡胶林地平均树龄 10~15 年，树高 15m 左右，株距 2~2.5m，行距 12m，海拔 600m；调查的五个 10m × 10m 样地共有橡胶树 21 棵，平均胸径 20.99cm，最大胸径 32.63cm，最小胸径 13.05cm。

两橡胶林地的物种组成见表 8.1 和表 8.2。在孟仑农场三分场橡胶林地 500m² 样地上，记录有植物 64 种（含栽培的橡胶树），孟仑植物园里的橡胶林 500m² 样地上，记录有植物 61 种（含栽培的橡胶树和咖啡）。这些植物都是在灌草层的植物，乔木层仅橡胶数一种。尽管小面积上（500m² 样地）灌草层的物种数不低于热带季节性雨林，它们几乎都是杂草类和次生性植物，几乎没有季节性雨林成分。橡胶林地灌草层的物种在不同地段都比较类似，而季节性雨林的的不同地段（生境）物种组成不同。就大面积林地而言，季节性雨林的灌草层的物种多样性是大的，橡胶林地灌草层的物种多样性是小的。

表 8.1 孟仑农场三分场橡胶林地物种组成

Table 8.1 Species composition of the rubber plantation in Sanfengchang in Menglun.

植物名称 Species name	株数 Indiv.	频度 Freq.	相对多度 Indiv. (%)	相对频度 Freq. (%)	相对多度+ 相对频度
刚莠竹 <i>Microstegium ciliatum</i>	660	5	37.12036	4.23729	41.35765
思茅三叉蕨 <i>Tectaria subtriphylla</i>	280	4	15.74803	3.38983	19.13786
马唐 <i>Digitaria</i> sp	176	5	9.89876	4.23729	14.13605
类黍柳叶箬 <i>Isachne globosa</i>	131	5	7.36783	4.23729	11.60512

续表 8.1

植物名称 Species name	株数 Indiv.	频度 Freq.	相对多度 Indiv. (%)	相对频度 Freq. (%)	相对多度+ 相对频度
水蕨菜 <i>Diplazium esculentum</i>	117	2	6.58043	1.69492	8.27534
华南毛蕨 <i>Cyclosorus parasiticus</i>	55	4	3.09336	3.38983	6.48319
卷柏 <i>Selaginella tamariscina</i>	51	4	2.86839	3.38983	6.25822
耳草 <i>Hedyotis auricularia</i>	24	5	1.34983	4.23729	5.58712
虬子草 <i>Leptochloa panicea</i>	80	1	4.49944	0.84746	5.34690
胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	18	4	1.01237	3.38983	4.40220
山壳骨 <i>Pseuderanthemum latifolium</i>	26	3	1.46232	2.54237	4.00469
革命菜 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	7	4	0.39370	3.38983	3.78353
海金沙 <i>Lygodium</i> sp.	5	4	0.28121	3.38983	3.67105
叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i>	7	3	0.39370	2.54237	2.93607
地桃花 <i>Urena lobata</i>	5	3	0.28121	2.54237	2.82359
橡胶树 <i>Hevea brasiliensis</i>	5	3	0.28121	2.54237	2.82359
玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	5	3	0.28121	2.54237	2.82359
阔叶沼兰 <i>Malaxis latifolia</i>	12	2	0.67492	1.69492	2.36983
蓑衣包 <i>Dioscorea</i> sp.	6	2	0.33746	1.69492	2.03237
小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i>	21	1	1.18110	0.84746	2.02856
杯苣 <i>Cyathula prostrata</i>	4	2	0.22497	1.69492	1.91989
滇银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	4	2	0.22497	1.69492	1.91989
黄牛木 <i>Cratogeomys cochinchinense</i>	2	2	0.11249	1.69492	1.80740
积血草 <i>Centella asiatica</i>	2	2	0.11249	1.69492	1.80740
假柿木姜子 <i>Litsea monopetala</i>	2	2	0.11249	1.69492	1.80740
无刺含羞 <i>Mimosa diplotricha</i> var. <i>inermis</i>	2	2	0.11249	1.69492	1.80740
小叶铁屎米 <i>Canthium parvifolium</i>	2	2	0.11249	1.69492	1.80740
狭眼凤尾蕨 <i>Pteris biaurita</i>	12	1	0.67492	0.84746	1.52237
爱地草 <i>Geophila herbacea</i>	5	1	0.28121	0.84746	1.12867
黑面神 <i>Breynia fruticosa</i>	5	1	0.28121	0.84746	1.12867
华南鳞盖蕨 <i>Microlepia hancei</i>	5	1	0.28121	0.84746	1.12867
阔叶丰花草 <i>Borreria latifolia</i>	3	1	0.16873	0.84746	1.01619
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	2	1	0.11249	0.84746	0.95994
飞机草 <i>Chromolaena odorata</i>	2	1	0.11249	0.84746	0.95994
萝摩科一种 <i>Asclepiadaceae</i> sp.	2	1	0.11249	0.84746	0.95994

续表 8.1

植物名称 Species name	株数 Indiv.	频度 Freq.	相对多度 Indiv. (%)	相对频度 Freq. (%)	相对多度+ 相对频度
鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	2	1	0.11249	0.84746	0.95994
夜香牛 <i>Vernonia cinerea</i>	2	1	0.11249	0.84746	0.95994
掌叶海金沙 <i>Lygodium longifolium</i>	2	1	0.11249	0.84746	0.95994
鸚鵡花 <i>Heynea trijuga</i>	2	1	0.11249	0.84746	0.95994
艾胶树 <i>Glochidion lanceolarium</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
柏那参 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
潺槁木姜子 <i>Litsea glutinosa</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
大叶千斤拔 <i>Flemingia macrophylla</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
钝叶黄檀 <i>Dalbergia obtusifolia</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
红毛玉叶金花 <i>Mussaenda hossei</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
厚果鸡血藤 <i>Millettia pachycarpa</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
夹竹桃一种 <i>Apocynaceae</i> sp.	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
假淡竹叶 <i>Centothea lappacea</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
金毛狗 <i>Cibotium barometz</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
露水草 <i>Cyanotis arachnoidea</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
南蛇藤 <i>Celastrus</i> sp.	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
披针叶莲座蕨 <i>Angiopteris caudatifolmis</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
山乌龟 <i>Stephania</i> sp.	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
水蜈蚣 <i>Kyllinga</i> sp.	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
土三七一种 <i>Gynura</i> sp.	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
狭叶巴戟 <i>Morinda angustifolia</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
下果藤 <i>Gouania leptostachya</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
茜树 <i>Aidia oxyodonta</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
序叶苧麻 <i>Boehmeria clidemioides</i> var. <i>diffusa</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
油朴 <i>Celtis philippensis</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
窄序岩豆树 <i>Millettia leptobotrya</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
棕叶芦 <i>Thysanolaena latifolia</i>	1	1	0.05624	0.84746	0.90370
总计 64 种 (含栽培的橡胶树)	1778		100	100	200

表 8.2 植物园物橡胶林地物种组成

Table 8.2 Species composition of the rubber plantation in Xishuangbanna Tropical Botanical Garden

植物名称 Species name	株数 Indiv.	频度 Freq.	相对多度 Indiv. (%)	相对频度 Freq. (%)	相对多度+ 相对频度
胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	598	5	32.42950	4.54545	36.97496
马唐 <i>Digitaria</i> sp.	295	4	15.99783	3.63636	19.63419
华南毛蕨 <i>Cyclosorus parasiticus</i>	174	5	9.43601	4.54545	13.98146
蒲竹 <i>Indosasa hispida</i>	228	1	12.36443	0.90909	13.27352
刚莠竹 <i>Microstegium ciliatum</i>	140	4	7.59219	3.63636	11.22855
卷柏 <i>Selaginella tamariscina</i>	51	5	2.76573	4.54545	7.31118
积雪草 <i>Centella asiatica</i>	57	4	3.09111	3.63636	6.72747
耳草 <i>Hedyotis auricularia</i>	42	4	2.27766	3.63636	5.91402
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	27	4	1.46421	3.63636	5.10057
苦玄参 <i>Picria felterrae</i>	11	4	0.59653	3.63636	4.23289
飞蓬 <i>Erigeron canadensis</i>	17	3	0.92191	2.72727	3.64918
革命菜 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	11	3	0.59653	2.72727	3.32380
滇银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	6	3	0.32538	2.72727	3.05265
橡胶树 <i>Hevea brasiliensis</i>	6	3	0.32538	2.72727	3.05265
飞机草 <i>Chromolaena odorata</i>	19	2	1.03037	1.81818	2.84855
畦畔莎草 <i>Cyperus haspan</i>	12	2	0.65076	1.81818	2.46894
糯米团 <i>Gonostegia hirta</i>	7	2	0.37961	1.81818	2.19779
金腰剑 <i>Synedrella nodiflora</i>	6	2	0.32538	1.81818	2.14356
桉叶黄花稔 <i>Sida alnifolia</i>	5	2	0.27115	1.81818	2.08933
剑叶凤尾蕨 <i>Pteris ensiformis</i>	4	2	0.21692	1.81818	2.03510
阔叶丰花草 <i>Borreria latifolia</i>	4	2	0.21692	1.81818	2.03510
杯苋 <i>Cyathula prostrata</i>	20	1	1.08460	0.90909	1.99369
鸭趾草 <i>Commelina communis</i>	20	1	1.08460	0.90909	1.99369
魔芋 <i>Amorphophallus</i> sp.	3	2	0.16269	1.81818	1.98087
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	3	2	0.16269	1.81818	1.98087
金钮扣 <i>Spilanthes paniculata</i>	2	2	0.10846	1.81818	1.92664
夜香牛 <i>Vernonia cinerea</i>	2	2	0.10846	1.81818	1.92664
小飞蓬 <i>Erigeron canadensis</i>	6	1	0.32538	0.90909	1.23447
山壳骨 <i>Pseuderanthemum latifolium</i>	5	1	0.27115	0.90909	1.18024
水蕨菜 <i>Diplazium esculentum</i>	5	1	0.27115	0.90909	1.18024

续表 8.2

植物名称 Species name	株数 Indiv.	频度 Freq.	相对多度 Indiv. (%)	相对频度 Freq. (%)	相对多度+ 相对频度
大叶千斤拔 <i>Flemingia macrophylla</i>	4	1	0.21692	0.90909	1.12601
瓶儿小草 <i>Ophioglossum vulgatum</i>	4	1	0.21692	0.90909	1.12601
水茄 <i>Solanum torvum</i>	4	1	0.21692	0.90909	1.12601
夹竹桃科一种 Apocynaceae sp.	3	1	0.16269	0.90909	1.07178
曲苞芋 <i>Remusatia pumila</i>	3	1	0.16269	0.90909	1.07178
桐叶千斤藤 <i>Stephania japonica</i> var. <i>discolor</i>	3	1	0.16269	0.90909	1.07178
鱼眼草 <i>Dichrocephala integrifolia</i>	3	1	0.16269	0.90909	1.07178
边缘鳞盖蕨 <i>Microlepia marginata</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
潺槁木姜子 <i>Litsea glutinosa</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
地桃花 <i>Urena lobata</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
盾翅藤 <i>Aspidopterys glabriuscula</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
红河岩豆树 <i>Millettia cubittii</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
红马蹄草 <i>Hydrocotyle nepalensis</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
华南鳞盖蕨 <i>Microlepia hancei</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
小木通 <i>Clematis armandii</i>	2	1	0.10846	0.90909	1.01755
斑果藤 <i>Stixis suaveolens</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
虫豆 <i>Cajanus goensis</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
大花山牵牛 <i>Thunbergia grandiflora</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
厚果鸡血藤 <i>Millettia pachycarpa</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
假蒟 <i>Piper sarmentosum</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
咖啡 <i>Coffea</i> sp.	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
苦凉菜 <i>Solanum americanum</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
南蛇藤 <i>Celastrus</i> sp.	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
蛇藤 <i>Acacia</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
水芹菜 <i>Oenanthe javanica</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
蕹衣包 <i>Dioscorea</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
铁屎米 <i>Canthium horridum</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
狭眼凤尾蕨 <i>Pteris biaurita</i>	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
泽兰 <i>Ageratina</i> sp.	1	1	0.05423	0.90909	0.96332
总计: 61 种 (含栽培的橡胶树和咖啡)	1844		100	100	200

8.2 橡胶种植园地的物种多样性

两橡胶林地林下植物的多样性见表 8.3。两橡胶林各样地的香农多样性指数 (Shannon-Wiener's diversity index) 和 Simpson 指数都比较小,一般都<1。把两橡胶林各自的 5 个样方合在一起,获得的多样性指数仍是在单一样方多样性指数的变化范围。这也就是说,在橡胶林中占优势的物种几乎都是杂草,它们的出现频度大,在不同地段都很类似。橡胶林并不会因取样面积增加而明显增加物种多样性。

表 8.3 两橡胶林地林下植物的多样性

Table 8.1 Species diversities of underneath rubber trees in the two study sites

多样性指数		样地 1	样地 2	样地 3	样地 4	样地 5	平均值	样地 1~5
三分场	Simpson 指数	0.81135	0.85073	0.78136	0.69438	0.54009	0.73558	0.81318
	Shannon-Winner 指数	0.88748	1.02269	0.79301	0.67068	0.61365	0.79750	1.00228
植物园	Simpson 指数	0.23499	0.72164	0.89090	0.76733	0.82863	0.68870	0.83615
	Shannon-Winner 指数	0.29557	0.75175	1.10239	0.84554	0.95206	0.78946	1.03852

8.3 橡胶种植园地的植物区系组成

周会平等调查了西双版纳的橡胶林在不同年龄和不同海拔及管理方式情况下,林下植被的植物区系组成(周会平等,2012)。他们共发现有 87 科,241 属,340 种维管束植物,具有最多种类和个体的植物科依次为禾本科(Poaceae)、豆科(Fabaceae)、菊科(Asteraceae)、大戟科(Euphorbiaceae)及茜草科(Rubiaceae)。刘红梅等人在海南的橡胶林做了 475 个样方,记录了橡胶林下植物约有维管束植物 207 种,隶属 61 个科和 113 个属(刘红梅等,2006b),最占优势的科仍为禾本科和菊科,并且几乎都为杂草和阳性植物。尽管橡胶林林下植被的植物区系在一定程度上仍较丰富,但植物区系组成与热带雨林有很大不同:橡胶林林下植被几乎都是分布广泛的杂草和次生物种。我们的研究案例与他们的结论一致。

8.4 橡胶种植对西双版纳热带雨林物种多样性的影响

西双版纳大面积种植橡胶后,不仅直接导致热带雨林物种多样性丧失,而且还可能存在严重的生态环境影响。西双版纳地区年降雨量为 1531.9 mm,与世界热带雨林分布地区相比,降雨量偏低,低山沟谷及低丘上冬季(干季)有浓雾,弥补了降水的不足,因而在该地区的低山沟谷及低丘上,形成了热带湿润气候,具有热带雨林发育。西双版纳的雾主要来自当地热带森林树木对水分的蒸腾作用,橡胶树在西双版纳是落叶树种,干季(冬季)会落叶,对水分的蒸腾作用减小,如果大面积种植橡胶,可能会导致西双版纳维持热带雨林生存的雾露降水减少或消失,从而影响到该地区热带雨林及其生物多样性的维持(Liu et al., 2007)。大面积落叶的橡胶林替换常绿的热带雨林,自然景观改变了,从生态学角度说,很可能会改变地方小气候和影响生态平衡。大面积种植橡胶可能还会影响当地的大气化学组成,从而影响地区性气候过程。橡胶树能释放较大量的单萜类(monoterpenes)物质,单萜类是雨水形成时雨核的构成物质之一,由于橡胶在西双版纳是落叶树种,大面积落叶的橡胶林替换常绿的热

带森林,将可能导致单萜类物质在量上随季节的差异释放,这样就可能会改变当地降雨的分配格局(Wang et al., 2007)。

西双版纳已是处在热带雨林分布的气候极限,据历史纪录可知,这一地区的气候变化和波动发生多次,例如,在西双版纳地区自第四纪全新世以来,经历了六个时期的温-湿/凉-干的气候变迁,11次的干旱和冷凉的气候事件以及12次相应的火灾(Gu et al., 2007)。橡胶树是典型的热带植物,在西双版纳橡胶树已是处于分布的极限条件,故从长远来看,在西双版纳大面积种植橡胶是有风险的,一旦碰上气候变化和气候事件(低温和干旱),橡胶树也难以幸免。

9 热带雨林边缘效应对植物多样性的影响

连续的森林具有多样的物种生存条件,生境异质性是热带森林具有较高物种丰富度的一个主要因素 (Thiollay, 1999)。森林发生片断化后,原有的连续生境破碎化,环境条件改变,生境的边缘面积相对增加,森林内部的生境异质性减少。边缘与森林内部不同的生物及非生物条件可能导致原来生活在连续生境内部的物种消失,同时外来种得以入侵。巴西 Manaus 森林片断的研究显示:一些物种在片断形成的过程中和形成之后很快消失 (Lovejoy et al., 1986; Bierregaard et al., 1992)。对片断森林中物种的变化趋势研究主要集中在鸟类区系 (Stouffer & Bierregaard, 1995a, b; Donovan et al., 1995; Bayne & Hobson, 1997; Rosenerg et al., 1999)、昆虫 (Becker et al., 1991; Estrada et al., 1998) 以及植物 (Turner et al., 1994, 1995; Drayton & Primack, 1996; Norton et al., 1995; Ferreira & Laurance, 1997; Esseen & Renhorn, 1998) 等上。研究中发现不同物种对森林片断化的反应不同,如小型哺乳类 (Malcolm, 1997)、蛙类 (Tocher et al., 1997)、蝶类 (Brown & Hutchings, 1997) 等的多样性在片断森林中实际上是增加了 (通常是增加了从周围基质环境中流入的适应范围较广的物种),而灵长类、大型哺乳类、林下层鸟类和许多昆虫分类群的多样性则减少 (Laurance & Bierregaard, 1997)。片断化后改变了的光照、风、水、营养状况等对原有的森林物种产生生存压力 (Laurance & Yensen, 1991; Saunders et al., 1991; Didham, 1997; Donovan et al., 1997; Turton & Freiburger, 1997),导致一些种群形态上的变化 (Weishampel et al., 1997),潜在地改变了其选择对策 (Sumner et al., 1999)。然而,几乎所有热带雨林片断化都导致物种在局域范围内的丧失,与片断化相关的灭绝机制包括有人为干扰在森林砍伐过程中及之后的灭绝影响、种群大小下降、迁移率下降、边缘效应、群落结构的变化、外来物种的入侵等 (Turner, 1996)。由于热带地区生境破碎化和热带森林片断化已不可避免,目前热带森林片断化与生物多样性关系的研究成为了国际上对热带森林生物多样性保护研究的核心和焦点。

森林片断化后一个显著的影响就是边缘效应。生境片断化后,暴露在其他生境中的边缘比例急剧增加 (Kapos et al., 1997),原来生活在连续生境内部的物种增加了被捕食的概率或不适应于变化了的边缘环境,同时使原来不能生存在该类生境的物种得以通过边缘侵入。由于“边缘效应”现象的存在,与原有生境林内相比,林缘具有明显不同的植物物种组成和群落结构,从而使森林功能上的内部面积小于其实际面积 (Fraver, 1994)。Williams-Linera (1990a, b) 研究了巴拿马森林边缘的植被结构和环境情况,得出在该地区沿森林内部到采伐迹地的交错区,相对湿度和温度在离边缘 2.5 ~ 15m 处变化加剧,边缘形成后,树种在边缘的死亡率与林内死亡率之比为 14 : 1,并认为边界植被作为缓冲地带对保护森林植被具有一定的生态重要性。另外,不同大小和形状的片断生境其边缘特性可能导致片断生境中资源的不均匀,并因此影响了物种的种群动态 (Malcolm, 1994; Mills, 1995)。Lovejoy 等 (1986) 通过在亚马孙流域森林的相关实验研究认为森林斑块越小,其物种消失越快,而物种消失

的主要原因是森林破碎后产生的边缘效应。Dale 等 (2000) 亦得出结论, 认为较小的片断森林边缘效应对一些物种的作用更加明显。此外, 边缘的产生也影响土壤种子库和森林种苗库的变化。在新的边缘, 植物主要来源于边缘产生前的幼苗及幼树, 以后发展起来的边缘植被, 其结构和组成部分依赖于土壤种子库中的次生物种 (Enright, 1985)。边缘对种子传播的影响很可能随干扰区的大小及形成时间而变化 (Restrepo et al., 1999)。虽然边缘地区植物物种多样性可能高于生境内部, 但它使典型森林内部物种丢失, 森林失去原始的结构, 从而丧失了原有的生物多样性。

对于该类森林片断化问题, 我们在西双版纳以傣族“龙山”上的片断热带雨林为对象, 通过对不同干扰条件下的片断热带雨林边缘植被的研究, 与同一片段的林内 (内部) 植被比较, 结合相关的小气候、土壤研究, 以及其与国外相关研究结果比较, 探讨热带森林片断化后边缘效应对植物多样性的影响结果及机制。

9.1 样地设置

本研究共选取西双版纳地区保存相对较完整的季节性雨林类型的两个“龙山”片断热带雨林, 即勐仑城子“龙山”林 (约 4hm², 保存最完整) 和大勐龙曼养广“龙山”林 (约 13.3hm², 为现存面积最大者), 选取勐仑保护区原始热带雨林作为对照, 进行比较。城子“龙山”和勐仑自然保护区样地位于勐腊县的勐仑镇, 曼养广“龙山”位于西双版纳州景洪市西南约 50km 的勐龙镇。所选“龙山”林皆受到各种不同程度的干扰, 但仍具备本区热带雨林的基本组成结构特征。各样地基本情况见下表 9.1。

表 9.1 调查样地的基本情况

Fig. 9.1 Situations of study sites

样地名称	东经	北纬	面积 (hm ²)	海拔 (m)	群落高度 (m)	植被覆盖度 (%)
城子“龙山”林	101°14'	21°55'	4	650	30	>95
曼养广“龙山”林	100°40'	21°44'	13.3	550	40	90
勐仑保护区	101°13'	21°57'	75000	680	35	>95

由于龙山林或多或少都受到了干扰破坏, 在外貌和结构表现上各不相同。“龙山”上残存的片断季节雨林, 现已很少有能反映该类型群落完整的外貌特点了, 一般“龙山”林的群落层次结构已不完整。

9.1.1 城子“龙山”林

位于城子龙山山丘顶部, 存在时间已有数百年。20 世纪 70 年代曾为勐仑自然保护区的一部分, 受干扰最轻, 其核心部分仍保留着原始林的结构和组成。现在周围一边为铁刀木林和橡胶林, 另一边为幼年次生林, 约在 800m 外有残存的片断雨林。该“龙山”为当地的神山, 因而人为干扰较少, 家畜进入也较少。

该“龙山”林在我们 1993 年 12 月调查时面积约 4hm², 乔木层主要优势种为箭毒木、车里暗罗、藤春、大叶藤黄等, 它具有与原始雨林最接近的群落结构和植物丰富度。

9.1.2 曼养广“龙山”林

位于大勐龙乡澜沧江西侧一较大的山间盆地的低丘上, 成一独立的雨林片断 (许再富等, 1994), 亦有数百年历史。1975 年之前是大勐龙自然保护区的一部分, 森林保存较好; 以后周围开垦为农田和

橡胶林，人为破坏日趋频繁，数公里内已无森林植被，隔离程度较高，处于孤立状态。该“龙山”林人为干扰，尤其是林下层的破坏较严重，20 世纪 70 年代后“龙山”的部分林地成为竹子及铁刀木栽培地。该“龙山”与村寨相连，是当地傣族曼养广村的风水林，进入林内的家畜较多。

在我们 1991 年 3 月调查时，该“龙山”林面积约 13.3hm²，乔木层主要优势种有大叶白颜树、窄叶半枫荷、箭毒木、泰国芒果等。乔木第一层保存较好，但第二、三层树木已稀疏，不能形成郁闭。

9.1.3 勐仑自然保护区

勐仑自然保护区于 1958 年建立，面积较大，约 75000hm²，在此将其视为连续森林。本文所选择地位于小腊公路 55~58km 处，该片森林因属于政府管理的自然保护区，人和家畜的干扰相对较少。

我们具体研究各样地从森林边缘到林内植物多样性各个方面的变化，并通过对两个片断森林和连续森林的研究结果比较，获得热带雨林片断化后边缘效应对植物多样性的影响情况。基本思想是通过同一片断的林边缘样方与林内（内部）样方，在同样基础上进行比较，检查植物多样性的变化，然后综合在各个片断和连续森林的研究结果，归纳他们植物多样性从边缘到林内的共同变化规律。这样，在所选择的两个片断雨林，在每个片断的林内设置一面积为 2500m²（由 5 个相连的 10m×50m 亚样方构成）的标准样方，在每个片断的边缘不同方位各设置 5 个 15m×33m（每个约为 500m²）的样方（15m 为纵深，33m 为沿林缘线，15m 纵深是该地区最明显的小气候边缘效应影响距离，参见马友鑫等，1998）进行样地调查（如图 9.1），尽可能详细地获取植物区系编目、群落生态学等方面数据资料。以同样方法，在勐仑自然保护区的边缘几个不同位置设置 5 个 15m×33m 样方，在最近距离的林内设置一面积为 2500m²（同样由 5 个相连的 10m×50m 亚样方构成）的标准样方，进行同样的调查。调查资料整理于附表 9.1 和 9.2，见本章最后。

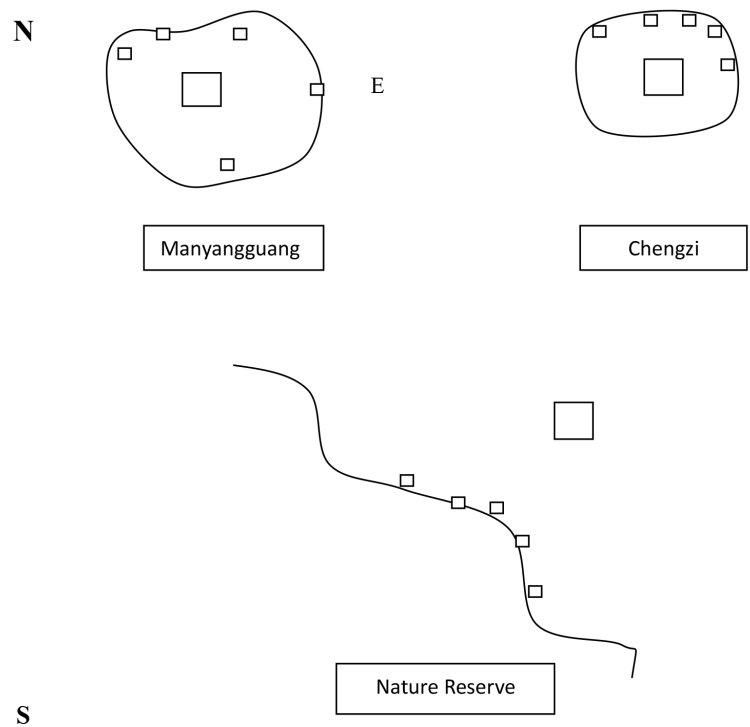


图 9.1 样方设置示意图

Fig. 9.1 The map showing the layout of plots

Manyangguang: 曼养广; Chenzi: 城子; Nature Reserve: 勐仑保护区

9.2 热带雨林边缘群落物种组成和数量的变化

9.2.1 边缘群落物种组成的变化

9.2.1.1 城子“龙山”片断热带雨林

城子“龙山”片断热带雨林内部样方与边缘样方的调查资料见附表 9.1 和 9.2, 在同等取样面积基础上, 分别对不同植物生活型的物种组成进行直接比较。

内部样方所在地段群落高约 30m, 在 2500m² 面积内有乔木 (胸径 5cm 及以上) 52 种, 以优势度最大的前 10 种为例, 它们分别是箭毒木 (*Antiaris toxicaria*)、车里暗罗 (*Polyanthia cheliensis*)、藤春 (*Alphonsea monogyna*)、大叶藤黄 (*Garcinia xanthochymus*)、粗枝崖摩 (*Amoora dasyclada*)、山木患 (*Harpullia cupanioides*)、泰国黄叶树 (*Xanthophyllum siamensis*)、滨木患 (*Arytera litoralis*)、多脉葱臭木 (*Dysoxylum lukii*) 和小叶红光树 (*Knema globularia*)。边缘样方群落高亦达 30m, 在 2500m² 面积内有乔木 84 种, 优势度最大的前 10 种为大叶藤黄、箭毒木、车里暗罗、粗枝崖摩、毛紫葳 (*Lagerstroemia tomentosa*)、山木患、微毛布荆 (*Vitex quinata* var. *puberula*)、香花木姜子 (*Litsea panamonja*)、降真香 (*Acronychia pedunculata*) 和八角枫 (*Alangium chinensis*)。片断雨林边缘群落单位面积乔木种数明显多于内部群落, 在内部群落中占优势的乔木树种, 多数在边缘群落仍占优势, 但很明显一些其他种类 (主要是先锋树种) 也进入到边缘群落优势种之列, 边缘群落种类组成发生了明显变化。

内部群落幼树、灌木层中, 在 125m² 面积内有幼树 43 种, 多度最大的前 10 种是箭毒木、滇谷木 (*Memecylon polyanthum*)、蒲竹 (*Indosasa hispida*)、降真香、糙叶树 (*Aphananthe cupidata*)、山木患、齿叶黄皮 (*Clausena dentata*)、云南崖摩 (*Amoora yunnanensis*)、光叶山小桔 (*Glicosmis craibii* var. *glabra*) 和云南银柴 (*Aporosa yunnanensis*)。边缘样方同样面积内有幼树 74 种, 多度最大的前 10 种是箭毒木、苦竹 (*Pleiblastus amarus*)、帽瓣蒲桃 (*Syzygium oblatum*)、藤春、华夏蒲桃 (*Syzygium cathayanse*)、小叶黄皮 (*Clausena excavata*)、山木患、葱臭木 (*Dysoxylum excelsum*)、降真香和大叶白颜树 (*Gironneira subaequalis*)。边缘样方单位面积乔木幼树种数也是明显多于内部群落, 在内部群落中占优势的幼树树种, 其中一些在边缘群落仍占优势, 但有更多的其他种类 (仅少数是先锋树种) 进入到边缘群落幼树优势种之列。幼树种类组成意味着在未来的乔木种类组成上, 随着时间的推移, 边缘群落乔木种类组成会变得更加不同于森林内部群落。

内部群落幼树灌木层中在 125m² 面积内有灌木 11 种, 边缘样方同样面积内有灌木 20 种, 显著多于内部群落, 在种类组成上也发生类似的变化。

内部群落幼树灌木层样方内仅记录有藤本幼株 1 种, 即盾苞藤 (*Neuropeltis racemosa*)。边缘样方同样面积内有记录有藤本幼株 42 种, 显著多于内部群落, 并以盾苞藤和草驳 (*Piper nigrum*) 占优势。

内部群落草本植物在 125m² 面积内记录有 12 种, 边缘样方同样面积内有草本植物 16 种, 稍多于内部群落, 在种类组成上也发生一定变化, 一些种类变得非常优势, 如茅叶荩草 (*Arthraxon lanceolata*) 和爱地草 (*Geophila herbacea*)。

藤本植物在内部群落 2500m² 面积内记录有 34 种, 在边缘群落同样面积内记录有 53 种。变化情况与其他生活型类似, 边缘群落种数显著多于内部群落, 成分亦不尽相同。

9.2.1.2 曼养广“龙山”片断热带雨林

曼养广“龙山”片断热带雨林内部样方与边缘样方的调查资料见附表 9.1 和 9.2, 亦是在同等取样面积基础上, 分别对不同植物生活型 (附生植物除外) 的物种组成进行了直接比较。

内部样方所在地段群落高>30m, 在 2500m² 面积内有乔木 18 种。乔木种数例外的少, 是由于该片断热带雨林人为干扰破坏相对严重, 乔木第一层虽保存较好, 但第二、三层树木已稀疏, 不能形成郁闭。仍以优势度最大的前 10 种为例, 它们分别是大叶白颜树、窄叶翅子树 (*Pterospermum lancaefolium*)、箭毒木、泰国芒果 (*Mangifera siamensis*)、粘木 (*Ixonanthes cochinchinensis*)、假鹊肾树 (*Pseudostreblus indica*)、盆架树 (*Winchia calophylla*)、糙叶树 (*Aphananthe cuspidate*)、滨木患 (*Arytera litoralis*) 和阔叶圆果杜英 (*Elaeocarpus sphaerocarpus*)。边缘样方群落亦高达 30m, 在同等取样面积内有乔木 50 种, 势度最大的前 10 种为大叶白颜树、鹊肾树 (*Streblus asper*)、窄叶翅子树、滇南桂 (*Cinnamomum austroyunnanensis*)、龙果 (*Pouteria grandiflora*)、粘木、滨木患、布渣叶 (*Microcos paniculata*)、缅甸漆 (*Semecarpus reticulata*) 和印度栲 (*Castanopsis indica*)。该片断热带雨林与城子“龙山”片断热带雨林表现出类似的乔木种类组成变化规律。边缘群落单位面积乔木种数明显多于内部群落, 在内部群落中占优势的乔木树种, 很多在边缘群落仍占优势, 但也明显有一些其他种类 (主要是先锋树种), 如鹊肾树、印度栲、布渣叶等, 也进入到边缘群落优势种之列。

内部群落幼树灌木层中在 125m² 面积内有幼树 48 种, 多度最大的前 10 种是滇南桂、糙叶树、窄叶翅子树、银柴 (*Aporosa dioica*)、滨木患、香花木姜子 (*Litsea panamonja*)、大叶红光树 (*Knema furfuracea*)、云南红豆 (*Ormosia yunnanensis*)、箭毒木和披针叶楠木 (*Phoebe lanceolata*)。边缘样方同样面积内有幼树 63 种, 多度最大的前 10 种是滨木患、苦竹、尖叶茜树 (*Randia acuminatissima*)、假鹊肾树 (*Streblus indicus*)、滇南桂、大叶白颜树、窄叶翅子树、云南银柴 (*Aporosa yunnanensis*)、大叶红光树和饼树 (*Suregada glomerulata*)。物种组成变化规律类似城子“龙山”片断热带雨林, 边缘样方单位面积幼树种数多于内部群落, 在内部群落中占优势的幼树树种, 其中一些在边缘群落仍占优势, 但有更多的其他种类 (仅少数是先锋树种) 进入到边缘群落幼树优势种之列。

内部群落幼树灌木层中在 125m² 面积内有灌木 10 种, 边缘样方同样面积内有灌木 20 种, 显著多于内部群落, 在种类组成的变化上与城子“龙山”片断热带雨林非常类似。

内部群落幼树灌木层 125m² 面积样方内记录有藤本幼株 16 种, 边缘样方同样面积内有记录有藤本幼株 27 种, 多于内部群落, 在种类组成上也发生一定变化, 如针子草 (*Phaphidosperma vagabunda*) 和盾苞藤非常优势。

内部群落草本植物非常稀疏, 在 125m² 面积内仅见 8 种, 可能由于家畜频繁吃食。边缘样方同样面积内有草本植物 17 种, 多于内部群落, 在种类组成上也发生一定变化, 其中一些种类, 如茅叶荇草 (*Arthraxon lanceolata*) 和爱地草 (*Geophlia herbacea*) 变得非常优势。

藤本植物在内部群落 2500m² 面积内记录有 19 种, 在边缘群落同样面积内记录有 52 种。变化情况与城子“龙山”片断热带雨类似, 边缘群落种数显著多于内部群落。

9.2.1.3 自然保护区连续森林

用同样的方法, 将自然保护区连续森林内部样方与边缘样方的调查资料见附表 9.1 和 9.2, 分别对不同植物生活型 (附生植物除外) 的物种组成进行直接的比较。

内部样方所在地段群落高 35m, 是一个典型的低丘热带季节性雨林地段, 在 2500m² 面积内有乔木 47 种, 优势度最大的前 10 种为玉蕊 (金刀木) (*Barringtonia macrostachya*)、大叶白颜树、滇南溪桫 (*Chisocheton siamensis*)、柴桂 (*Cinnamomum tamala*)、四数木 (*Tetrameles nudiflora*)、崖豆树 (*Millettia dielsiana*)、假海桐 (*Pittosporopsis kerrii*)、普文楠 (*Phoebe puwenensis*)、窄叶翅子树和箭毒木。边缘样方群落高 30~35m, 在同等取样面积内有乔木 68 种, 优势度最大的前 10 种为番龙眼 (*Pometia tomentosa*)、缅甸漆、毛紫葳、刺通草 (*Trevesia palmata*)、轮叶戟 (*Lasiococca comberi* var. *pseudoverticellata*)、白背桐 (*Mallotus paniculatus*)、网脉核实木 (*Drypetes perreticulata*)、团花 (*Anthocephalus chinensis*)、核实木 (*Drypetes indica*)、中平树 (*Macaranga denticulata*)。乔木种类组成变化规律与城子“龙山”和曼养广“龙山”片断热带雨林类似, 边缘群落单位面积乔木种数多于内部群落, 但增加的幅度不如片断热带雨林大。在内部群落中占优势的乔木树种, 其中一些在边缘群落仍占优势, 但有更多的先锋树种, 如毛紫葳、白背桐、团花、中平树等, 也进入到边缘群落优势种之列。

内部群落幼树灌木层中, 在 125m² 面积内有幼树 55 种, 多度最大的前 10 种是滇南溪桫、小叶藤黄 (*Garcinia cowa*)、玉蕊、大叶红光树、平叶密花树 (*Rappanea faberi*)、假海桐、箭毒木、大叶白颜树、柴桂和龙果。边缘样方同样面积内有幼树 56 种, 多度最大的前 10 种是轮叶戟 (*Lasiococca comberi* var. *pseudoverticellata*)、红紫麻 (*Oreocnide rubescens*)、刺通草、白背桐、毛藤春、箭毒木、尖叶茜树 (*Randia acuminatissima*)、齿叶黄皮、翅子树 (*Pterospermum acerifolium*) 和银钩花 (*Mitrephora thorelii*)。边缘样方单位面积乔木幼树种数几乎同等于内部群落, 在内部群落中占优势的幼树树种, 其中一些在边缘群落仍占优势, 但内部群落中的其他种类和少数先锋树种也进入到边缘群落幼树优势种之列, 意味着随着时间的推移, 连续森林边缘群落乔木种类组成更容易恢复到内部群落的种类组成, 这是与片段雨林边缘群落乔木种类组成变化的不同之处。

内部群落幼树灌木层中在样方内有灌木 15 种, 原始林下阴生植物, 如斜基粗叶木 (*Lasianthus attenuatus*)、滇南九节 (*Psychotria henryi*) 等为优势种。边缘样方同样面积内有灌木 23 种, 多于内部群落, 在种类组成的变化上与片断热带雨林类似, 虽典型阴生植物减少或消失, 但一些适应幅度广的林下灌木, 如云南山壳骨 (*Pseudoranthemum malaccense*)、弯管花 (*Chesalia curviflora*) 等进入到优势种之列。

内部群落幼树灌木层 125m² 面积样方内记录有藤本幼株 12 种, 边缘样方同样面积内有记录有藤本幼株 53 种, 数倍多于内部群落。

原始热带雨林林下草本植物一般都不发达, 在内部群落 125m² 面积样方内记录到 18 种。在同样面积的边缘样方内记录到草本植物 42 种, 显著多于内部群落, 在增加的比例上较片断热带雨林大。在种类组成上, 原始热带雨边缘群落的优势种, 如冬叶 (*Phrynium capitatum*)、思茅叉蕨 (*Tectaria si-maoensis*)、翠萼草 (*Selaginella uncinata*)、狭眼凤尾蕨 (*Pteris biaurita*) 等多数仍为林下阴生植物。

藤本植物在内部群落 2500m² 面积内记录有 25 种, 在边缘群落同样面积内记录有 43 种。变化情况与“龙山”片断热带雨类似, 边缘群落种数显著多于内部群落。

综合城子“龙山”片断热带雨林、曼养广“龙山”片断热带雨林和自然保护区连续森林内部样地与边缘样地物种组成比较研究的结果, 归纳出以下物种组成变化规律: 森林边缘单位面积植物种数明显多于森林内部, 人为干扰破坏越严重 (如曼养广“龙山”片断热带雨林), 边缘群落物种增加的幅度越大。各类生活型的植物 (附生植物未统计) 种类在边缘群落均不同程度有所增加, 以藤本植物在种数和多度上的增加最为显著。边缘群落区系成分 (主要是生态种组) 发生了有规律的变化, 在内

部群落中占优势的乔木（立木）树种，其中一些或多数在边缘群落中仍占优势，但很明显一些其他种类，主要是先锋树种，也进入到边缘群落优势种之列。然而，在幼树的种类组成上，有更多的其他种类，仅少数是先锋树种进入到边缘群落幼树优势种之列。在片段热带雨林，进入到边缘群落幼树优势种之列的非先锋树种中，很多与片段热带雨林内部的幼树种类组成不同，意味着随时间的推移，片段雨林边缘群落乔木优势种类组成会变得更加不同于森林内部群落。在连续热带雨林，进入到边缘群落幼树优势种之列的非先锋树种中，很多则是该群落内部种类，意味着随时间的推移，连续森林边缘群落乔木优势种类组成更容易恢复到与群落内部接近的种类组成上。

表 9.2 列举了所研究的 3 个样地林内与林缘各生活型植物种类组成的相似性。林内与林缘植物种类组成总体上相似性都不大，但相对来说，各样地林内与林缘植物幼树的种类组成相似性最大。另外，两个“龙山”片段雨林林内与林缘的乔木、幼树、灌木和藤本植物的类似性要大于保护区的雨林。

从总的区系相似性看，与优势树种的状况似乎不同，干扰越严重的片段，林内与林缘植物区系的总体相似性越大，这是可能由于干扰越严重，外来（非该群落固有的）成分（主要是先锋成分）较大量侵入林内群落，冲淡了林内与林缘区系总体组成的差异。

表 9.2 林缘与林内植物物种组成相似性系数

Table 9.2 Similarity coefficients of the species composition between the marginal and the interior plots from the three study sites

生活型 Life form	Edge-interior Jacard 相似性系数		
	城子	曼养广	保护区
乔木 Tree	0.397	0.294	0.191
幼树 Sapling	0.479	0.523	0.360
灌木 Shrub	0.387	0.333	0.286
草本 Herb	0.286	0.200	0.233
藤本 Liana	0.368	0.306	0.267
藤本幼株 Young liana	0.047	0.372	0.092
附生植物 Epiphyte	0.333	0.500	0.333
平均	0.328	0.361	0.252

9.2.2 边缘群落植物多样性的变化

9.2.2.1 城子“龙山”片段热带雨林

将城子“龙山”片段热带雨林林缘（边缘）样地和林内（林内）样地记录到的植物种类，分别按生活型统计，并计算出种多样性指数（乔木、灌木和草本植物），列于表 9.3。

乔木、灌木、草本和藤本植物单位面积种数在林缘均高于林内，但林缘物种分布的均匀度较低，乔木和草本植物的种多样性指数在林缘低于林内。

表 9.3 城子“龙山”林缘与林内物种多样性比较

Table 9.3 Comparison of the species diversity between the marginal and the interior plots in Chengzi fragment

生活型	种数		H'		E		S^*	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木 (含幼树)	120	70	3.486	3.566	0.728	0.839	0.917	0.952
灌木	20	11	2.234	2.011	0.746	0.839	0.838	0.820
草本	16	12	1.559	2.416	0.562	0.972	0.693	0.905
藤本 (含幼株)	69	34						
附生	5	7						
共计	230	134						

* H' (Shannon 多样性指数) = $-\sum (n_i/N) \ln (n_i/N)$

S (Simpson 指数) = $1/\sum (n_i/N)^2$

E (均匀度) = H/H_{\max}

其中: N 为样地中总个体数, S 为种数, n_i 为第 i 个种的个体数, n_i/N 为个体配比; H_{\max} 指各种群个体配比达完全均匀时的多样性指数, 为最大多样性指数

9.2.2.2 曼养广“龙山”片断热带雨林

曼养广“龙山”片断热带雨林林缘(边缘)样地和林内(林内)样地的植物种类资料统计于表 9.4。

与城子“龙山”片断热带雨林相似, 乔木、灌木、草本、藤本植物单位面积种数表现为林缘均高于林内。然而, 由于该“龙山”林人为干扰, 尤其是森林中、下层的破坏较严重, 林缘乔木和灌木的种多样性指数较林内高。

表 9.4 曼养广“龙山”林缘与林内物种多样性比较

Table 9.4 Comparison of the species diversity between the marginal and the interior plots in Manyanguang fragment

生活型	种数		H'		E		S^*	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木 (含幼树)	81	57	3.442	3.023	0.783	0.748	0.931	0.916
灌木	20	10	2.086	1.974	0.696	0.857	0.780	0.830
草本	17	8	1.634	2.008	0.577	0.965	0.714	0.857
藤本 (含幼株)	61	24						
附生	8	4						
共计	187	103						

* 同前

9.2.2.3 自然保护区连续森林

自然保护区连续森林的统计资料列于表 9.5。

同样,各生活型植物单位面积种数在林缘均高于林内,与城子“龙山”片断热带雨林类似,乔木的种多样性指数在林缘低于林内,灌木的种多样性指数在林缘也低于林内。

综合来看,各生活型植物单位面积种数在林缘均高于林内,尤以藤本植物增加最显著,但种多样性指数的变化随各样地不尽相同,在有的林缘,物种数虽较多,但多样性指数却相对较低(表 9.6 和表 9.7)。自然保护区连续森林和受干扰相对小的城子“龙山”片断热带雨林林缘乔木种多样性指数低于林内样地,而受干扰严重的曼养广“龙山”片断雨林缘乔木种多样性指数则高于林内样地。自然保护区连续森林灌木多样性指数在林缘低于林内,草本植物则相反;而两个片断热带雨林灌木多样性指数在林缘高于林内,草本植物则又相反。

表 9.5 保护区林缘与林内物种多样性比较

Table 9.4 Comparison of the species diversity between the marginal and the interior plots in continuous forest

生活型	种数		H'		E		S^*	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木(含幼树)	97	76	3.310	3.568	0.724	0.824	0.919	0.952
灌木	23	15	2.170	2.264	0.692	0.836	0.812	0.853
草本	42	18	2.977	2.758	0.797	0.954	0.928	0.929
藤本(含幼株)	68	26						
附生	7	6						
共计	237	141						

* 同前

表 9.6 林缘与林内样地单位面积种数的比较

Table 9.6 Comparison of the number of species between the marginal and the interior plots from the three study sites

生活型	种数 No. of species					
	城子 Chengzi		曼养广 Manyangguan		保护区 NR	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木(含幼树)	120	70	81	57	97	76
灌木	20	11	20	10	23	15
草本	16	12	17	8	42	18
藤本(含幼株)	69	34	61	24	68	26
附生	5	7	8	4	7	6
共计	230	134	187	103	237	141

表 9.7 林缘与林内样地物种多样性指数的比较

Table 9.7 Comparison of the species diversity index between marginal and interior plots from the three study sites

生活型	Shannon 多样性指数 (Shannon Index)					
	城子 Chengzi		曼养广 Manyangguan		保护区 NR	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木 (含幼树)	3.486	3.566	3.442	3.023	3.310	3.568
灌木	2.234	2.011	2.086	1.974	2.170	2.264
草本	1.559	2.416	1.634	2.008	2.977	2.758

9.3 热带雨林边缘群落生态特征的变化

9.3.1 边缘群落单位面积上的植物多度 (个体数) 及生活型谱的变化

9.3.1.1 城子“龙山”片断热带雨

将林缘和林内样地植物按生活型归类, 分别按种数百分比和个体 (株数) 百分比来比较它们的生活型谱 (表 9.8), 因不同生活型植物体型不对等, 个体 (株数) 百分比分层计算和比较。

边缘样地中各生活型植物单位面积个体数显著较林内样地多。在林缘样地, 藤本植物生活型的种数百分比比较林内样地高, 灌木种数百分比比较林内样地稍高, 乔木的种数百分比与林内样地几乎一样, 附生植物和草本 (主要是草本高位芽) 植物的种数百分比比较林内样地低。在占个体 (株数) 百分比上, 乔木大高位芽植物在林内样地高于林缘样地, 中高位芽和矮高位芽 (灌木) 植物在林内样地稍高于林缘样地, 小高位芽植物在林内样地低于林缘样地。

表 9.8 城子“龙山”片断雨林林缘及林内样地植物生活型谱比较

Table 9.8 Comparison of the life form spectra between the marginal and the interior plots in Chengzi fragment rain forest

	生活型	种数		种数%		个体数		个体数%	
		林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木	大高位芽 Mg	6	3	2.6	2.2	130	16	6.34	8.84
	中高位芽 Ms	69	44	30.0	33.1	150	135	73.17	74.59
	小高位芽 Mi	45	23	19.6	17.3	42	30	20.49	16.57
	合计	120	70	52.2	52.6	205	181	—	—
(幼树)		—	—	—	—	851	153	84.85	83.61
灌木	矮高位芽 Na	20	11	8.7	8.3	152	29	15.15	16.39
藤本	L	69	34	30.0	25.6	—	—	—	—

续表 9.8

	生活型	种数		种数%		个体数		个体数%	
		林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
草本	草本高位芽 HP	9	10	3.9	7.5	603	23	84.81	85.19
	草本地芽 CH	6	2	2.6	1.5	106	4	14.91	14.81
	一年生 HT	1	—	0.4	—	2	—	0.28	—
	合计	16	12	7.0	9.0	711	27	—	—
附生	Ep	5	7	2.2	4.5	—	(16)	—	—
总计	All	230	134	—	—	—	—	—	—

9.3.1.2 曼养广“龙山”片断热带雨

该片断热带雨样地的比较情况见表 9.9。

同样，林缘样地中各生活型植物单位面积个体数明显较林内样地多。在种数百分比上，林内样地乔木高于林缘样地，灌木和草本高位芽植物林内样地与林缘样地差不多，其他生活型植物在林内样地低于林缘样地。在个体数百分比上，林内样地大高位芽和草本高位芽植物高于林缘样地，其他则低于林缘样地。

表 9.9 曼养广“龙山”片断雨林林缘及林内样地植物生活型谱比较

Table 9.9 Comparison of the life form spectra between the marginal and the interior plots in Manyangguan fragment rain forest

	生活型	种数		种数%		个体数		个体数%	
		林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木	大高位芽 Mg	6	4	3.2	3.9	6	5	4.48	8.33
	中高位芽 Ms	53	37	28.7	35.9	112	49	83.58	81.67
	小高位芽 Mi	22	16	11.7	15.5	16	6	11.94	10.00
	合计	81	57	43.6	55.3	134	60	—	—
(幼树)		—	—	—	—	521	219	74.64	83.59
灌木	矮高位芽 Na	20	10	10.6	9.7	177	43	25.36	16.41
	幼灌层合计	—	—	—	—	698	262	—	—
藤本	L	61	24	32.4	23.3	—	(70)	—	—
草本	草本高位芽 HP	10	6	5.3	5.8	817	12	81.78	85.71
	草本地芽 CH	7	1	3.7	1.0	182	2	18.22	14.29
	合计	17	7	9.0	6.8	999	14	—	—
附生	Ep	8	4	4.2	3.9	—	(10)	—	—
总计	All	187	103	—	—	—	—	—	—

9.3.1.3 自然保护区连续森林

自然保护区连续森林的比较结果见表 9.10。

林缘样地中各生活型植物单位面积个体数均较林内样地多。在种数百分比上,林内样地乔木和附生植物高于林缘样地,灌木和草本植物总计林内样地与林缘样差不多,藤本植物在林内样地低于林缘样地。在个体数百分比上,林内样地中高位芽和草本地上芽植物高于林缘样地,大高位芽植物稍低于林缘样地,其他则低于林缘样地。

表 9.10 自然保护区连续森林林缘及林内样地植物生活型谱比较

Table 9.10 Comparison of the life form spectra between the marginal and the interior plots in the Nature Reserve rain forest in Menglun

	生活型	种数		种数 (%)		个体数		个体数 (%)	
		林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木	大高位芽 Mg	7	6	3.0	4.3	18	12	7.76	5.77
	中高位芽 Ms	61	45	25.5	31.4	134	163	57.76	78.37
	小高位芽 Mi	29	25	12.3	17.9	80	33	34.48	15.87
	合计	97	76	40.8	53.6	232	208	—	—
(幼树)		—	—	—	—	449	204	71.96	80.95
灌木	矮高位芽 Na	23	15	9.4	10.7	175	48	28.04	19.05
	幼灌层合计	—	—	—	—	624	252	—	—
藤本	L	68	26	28.9	18.6	—	—	—	—
草本	草本高位芽 HP	24	9	10.2	6.4	492	16	59.13	43.24
	草本地上芽 CH	14	14	6.0	10.0	303	20	36.42	54.05
	草本地下芽 HG	2	1	0.8	0.7	22	1	2.64	2.70
	一年生 HT	2	—	0.8	—	15	—	1.80	—
	合计	42	24	17.9	17.1	832	37	—	—
附生	Ep	7	6	3.0	4.3	—	—	—	—
总计	All	237	141	—	—	—	—	—	—

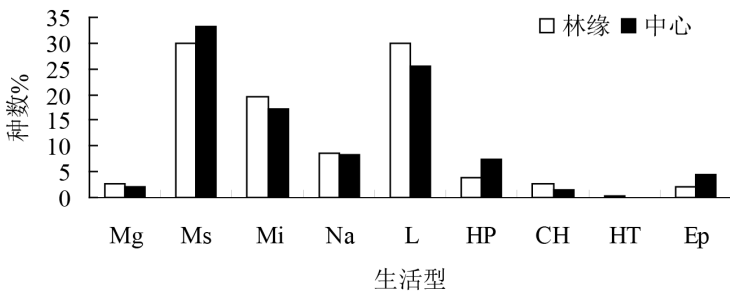
总体来看,各样地林缘各种生活型的植物单位面积个体数均较林内多。对乔木树种而言,幼树的多度(个体数)在林缘更为显著地多于林内样地(表 9.11)。在占种数百分比上,藤本植物在林缘样地明显高于林内样地,而大、中高位芽植物合计在林缘样地总是低于林内样地(图 9.2)。在占个体数百分比上,大、中高位芽植物合计在林缘样地总也是低于林内样地,小高位芽植物在林缘样地则总是高于林内样地,受干扰越严重,它们在林缘与林内的差值越小。这也就是说,在林缘植物密度(个体数)增大,藤本植物明显增多,大、中高位芽植物相对减少,小高位芽植物相对增加;受干扰越严重,林缘与林内在乔木种数和多度组成上的差值越小(林内特征散失越多)。除藤本植物外,在林缘个体数量增加最多的就是幼树、灌木层和草本层植物。

表 9.11 林缘与林内样地乔木树种多度（密度）比较

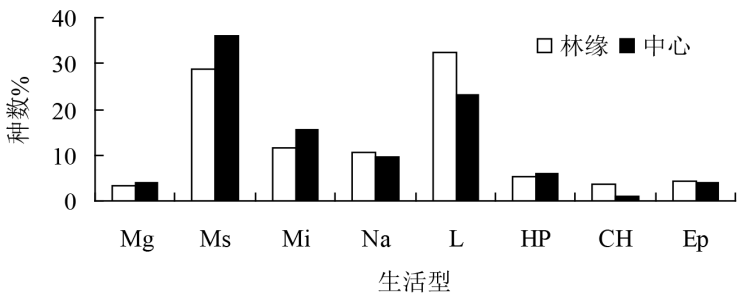
Table 9.11 Comparison of the stem density between the marginal and the interior plots from the three study sites

DBH (cm)	乔木树种多度 Stem density					
	城子 Chengzi		曼养广 Manyangguan		保护区 NR	
	Edge	Interior	Edge	Interior	Edge	Interior
≥5	205	181	134	60	232	208
<5	851	153	521	219	449	204
合计	1056	335	655	279	681	412
Edge: Interior	3.15 :1		2.35 :1		1.65 :1	

城子林缘-中心生活型谱柱状比较图



曼养广林缘-中心生活型谱柱状比较图



保护区林缘-中心生活型谱柱状比较图

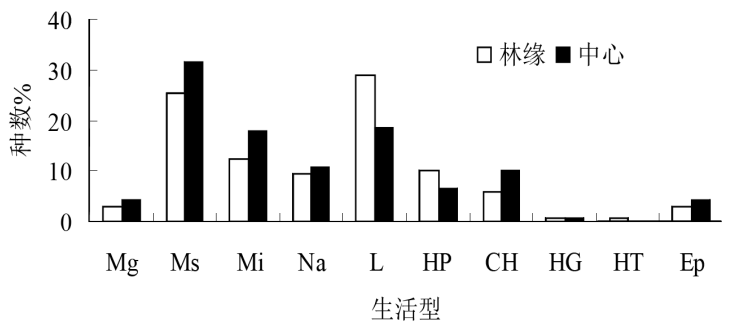


图 9.2 片断热带雨林与保护区连续森林边缘与林内（中心）生活型谱的比较

Fig. 9.2 Comparison of life form spectra between marginal and interior plots from the fragmented and continuous rain forests

9.3.2 边缘群落植物叶级、叶质构成的变化

9.3.2.1 城子“龙山”片断热带雨

将林缘样地植物的叶级、叶型、叶质、叶缘构成统计于表 9.12, 林内样地植物的情况统计于表 9.13。对于乔木和灌木, 还按占各层个体数百分比统计了叶级、叶型、叶质、叶缘构成。

各类生活型植物在林缘样地小叶级植物种数百分比均较林内样地高, 若按占个体数百分比 (仅乔木和灌木) 林缘样地乔木中小叶级植物又稍低于林内样地。复叶植物在林缘样地的种数百分比稍高于林内样地。革质叶和全缘叶植物在林缘样地的种数百分比也是稍高于林内样地。

表 9.12 城子“龙山”片断热带雨林林缘植物叶级、叶型、叶质、叶缘构成

Table 9.12 The spectra of leaf size, leaf type, leaf texture and leaf margin from the plants of the marginal plots in Chengzi fragment

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
乔木	种数		104	16	80	40	43	72	5	96	24
	种数 (%)		86.7	13.3	66.7	33.3	35.8	60.0	4.2	80.0	20.0
	个体数		989	67	848	208	305	738	13	549	507
	个体数 (%)		93.6	6.3	80.3	19.7	28.9	69.9	1.2	52.0	48.0
灌木	种数		16	4	17	3	1	15	4	14	6
	种数 (%)		80.0	20.0	85.0	15.0	5.0	75.0	20.	70.0	30.0
	个体数		100	52	117	35	1	121	30	121	31
	个体数 (%)		65.8	34.2	77.0	23.0	0.7	79.6	19.7	79.6	20.4
藤本	种数	2	57	10	53	16	21	45	3	49	20
	种数 (%)	2.9	82.6	14.5	76.8	23.2	30.4	65.2	4.3	71.0	29.0
草本	种数	4	7	5	13	3	1	14	1	10	6
	种数 (%)	25.0	43.8	31.2	81.2	18.8	6.2	87.5	6.3	62.5	37.5
附生	种数		4	1	5		2	3		4	1
	种数 (%)		80.0	20.0	100.0		40.0	60.0		80.0	20.0
总计	种数	6	188	36	168	62	68	149	13	173	57
	种数 (%)	2.6	81.7	15.7	73.0	27.0	29.6	64.8	5.6	75.2	24.8

表 9.13 城子“龙山”片断热带雨林内部植物叶级、叶型、叶质、叶缘构成

Table 9.13 The spectra of leaf size, leaf type, leaf texture and leaf margin from the plants of the interior plot in Chengzi fragment

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
乔木	种数	1	63	6	50	20	25	42	3	53	17
	种数 (%)	1.4	90.0	8.6	71.4	28.6	35.7	60.0	4.3	75.7	24.3
	个体数	1	297	35	255	78	118	201	14	228	105
	个体数 (%)	0.3	89.2	10.5	76.6	23.4	35.4	60.4	4.2	68.5	31.5
灌木	种数		9	2	10	1	1	7	3	7	4
	种数 (%)		81.8	18.2	90.9	9.1	9.1	63.6	27.3	63.6	36.4
	个体数		19	10	28	1	2	15	15	24	5
	个体数 (%)		65.5	34.5	96.6	3.4	6.9	51.7	51.7	82.8	17.2
藤本	种数	1	31	2	25	9	8	26		19	15
	种数 (%)	2.9	91.2	5.9	73.5	26.5	23.5	76.5		55.9	44.1
草本	种数	1	8	3	10	2	1	10	1	7	5
	种数 (%)	8.3	66.7	25.0	83.3	16.7	8.3	83.3	8.3	58.3	41.7
附生	种数	1	5		5	1	3	3	1	5	1
	种数 (%)	16.7	83.3		83.3	16.7	50.0	33.3	16.7	83.3	16.7
总计	种数	4	116	13	100	33	38	87	8	91	42
	种数 (%)	3.0	87.2	9.8	75.2	24.8	28.6	65.4	6.1	68.4	31.6

9.3.2.2 曼养广“龙山”片断热带雨

与城子“龙山”片断热带雨的类似 (表 9.14, 表 9.15), 各类生活型植物在林缘样地中的小叶级植物种数百分比均较林内样地高, 按占个体数百分比, 林缘样地乔木和灌木小叶级植物比例又低于林内样地, 其他情况不尽相同。

表 9.14 曼养广“龙山”片断热带雨林林缘植物叶级、叶型、叶质、叶缘构成

Table 9.14 The spectra of leaf size, leaf type, leaf texture and leaf margin from the plants of the marginal plots in Manyanguang fragment

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
乔木	种数	—	73	9	61	21	36	43	3	57	25
	种数 (%)		89.0	11.0	74.4	25.6	43.9	52.4	3.7	69.5	30.5
	个体数	—	616	39	470	185	383	246	26	461	194
	个体数 (%)		94.0	6.0	71.8	28.2	58.5	37.6	4.0	70.4	29.6

续表 9.14

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
灌木	种数	—	16	4	20	—	3	16	1	15	5
	种数 (%)		80.0	20.0	100.0		15.0	80.0	5.0	75.0	25.0
	个体数	—	165	12	177	—	16	127	34	163	14
	个体数 (%)		93.2	6.8	100.0		9.0	71.8	19.2	92.1	7.9
藤本	种数	1	50	10	49	12	19	38	4	47	14
	种数 (%)	1.6	82.0	16.7	80.3	19.7	31.1	62.3	6.6	77.0	23.0
草本	种数	2	9	6	13	4	1	14	2	10	7
	种数 (%)	11.8	52.9	35.3	76.5	23.5	5.9	82.4	11.8	58.8	41.2
附生	种数	2	6	—	8	—	3	5	—	7	1
	种数 (%)	25.0	75.0		100.0		37.5	62.5		87.5	12.5
总计	种数	5	154	29	151	37	62	116	10	136	52
	种数 (%)	2.7	81.9	15.4	80.3	19.7	33.0	61.7	5.3	72.3	27.7

表 9.15 曼养广“龙山”片断热带雨林内部植物叶级、叶型、叶质、叶缘构成

Table 9.15 The spectra of leaf size, leaf type, leaf texture and leaf margin from the plants of the interior plots in Manyanguang fragment

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
乔木	种数	1	51	5	40	17	31	24	2	41	16
	种数 (%)	1.8	89.5	8.8	70.2	29.8	54.4	42.1	3.5	71.9	28.1
	个体数	1	291	46	299	39	231	105	2	200	138
	个体数%	0.3	86.1	13.6	88.5	11.5	68.3	31.1	0.6	59.2	40.8
灌木	种数	—	9	1	10	—	1	8	1	8	2
	种数 (%)		90.0	10.0	100.0		10.0	80.0	10.0	80.0	20.0
	个体数	—	37	6	43	—	4	34	5	41	2
	个体数 (%)		86.0	14.0	100.0		9.3	79.1	11.6	95.3	4.7
藤本	种数	—	19	5	17	7	9	15	—	20	4
	种数 (%)		79.2	20.8	70.8	29.2	37.5	62.5		83.3	16.7
草本	种数	—	6	1	6	1	—	7	—	5	2
	种数 (%)		85.7	14.3	85.7	14.3		100.0		71.4	28.6
附生	种数	2	2	—	4	—	1	3	—	3	1
	种数 (%)	50.0	50.0		100.0		25.0	75.0		75.0	25.0

续表 9.15

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
总计	种数	3	87	12	77	25	42	57	3	77	25
	种数 (%)	2.9	85.3	11.8	75.5	24.5	41.2	55.9	2.9	75.5	24.5

9.3.2.3 自然保护区连续森林

自然保护区连续森林似乎不同于片断热带雨林（表 9.16，表 9.17），在叶级构成上，虽然林缘样地植物小叶级占总种数百分比仍高于林内样地，但乔木和灌木小叶级植物在种数百分比和个体数百分比上低于林内样地。叶型、叶质、叶缘的变化亦有不同。

综合 3 个样地的情况看，在叶级构成上，乔木的林缘小叶级植物占总种数百分比高于林内（图 9.3），但自然保护区连续森林，林缘乔木小叶级植物种数百分比又低于林内。

除叶级外，叶型、叶质、叶缘构成的变化似乎规律性不明显。

表 9.16 自然保护区连续森林林缘植物叶级、叶型、叶质、叶缘构成

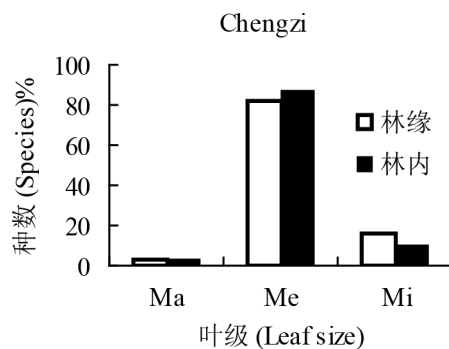
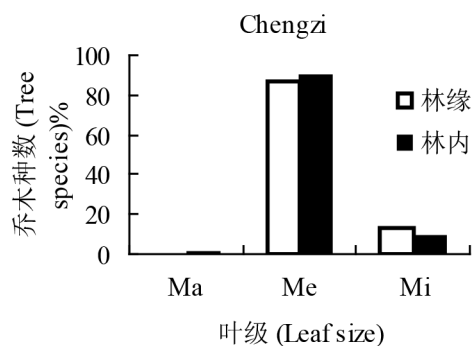
Table 9.16 The spectrums of leaf size, leaf type, leaf texture, leaf margin from the plants of the marginal plot in the continuous forest in Nature Reserve

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
乔木	种数	2	91	3	67	29	32	60	4	65	31
	种数 (%)	2.1	94.8	3.1	69.8	30.2	33.3	62.5	4.2	67.7	32.3
	个体数	109	567	7	592	91	305	369	9	300	383
	个体数 (%)	16.0	83.0	1.0	86.7	13.3	44.7	54.0	1.3	43.9	56.1
灌木	种数	—	20	2	19	3	1	19	2	12	10
	种数 (%)		90.9	9.1	86.4	13.6	4.5	86.4	9.1	54.5	45.5
	个体数	—	171	2	151	22	2	140	31	113	60
	个体数 (%)		98.8	1.2	87.3	12.7	1.2	80.9	17.9	65.3	34.7
藤本	种数	1	61	6	49	19	21	45	2	48	20
	种数 (%)	1.5	89.7	8.8	72.1	27.9	30.9	66.2	2.9	70.6	29.4
草本	种数	6	25	11	38	4	5	36	1	25	17
	种数 (%)	14.3	59.5	26.2	90.5	9.5	11.9	85.7	2.4	59.5	40.5
附生	种数	—	7	—	7	—	2	5	—	7	—
	种数 (%)		100.0		100.0		28.6	71.4		100.0	
总计	种数	9	204	22	180	55	61	165	9	157	78
	种数 (%)	3.8	86.8	9.4	76.6	23.4	26.0	70.2	3.8	66.8	33.2

表 9.17 自然保护区连续森林内植物叶级、叶型、叶质、叶缘构成

Table 9.17 The spectrums of leaf size, leaf type, leaf texture and leaf margin from plants of the interior plot
in the continuous forest in Nature Reserve

		叶级 Leaf size			叶型 Leaf type			叶质 Leaf texture		叶缘 Leaf margin	
		大叶 Ma	中叶 Me	小叶 Mi	单叶 S	复叶 C	革质 L	纸质 P	膜质 M	全缘 En	齿缘 Se
乔木	种数	2	70	3	53	22	30	44	1	57	18
	种数 (%)	2.7	93.3	4.0	70.7	29.3	40.0	58.7	1.3	76.0	24.0
	个体数	2	401	5	328	80	117	288	3	337	71
	个体数 (%)	0.5	98.3	1.2	80.4	19.6	28.7	70.6	0.7	82.6	17.4
灌木	种数	1	12	2	13	2	4	10	1	11	4
	种数 (%)	6.7	80.0	13.3	86.7	13.3	26.7	66.7	6.7	73.3	26.7
	个体数	1	25	22	45	3	17	28	3	43	5
	个体数 (%)	2.1	52.1	45.8	93.8	6.3	35.4	58.3	6.3	89.6	10.4
藤本	种数	—	25	1	19	7	9	16	1	21	5
	种数 (%)		96.2	3.8	73.1	26.9	34.6	61.5	3.8	80.8	19.2
草本	种数	4	14	—	13	5	2	16	—	11	7
	种数 (%)	22.2	77.8		72.2	27.8	11.1	88.9		61.1	38.9
附生	种数	1	5	—	5	1	2	4	—	4	2
	种数 (%)	16.7	83.3		83.3	16.7	33.3	66.7		66.7	33.3
总计	种数	8	126	6	103	37	47	90	3	104	36
	种数 (%)	5.7	90.0	4.3	73.6	26.4	33.6	64.3	2.1	74.3	25.7



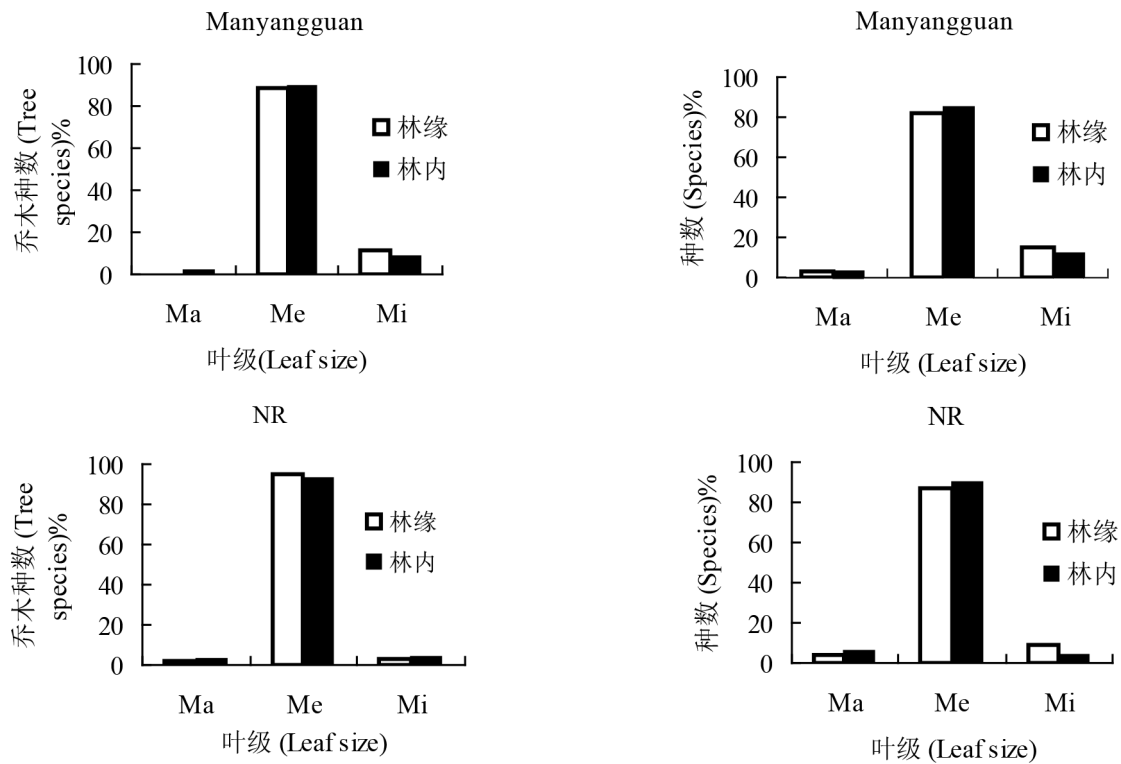
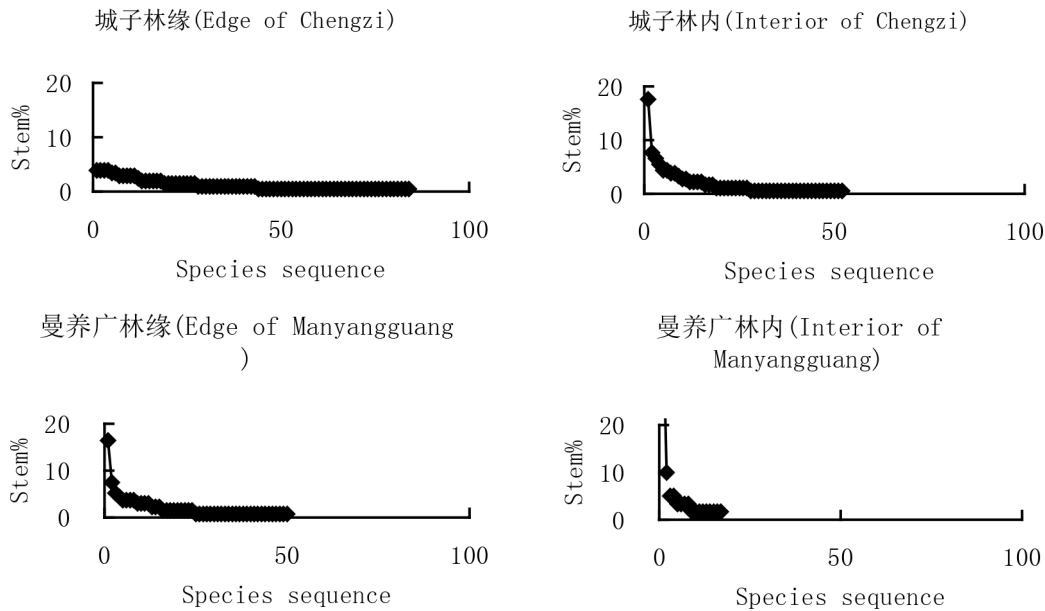


图 9.3 片断热带雨林与保护区连续森林边缘与林内样地叶级谱的比较

Fig. 9.3 Comparison of leaf size spectra between marginal and interior plots from the fragmented and continuous rain forests

9.3.3 边缘群落乔木种群结构的变化

将片断热带雨林与自然保护区连续森林林缘样地与林内样地乔木种群结构进行比较（图 9.4），林缘样地与林内样地乔木种群都显示具有一个较长的尾，亦即只含 1~2 个个体的小种群物种较多，这是该地区热带雨林的共同特征。



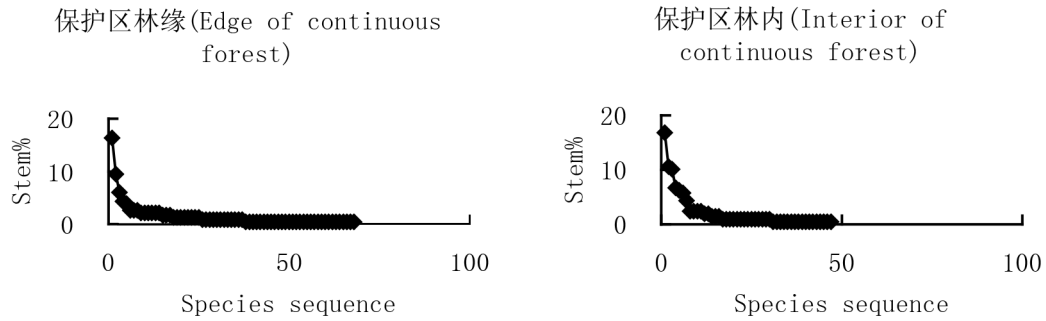


图 9.4 片断森林与连续森林林缘与中心乔木种序图比较

Fig. 9.4 Comparison of tree species sequence/stem% diagrams between the marginal and interior plots from the fragmented and the continuous forests

9.4 边缘群落植物生态种组（演替成分）的变化

9.4.1 城子“龙山”片断热带雨林

将林内样地与林缘样地植物按在该地区生态系统中的一般生态习性归类为耐阴（通常也是演替顶极）植物、阳性（通常也是演替先锋）植物和生态习不太明确的植物（这里暂称随遇种），列于表 9.18（藤本植物因生态习性无判定的标准，未进行统计）。

林缘样地中耐阴植物种占 77.3%，阳性植物种占 21.4%，其他占 0.3%；林内样地中耐阴物种占 86.0%，阳性物种占 14.0%。林缘样地中阳性植物所占比例明显增加。

表 9.18 城子“龙山”林缘与林内生态种组比较

Table 9.18 Comparison of the ecological species groups between the marginal and the interior plots in Chengzi fragment

	耐阴物种 Shade-tolerant species				阳性物种 Pioneer species				随遇种 Indifferent species			
	林缘		林内		林缘		林内		林缘		林内	
	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%
乔木	92	76.7	59	84.3	27	22.5	11	15.7	1	0.8	—	
灌木	13	65	10	90.9	6	30	1	8.1	1	5	—	
草本	13	92.9	10	83.3	1	7.1	2	16.7	—		—	
附生	5	100	7	100	—		—		—		—	
合计	123	77.4	86	86	34	21.4	14	14	2	1.3	—	

9.4.2 曼养广“龙山”片断热带雨林

与城子“龙山”片断热带雨林类似，林缘样地中耐阴种占 74.8%，阳性种占 24.4%；林内样地耐阴种占 78.7%，阳性种占 18.7%（表 9.19）。林缘样地中阳性植物所占比例亦有增加（藤本植物未进行统计）。

9.4.3 自然保护区连续森林

自然保护区连续森林与“龙山”片断热带雨林的变化总趋势相同，林缘样地耐阴物种占 84.1%，

阳性物种 14.1%；林内样地耐阴物种占 93.6%，阳性物种占 6.4%（表 9.20）。林缘样地阳性植物所占比例明显增加（藤本植物未进行统计）。

表 9.19 曼养广“龙山”林缘与林内生态种组比较

Table 9.19 Comparison of the ecological species groups between the marginal and the interior plots in Manyanguang fragment

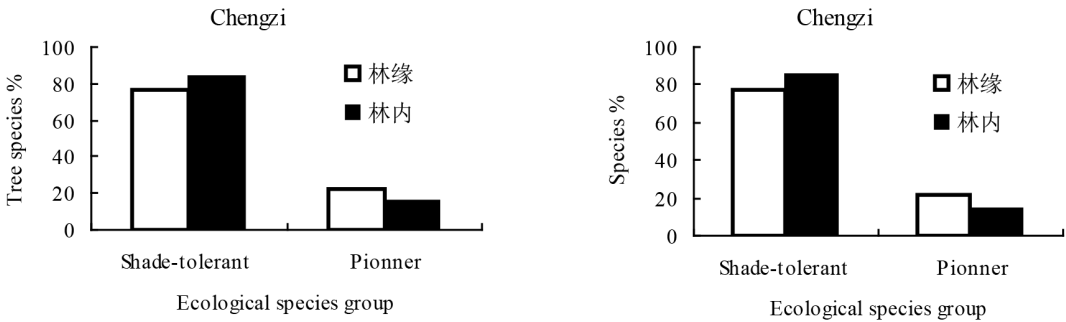
	耐阴物种 Shade-tolerant species				阳性物种 Pioneer species				随遇种 Indifferent species			
	林缘		林内		林缘		林内		林缘		林内	
	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%
乔木	60	74.1	49	86	20	24.7	8	14	1	1.2	—	
灌木	13	61.9	6	60	8	38.1	4	40	—		—	
草本	14	82.4	5	62.5	3	17.6	2	25	—		1	12.5
附生	8	100	4	100	—		—		—		—	
合计	95	74.8	59	79.7	31	24.4	14	18.9	1	0.8	1	1.4

表 9.20 保护区林缘与林内生态种组比较

Table 9.20 Comparison of the ecological species groups between the marginal and the interior plots in continuous forest

	耐阴物种 Shade-tolerant species				阳性物种 Pioneer species				随遇种 Indifferent species			
	林缘		林内		林缘		林内		林缘		林内	
	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%	种数	%
乔木	85	87.6	70	92.1	12	12.4	6	7.9	—		—	
灌木	14	63.6	14	93.3	7	31.8	1	6.7	1	4.5	—	
草本	37	88.1	18	100	5	11.9	—		—		—	
附生	7	100	6	100	—		—		—		—	
合计	143	85.1	102	93.6	24	14.3	7	6.4	1	0.6	—	

3 个样地林缘阳性植物比例均是增加。干扰越大的片断，林内和林缘阳性植物比例越大，如曼养广“龙山”片断热带雨林林缘样地中阳性植物种占 24.4%，林内样地中阳性种占 18.7%；而自然保护区连续森林边缘样地中阳性植物种占 14.1%；林内样地中阳性植物种只占 6.4%。干扰越小的群落，林内和林缘阳性植物比例差值越大（分别比较了乔木种类和所有植物种类），见图 9.5。



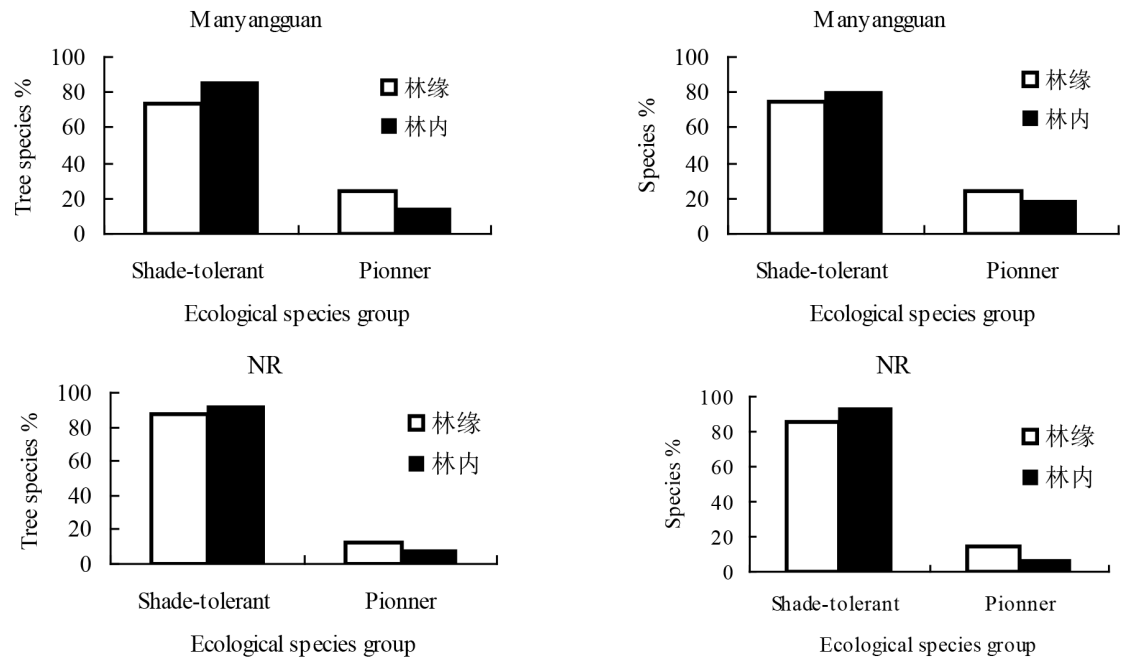


图 9.5 片断森林与连续森林林缘和林内样地生态种组的比较
Fig. 9.5 Comparison of ecological species groups between the marginal and the internal plots from the fragmented and the continuous forests

9.5 边缘群落植物科、属多样性及组成的变化

9.5.1 边缘群落植物科、属多样性变化

将在城子“龙山”、曼养广“龙山”片断热带雨林和自然保护区连续森林林缘样地和林内样地记录到的植物种类（编目），分别按生活型统计所属科、属数，列于表 9.21。以种数代替个体数，借用种多样性指数计算公式和方法，计算出林缘与林内样方植物各生活型在科和属水平上的多样性指数，将比较的结果列于表 9.22~9.24。

表 9.21 林缘与林内样地植物科、属数量的比较

Table 9.21 Comparison of the numbers of plant families and genera between the marginal and the interior plots from the three study sites

样地位置 Plot site	城子 Chengzi				曼养广 Mangyangguan				保护区 NR			
分类群	科		属		科		属		科		属	
样地类型 Plot type	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木（含幼树）	39	32	88	60	33	32	62	51	34	30	78	59
灌木	12	8	17	11	9	6	18	9	13	7	20	10
草本	10	9	15	12	11	4	15	8	26	14	37	18
藤本（含幼株）	32	19	54	28	30	17	50	23	31	19	54	23
附生	3	6	3	6	7	4	7	4	4	4	5	4
共计	67	58	167	112	64	55	142	91	79	58	188	111

各样地的乔木、灌木、草本和藤本植物单位面积科、属数在林缘均高于林内，并以藤本植物的差值最大。自然保护区连续森林林缘和林内样地科、属总数的差值大于片断热带雨林，并以灌木和草本植物在林缘和林内样地科、属数的差值最大。曼养广“龙山”片断热带雨林林缘和林内样地科、属总数和差值均是微小。

林缘植物在科、属水平上的多样性在各样地均表现为升高的趋势。不同样地、不同生活型植物的表现不完全相同，因各样地的群落结构特征和受干扰状况各不相同。

表 9.22 城子“龙山”林缘与林内科、属多样性指数比较

Table 9.22 Comparison of the diversity index in family and generic levels between the marginal and the interior plots in Chengzi fragment

生活型	科						属					
	H'		E		S		H'		E		S	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木（含幼树）	3.369	3.223	0.913	0.930	0.957	0.951	4.331	4.04	0.967	0.987	0.984	0.981
灌木	2.250	1.839	0.951	0.884	0.86	0.793	2.788	2.398	0.984	1	0.935	0.909
草本	2.22	2.254	0.964	0.979	0.883	0.889	2.686	2.485	0.992	1	0.930	0.917
藤本	3.33	2.787	0.934	0.947	0.952	0.929	3.898	3.266	0.977	0.980	0.977	0.958
附生	0.950	1.748	0.86	0.976	0.56	0.816	0.950	1.748	0.865	0.976	0.56	0.816
共计	3.831	3.775	0.91	0.930	0.970	0.968	4.976	4.671	0.97	0.988	0.991	0.990

* 多样性指数计算公式同前

表 9.23 曼养广“龙山”林缘与林内科、属多样性指数比较

Table 9.23 Comparison of the diversity index in family and generic levels between the marginal and the interior plots in Manyanguang fragment

生活型	科						属					
	H'		E		S		H'		E		S	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木（含幼树）	4.022	3.291	0.978	0.950	0.98	0.956	3.226	3.897	0.923	0.991	0.948	0.979
灌木	2.055	1.696	0.844	0.946	0.892	0.8	2.912	2.164	0.989	0.985	0.943	0.88
草本	2.252	1.213	0.94	0.875	0.879	0.656	2.670	2.079	0.986	1	0.927	0.875
藤本	3.200	2.730	0.941	0.964	0.950	0.927	3.838	3.120	0.981	0.995	0.976	0.955
附生	1.906	1.386	0.980	1	0.844	0.75	1.906	1.386	0.980	1	0.844	0.75
共计	3.773	3.725	0.907	0.930	0.966	0.967	4.845	4.463	0.978	0.989	0.991	0.988

城子“龙山”片断热带雨林林缘乔木、灌木及藤本植物的科和属多样性指数均高于林内。草本植物科多样性指数在林缘较林内稍低，附生植物在林缘科及属水平的多样性指数都低于林内。

曼养广“龙山”片断热带雨林林缘乔木、灌木、草本及藤本植物科的多样性指数均高于林内。林缘乔木属的多样性指数较林内低，但其他各生活型仍是林缘较高。

自然保护区连续森林林缘各生活型植物（附生植物除外）在科和属水平上多样性指数均高于林内。

与各样地单位面积科、属数在林缘和林内的变化趋势一致，林缘植物的科、属多样性指数高于林内，并以藤本植物的差值最大。自然保护区连续森林林缘和林内样地科、属多样性指数的差值大于片断热带雨林，而曼养广“龙山”片断热带雨林林缘和林内样地科、属多样性指数和差值均是最小。

表 9.24 保护区林缘与林内科、属多样性指数比较

Table 9.24 Comparison of the diversity index in family and generic levels between the marginal and the interior plots in continuous forest

生活型	科						属					
	H'		E		S		H'		E		S	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
乔木（含幼树）	3.263	3.150	0.925	0.917	0.951	0.945	4.273	3.969	0.981	0.969	0.984	0.977
灌木	2.279	1.390	0.889	0.613	0.858	0.714	2.955	2.168	0.986	0.942	0.945	0.867
草本	3.147	2.447	0.966	0.954	0.952	0.901	3.560	2.890	0.986	1	0.969	0.944
藤本	3.197	2.938	0.940	0.981	0.952	0.944	3.905	3.098	0.974	0.988	0.977	0.953
附生	1.277	1.330	0.921	0.959	0.694	0.722	1.475	1.330	0.916	0.959	0.735	0.722
共计	4.056	3.728	0.928	0.914	0.977	0.966	5.152	4.583	0.982	0.973	0.993	0.988

9.5.2 边缘群落植物科、属组成的变化

林缘植物不仅在科、属数量和多样性指数有变化（增大），在植物系统组成上也明显发了生变化。

9.5.2.1 城子“龙山”片断热带雨林

林缘及林内样地植物优势科的比较见表 9.25。林缘含 5 种以上的优势科数目明显较多，在 2500m² 样方面积内有 17 个科，而林内样方只有 6 个科，反映了林缘种数多，但主要集中在一些科里，林内种数相对少，但少种科比例较高。这从表 9.3 也可看出，在同样面积内，林缘（230 种）比林内（134 种）在种数上多了近 80%，但在科数上仅多了近 30%，即林缘植物科、属数并不与种数在同样比例（幅度）上增加。另外，有些科的种数百分比发生了改变，如茜草科在林缘有 21 种，但占林缘植物种数百分比 9.13%，它在林内虽只有 15 种，但种数百分比是 11.19%。这也就是说它在林缘的相对地位降低了。

表 9.25 城子“龙山”林缘与林内样方含 5 种以上的优势科的比较

Table 9.25 Comparison of the dominant families with more than five species between marginal and the interior plots in Chengzi fragment

科	种数		属数		种数百分比 (%)	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
茜草科	21	15	15	12	9.13	11.19
楝科	11	5	5	3	4.78	3.73

续表 9.25

科	种数		属数		种数百分比 (%)	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
大戟科	10	6	9	5	4.35	4.48
蝶形花科	10	5	4	4	4.35	3.73
桑科	10	5	3	5	4.35	3.73
番荔枝科	9	—	9	—	3.91	—
樟科	9	—	5	—	3.91	—
含羞草科	7	—	5	—	3.04	—
夹竹桃科	7	—	6	—	3.04	—
葡萄科	7	—	4	—	3.04	—
芸香科	7	5	5	4	3.04	3.73
桃金娘科	6	—	2	—	2.61	—
紫金牛科	6	—	4	—	2.61	—
翅子藤科	5	—	3	—	2.17	—
胡椒科	5	—	1	—	2.17	—
萝藦科	5	—	4	—	2.17	—
无患子科	5	—	5	—	2.17	—

9.5.2.2 曼养广“龙山”片断热带雨林

林缘及林内样地植物优势科的比较见表 9.26。与城子“龙山”片断热带雨林的的结果类似，林缘含 5 种以上的优势科数目明显较多，在 2500m² 样方面积内有 10 个科，而林内样方只有 3 个科，亦反映了林缘种数多，但主要集中在一些科里，林内种数相对少，但少种科比例较高。同样，一些科的种数百分比在林缘发生了变化，但表现与城子“龙山”片断热带雨林又不一样。

表 9.26 曼养广“龙山”林缘及林内含 5 种以上优势科的比较

Table 9.26 Comparison of the dominant families with more than five species between marginal and the interior plots in Manyangguang fragment

科	种数		属数		种数百分比 (%)	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
茜草科	17	9	12	6	9.09	8.65
大戟科	16	8	13	8	8.56	7.69
桑科	11	—	5	—	5.88	—
蝶形花科	10	7	6	4	5.35	6.73
夹竹桃科	9	—	7	—	4.81	—

续表 9.26

科	种数		属数		种数百分比 (%)	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
含羞草科	5	—	4	—	2.67	—
爵床科	5	—	5	—	2.67	—
马鞭草科	5	—	4	—	2.67	—
葡萄科	5	—	3	—	2.67	—
樟科	5	—	3	—	2.67	—

9.5.2.3 自然保护区连续森林

自然保护区连续森林的统计结果列于表 9.27。

林缘及林内样地植物优势科的比较与城子“龙山”片断热带雨林表现出同样的规律。林缘种数多,但主要集中在一些科里,林内种数相对少,但少种种比例较高。茜草科占林缘植物种数百分比明显降低了。

表 9.27 保护区林缘及林内含 5 种以上的科比较

Table 9.27 Comparison of the dominant families with more than five species between the marginal and the interior plots in the continuous forest of nature reserve

科	种数		属数		种数百分比%	
	林缘	林内	林缘	林内	林缘	林内
茜草科	15	15	13	9	6.33	10.64
桑科	14	6	4	2	5.91	4.26
大戟科	13	—	11	—	5.48	—
樟科	8	9	5	4	3.38	6.38
夹竹桃科	7	—	7	—	2.95	—
楝科	7	8	6	6	2.95	5.67
蝶形花科	7	8	5	5	2.95	5.67
荨麻科	6	—	4	—	2.53	—
葡萄科	6	—	2	—	2.53	—
茶茱萸科	5	—	5	—	2.11	—
防己科	5	—	5	—	2.11	—
番荔枝科	5	5	4	5	2.11	3.55
含羞草科	5	—	4	—	2.11	—
爵床科	5	—	4	—	2.11	—
萝藦科	5	—	4	—	2.11	—
天南星科	5	—	4	—	2.11	—

将 3 个样地所有林缘与林内样地植物科的组成比较列于表 9.28。

林缘样地有植物 97 科，林内样地有植物 84 科，二者共同具有 74 科。林缘样地有 23 个科未在林内样地出现，而林内样地有 10 个科未在林缘样地出现。未在林缘样地出现的 10 个科中，有 4 个科为主要是喜阴湿环境的蕨类植物科，1 个科为喜阴湿的种子植物科，即露兜树科。在林缘样地有几个科，如大戟科（23 种）和桑科（25 种），与林内样地相比，种类增加很多（它们具有较多先锋树种）。

所以，林缘植物在系统组成上也发生了明显变化，部分雨林原始物种在林缘地段消失。

表 9.28 林缘及林内植物科组成比较

Table 9.28 Comparison of the family composition between the marginal and interior plots

	林缘			林内			
	科	属	种	科	属	种	
相同：74 科							
茜草科	Rubiaceae	20	33	茜草科	Rubiaceae	17	27
大戟科	Euphorbiaceae	18	23	大戟科	Euphorbiaceae	10	13
夹竹桃科	Apocynaceae	10	12	夹竹桃科	Apocynaceae	7	7
番荔枝科	Annonaceae	9	11	番荔枝科	Annonaceae	7	7
蝶形花科	Papilionaceae	8	17	蝶形花科	Papilionaceae	6	14
楝科	Meliaceae	8	14	楝科	Meliaceae	6	10
樟科	Lauraceae	7	13	樟科	Lauraceae	5	14
芸香科	Rutaceae	7	11	芸香科	Rutaceae	6	8
爵床科	Acanthaceae	7	8	爵床科	Acanthaceae	6	6
防己科	Menispermaceae	7	7	防己科	Menispermaceae	3	3
无患子科	Sapindaceae	6	6	无患子科	Sapindaceae	5	6
桑科	Moraceae	5	25	桑科	Moraceae	4	9
含羞草科	Mimosaceae	5	7	含羞草科	Mimosaceae	2	3
萝藦科	Asclepiadaceae	5	7	萝藦科	Asclepiadaceae	5	6
天南星科	Araceae	5	6	天南星科	Araceae	4	6
茶茱萸科	Icacinaceae	5	5	茶茱萸科	Icacinaceae	5	5
榆科	Ulmaceae	5	5	榆科	Ulmaceae	4	5
葡萄科	Vitaceae	4	10	葡萄科	Vitaceae	3	5
紫金牛科	Myrsinaceae	4	10	紫金牛科	Myrsinaceae	2	4
马鞭草科	Verbenaceae	4	7	马鞭草科	Verbenaceae	3	4
荨麻科	Urticaceae	4	6	荨麻科	Urticaceae	2	2
漆树科	Anacardiaceae	4	4	漆树科	Anacardiaceae	2	2
翅子藤科	Hippocrateaceae	3	5	翅子藤科	Hippocrateaceae	2	4

续表 9.28

	林缘			林内			
	科	属	种	科	属	种	
菊科	Compositae	3	5	菊科	Compositae	1	1
肉豆蔻科	Myristicaceae	3	5	肉豆蔻科	Myristicaceae	3	5
苏木科	Caesalpiniaceae	3	5	苏木科	Caesalpiniaceae	1	1
梧桐科	Sterculiaceae	3	5	梧桐科	Sterculiaceae	3	4
木犀科	Oleaceae	3	4	木犀科	Oleaceae	2	3
鼠李科	Rhamnaceae	3	4	鼠李科	Rhamnaceae	2	5
紫葳科	Bignoniaceae	3	4	紫葳科	Bignoniaceae	2	2
禾本科	Gramineae	3	3	禾本科	Gramineae	3	3
葫芦科	Cucurbitaceae	3	3	葫芦科	Cucurbitaceae	2	2
五加科	Araliaceae	3	3	五加科	Araliaceae	4	4
棕榈科	Palmae	3	3	棕榈科	Palmae	2	2
桃金娘科	Myrtaceae	2	9	桃金娘科	Myrtaceae	1	4
壳斗科	Fagaceae	2	4	壳斗科	Fagaceae	2	2
椴树科	Tiliaceae	2	3	椴树科	Tiliaceae	2	2
莎草科	Cyperaceae	2	3	莎草科	Cyperaceae	1	1
山柑科	Capparidaceae	2	3	山柑科	Capparidaceae	1	1
鸭跖草科	Commelinaceae	2	3	鸭跖草科	Commelinaceae	1	1
野牡丹科	Melastomaceae	2	3	野牡丹科	Melastomaceae	1	1
百合科	Liliaceae	2	2	百合科	Liliaceae	1	1
橄榄科	Burseraceae	2	2	橄榄科	Burseraceae	1	2
姜科	Zingiberaceae	2	2	姜科	Zingiberaceae	2	2
苦木科	Simaroubaceae	2	2	苦木科	Simaroubaceae	1	1
牛栓藤科	Connaraceae	2	2	牛栓藤科	Connaraceae	2	2
使君子科	Combretaceae	2	2	使君子科	Combretaceae	1	2
旋花科	Convolvulaceae	2	2	旋花科	Convolvulaceae	2	2
远志科	Polygalaceae	2	2	远志科	Polygalaceae	2	2
胡椒科	Piperaceae	1	5	胡椒科	Piperaceae	1	5
菝葜科	Smilacaceae	1	4	菝葜科	Smilacaceae	1	2
八角枫科	Alangiaceae	1	3	八角枫科	Alangiaceae	1	2
杜英科	Elaeocarpaceae	1	3	杜英科	Elaeocarpaceae	1	2
省沽油科	Staphyleaceae	1	3	省沽油科	Staphyleaceae	1	2

续表 9.28

	林缘			林内			
	科	属	种	科	属	种	
藤黄科	Guttiferae	1	2	藤黄科	Guttiferae	1	2
卫矛科	Celastraceae	1	2	卫矛科	Celastraceae	1	1
唇形科	Labiatae	1	1	唇形科	Labiatae	1	1
大风子科	Flacourtiaceae	1	1	大风子科	Flacourtiaceae	1	1
箭根薯科	Taccaceae	1	1	箭根薯科	Taccaceae	1	1
兰科	Orchidaceae	1	1	兰科	Orchidaceae	2	2
马钱科	Loganiaceae	1	1	马钱科	Loganiaceae	1	2
买麻藤科	Gnetaceae	1	1	买麻藤科	Gnetaceae	1	1
木兰科	Magnoliaceae	1	1	木兰科	Magnoliaceae	1	1
山榄科	Sapotaceae	1	1	山榄科	Sapotaceae	2	2
檀香科	Santalaceae	1	1	檀香科	Santalaceae	1	1
仙茅科	Hypoxidaceae	1	1	仙茅科	Hypoxidaceae	1	1
玉蕊科	Lecythidaceae	1	1	玉蕊科	Lecythidaceae	1	1
粘木科	Ixonanthaceae	1	1	粘木科	Ixonanthaceae	1	1
竹芋科	Marantaceae	1	1	竹芋科	Marantaceae	1	1
三叉蕨科	Aspidiaceae	4	6	三叉蕨科	Aspidiaceae	4	6
凤尾蕨科	Pteridaceae	1	5	凤尾蕨科	Pteridaceae	1	1
海金沙科	Lygodiaceae	1	2	海金沙科	Lygodiaceae	1	3
槲蕨科	Drynariaceae	1	1	槲蕨科	Drynariaceae	1	1
实蕨科	Bolbitidaceae	1	1	实蕨科	Bolbitidaceae	1	1
不同：林缘 23 科，林内 10 科							
铁角蕨科	Aspleniaceae	2	2	水龙骨科	Polypodiaceae	2	2
金星蕨科	Thelypteridaceae	1	2	骨碎补科	Davalliaceae	1	1
蚌壳蕨科	Dicksoniaceae	1	1	莲座蕨科	Angiopteridaceae	1	1
卷柏科	Selaginellaceae	1	1	蹄盖蕨科	Athyriaceae	1	1
书带蕨科	Vittariaceae	1	1	露兜树科	Pandanaceae	1	1
石竹科	Caryophyllaceae	2	2	槭树科	Aceraceae	1	1
薯蓣科	Dioscoreaceae	1	5	山矾科	Symplocaceae	1	1
水东哥科	Saurauaceae	1	2	山龙眼科	Proteaceae	1	1
芭蕉科	Mussaceae	1	1	四数木科	Tetramelaceae	1	1
半边莲科	Lobeliaceae	1	1	天料木科	Samydaceae	1	1

续表 9.28

	林缘			林内			
	科	属	种	科	属	种	
酢浆草科	Oxalidaceae	1	1				
胡桃科	Juglandaceae	1	1				
金虎尾科	Malpighiaceae	1	1				
锦葵科	Malvaceae	1	1				
苦苣苔科	Gesneriaceae	1	1				
蓼科	Polygonaceae	1	1				
毛茛科	Ranunculaceae	1	1				
千屈菜科	Lythraceae	1	1				
蔷薇科	Rosaceae	1	1				
茄科	Solanaceae	1	1				
五桠果科	Dilleniaceae	1	1				
苋科	Amaranthaceae	1	1				
玄参科	Scrophulariaceae	1	1				
共计 97 科				共计 84 科			

9.6 不同方位边缘群落植物多样性变化

针对小气候边缘效应在不同方位有差异（马有鑫等，1998），我们对不同方位林缘群落的（小）样方做了一些比较研究。

9.6.1 单位面积上的植物种数、植物多样性指数

总的来看，3个样地边缘各小样方中乔木和藤本的物种数均较明显占优势，附生植物为最贫乏的物种，灌木和草本植物不发达，仅由少数物种组成。对相应的各小样方之间的比较未发现有明显规律，各类植物丰富度的变化在各小样方中不同。

城子“龙山”片断雨林位于东北向的样方中，藤本及附生植物多样性指数值较高。北向的小样方中，乔木和灌木的物种多样性指数为几个样方中最高者，而在东北向的样方中乔、灌、草的多样性指数皆为最低。西北向小样方的藤本种类最少，因为该样方是在一个遭砍伐的次生林缘，可能原有的藤本植物已被砍伐而且未来得及更新。

曼养广“龙山”片断雨林边缘北向的小样方外为一条小路，附近村寨中人常由此小路经过，乔木和草本、灌木多样性指数相对较高。东向小样方林外有一小路，路另一侧为橡胶林，相对较荫蔽，因而附生植物较其他样方多。南面的小样方直接接受太阳辐射最多，以一条约 0.5m 深的沟相隔于橡胶林，边缘藤蔓交错，藤本较丰富。

保护区连续森林由于面积较大，伸展较长，所选样方的方位变化并不明显，其总的特征是位于 30°~50°的斜坡上，坡下为一河滩。乔木在位于东北偏北的样方中多样性指数最高；灌木与草本植物

在东北向样方多样性指数最高；东北向样方中藤本植物较其他样方中丰富；附生植物以东面样方中最贫乏。东北偏东的样方林下灌木和草本的多样性指数为几个小样方中最低者，其乔木和藤本的多样性亦较低，可能是因为该样方林下靠南面有一小片砂仁林，影响其物种的多样性。

9.6.2 生态种组

将各小样方耐阴植物与阳性植物所占比例统计于表 9.29~9.31。

调查结果显示，各小样方皆以耐阴植物占显著优势，城子片断雨林和保护区连续森林的耐阴植物所占比例较高，其中城子片断雨林耐阴物种比例的变化范围较保护区大，但保护区各小样方间该比例较接近。曼养广片断雨林耐阴物种比例在 3 个样地中最低。另外 3 样地中均以东向的小样方耐阴物种占比例较其他方向样方为高（城子龙山虽最高者为东北向的小样方，但其次即为东向），而偏北向的小样方中阳性植物所占比例较其他方位样方高。

表 9.29 城子“龙山”片断雨林边缘小样方生态种组比较

Table 9.29 Percentage of the ecological species groups in the marginal plots in Chengzi

小样方坡向	N-NE	NW	N	NE	E
耐阴植物 (%)	74.1	70.0	75.8	89.5	81.0
阳性植物 (%)	25.9	30.0	21.0	10.5	17.2

表 9.30 曼养广“龙山”片断雨林边缘小样方生态种组比较

Table 9.30 Percentage of the ecological species groups in the marginal plots in Manyangguang

小样方坡向	N	N-NW	NW	E	S
耐阴植物 (%)	67.2	75.5	81.1	84.6	72.7
阳性植物 (%)	32.8	24.5	18.9	15.4	27.3

表 9.31 保护区连续森林边缘小样方生态种组比较

Table 9.31 Percentage of the ecological species groups in the marginal plots in Nature Reserve

小样方坡向	N-NE	E	E-NE	NE-E	NE
耐阴植物 (%)	84.3	88.0	80.0	87.0	87.0
阳性植物 (%)	15.7	10.0	18.0	13.0	13.0

9.6.3 单位面积上的植物个体数及生活型谱

不同方位小样方无明显变化规律。

9.6.4 叶级构成

各样地边缘小样方基本都以中叶、单叶、纸质、全缘叶占优势。

城子“龙山”东北向样方中叶比例相对较高，东北偏北向样方则相对较低，但其差异不大。

曼养广“龙山”南向小样方中叶比例最高，东北偏北小样方中叶比例相对较低，其变化范围在 75.6%~88.6%。

保护区连续森林中叶级在各小样方中的变化范围为 82.4%~89.5%，其中东向小样方所含比例最低，其他四个小样方变化不大（因其方位变化亦不明显），东北偏东向小样方为最高。

9.6.5 乔木种群结构比较

将各样地不同方位样方乔木种群中小种群（含 1~2 个个体）种数所占百分比统计于表 9.32。

表 9.32 三样地不同方位边缘样方乔木种群中含 1~2 个个体物种比例的比较

Table 9.32 Percentage of the tree species with only one or two individuals in the marginal plots of different aspects in the three compared forest sites

城子			曼养广			保护区		
样方号	坡向	种数 (%)	样方号	坡向	种数 (%)	样方号	坡向	种数 (%)
99-11-1	N-NE	60.87	99-11-6	N	75.00	99-11-11	N-NE	52.38
99-11-2	NW	55.88	99-11-7	N-NW	66.67	99-11-12	E	50.00
99-11-3	N	60.87	99-11-8	NW	77.78	99-11-13	E-NE	70.59
99-11-4	NE	57.89	99-11-9	E	60.00	99-11-14	NE-E	65.52
99-11-5	E	72.73	99-11-10	S	62.96	99-11-15	NE	64.71
平均值	—	61.65	平均值	—	68.48	平均值	—	60.64

三样地不同方位边缘样方乔木种群变化规律性不明显。

9.7 讨 论

9.7.1 林缘小气候特征

根据对 3 个样地林缘与林内小气候要素的比较研究（马友鑫等，1998），林缘总的特征是最高气温高于林内，气温日较差大，最小相对湿度明显低于林内，最高地面温度较高，地面温度日较差大，风速变化则不明显。三个研究样地森林对气候的缓冲作用为：保护区连续森林>城子“龙山”片断雨林>曼养广“龙山”片断雨林。

就林缘来说，气温日较差、最高地面温度和地面温度日较差均为：曼养广>城子>保护区；最小相对湿度的变化为保护区>城子>曼养广；其中保护区连续森林与两个“龙山”片断雨林差别较显著。

对于林内的情况，气温日较差为：曼养广>保护区>城子（其中城子与保护区相差甚微）；最小相对湿度为保护区>城子>曼养广；最高地面温度（城子与保护区差别不大）和地面温度日较差均为曼养广>城子>保护区。

林缘附近温度递减率曼养广（1.1℃/10m）大于城子（0.9℃/10m）。林缘对最低气温的影响甚微，一般林内最低温度高于林外，尤其是林内外地面温度差别较大。此外，相对光照强度的变化是林缘到林内一定范围递减，林内光强不及林外的 10%。林缘气-地温差低于林内，其中城子和曼养广林缘与林内相差较明显，保护区林缘与林内差异相对较小。

9.7.2 林缘土壤特征

研究样地林缘土壤肥力特征见表 9.33。

城子“龙山”片断雨林土壤容重在林内高于林缘。干季土壤含水量均值林缘低于林内（40~50cm 的土层含水量较林内稍高）。林缘与林内皆为表层土壤含水量较高。雨季的土壤含水量各土层均为林缘高于林内，其中以表层土壤含水量最高。pH 值均值林缘低于林内（其中 40~50cm 层林缘稍高）。有机质含量和有效氮在林缘各土层皆低于林内；有效钾林缘各土层明显低于林内；但有效磷在林缘表土层和较深土层均较高，均值亦高于林内。

曼养广“龙山”片断雨林土壤容重在林内高于林缘。干季土壤含水量在林缘各土层皆高于林内；雨季则林内均值较高，但相差不大（其中林缘 40~50cm 土层含水量稍高于林内）。pH 值在林缘较林内低。有机质含量林缘较林内高，但有效氮林缘除 20~30cm 层稍高外，其他层及均值都比林内低；有效磷和有效钾在林缘各层的含量皆较明显高于林内。

土壤含水量的来源主要依赖于大气降雨，西双版纳地区干、湿季分明的气候特点导致土壤含水量在此二季内差异较大。干季由于气温高，相对湿度低，降水少，土壤含水量明显低于雨季。曼养广“龙山”片断雨林在林缘干季土壤含水量较林内高，在雨季较林内低。城子“龙山”片断雨林和保护区连续森林在林缘干季的土壤含水量皆低于林内（但其值相差不大，而它们在林缘较深土层的含水量则高于林内），在雨季又高于林内。这些差异可能与各片断和连续森林的具体情况相关：曼养广“龙山”林片断化后干暖效应表现得更明显，而城子“龙山”林属保存较好的片断雨林，保护区为连续森林，后二者植被覆盖度皆较高，降水在林内更多为林冠所截留，此外保护区林缘外有一条小溪流过。

表 9.33 研究样地土壤肥力特征比较
Table 9.33 Comparison of soil conditions among the study sites

测定项目		土层深度 (cm)	曼养广		城子		保护区	
			林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘
土壤容重 (g/cm ³)		0~10	0.83	0.79	1.20	1.10	1.00	1.02
		20~30	0.99	0.94	1.33	1.30	1.20	1.14
		40~50	1.01	0.98	1.43	1.32	1.37	1.22
		平均	0.94	0.90	1.32	1.24	1.19	1.13
土壤含水量 (%)	干季	0~10	24.70	26.45	17.32	14.92	16.20	14.98
		20~30	23.19	28.81	12.07	12.06	17.46	15.88
		40~50	21.88	22.84	12.47	13.43	16.71	16.95
		平均	23.26	26.03	13.95	13.47	16.79	15.94
	雨季	0~10	35.29	34.10	28.52	32.63	31.13	34.12
		20~30	31.70	30.81	22.90	24.22	26.36	29.86
		40~50	29.37	29.91	20.09	24.30	24.10	26.50
		平均	32.12	31.61	23.84	27.05	27.20	30.16

续表 9.33

测定项目	土层深度 (cm)	曼养广		城子		保护区	
		林内	林缘	林内	林缘	林内	林缘
pH 值	0~10	4.19	3.92	4.89	4.65	—	—
	20~30	4.61	4.24	4.55	4.47	—	—
	40~50	4.72	4.48	4.57	4.61	—	—
	平均	4.51	4.21	4.67	4.58	—	—
有机质 (%)	0~10	5.72	5.71	4.29	3.22	—	—
	20~30	2.23	2.42	1.59	1.44	—	—
	40~50	1.71	1.89	1.34	1.11	—	—
	平均	3.22	3.34	2.41	1.92	—	—
有效氮 (mg/100g 土)	0~10	24.86	22.98	19.80	16.61	—	—
	20~30	10.88	11.54	7.56	7.29	—	—
	40~50	7.26	7.08	6.29	5.53	—	—
	平均	14.33	13.87	11.22	9.81	—	—
有效性磷 (mg/100g 土)	0~10	0.60	1.32	0.87	1.09	—	—
	20~30	0.11	0.21	0.99	0.92	—	—
	40~50	0.15	0.21	0.64	0.76	—	—
	平均	0.29	0.58	0.83	0.92	—	—
有效性钾 (mg/100g 土)	0~10	7.81	9.64	17.35	11.30	—	—
	20~30	3.03	3.28	8.22	5.85	—	—
	40~50	2.36	2.84	8.25	5.61	—	—
	平均	4.40	5.25	11.27	7.59	—	—

9.7.3 边缘群落生物多样性的变化

9.7.3.1 植物多度和多样性的变化

边缘效应在森林片断的演变中起着重要作用 (Laurance et al., 1997), 并推动森林结构及其动态发生重要的变化 (Matlack, 1994; Laurance et al., 1997, 1998a, b)。由于片断森林边缘小气候的改变 (Kapos, 1989) 使乔木所受的损害及死亡率明显增高, 林窗的形成 (Ferreira & Laurance, 1997; Laurance et al., 1998b) 增加, 并促进先锋物种的定居 (Lovejoy et al., 1986; Kapos, 1989; Laurance et al., 1998a)。由于森林原有的部分成分的补充和一些死亡率较低的阳性植物物种的出现, 使得植物物种组成及丰富度沿着森林边缘发生变化 (Murcia, 1995; Laurance et al., 1998b)。林缘具有较高的植株密度、多样性及较高的外来物种丰富度 (Fraver, 1994), 我们的研究显示了林缘植物植种类组成和丰富度发生了明显变化, 林缘单位面积种数和个体数高于林内, 与国外的同类研究结果一致。

由于边缘环境较林内更干热,有更多光照(Kapos, 1989; Williams-Linera, 1990a),对植物生理和幼苗更新产生作用(Kapos et al., 1997; Turton & Freiburger, 1997),使得次生或先锋植物的幼苗易于生长。我们的结果也同样显示了林缘阳性植物(大多为先锋)明显增多。一些研究(Williams-Linera, 1990a; Matlack, 1994)显示森林植被结构中胸径<5cm的本本植物多度和显著度从林缘到林内下降,这与我们得出的结果也一致。森林动态中这些基础的变化将改变森林结构,导致适应于干扰生境的藤本植物的增殖(从各龙山边缘与林内样方藤本植物的多样性比较可看到这一点),同时还伴随着森林内部原始树种的衰败(Laurance et al., 1998b),在我们的边缘样方中原来属于林内的一些典型热带树种确已不存在。

9.7.3.2 植物区系组成与生态成分的变化

片段热带雨林边缘与内部植物区系组成差异方面的研究报道较为少见。在我们的研究上,边缘群落区系成分(主要是生态种组)发生了有规律的变化。从决定群落主要特征的乔木优势种组成看,在森林内部群落中占优势的乔木树种,其中一些或多数在边缘群落中仍占优势,但很明显一些其他种类,主要是先锋树种,也进入到边缘群落优势种之列。然而,在幼树的种类组成上,仅少数先锋树种进入到边缘群落幼树优势种之列。在片段热带雨林,进入到边缘群落幼树优势种之列的非先锋树种中,很多与片段热带雨林内部的幼树种类组成不同,意味着随着时间的推移,片段雨林边缘群落乔木优势种类组成会变得更加不同于森林内部群落。在连续热带雨林,进入到边缘群落幼树优势种之列的非先锋树种中,很多则是该群落内部种类,意味着随着时间的推移,连续森林边缘群落乔木优势种类组成更容易恢复到与群落内部接近的种类组成上。这也就是说,连续森林边缘群落能更多地保持原群落植物区系的主要组成特征。

另一方面,小的森林片断具有较大的边缘面积比率,本质上更容易受到周围生境生物入侵的影响(Janzen, 1986; Bierregaard et al., 1992; Gascon et al., 1999),城子“龙山”林乔木和灌木的边缘-林内相似性曼养广龙山稍高,可能是这个原因。

热带森林由于顶极树种种子较大,种子含水量较高,常表现为快速萌发,基本上很难在土壤种子库中驻留。因此,热带森林土壤种子库中多为先锋及次生种类(Vazquez-yanes & Orozco-segovia, 1993),而林缘充足的光热条件使得这些物种的萌发和生长成为可能,致使它们在林缘处更丰富。但林缘与林内一样,仍为耐阴物种为主。林缘一形成,林缘植物的迅速生长很快就“封闭”了林缘(Camargo & Kapos, 1995; Kapos et al., 1997),从而缩减需光树种的建成,这样又制约了先锋及次生种类的进一步发展。所以,林缘植物区系的形成和发展很复杂,影响条件很多,取决于机会和竞争。

热带雨林片断面积大小和受干扰状况,影响了其植物区系组成与生态成分的变化幅度。城子龙山面积较小,周围有较大面积的次生林包围,许多次生及先锋物种可传播到林内,例如,对城子龙山鸟类(文贤继等, 1997)的研究发现该片断森林鸟类较多且活动频繁,这对种子的传播也有一定的影响,使得城子“龙山”片断雨林林缘和林内次生及先锋物种所占比例(21.4%和14%)高于保护区连续森林(14.1%和6.4%)。曼养广龙山周围植被为人工橡胶林,并且紧邻村寨,长期的人、畜出入林内,使该龙山林受到较大的破坏,林内环境相对来说已更加干热,林缘和林内次生及先锋物种所占比例(24.4%和18.7%)也最高。

9.7.3.3 生活型谱和叶级谱的变化

我们的研究结果显示,藤本植物在林缘样地的种数百分比明显高于林内样地,而大、中高位芽植

物合计在林缘样地种数百分比总是低于林内样地。在叶级构成上,林缘样地小叶级植物占总种数百分比高于林内样地。国外的相关研究认为片断化的热带雨林林缘处倾向于藤本植物增殖和次生植被发展 (Laraunce, 1991; Malcolm, 1994; Viana et al., 1997); 热带雨林林冠覆盖层对外部较严酷的气候条件的缓冲作用在近林缘处被破坏 (Kapos, 1989; Williams-Linera, 1990), 从而会导致对干燥敏感的植物较高的死亡率 (Kapos et al., 1997)。我们的研究结果印证了这些观点。林缘群落大、中高位芽植物种数百分比减小, 可能主要就是大、中高位芽植物的幼树大多适应于林内弱光高湿的环境, 林缘处强光干燥的条件导致它们中的敏感者死亡, 从而降低了种数百分。同时, 林缘群落小叶级植物占总种数百分比增高, 也是于林缘处强光干燥的环境相适应的。

9.7.4 不同方位边缘小样方比较

小气候边缘效应在不同方位有差异, 我们对不同方位林缘群落的 (小) 样方做了比较显示: ①单位面积上的植物种数, 植物多样性指数的变化在不同方位未发现有明显规律; ②生态种组以东向的样方耐阴物种比例较其他方向样方为高 (城子龙山虽最高者为东北向的小样方, 但其次即为东向), 而偏北向的小样方中阳性植物所占比例较其他方位样方高; ③单位面积上的植物个体数及生活型谱在不同方位小样方无明显变化规律; ④在叶级构成上不同方位亦无明显规律; ⑤不同方位边缘样方乔木种群变化规律性也不明显。

总之, 边缘的朝向对边缘群落植物多样性的变化影响不明显, 这可能是因为边缘小气候条件的变化对森林干扰的模式较复杂, 而单独的某个变量对边缘方位的影响因此被消除 (Laurance et al., 1998a)。

9.7.5 森林片断化、边缘效应与生物多样性变化的相关 (协和) 性

片断化森林产生的变化的两个最重要的机制为面积效应和边缘效应 (Carvalho & Vasconcelos, 1999)。边缘效应由森林近林缘处物理及生物因子的梯度引起, 并且一般与到林缘的距离成比例 (Laurance & Yensen, 1991)。林缘区是一个光照、气温、相对湿度、土壤水分、凋落物湿度梯度的变化交错区, 其气候条件受边缘方位和演替阶段的影响 (Matlack, 1994)。边缘效应对森林的影响是复杂的, 当一些非生物因子简单地随着到边缘的距离增加而衰弱时, 生物系统不一定会以相同的方式做出反应。

片断森林中小气候和边缘结构决定着边缘效应的范围和强度。随着时间变化, 边缘经历着演替, 边缘效应所影响的深度可能会由此发生改变, 有些森林类型边缘发生浓密的次生生长, 从而成为林内部位的缓冲地带 (Brothers & Spingarn, 1992), 而边缘结构经常但并不总是随时间的发展而变得浓密。林缘小气候的改变为那些在开放、干扰生境较封闭的森林占优势的物种的进入提供了侵入点 (Brothers & Spingarn, 1992), 从而使林缘具有与林内不同的植物物种组成和群落结构。

此外, 片断森林周围的植被情况对片断的边缘效应具有一定的缓冲作用 (Mesquita et al., 1999)。片断森林周围不同的环境基质如牧场、农田或是次生林等对片断中生物物种的存在具有非常不同的影响 (Stouffer & Bierregaard, 1995b; Cosson et al., 1999)。能够忍受或可定居于周围环境中的物种常能在片断中保持稳定或增长状态, 而避免周围基质环境的物种在片断森林中则倾向于减少或消失 (Gascon et al., 1999)。城子“龙山”林缘有部分次生林包围, 林缘的小气候干热效应和土壤的边缘效应不如曼养广龙山强烈。根据唐勇等 (2000) 在曼养广“龙山”和城子“龙山”片断热带雨林土壤种

子库的研究,表层土壤中单位面积所含有活力的种子数量以城子“龙山”土壤种子库储量最高,曼养广“龙山”土壤种子库储量最低,另外城子“龙山”林缘的土壤种子库储量比林内高,而在曼养广没有明显差异,这与二龙山周围的植被、隔离状况及干扰强度有关。

边缘效应对片断森林的影响范围随着具体研究的对象而不同,Laurance (1991, 1997) 的研究结果显示从边缘到林内明显的变化达到 200m,而可测到的影响甚至深入到 500m; Williams-Linera (1990a) 则发现在巴拿马森林一个形成 12 年的边缘,其边缘效应深入到林内仅 15m。研究中出现的这种差别可能与边缘形成的年龄有关 (Sizer & Tanner, 1999)。我们根据所研究龙山片断的面积大小和小气候结果认为该样地边缘效应深入林内 15m,在此范围内植物组成成分和多样性特征与林内相比发生了较明显的变化。

西双版纳的热带雨林片断化现象已很严重,产生的片断面积大小不一。一般较小的片断具有较高的边缘比例,斑块过小或过于隔离会降低残留生境的适合度 (Rosenberg et al., 1999),由于边缘效应的存在,片断化后森林的实际面积与功能面积已不能等同 (Fraver, 1994)。森林片断化可导致森林生物间原有的相互作用改变或消失 (Powell & Powell, 1987; Aizen & Feinsinger, 1994; Didham et al., 1996; Benitez-Malvido, 1998),使残留的植被相对于外来物种的入侵更显脆弱 (Brothers & Spingarn, 1992),如由于外来物种或杂草传播到残留的森林片断,杂草和次生物种的种子可移动到森林内部,而内部物种的种子向边缘传播受到限制 (Restrepo et al., 1999),部分限于森林内部生长的物种会因此灭绝 (Janzen, 1986)。有人认为面积小的森林片断,尤其 $<10\text{hm}^2$ 者,可完全一致于边缘生境,如经过一定的时间,将不再与森林边缘具有结构或区系组成上的区别 (Kapos, 1989; Zuidema et al., 1996; Viana et al., 1997)。我们研究的城子“龙山”为面积较小的片断森林,但仍在一定程度上保持了与大面积片断相似的结构和物种组成,对某些物种的维持仍然具有重要的作用 (Millis, 1995; Turner et al., 1994)。我们同意所有的片断不论其面积大小都具有一定的保护价值 (Kemper et al., 1999)。

林外旷地多光、高温、风大和较干燥的环境特征影响着林缘的小气候,导致林缘附近较林内干热。林缘阳性植物的增加与此小气候特征相适应。阳性植物不但在林缘增加了,在片断化森林的内部也有相应增加。如自然保护区连续森林林缘和林内阳性植物(次生及先锋物种)所占比例分别是 14.1%和 6.4%;城子“龙山”片断雨林林缘和林内阳性植物所占比例分别是 21.4%和 14%;而曼养广“龙山”片断雨林则分别是 24.4%和 18.7%。城子“龙山”虽为保存比较完好的雨林片断,但作为片断化后残存的雨林,其林内相对湿度已较连续森林下降,且地面温差有所上升,即森林片断化后原有的小气候条件向干热的方向转变,为阳性植物侵入创造了一定条件;曼养广“龙山”虽面积较大,但其原始植被破坏得较严重,林相结构已不完整,片断化后干暖效应表现最为明显,林内阳性植物侵入也最多。保护区作为连续森林对气候的缓冲作用较大,林内阳性植物所占比例也相对最小。

土壤容重为土壤的重要物理性质,是土壤肥力的重要指标之一,该值越小则表明土壤结构越好。由于林缘多先锋植物物种,其根系多分布于浅土层,根系发达,新、老须根更替速度快,促进根层土壤疏松多孔,因此林缘土壤容重较林内低。

我们所研究的几个样地林内和林缘在土壤含水量方面的变化表现不同,这也许与各自具体地形地貌及坡向等情况有关。

土壤有机质作为植物的矿质营养和有机养分的源泉,也是土壤中异养微生物的能源物质,其含量决定于植被状况。在植被层次多、植物生长茂盛处有机质含量就较丰富。曼养广“龙山”林紧挨着村

寨，人畜出入较频繁，林内的结构已不完整，乔木层稀疏，已不能形成郁闭；而林缘则植物密度和覆盖度均大于林内，导致林缘土壤有机质含量高于林内。城子龙山林内植被结构保存较好，生物量大，林缘有机质含量低于林内。

总之，热带雨林片断化后，对林内小气候的缓冲能力明显减弱，其土壤肥力也发生相应变化，森林结构及物种组成均发生一定变化。边缘效应通过小气候、土壤条件的变化，影响植物多样性及其组成成分的变化，进而影响着片断雨林。所有这些变化又与片断森林的面积大小和受干扰状况密切相关。

10 结 论

西双版纳地处热带北缘,具有热带湿润到半湿润的季节性气候。由于其特殊的地形地貌,干季的浓雾及局部地形下的湿润土壤在一定程度上弥补了降水的不足,在局部仍能形成较地区性气候更为湿润的小气候,具有热带季节性雨林发育。西双版纳的热带季节性雨林是在水分、热量和海拔达到极限条件下的热带雨林类型。西双版纳低海拔的局部地区产生热带雨林生存的条件,是在喜马拉雅山隆升到一定高度,季风气候形成以后才具备的。分布于局部沟谷低丘的热带季节性雨林和受季风影响强烈的开阔的盆地和河谷的季雨林是该地区的水平地带性植被。

西双版纳的热带季节性雨林具有与东南亚季节性气候区域的低地热带雨林几乎一样的群落结构和生态外貌特征,是亚洲热带雨林的一个类型,但由于发生在季风热带北缘纬度和海拔的极限条件下,受到季节性干旱和热量不足的影响,在其林冠层中有一定比例的落叶树种存在,大高位芽植物较逊色,而藤本植物和在叶级谱上的小叶型植物更丰富,这些特征又有别于赤道低地的热带湿润雨林。西双版纳地区种子植物区系记录有 188 科, 1242 属, 4152 种。西双版纳种子植物区系中热带分布属约占总属数的 77%, 属于热带性质的植物区系;在热带分布属中,又以热带亚洲分布属的比例最多,显示了较强烈的热带亚洲亲缘。另一方面,西双版纳植物种子植物区系,尽管以热带成分占优势,但毕竟位于东南亚热带北缘山地,其热带科中以主产热带,亦分布到亚热带甚至温带的科为主,典型热带科并不多,即使是典型的热带科,在该地区也仅含少数属种,并且该地区完全缺乏热带核心地区发展的纯粹热带科属。该植物区系中以热带成分为主体,但典型的热带成分多数在西双版纳已是在分布北界,有些种类虽未到达最北的纬度,但已达到其海拔极限,故该植物区系具有明显热带边缘性质。

西双版纳的热带季节性雨林就像赤道低地雨林一样,它具有 3~4 个可分的乔木层次,其中,乔木上层主要是高达 30m 以上耸出于林冠的散生巨树(最高者可达 60m 以上),树冠彼此不连接。乔木中层高 20~30m,树冠连接,个体密集,是森林的主要林冠层。除了乔木上层有部分落叶成分外,其他层次的植物皆为常绿。林内板根和茎花现象普遍,大型木质藤本和维管附生植物丰富。

西双版纳的热带季节性雨林,在生态特征上,高位芽植物占 87.5%~89.7%,其中,藤本高位芽植物占 18.3%~20.3%,大高位芽占 7.2%~9.7%,中高位芽 27%~28%,小高位芽占有 12%~15%,矮高位芽占 8.3%~9.7%,草本高位芽 4.2%~4.6%。在叶级谱上,以木本植物统计,中叶占 71%,小叶占 20%~23%,大叶占 5.5%~7.5%。若分别以乔木和灌木统计,灌木的小叶占比例较乔木高。在叶型统计上,复叶占 21.4%~24.5%;纸质叶占 54.5%,革质叶占 45.5%;全缘叶占 80%。在植物区系的地理成分上,约 80%的科、90%的属和多于 90%的种均为热带成分,其中约 40%的属和多于 70%的种为热带亚洲分布成分。

在对西双版纳的热带季节性雨林的物种/面积关系的研究上,2500m²作为一个群落的最小取样面积是适合的。取自非邻接样方的累加种数/面积曲线在大约 1hm²时开始趋于平缓,这显示,为体现一个具

热带季节性雨林群系基本的植物区系组成,至少 1hm^2 的累加取样面积是必需的。我们也发现,在一个群落里,胸径在 5cm 以上的树种的植物区系仅是群落的植物多样性的一部分,群落的植物多样性的一大部分仍体现在幼树、灌木、草本、藤本等非立木种类上。我们的研究支持热带雨林群落是由林窗、建成和成熟三个演替阶段构成的镶嵌体,它的林冠总是处在一个连续的植物区系组成的浮动状态。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) 的一小部分。

在对热带季节性雨林群落树种频度和存在度分布研究上,发现在群落的一个局部地段, $45\% \sim 60\%$ 的种类每种仅出现 1 株; $25\% \sim 40\%$ 的种类每种出现 2~5 株; $<15\%$ 的种类每种出现 6~10 株;不到 10% 的种类每种出现 10 株以上个体,亦即群落中大多数种类都具有较小的种群,优势种不明显。树种在热带雨林中分布很不均匀,主要是由于物种多样性大和多数树种的种群较小,尤以沟谷雨林更为显著,其存在度小的种类占到 80% 以上。热带雨林群落的乔木种序图都显示了一个长尾,表示群落中小种群树种占大多数,即多数树种均只具有 1~2 个个体,树种多样性丰富,但易于散失。通过多个样方比较,在 2500m^2 取样面积上,沟谷季节性雨林植物种数 (包括所有生活型) 最多,记录到 140~219 种;其次是低丘季节性雨林,记录到 135~152 种;石灰岩山季节性雨林植物种数相对较少,仅 72~86 种。

有 3 个主要因素直接导致西双版纳的热带雨林生物多样性丧失:①橡胶种植替换了热带雨林;②热带雨林片断化;③热带雨林林下种植药用植物砂仁 (*Amomum*)。在西双版纳,自然保护区以外的地区现在已几乎见不到连片的热带雨林了,能够见到的仅是在西双版纳傣族的一些“龙山”上残存下来的热带雨林片断,它们也都受到各种不同程度的人为干扰,面积或大或小。这些“龙山”作为一种少数民族的神山或坟山,在周围附近原始植被已不复存在的今天,保存下来的热带雨林片断不仅是珍贵的热带雨林种质资源,而且为我们研究热带雨林片断化与生物多样性的维持和丧失提供了案例。

我们对傣族的“龙山”上的各种热带雨林片断进行了系统研究,结果显示:①与原始雨林相比,片断化的热带雨林其林内和林外的小气候差异已减小,土壤肥力亦有衰退;②片断化的雨林的物种组成,特别是一些分类群 (种、属、科) 的优势度明显发生了改变;③片断化雨林在相同取样面积上的物种数少于原始雨林,并且干扰越严重,减少越明显;④在生活型构成上,片断化雨林中藤本植物和小高位芽植物相对增加,而附生植物,大、中高位芽植物和地上芽植物相对减少;⑤片断化雨林的物种多样性一般低于原始热带雨林;⑥具有较小种群的树种在片断化雨林中首先消失;⑦阳性和先锋植物种类在片断化雨林中增加,耐阴和阴生植物种类减少。

通过对一个面积为 13.85hm^2 的片断化热带雨林群落 48 年变化的比较研究,发现该热带雨林群落植物区系并未减少,我们提出了在周围原生植被遭破坏的情况下,物种可能会浓缩到残存的片断热带雨林里,但在该片断雨林里,生态种组的物种发生了显著变化,阳性先锋植物在群落中的种数明显增多。在该热带雨林片断化过程中,群落的生活型构成并未发生显著改变,种的丧失被各生活型的新迁入成分补偿和平衡了。随着热带森林的片断化,其组成物种发生了系统发育结构的改变:系统发育关系由聚集变为离散。热带雨林固有的植物区系并不能被保持,暗示了如果仅靠保护好这些残存的热带雨林片断,是不能真正保护地区热带雨林植物区系的完整性的。

热带雨林片断化后,林缘的小环境条件受林外多光、高温、风大和较干燥的环境特征影响而变得较干热,同时林缘的土壤条件已不同于森林内部,也就是产生了明显的物理因子的“边缘效应”。通过对西双版纳热带雨林林缘与林内样地的比较研究,我们发现林缘群落的一些共同的变化规律:

(1) 森林边缘单位面积植物种数和个体数明显多于森林内部,人为干扰破坏越严重,边缘群落物种增加的幅度越大。各类生活型的植物(附生植物未统计)种类在边缘群落均有不同程度的增加,并以藤本植物的增加最为显著。边缘群落不仅种数增加,种类成分及地位也明显发生了变化,一些先锋树种侵入并进到边缘群落优势种之列,使边缘与森林内部群落种类组成有显著不同。与乔木立木相比,边缘群落幼树的种类组成更接近森林内部群落。连续热带雨林边缘群落幼树优势种中,除先锋树种外仍有很多是该群落内部的种类,意味着随着时间的推移,连续森林边缘群落乔木优势种类组成更容易恢复到与群落内部接近的种类组成上。

(2) 边缘群落种多样性指数并不都与种数增加一致,在自然保护区连续森林和受干扰相对小的城子“龙山”片断雨林的林缘乔木树种多样性指数低于林内样地,而在受干扰较严重的曼养广“龙山”片断雨林林缘乔木种多样性指数则高于林内样地。

(3) 林缘各种生活型的植物单位面积种数和个体数均有增加,并以幼树的多度(个体数)在林缘增加最大。然而,在占种数百分比和个体数百分比的相对量上,不同生活型植物则有不同变化。大、中高位芽植物合计在林缘样地占种数百分比和个体数百分比上低于林内样地,小高位芽植物在林缘样地则高于林内样地,受干扰越严重,它们在林缘与林内的差值越小。这也就是说,在林缘植物总种数和密度(个体数)可能增大,藤本植物明显增多,但大、中高位芽植物的比例相对减少,小高位芽植物的比例相对增加;受干扰越严重,林缘与林内在乔木种数和多度组成上的差值越小(林内特征散失越多)。

(4) 在生态特征上,林缘小叶级植物占总种数百分比高于林内。若按不同生活型分别统计,在片断雨林,林缘乔木和灌木中的小叶级植物种数百分比高于林内;在连续雨林,林缘乔木和灌木中的小叶级植物种数百分比低于林内。在占个体数百分比上,林缘乔木和灌木小叶级低于林内样地。林缘与林内一样,乔木种群也显示具有一个较长的尾,即只含1~2个个体的小种群物种较多。

(5) 林缘仍以耐阴物种占优势,但林缘增加的光照和降低了的相对湿度使林缘的阳性物种所占比例较林内增加。干扰越大的片断,林内和林缘阳性植物的比例越大,差值越小,如曼养广“龙山”片断热带雨林林缘样地中阳性植物种占24.4%,林内样地中阳性植物种占18.7%;而自然保护区连续森林边缘样地中阳性植物种占14.1%;林内样地中阳性植物种只占6.4%。干扰越小的群落,林内和林缘阳性植物比例越小,差值也越大。

(6) 与种数变化一样,林缘各种生活型的植物单位面积科、属数均高于林内,同样是以藤本植物的差值最大。自然保护区连续森林林缘和林内样地科、属总数的差值大最大,曼养广“龙山”片断热带雨林的林缘和林内的科、属总数和差值均是最小。林缘植物科、属多样性指数高于林内,但不同样地、不同生活型植物的表现不完全相同。

(7) 林缘群落在科、属的组成上发生了明显变化。林缘优势科的数量相对增加了,亦即林缘种数多,但主要集中在一些科里;林内种数相对少,但少种科的比例较高。林缘一些优势科的地位也发生了改变,如大戟科和桑科的种数百分比增高了,茜草科的种数百分比下降了。

(8) 在我们的研究中,不同方位的林缘群落植物多样性各个方面无明显变化规律。

(9) 片断化森林与连续森林由于植被结构和人为干扰等导致的环境条件的不同,它们对边缘效应的反应也不完全一致,它们的植物多样性各个方面的变化也不完全一样,要彻底了解其变化机制和规律,仍需要做更多的比较研究。

西双版纳的热带雨林下曾广泛种植姜科植物砂仁,这会严重影响热带雨林的更新。热带雨林主要

通过林下存在的幼苗、幼树库来更新。林下种植砂仁在措施上须清除原有的幼苗、幼树，这样会破坏了热带雨林更新所依赖的林下幼苗、幼树库，使热带雨林散失更新能力。

热带雨林经各种不同方式的破坏后，会形成各种次生阶段的次生林。通过对择伐后形成的次生林、皆伐后形成次生林及轮歇次生林的物种多样性研究发现，轮歇次生林灌草层植物种数较多，但 Simpson、Shannon-Wiener 平均多样性指数则较低；乔木层种数在择伐次生林和皆伐次生林几乎无差异，比轮歇次生林丰富，Shannon-Wiener 指数在择伐次生林最大，轮歇次生林最小。择伐和皆伐次生林先锋成分高达 50%，轮歇次生林中先锋成分则高达 76%。择伐和皆伐次生林常以几种乔木树种为共同优势种，轮歇次生林则通常以大戟科植物中平树形成单优群落。轮歇次生林中灌木、草本和藤本植物较多，尤其是一年生草本植物种类远多于其他次生林类型。从叶级谱构成上看，各次生林均以中叶占优势，但轮歇次生林小叶比例增高。经择伐和皆伐后形成的次生林，可在一定程度上保持原有的雨林成分，群落中具有 1~2 个个体的种类相对比轮歇次生林多。

西双版纳橡胶种植业的大面积发展，已使自然保护区外的大片热带季节性雨林成为橡胶种植园地。热带雨林变为橡胶林后，原来的物种极端丰富的乔木层变为仅由单一树种橡胶组成的乔木层，物种多样性大量丧失。尽管橡胶林的林下植被的物种在一定程度上仍可能丰富，但植物区系组成与热带雨林有很大不同：橡胶林的林下植被几乎都是分布广泛的杂草和次生物种。橡胶树在西双版纳的干季（冬季）会落叶，大面积落叶的橡胶林替换常绿的热带雨林，自然景观改变了，从生态学角度来说，很可能会改变地方小气候和影响生态平衡。

参考文献

- Aizen, M. A. & Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology*, 75: 330–351.
- Bayne, E. M. & Hobson, K. A. 1997. Comparing the effects of landscape fragmentation by forestry and agriculture on predation of artificial nests. *Conservation Biology*, 11 (6): 1418–1429.
- Becker, P. , Moure, J. S. & Peralta, F. J. A. 1991. More about euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, 23 (4b): 588–591.
- Benitez-Malvido, J. 1998. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology*, 12: 380–389.
- Bierregaard, R. O. , Lovejoy, T. E. , Kapos, V. , Santos, A. A. , Hutchings, R. W. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *Bioscience*, 42: 859–866.
- Bierregaard, R. O. et al 1989. Effects of forest fragmentation on Amazonian understory bird communities. *Acta Amazonica*, 19: 215–241 .
- Brokaw, N. V. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology*, 66: 682–687.
- Brokaw, N. V. L. 1989. Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology*, 70: 538–541.
- Brothers, T. S. & Spingarn, A. 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forests. *Conservation Biology*, 6 (1): 91–99.
- Brown, K. S. & Hutchings, R. W. 1997. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity. In: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 91–110.
- Camargo, J. L. C. & Kapos, V. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in Central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 11: 205–221.
- Cao, M. , Zhang, J. H. 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. *Biodiversity and Conservation*, 6: 995–1006.
- Cao, M. , Zhang, J. H. , Feng, Z. L. , Deng, X. B. 1996. Tree species composition of a seasonal rain forest in Xishuangbanna, Southwest China. *Tropical Ecology*, 37 (2): 183–192.
- Cao, M. , Zhou, X. M. , Warren, M. , Zhu, H. 2006. Tropical forests of Xishuangbanna, China. *Biotropica*, 38 (3): 306–309.
- Carvalho, K. S. & Vasconcelos, H. L. 1999. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. *Biological Conservation*, 91: 151–157.
- Chen, H. F. , Yi, Z. F. , Schmidt-Vogt, D. et al 2016. Pushing the limits: the pattern and dynamics of rubber monoculture expansion in Xishuangbanna, SW China. *PLoS ONE*, 11 (2): e0150062. doi: 10.1371/

journal. pone. 0150062.

- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302–1310.
- Corlett, R. T. 1995. Flowering plants at of Bukit Timah. In Chin S. C. (ed.): Rain forest in the city: Bukit Timah Nature Reserve, Singapore. *Gard. Bull. Sing.*, Suppl. 3: 11–27.
- Cosson, J. F., Ringuet, S., Claessens, O., de Massary J. C., Dalecky, A., Villiers, J. F., Granjon, L., Pons, J. M. 1999. Ecological changes in recent land-bridge islands in French Guiana, with emphasis on vertebrate communities. *Biological Conservation*, 91: 213–222.
- Dale S., Mork K., Solvang R., Plumptre A. J. 2000. Edge effects on the understory bird community in a logged forest in Uganda. *Conservation Biology*, 14 (1): 265–276.
- Denslow, J. S. 1980. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* (Berl.), 46: 18–21.
- Didham, R. K. 1997. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in central Amazonia. In: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. eds. Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 55–70.
- Didham, R. K., Ghazoul, J., Stork, N. E., Davis, A. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 255–260.
- Donovan, T. M., Jones, P. W., Annand, E. M., Thompson, F. R. 1997. Variation in local-scale edge effects: mechanisms and landscape context. *Ecology*, 78 (7): 2064–2075.
- Donovan, T. M., Lamberson R. H., Kimber, A., Thompson, F. R., Faaborg, J. 1995. Modeling the effects of habitat fragmentation on source and sink demography of neotropical migrant birds. *Conservation Biology*, 9: 1396–1407.
- Drayton, B. & Primack, R. B. 1996. Plant species lost in an isolated conservation area in metropolitan Boston from 1894 to 1993. *Conservation Biology*, 10 (1): 30–39.
- Drees, E. M. 1954. The minimum area in tropical rainforest with special reference to some types in Bangka (Indonesia). *Vegetatio*, 5–6: 517–523.
- Enright, N. 1985. Existence of a soil seed bank under rainforest in New Guinea. *Aust. J. Ecology*, 10: 67–71.
- Esseen, P. A. & Renhorn, K. E. 1998. Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. *Conservation Biology*, 12 (6): 1307–1317.
- Estrada, A., Coates-estrada, R., Dadda, A. A., Cammarano, P. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 577–593.
- Fedorov, An A. 1957. The flora of southwestern China and its significance to the knowledge of the plant world of Eurasia (in Russia). *Komarov Chten.*, 10: 20–50.
- Fedorov, An A. 1958. The tropical rain forest of China (in Russia with English summary). *Bot. Zh. SSSR.*, 43: 1385–1480.
- Ferreira, L. V. & Laurance, W. F. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology*, 11 (3): 797–801.

- Fonseca de Souza, O. F. et al. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 197–206.
- Fox B. J. et al. 1997. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. *Biological Conservation*, 82: 1–13.
- Fraver, S. 1994. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke River Basin, north Carolina. *Conservation Biology*, 8 (3): 822–832.
- Gu, Y. S., Pearsall, D. M., Xie, S. C. & Yu, J. X. 2008. Vegetation and fire history of a Chinese site in southern tropical Xishuangbanna derived from phytolith and charcoal records from Holocene sediments. *Journal of Biogeography*, 35: 325–341.
- Gascon, C., Lovejoy, T. E., Bierregaard, R. O. Jr., Malcolm, J. R., Stouffer P. C., Vasconcelos, H. L., Laurance, W. F., Zimmerman, B., Tocher, M. & Borges, S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, 91: 223–229.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *Amer. Natur.*, 113: 81–101.
- Janzen, D. H. 1986. The future of tropical biology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17: 305–324.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 173–185.
- Kapos, V., Wandelli, E., Camargo, J. L., Ganade, G. 1997. Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. In: Laurance W. F. & Bierregaard R. O. eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 33–44.
- Kattan, G. H. et al. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions San Antonio eighty year later. *Conservation Biology*, 8: 138–146.
- Kemper, J., Cowling, R. M. & Richardson, D. M. 1999. Fragmentation of south African renosterveld shrublands: effects on plant community structure and conservation implications. *Biological Conservation*, 90: 103–111.
- Klein, B. C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology*, 70: 1715–1725.
- Laurance, W. F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. *Biological Conservation*, 57: 205–219.
- Laurance, W. F. 1994. Rainforest fragmentation and the structure of small mammal communities in tropical Queensland. *Biological Conservation*, 69: 23–32.
- Laurance, W. F. 1999. Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biological Conservation*, 91: 109–117.
- Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. 1997. *Tropical forest remnants—Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities*. The University of Chicago Press. Pp. 502–514.
- Laurance, W. F. & Yensen, E. 1991. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation*, 55: 77–92.
- Laurance, W. F. et al. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, 79 (6): 2032–2040.

- Laurance, W. F. , Bierregaard, R. O. Jr. et al. 1997. Tropical forest fragmentation: Synthesis of a diverse and dynamic discipline. In: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. eds. Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 502–514.
- Laurance, W. F. , Ferreira, L. V. , Rankin-de-Merona, J. M. & Laurance, S. G. 1998a. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, 79: 2032–2040.
- Laurance, W. F. , Ferreira, L. V. , Rankin-de Merona, J. M. , Laurance, S. G. , Hutchings, R. , Lovejoy, T. E. 1998b. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology*, 12: 460–464.
- Leigh, E. G. et al. 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.
- Li, H. M. , Aide, T. M. , Ma, Y. X. , Liu, W. J. , Cao, M. 2007. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China. *Biodiversity and Conservation*, 16: 1731–1745.
- Liang, J. , Zhu, H. , Ma, Y. X. 2010. Land use, land cover change and conservation in the dipterocarp rain forest area of southern Yunnan, China. *Gardens Bulletin Singapore*, 61 (2): 343–357.
- Liu, J. L. , Tan, L. Y. , Qiao, Y. , et al. 1986. Late Quaternary vegetation history at Menghai, Yunnan province, southwest China. *Journal of Biogeography*, 13: 399–418.
- Liu, J. , Su, T. , Spicera, R. A et al. 2019. Biotic interchange through lowlands of Tibetan Plateau suture zones during Paleogene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 524: 33–40.
- Liu, H. M. , Gao. L. Zheng. Z. , & . Feng. Z. L. 2006. The impact of Amomum villosum cultivation on seasonal rainforest in Xishuangbanna, Southwest China. *Biodiversity and Conservation*, 15: 2971–2985.
- Liu, W. J. , Liu, W. Y. , Li, P. J. , Gao, L. , Shen, Y. X. , Wang, P. Y. , Zhang, Y. P. , Li, H. M. 2007. Using stable isotopes to determine sources of fog drip in a tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143: 80–91.
- Liu, Y. Y. , Zhu, H. 2014. Phylogenetic and floristic changes over 48 years in a tropical rainforest remnant in Xishuangbanna, SW China. *Ecotropica*, 20: 15–34.
- Liu, J. J. , Coomes, D. A. , Gibson, L. et al. 2019. Forest fragmentation in China and its effect on biodiversity. *Biological Reviews*, doi: 10.1111/brv.12519.
- Lovejoy, T. E. , Bierregaard, R. O. Jr. , Rylands, A. B. , Malcolm, J. R. , Quintela, C. E. , Harper, L. H. , Brown, K. S. Jr. , Powell, A. H. , Powell, G. V. N. , Schubart, H. O. R. , Hays, M. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: Soule M. E. eds. Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA, pp. 257–285.
- Malanson, G. P. , Cairns, D. M. 1997. Effects of dispersal, population delays, and forest fragmentation on tree migration rates. *Plant Ecology*, 131: 67–79.
- Malcolm, J. R. 1994. Edge effects in central Amazonian forest fragments. *Ecology*, 75 (8): 2438–2445.
- Malcolm, J. R. 1997. Biomass and diversity of small mammals in Amazonian forest fragments. In: Laurance W. F. & Bierregaard R. O. eds. Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 207–221.

- Matlack, G. R. 1994. Vegetation dynamics of the forest edge: trends in space and successional time. *Journal of Ecology*, 82: 113–123.
- Mesquita, R. C. G., Delamonica, P., Laurance, W. F. 1999. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation*, 91: 129–134.
- Millis, L. S. 1995. Edge effects and isolation: red-backed voles in forest remnants. *Conservation Biology*, 9 (2): 395–403.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 58–62.
- Norton, D. A., Hobbs, R. J., Atkins, L. 1995. Fragmentation, disturbance, and plant distribution: Mistletoes in woodland remnants in the western Australian wheat belt. *Conservation Biology*, 9 (2): 426–438.
- Oliveira-Filho, A. T. et al. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil over a five year period. *Plant Ecology*, 131: 45–66.
- Paijmans, K. 1970. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea. *Journal of Ecology*, 58 (1): 77–101.
- Penny, D., 2001. A 40, 000 year palynological record from north-east Thailand; implications for biogeography and palaeo-environmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 171: 97–128.
- Powell, A. H., Powell, G. V. N. 1987. Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, 19: 176–179.
- Primack, R. B., Hall, P. 1992. Biodiversity and forest change in Malaysian Borneo. *BioScience*, 42: 829–837.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, Oxford.
- Raymo, M., Ruddimen, W. 1992. Tectonic forcing of late Cenozoic climate. *Nature*, 359: 117–122.
- Restrepo, C. R., Gomez, N. & Heredia, S. 1999. Anthropogenic edges, treefall gaps, and fruit-frugivore interactions in a neotropical montane forest. *Ecology*, 80 (2): 668–685.
- Richards, P. W. 1952. The tropical rain forest. Cambridge University Press, London.
- Richards, P. W. 1996. *The tropical rain forest an ecological study*. Second edition. Cambridge Univ. Press, London.
- Rosenberg, K. V., Lowe, J. D., Dhondt, A. A. 1999. Effects of forest fragmentation on breeding Tanagers: a continental perspective. *Conservation Biology*, 13 (3): 568–583.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J., Margules, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5: 18–32.
- Sato, K., Liu, Y. Y., Wang, Y. B., Yokoyama, M., Yoshioka, S., Yang, Z. Y., Otofujii, Y. 2007. Paleomagnetic study of Cretaceous rocks from Pu'er, western Yunnan, China: Evidence of internal deformation of the Indochina block. *Earth and Planetary Science Letters*, 258: 1–15.
- Sato, K., Liu, Y. Y., Zhu, Z. C., Yang, Z. Y., Otofujii, Y. 1999. Paleomagnetic study of middle Cretaceous rocks from Yunlong, western Yunnan, China: evidence of southward displacement of Indochina. *Earth and Plan-*

- etary Science Letters, 165: 1–15.
- Sato, K. , Liu, Y. Y. , Zhu, Z. C. , Yang, Z. Y. , Otofujii, Y. 2001. Tertiary paleomagnetic data from north-western Yunnan, China: further evidence for large clockwise rotation of the Indochina block and its tectonic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 185: 185–198.
- Schimper, A. F. W. 1903. *Plant geography upon a physiological basis*. Oxford University Press, Oxford.
- Sizer, N. & Tanner, E. V. J. 1999. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. *Biological Conservation*, 91: 135–142.
- Stouffer, C. & Bierregaard, Jr. R. O. 1995a. Effects of forest fragmentation on understory Hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology*, 9 (5): 1085–1094.
- Stouffer, P. C. & Bierregaard, Jr. R. O. 1995b. Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds. *Ecology*, 76: 2429–2445.
- Su, T. , Farnsworth, A. , R. A. Spicer, R. A. et al 2019. No high Tibetan Plateau until the Neogene. *Sci. Adv.* 5, eaav2189.
- Sumner, J. , Moritz, C. & Shine, R. , 1999. Shrinking forest shrinks skink: morphological change in response to rainforest fragmentation in the prickly forest skink (*Gnypetoscincus queenslandiae*) . *Biological Conservation*, 91: 159–167.
- Tabarelli, M. , Mantovani, W. & Peres, C. A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, 91: 119–127.
- Thiollay, J. M. 1999. Responses of an avian community to rain forest degradation. *Biodiversity and Conservation*, 8: 513–534.
- Tocher, M. D. , Gascon, C. , Zimmerman, B. L. 1997. Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a ten-year study. In: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 124–137.
- Turner, I. M. 1989. An enumeration of one hectare of Pantai Aceh forest reserve, Penang. *Gard. Bull. Sing.* , 42 (1): 29–44.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 33: 200–209.
- Turner, I. M. , Chua, K S, Ong, J. S. Y. , Soong, B. C. & Tan, T. W. 1995. A century of plant species loss from an isolated fragment of lowland tropical rain forest. *Conservation Biology*, 10 (4): 1229–1244.
- Turner, I. M. , Tan H. T. W. , Wee, T. C. , Ibrahim, A. B. , Chew, P. T. & Corlett, R. T. 1994. A study of plant species extinction in Singapore: lessons for the conservation of tropical biodiversity. *Conservation Biology*, 8 (3): 705–712.
- Turton, S. M. & Freiburger, H. J. 1997. Edge and aspect effects on microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, northeastern Australia. In: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 45–54.
- Vazquez-yanes, C. , Orozco-segovia, A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rain

- forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24: 69–87.
- Viana, V. , Tabanez, A. , Batista, J. 1997. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: Laurance W. F. & Bierregaard R. O. eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 351–365.
- Wang, Y. F. , Owen, S. M. , Li, Q. J. 2007. Monoterpene emissions from rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in a changing landscape and climate: chemical speciation and environmental control. *Global Change Biology*, 13 (11): 2270–2282.
- Weishampel, J. F. Jr. , Shugart, H. H. & Westman, W. E. 1997. Phenetic variation in insular populations of a rainforest centipede. In: Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 111–123.
- Whitmore, T. C. 1989. Canopy gaps as the major determinants of forest dynamics and the two major groups of forest tree species. *Ecology*, 70: 536–538.
- Whitmore, T. C. 1982. Fleeting impressions of some Chinese rain forests. *Commonw. For. Rev.* , 61: 51–58.
- Whitmore, T. C. 1984. *Tropical rain forest of the Far East*. 2nd ed. , Oxford: Clarendon Press.
- Whitmore, T. C. , 1990. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford: Clarendon Press.
- Williams-Linera, G. 1990a. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology*, 78: 356–373.
- Williams-Linera, G. 1990b. Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. *Biotropica*, 22 (3): 235–241.
- Xu, J. X. , Ferguson, D. K. , Li, C. S. , Wang, Y. F. , Du, N. Q. 2004. Climatic and ecological implications of Late Pliocene Palynoflora from Longling, Yunnan, China. *Quaternary International*, 117: 91–103.
- Xu, J. C. , Grumbine, R. E. , Beckschäfer, P. 2014. Landscape transformation through the use of ecological and socioeconomic indicators in Xishuangbanna, Southwest China, Mekong Region. *Ecological Indicators*, 36: 749–756.
- Zhang, J. Q. , Corlett, R. T. , Zhai D. L. 2019. After the rubber boom: good news and bad news for biodiversity in Xishuangbanna, Yunnan, China. *Regional Environment Change*, doi.org/10.1007/s10113-019-01509-4.
- Zhu, H. 1992. Tropical rain forest vegetation in Xishuangbanna. *Chinese Geographical Science*, 2 (1): 64–73.
- Zhu, H. 1994. The Floristic characteristics of the tropical rain forest in Xishuangbanna. *Chinese Geographical Science*, 4 (2): 174–185.
- Zhu, H. 1997. 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. *Journal of Biogeography*, 24: 647–662.
- Zhu, H. 2004a. A tropical seasonal rain forest at its altitudinal and latitudinal limits in southern Yunnan, SW China. *Gardens' Bull. Singapore*, 56: 55–72.
- Zhu, H. 2004b. Biogeographical implications of some plant species from a tropical montane rain forest in south-

- ern Yunnan. *Chinese Geographical Science*, 14 (3): 221–226.
- Zhu, H. 2006. Forest vegetation of Xishuangbanna, south China. *Forestry Studies in China*, 8 (2): 1–58.
- Zhu, H. 2008a. Advances in biogeography of the tropical rainforest in southern Yunnan, southwestern China. *Tropical Conservation Science*, 1: 34–42.
- Zhu, H. 2008b. The tropical flora of southern Yunnan, China, and its biogeographical affinities. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 95: 661–680.
- Zhu, H. 2008c. Species composition and diversity of lianas in tropical forests of southern Yunnan (Xishuangbanna), SW China. *Journal of Tropical Forest Science*, 20 (2): 111–122.
- Zhu, H. 2012. Biogeographical divergence of the flora of Yunnan, southwestern China initiated by the uplift of Himalaya and extrusion of Indochina block. *PLoS ONE*, 7 (9): e45601.
- Zhu, H. 2015. Geographical patterns of Yunnan seed plants may be influenced by the Clockwise Rotation of the Simao-Indochina Geoblock. *Front. Earth Sci.* 3: 53. doi: 10.3389/feart.2015.00053.
- Zhu, H. 2017. The tropical forests of southern China and conservation of biodiversity. *Botanical Review*, 83: 87–105.
- Zhu, H., Wang, H., Li, B. G. 1998. The structure, species composition and diversity of the limestone vegetation in Xishuangbanna, SW China. *Gardens' Bulletin Singapore* 50: 5–33.
- Zhu, H. & Roos, M. C. 2004. The tropical flora of S China and its affinity to Indo-Malesian flora. *Telopea*, 10 (2): 639–648.
- Zhu, H., Wang, H., Li, B. G., Sirirugsa, P. 2003. Biogeography and floristic affinity of the limestone flora in southern Yunnan, China. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 90: 444–465.
- Zhu, H., Xu, Z. F., Wang, H., Li, B. G. 2004. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity changes in southern Yunnan. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1355–1372.
- Zhu, H., Shi, J. P., Zhao, C. J. 2005. Species composition, physiognomy and plant diversity of the tropical montane evergreen broad-leaved forest in southern Yunnan. *Biodiversity and Conservation*, 14: 2855–2870.
- Zhu, H., Cao, M., Hu, H. B. 2006a. Geological history, flora, and vegetation of Xishuangbanna, southern Yunnan, China. *Biotropica*, 38 (3): 310–317.
- Zhu, H., Wang, H., Li, B. G. 2006b. Species composition and biogeography of tropical montane rain forest in southern Yunnan of China. *Gardens' Bulletin Singapore*, 58: 81–132.
- Zhu, H., Li, H. M., Ma, Y. X. 2007. Biodiversity Loss in Xishuangbanna with the Changes of Land Use and Land Cover over 27 Years. *BCI International Symposium Proceedings*, 69–72.
- Zhu, H., Wang, H., Zhou, S. S. 2010. Changes in species diversity, floristic composition and physiognomy in a rain forest remnant over 48 years in southern Yunnan, China. *Journal of Tropical Forest Science*, 22 (1): 49–66.
- Zuidema, P. A., Sayer, J. A., Dijkman, W. 1996. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation*, 23: 290–297.
- 曹敏, 唐勇, 张建侯, 等. 1997. 西双版纳热带森林土壤种子库储量和优势成分. 云南植物研究, 19 (2): 177–183.

- 党承林, 王宝荣, 1997, 西双版纳沟谷热带雨林的种群动态与稳定性, 云南植物研究增刊 IX: 77-82.
- 金振洲. 1983. 论云南热带雨林和季雨林的基本特征. 云南大学学报, 1983 (1-2): 197-205.
- 金振洲. 1997a. 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, 增刊 IX: 32-58.
- 金振洲. 1997b. 西双版纳热带雨林植物区系成分的多样性特征. 云南植物研究, 增刊 IX: 129-148.
- 刘东升, 张新时, 袁宝印. 1998. 高原隆起对周边地区的影响//孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展. 广州: 广东科技出版社, 179-230.
- 刘隆, 胡桐元, 杨毓才, 等. 1990. 西双版纳国土经济考察报告. 昆明: 云南人民出版社.
- 刘红梅, 蒋菊生, 董双林. 2006. 海南胶林林下植被的生物多样性研究 (英文). 南京林业大学学报 (自然科学版), 30 (6): 55-60.
- 马友鑫, 刘玉洪, 张克映. 1998. 西双版纳热带雨林片断小气候边缘效应的初步研究. 植物生态学报, 22 (3): 250-255.
- 欧晓昆. 1997. 西双版纳勐养自然保护区绒毛番龙眼群落种类结构的研究. 云南植物研究, 增刊 IX: 108-117.
- 潘浴生, 孔祥儒, 熊绍柏, 等. 1998. 高原岩石圈结构、演化和动力学//孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展. 广州: 广东科技出版社, 1-72.
- 曲仲湘. 1960. 云南大学学报, 自然科学版 (云南自然保护区植被专号) 1: 1-4.
- 施济普, 朱华. 2002. 三种干扰方式对西双版纳热带森林群落植物多样性的影响. 广西植物, 22 (2): 124-134.
- 施雅风, 李吉均, 李炳元, 等. 1998. 高原隆升与环境演化//孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展. 广州: 广东科技出版社, 73-138.
- 施雅风, 李吉均, 李炳元, 等. 1999. 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化. 地理学报, 54 (1): 10-21.
- 宋之琛, 李浩敏, 郑亚慧, 等. 1983. 我国中新世植物区系. 中国古生物地理区系. 北京: 科学出版社, 178-184.
- 宋之琛, 李曼英, 黎文本. 1976. 云南一些地区中生代及早第三纪早期的孢粉组合//云南中生代化石 (上册). 北京: 科学出版社, 1-64.
- 宋之琛. 1984. 亚洲东部地区中新世植物地理区. 地层古生物 (情报资料, 中科院南京地质古生物研究所), 13: 63-69.
- 苏文华, 王宝荣, 阎海忠. 1997. 砂仁种植对热带沟谷雨林群落影响的研究. 应用生态学报, 增刊 8: 71-74.
- 唐勇, 曹敏, 张建侯. 1999. 西双版纳热带森林土壤种子库与地上植被的关系. 应用生态学报, 10 (3): 279-282.
- 唐勇, 曹敏, 白昆甲. 2000. 片断化热带雨林土壤种子库初步研究. 山地学报, 18 (6): 568-571.
- 王宝荣, 苏文华, 阎海忠. 1997. 西双版纳勐养自然保护区种植砂仁对重点保护植物的影响及对策. 应用生态学报, 增刊 8: 75-81.
- 王宝荣, 党承林. 1997. 西双版纳勐养自然保护区砂仁类型的初步研究. 应用生态学报, 增刊 8: 60-64.

- 王洪, 朱华, 李保贵. 1997. 西双版纳石灰山森林植被. 广西植物, 17 (2): 101-117.
- 王伟铭. 1996. 云南开远小龙潭盆地晚第三纪孢粉植物群. 植物学报, 38 (9): 743-748.
- 文贤继, 杨晓君, 杨岚, 等. 1997. 西双版纳片断热带雨林中鸟类物种多样性研究. 动物学研究, 18 (3): 267-274.
- 吴鲁夫, E. B. (仲崇信等译) 1944: 历史植物地理学. 北京: 科学出版社, 中译版 (1964): 304-358.
- 吴征镒. 1991. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 增刊IV: 1-139.
- 吴征镒. 1993. 中国种子植物属的分布区类型的增订和勘误. 云南植物研究, 增刊: 141-178.
- 吴征镒. 1980. 中国植被. 北京: 科学出版社, 363-397.
- 吴征镒. 1987. 云南植被. 北京: 科学出版社, 143-163.
- 吴征镒, 李德铎, 周浙昆, 等. 2006. 种子植物分布区类型及其起源和分化. 昆明: 云南科技出版社, 1-566.
- 向应海. 1981. 滇南热带雨林中种群配置的初步研究. 云南植物研究, 3 (1): 57-63.
- 许再富, 朱华, 杨岚, 等. 1998. 片断热带雨林的“岛屿效应”与物种多样性消长规律研究. 生物多样性与人类未来. 北京: 中国林业出版社, 237-252.
- 许再富, 朱华, 刘宏茂, 等. 1994. 滇南片断热带雨林植物物种多样性变化趋势. 植物资源与环境, 3 (2): 9-15.
- 云南省地质局. 1976. 中华人民共和国区域地质调查报告. 勐腊幅, 勐海幅.
- 中国新生代植物编写组. 1978. 中国新生代植物, 中国植物化石, 第三纪. 中国新生代植物. 北京: 科学出版社, 177-182.
- 钟祥浩. 1998. 青藏高原自燃生态环境特征与生态效应//李文华, 周兴民. 青藏高原生态系统及优化利用模式. 广州: 广东科技出版社, 1-18.
- 周会平, 岩香甩, 张海东, 等. 2012. 西双版纳橡胶林下植被多样性调查研究. 热带作物学报, 33: 1444-1449.
- 朱华, 许再富, 王洪, 等. 1997. 西双版纳傣族“龙山”片断热带雨林植物多样性的变化研究广西植物, 17 (3): 213-219.
- 朱华, 王洪, 李保贵. 1998a. 西双版纳热带季节雨林的研究. 广西植物, 18 (4): 371-384.
- 朱华, 李保贵, 王洪, 等. 1998b. 滇南热带雨林物种多样性取样面积探讨. 生物多样性, 6 (4): 241-247.
- 朱华, 许再富, 王洪, 等. 2000a. 西双版纳片断热带雨林植物区系成分及变化趋势. 生物多样性, 8 (2): 139-145.
- 朱华, 许再富, 王洪, 等. 2000b. 西双版纳片断热带雨林的结构、物种组成及其变化的研究. 植物生态学报, 24 (5): 560-568.
- 朱华, 许再富, 王洪, 等. 2001a. 西双版纳片断热带雨林 30 多年来植物种类组成及种群结构的变化. 云南植物研究, 23 (4): 415-427.
- 朱华, 李延辉, 王洪, 等. 2001b. 西双版纳植物区系的特点与亲缘. 广西植物, 21 (2): 127-136.
- 朱华, 许再富, 李保贵, 等. 2002. 砂仁种植对热带雨林植物多样性的影响探讨. 广西植物, 22 (1): 55-60.
- 朱华, 周虹霞. 2002. 西双版纳热带雨林与海南热带雨林的比较研究. 云南植物研究, 24 (1): 1-13.

- 朱华, 王洪, 李保贵. 2004. 滇南勐宋热带山地雨林的物种多样性与生态学特征. 植物生态学报, 28 (3): 351-360.
- 朱华, 闫丽春. 2012. 云南西双版纳野生种子植物. 北京科学出版社, 1-563.
- 朱华, 王洪, 李保贵, 等. 2015. 西双版纳森林植被研究. 植物科学学报, 33 (5): 641-726.
- 朱华. 1992. 西双版纳望天树林的群落生态学研究. 云南植物研究, 14 (3): 237-258.
- 朱华. 1993a. 西双版纳龙脑香林植物区系研究. 云南植物研究, 15 (3): 233-252.
- 朱华. 1993b. 望天树林与相近类型植被结构的比较研究. 云南植物研究, 15 (1): 34-46.
- 朱华. 1993c. 西双版纳青梅林的群落学研究. 广西植物, 13 (1): 48-60.
- 朱华. 1993d. 西双版纳热带雨林植物区系的特点. 热带地理, 13 (2): 149-155.
- 朱华. 1994. 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, 16 (2): 97-106.
- 朱华. 2000. 西双版纳龙脑香热带雨林生态学与生物地理学研究. 昆明: 云南科技出版社.
- 朱华. 2005. 滇南热带季雨林的一些问题讨论. 植物生态学报, 29 (1): 170-174.
- 朱华. 2007. 论滇南西双版纳的森林植被分类. 云南植物研究, 29 (4): 377-387.
- 朱华. 2011. 云南热带季雨林及其与热带雨林植被的比较. 植物生态学报, 35 (4): 463-470.
- 朱华. 2018. 云南热带森林植被分类纲要. 广西植物, 38 (8): 984-1004.

附表 9.1 三个研究样地群落内部样方表
Appendix 9.1 Interior plot table from the
three study sites

乔木层 Tree layers

样地 Plot site		城子 Chengzi		曼养广 Mangyangguang		保护区 Nature Reserve		重要值
面积 Area (m ²)		50×50		50×50		50×50		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
种名 Species		RA	RD	RA	RD	RA	RD	IVI
白颜树	<i>Gironniera subaequalis</i>	2. 20	0. 58	43. 33	41. 5	10. 10	11. 87	39. 09
箭毒木	<i>Antiaris toxicaria</i>	7. 69	67. 49	1. 67	12. 96	0. 96	3. 90	34. 12
金刀木	<i>Barringtonia macrostachya</i>					16. 83	30. 34	16. 58
车里暗罗	<i>Polyanthia cheliensis</i>	17. 58	7. 11			0. 48	1. 59	10. 63
窄叶半枫荷	<i>Pterospermum lancaefloium</i>			10. 00	7. 07	0. 96	4. 09	9. 08
糙叶树	<i>Aphananthe cuspidate</i>	2. 75	0. 12	3. 33	5. 77	0. 48	3. 79	7. 98
滇南溪桫	<i>Chisocheton siamensis</i>					6. 25	11. 00	6. 60
滨木患	<i>Arytera litoralis</i>	3. 85	1. 17	5. 00	2			5. 72
大叶藤黄	<i>Garcinia xanthochymus</i>	6. 59	2. 74			0. 96	1. 41	5. 61
泰国芒果	<i>Mangifera siamensis</i>			8. 33	5. 31			5. 40
柴桂	<i>Cinnamomum tamala</i>					10. 58	2. 51	5. 22
泰国黄叶树	<i>Xanthophyllum siamensis</i>	4. 40	1. 14			2. 40	1. 89	4. 99
四数木	<i>Tetrameles nudiflora</i>					2. 40	9. 49	4. 82
粘木	<i>Ixonanthes cochinchinensis</i>			3. 33	7. 85			4. 58
窄序崖豆树	<i>Millettia leptobotrya</i>	2. 20	0. 06	1. 67	0. 49	0. 96	0. 09	4. 39
龙果	<i>Pouteria grandifolia</i>	0. 55	0. 01	1. 67	1. 09	0. 96	0. 67	4. 22
藤春	<i>Alphonsea monogyna</i>	5. 49	4. 49					4. 18
假鹊肾树	<i>Pseudostreblus indica</i>			3. 33	6. 62			4. 17

续附表 9.1

样地 Plot site		城子 Chengzi		曼养广 Mangyangguang		保护区 Nature Reserve		重要值
面积 Area (m ²)		50×50		50×50		50×50		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
盆架树	<i>Winchia calophylla</i>			5.00	4.29			3.95
山木患	<i>Harpullia cupanioides</i>	4.40	1.15			0.48	0.19	3.78
大果山香圆	<i>Turpinia pomifera</i>	0.55	0.23	1.67	0.09	0.48	0.04	3.59
崖豆树	<i>Millettia dielsiana</i>					6.73	0.93	3.41
粗枝木楝	<i>Amoora dasyclada</i>	2.75	4.72					3.34
红光树	<i>Knema furfuracea</i>	1.65	0.44			1.44	0.72	3.13
云树	<i>Garcinia cowa</i>	1.65	0.13			0.96	1.04	2.97
木奶果	<i>Baccaurea ramiflora</i>	0.55	0.04			2.40	0.63	2.92
假海桐	<i>Pittosporopsis kerrii</i>					5.77	0.33	2.89
普文楠	<i>Phoebe puwenensis</i>					1.44	4.45	2.82
银钩花	<i>Mitrephora thorelii</i>	0.55	0.18			0.96	1.01	2.61
多脉葱臭木	<i>Dysoxylum lukii</i>	3.85	0.92					2.44
尖尾榕	<i>Ficus langkikensis</i>					4.33	0.32	2.40
山韶子	<i>Nephelium lappaceum</i>	1.10	0.04			0.48	0.39	2.38
降真香	<i>Acronychia pedunculata</i>	0.55	0.02			0.96	0.21	2.29
黄棉木	<i>Metadiba trichotoma</i>					1.92	2.25	2.25
阔叶圆果杜英	<i>Elaeocarpus sphaerocarpus</i>			1.67	2.41			2.21
小叶红光树	<i>Knema globularia</i>	3.30	0.63					2.16
刺通草	<i>Trevesia palmata</i>	0.55	0.01			0.48	0.02	2.06
湄公硬核	<i>Sclerophyllum wallichii</i> var. <i>mengkongensis</i>			3.33	0.24			2.05
木莲	<i>Manglietia forrestii</i>			1.67	1.44			1.89
布渣叶	<i>Microcos paniculata</i>	2.20	0.67					1.81
四角蒲桃	<i>Syzygium tetragonum</i>	1.65	1.11					1.77
尖叶茜树	<i>Randia acuminatissima</i>					2.40	0.20	1.72
粗糠柴	<i>Mallotus philippinensis</i>	2.20	0.24					1.67
浆果乌柏	<i>Sapium baccatum</i>	1.10	1.15					1.61
五月茶	<i>Antidesma montana</i>					1.92	0.26	1.58

样地 Plot site		城子 Chengzi		曼养广 Mangyangguang		保护区 Nature Reserve		重要值
面积 Area (m ²)		50×50		50×50		50×50		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
白榄	<i>Canarium album</i>			1.67	0.48			1.57
饼树	<i>Suregada glomerulata</i>			1.67	0.32			1.52
小叶杜英	<i>Elaeocarpus viridescens</i>			1.67	0.03			1.42
傣槭	<i>Acer garrettii</i>					1.44	0.14	1.38
印度栲	<i>Castanopsis indica</i>	1.10	0.25					1.30
金毛榕	<i>Ficus fulva</i>					0.48	0.87	1.30
微毛布荆	<i>Vitex quinata</i> var. <i>puberula</i>	1.10	0.08					1.25
白背桐	<i>Mallotus paniculatus</i>	1.10	0.07					1.25
华溪桫	<i>Chisocheton sinensis</i>					0.48	0.67	1.24
常绿臭椿	<i>Ailanthus fordii</i>	0.55	0.59					1.23
羽叶白头树	<i>Garruga pinnata</i>	0.55	0.59					1.23
狭叶红光树	<i>Knema cinerea</i> var. <i>glauca</i>	1.10	0.04					1.23
猫尾木	<i>Dolichandrone stipulata</i>	1.10	0.03					1.23
狭叶楠木	<i>Phoebe lanceolata</i>	1.10	0.02					1.23
滇谷木	<i>Memecylon polyanthum</i>	1.10	0.02					1.23
中华一担柴	<i>Colona thorelii</i>					0.96	0.16	1.23
樟叶朴	<i>Celtis timorensis</i>					0.48	0.64	1.23
思茅木姜子	<i>Litsea pierrei</i> var. <i>szemaois</i>					0.96	0.15	1.22
美花崖豆树	<i>Millettia pachyloba</i>					0.96	0.12	1.21
菩柔树	<i>Trigonostemon thyrsoideum</i>					0.96	0.12	1.21
云南割舌树	<i>Walsura yunnanensis</i>					0.96	0.07	1.20
平叶密花树	<i>Rapanea faberi</i>					0.96	0.05	1.19
肉实树	<i>Sarcosperma arboreum</i>	0.55	0.45					1.19
华夏蒲桃	<i>Syzygium chathayensis</i>					0.48	0.52	1.19
细毛润楠	<i>Machilus tenuipilis</i>	0.55	0.38					1.16
树火麻	<i>Laportea urentissima</i>					0.48	0.39	1.15
缅甸漆	<i>Semecarpus reticulata</i>	0.55	0.20					1.10
尖叶倒吊笔	<i>Wrightia coccinea</i>	0.55	0.15					1.09
锈毛山小桔	<i>Glycosmis ferruginea</i>	0.55	0.12					1.08

续附表 9.1

样地 Plot site		城子 Chengzi		曼养广 Mangyangguang		保护区 Nature Reserve		重要值
面积 Area (m ²)		50×50		50×50		50×50		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
红梗蒲桃	<i>Syzygium</i> sp.					0.48	0.17	1.07
海红豆	<i>Adenantha pavonina</i>	0.55	0.08					1.07
猪肚木	<i>Canthium horridum</i>	0.55	0.05					1.06
天料木	<i>Homalium lauticum</i>					0.48	0.12	1.05
云南木楝	<i>Amoora yunnanensis</i>	0.55	0.04					1.05
薄叶山柑	<i>Capparis terera</i>	0.55	0.04					1.05
风吹楠	<i>Horsfieldia glabra</i>	0.55	0.04					1.05
香花木姜子	<i>Litsea panamonia</i>	0.55	0.04					1.05
新乌檀	<i>Nenauclea tsiana</i>	0.55	0.04					1.05
毛八角枫	<i>Alangium kurzii</i>	0.55	0.02					1.05
枝花木犀榄	<i>Linociera ramiflora</i>	0.55	0.02					1.05
火烧花	<i>Mayodendron igneum</i>	0.55	0.02					1.05
山龙眼	<i>Helicia pyrrhobotrya</i>					0.48	0.09	1.04
云南银柴	<i>Aporosa yunnanensis</i>	0.55	0.01					1.04
大花哥纳香	<i>Goniothalamus griffithii</i>	0.55	0.01					1.04
四瓣崖摩	<i>Amoora tetrapetala</i>					0.48	0.04	1.03
染木	<i>Saprosma ternandra</i>					0.48	0.04	1.03
粗丝木	<i>Gomphandra tetrandra</i>					0.48	0.03	1.02

幼树灌木层 Sapling and shrub layer

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
面积 (m ²)	Area (m ²)	5 (5×5)		5 (5×5)		5 (5×5)	
种名	Species	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
幼树 Sapling (100 种)							
箭毒木	<i>Antiaris toxicaria</i>	28	80	5	60	10	100
渐光五月茶	<i>Antidesma calvescens</i>	1	20	3	60	2	20
糙叶树	<i>Aphananthe cupidata</i>	6	80	31	100	2	40
木奶果	<i>Baccaurea ramiflora</i>	1	20	1	20	3	60

续附表 9.1

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
红果坚木	<i>Dysoxylum binectiferum</i>	1	20	1	20	1	20
大叶藤黄	<i>Garcinia xanthochymus</i>	1	20	1	20	2	40
山木患	<i>Harpullia cupanioides</i>	6	80	1	20	1	20
大叶红光树	<i>Knema furfuracea</i>	3	60	5	60	13	100
小叶红光树	<i>Knema globularia</i>	2	40	1	20	3	60
窄序崖豆树	<i>Millettia leptobotrye</i>	3	60	1	20	1	20
披针叶楠木	<i>Phoebe lanceolata</i>	2	40	4	80	4	60
车里暗罗	<i>Polyalthia cheliensis</i>	3	60	3	60	2	20
降真香	<i>Acronychia pedunculata</i>	8	80	2	40		0
碧绿米子兰	<i>Aglaiia parviridia</i>	1	20			1	20
云南崖摩	<i>Amoora yunnanensis</i>	4	60			2	20
猪肚木	<i>Canthium horridum</i>	1	20	4	60		0
鱼尾葵	<i>Caryota ochlandra</i>			1	20	1	20
毛麻楝	<i>Chkrassia tabularia</i> var. <i>velutina</i>			1	20	3	60
齿叶黄皮	<i>Clausena dentata</i>	6	80	1	20		0
齿叶猫尾木	<i>Dolichandrone stipulata</i>	1	20	1	20		0
大叶刺篱木	<i>Flacourtia rukam</i>	1	20			1	20
小叶藤黄	<i>Garcinia cowa</i>	1	20			20	100
大叶白颜树	<i>Gironiera subaequalis</i>			1	20	8	100
光叶山小桔	<i>Glicosmis craibr</i> var. <i>glabra</i>	4	60			1	20
藏药木	<i>Hyptianthera stricta</i>	1	20	2	40		0
大叶木犀榄	<i>Linnociera insignium</i>	1	20			2	40
香花木姜子	<i>Litsea panamonja</i>	1	20	7	60		
滇谷木	<i>Memecylon polyanthum</i>	25	60	2	40		
毛荔枝	<i>Nephelium lappaceum</i>	2	40			1	20
云南红豆	<i>Ormosia yunnanensis</i>			6	60	1	20
窄叶翅子树	<i>Pterospermum lanceaefolium</i>			31	100	1	20
尖叶山黄皮	<i>Randia acuminatissima</i>	1	20			4	80
乌口树	<i>Randia wallichii</i>	1	20	1	20		
染木	<i>Saprosma ternatum</i>	1	20			2	40
傣槭	<i>Acer garrettiana</i>					1	20
思茅黄肉楠	<i>Actinodaphne henryi</i>					2	20

续附表 9.1

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
海红豆	<i>Adenanthera pavonia</i>	1	20				
藤春	<i>Alphonsea monogyna</i>	2	40				
粗枝崖摩	<i>Amoora dasyclada</i>	3	60				
柴龙树	<i>Apodytes dimidiata</i>			1	20		
银柴	<i>Aporosa dioica</i>			18	100		
云南大沙叶	<i>Aporosa yunnanensis</i>	4	60				
滨木患	<i>Aretera litoralis</i>			8	80		
金刀木	<i>Barringtonia macrostachya</i>					17	80
盘叶柏那参	<i>Brassaiopsis fatsioides</i>					2	40
铁屎米	<i>Canthium simile</i>			1	20		
印度栲	<i>Castanopsis indica</i>			3	40		
樟叶朴	<i>Celtis timorensis</i>			1	20		
滇南溪桫	<i>Chisocheton siamensis</i>					21	100
大叶桂	<i>Cinnamomum austroyunnanensis</i>			44	100		
柴桂	<i>Cinnamomum tamala</i>					7	100
亨利黄檀	<i>Dalbergia henryana</i>					1	20
多裂黄檀	<i>Dalbergia rimosa</i>			1	20		
小叶杜英	<i>Elaeocarpus viridescens</i>			1	20		
三桠苦	<i>Evodia lepta</i>			3	60		
水同木	<i>Ficus harlandii</i>					2	40
尖尾榕	<i>Ficus langkokensis</i>					2	40
变叶榕	<i>Ficus variolosa</i>					1	20
榕树	<i>Ficus vasculosa</i>			1	20		
云南山小桔	<i>Glycosmis yunnanensis</i>					2	40
大花哥纳香	<i>Goniothalamus griffithii</i>					2	40
焰序山龙眼	<i>Helicia pyrrhobotrya</i>					1	20
光叶天料木	<i>Homalium lauticum</i>					2	40
蒲竹	<i>Indosasa hispida</i>	14	100				
粘木	<i>Ixonanthes cochinchinensis</i>			3	60		
华南石栎	<i>Lithocarpus</i>	1	20				
假辣子	<i>Litsea balansae</i>					1	20
五桠果木姜子	<i>Litsea dilleniaefolia</i>					1	20

续附表 9.1

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
剑叶木姜	<i>Litsea lancifolia</i>					1	20
假柿木姜子	<i>Litsea monopetala</i>	1	20				
伞花木姜子	<i>Litsea umbellata</i>			1	20		
轮叶木姜	<i>Litsea verticillata</i>					1	20
大参	<i>Maerpanax dispersus</i>			1	20		
菲岛桐	<i>Mallotus philippinensis</i>	2	40				
黄棉木	<i>Metdena trichitima</i>	1	20				
布渣叶	<i>Microcos paniculata</i>			1	20		
宽序崖豆树	<i>Millettia eurybotrya</i>					1	20
美花崖豆树	<i>Millettia pulchra</i>			1	20		
银钩花	<i>Mitrephora thorelii</i>					4	80
云南肉豆蔻	<i>Myristica yunnanensis</i>					1	20
倒卵叶紫麻	<i>Oreoclinde obovata</i>					2	40
假海桐	<i>Pittosporopsis kerrii</i>					12	100
番龙眼	<i>Pometia tomentosa</i>					2	20
龙果	<i>Pouteria grandiflora</i>					5	100
假鹊肾树	<i>Pseudostreblus indica</i>			4	60		
金钩花	<i>Pseuduaria indochinensis</i>					1	20
密花树	<i>Rapanea neriifolia</i>	1	20				
平叶密花树	<i>Rappanea faberi</i>					13	100
毛瓣无患子	<i>Sapindus rarak</i>	1	20				
鹅掌柴	<i>Schefflera octophylla</i>			1	20		
缅甸漆	<i>Semecarpus reticulata</i>					3	60
鹊肾树	<i>Streblus asper</i>	1	20				
巴巴叶	<i>Sumbaviopsis albicans</i>			1	20		
越南灰木	<i>Symplocos cochinchinensis</i>			1	20		
假阔叶蒲桃	<i>Syzygium oblatum</i>			1	20		
越南山香圆	<i>Turpinia cochinchinensis</i>			4	40		
大果山香圆	<i>Turpinia pomifera</i>	1	20				
越南榆	<i>Ulmus lanceaefolia</i>	3	40				
水锦树	<i>Wedlandia tinctoria</i>					1	20
泰国黄叶树	<i>Xanthophyllum siamensis</i>			1	20		

续附表 9.1

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
灌木 Shrub (29 种)							
弯管花	<i>Chaesalia curviflora</i>	3	40	5	60	3	60
薄叶山柑	<i>Capparis tenera</i>	8	80	6	60		0
虎克粗叶木	<i>Lasianthus hookeri</i>	1	20			2	40
密花火筒	<i>Leea compactiflora</i>	1	20			1	20
露兜	<i>Pandanus furcatus</i>	2	60			1	20
滇南九节	<i>Psychotria henryi</i>	2	20			8	100
椴叶山麻杆	<i>Alchornea tiliifolia</i>			1	20		
双籽棕	<i>Arenga caudata</i>					2	40
长叶紫珠	<i>Callicarpa longifolia</i>	1	20				
泰国垂茉莉	<i>Clerodendron garrettianum</i>			1	20		
毛腺茉莉	<i>Clerodendron villosum</i>			7	40		
银背巴豆	<i>Croton argyratus</i>			13	80		
狗牙花	<i>Ervatamia yunnanensis</i>			4	60		
木樨花	<i>Gomphostemma arbusculum</i>	1	20				
截萼粗叶木	<i>Lasianthus verticillatus</i>					1	20
斜基粗叶木	<i>Lasianthus wallichii</i>					14	100
印度杜茎山	<i>Maesa indica</i>			1	20		
杜茎山	<i>Maesa montana</i>					1	20
假卫矛	<i>Microtropis discolor</i>					1	20
密榴木	<i>Milusa chunii</i>	8	100				
狭叶巴戟	<i>Morinda angustifolia</i>	1	20				
短萼腺萼木	<i>Mycetia brevisepala</i>					1	20
细腺萼木	<i>Mycetia gracilis</i>					1	20
腺萼木	<i>Mycetia landulosa</i>					5	60
香港茜木	<i>Pavetta hongkongensis</i>	1	20				
南山花	<i>Prismatomeria tetranda</i>			4	40		
小功劳	<i>Psychotria calocarpa</i>					2	60
云南山石榴	<i>Randia yunnanensis</i>			1	20		
短柄苹婆	<i>Sterculia brevissima</i>					5	100
藤本幼株 Young liana (27 种)							
滇南马钱	<i>Strychnos nitida</i>			1	20	51	100

续附表 9.1

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
盾苞藤	<i>Neuropeltis racemosa</i>	3	20	5	80		
刺果藤	<i>Byttneria grandifolia</i>					8	80
云实	<i>Caesalpinia millettii</i>			1	20		
方茎白粉藤	<i>Cissus subtetragona</i>			1	20		
阔叶风车藤	<i>Combretum latifolium</i>					1	20
云南牛栓藤	<i>Connaris yunnanensis</i>			3	60		
巴豆藤	<i>Craspedolobium schochii</i>					1	20
白叶藤	<i>Cryptolepis sinensis</i>			1	20		
羽叶黄檀	<i>Dalbergia pinnata</i>			2	40		
尖叶瓜馥木	<i>Fissistigma acuminatissima</i>					1	20
买麻藤	<i>Gnetum montanum</i>					2	40
微花藤	<i>Iodes cirrhosa</i>			1	20		
青藤子	<i>Jasminum nervosum</i>			2	40		
大果油麻藤	<i>Mucuna macrocarpa</i>					2	20
玉叶金花	<i>Mussaenda mollissima</i>			2	40		
赛格多	<i>Parabarium spireanum</i>			1	20		
弯刺山黄皮	<i>Randia bispinosa</i>			7	60		
柳叶五层龙	<i>Salacia cochinchinensis</i>					1	20
五层龙	<i>Salacia polysperma</i>			3	40		
蝉翼藤	<i>Securidaca inappendiculata</i>					1	20
金刚藤	<i>Smilax indica</i>			1	20		
方茎马钱	<i>Strychnos cathayensis</i>					1	20
大果崖爬藤	<i>Tetrastigma jinhonyensis</i>					1	20
弓果藤	<i>Toxocarpus villosus</i>			1	20		
翼核果	<i>Ventilago calyculata</i>			2	40		
美叶枣	<i>Zizyphus apetala</i>					1	20

草本层 Herb layer

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
面积 (m ²)	Area (m ²)	5 (5×5)		5 (5×5)		5 (5×5)	
种名	Species	株数	频度	株数	频度	株数	频度
幼树 Sapling (100 种)							

续附表 9.1

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
种名	Species	多度	频度 (%)	多度	频度 (%)	多度	频度 (%)
越南万年青	<i>Aglaonema pierreanum</i>	2	40			2	40
海芋	<i>Alocasia macrorrhiza</i>	1	20			2	40
荩草	<i>Arthraxon lanceolatus</i>	3	80	3	80		
长叶实蕨	<i>Bolbitis heteroclida</i>	2	40			4	100
飞机草	<i>Chromolaena odorata</i>	2	20	2	40		
肾苞草	<i>Phaulopsis dorsiflora</i>	3	60	2	20		
多花山壳骨	<i>Pseudoranthemum polyantha</i>			1	20	2	20
三叉蕨	<i>Tectaria subtriphylla</i>	2	20	2	20		
短肠蕨	<i>Allantodia</i> sp.					3	20
砂仁	<i>Amomum aurantiacum</i>	3	20				
观音座莲	<i>Angiopteris</i> sp.					1	20
小驳骨	<i>Asystasiella chinensis</i>			2	20		
山稗子	<i>Carex baccans</i>	2	20				
闭鞘姜	<i>Costus speciosum</i>					1	20
黑鳞轴脉蕨	<i>Ctenitopsis fuscipes</i>					4	100
大叶仙茅	<i>Curculigo capitullata</i>					1	20
狗肝菜	<i>Dicliptera roxburgiana</i>			1	20		
爱地草	<i>Geophila herbacea</i>	4	100				
阔叶 沼兰	<i>Habenaria buchneroides</i>					1	20
鳞花草	<i>Leppidacanthia incurva</i>	2	20				
野靛棵	<i>Mananthus patentiflora</i>					2	20
广东蛇根草	<i>Ophiorrhiza cantoniensis</i>					1	20
簇花球子草	<i>Peliosanthes teta</i>					3	60
冬叶	<i>Phrynium capitatum</i>					4	160
伞花杜若	<i>Pollia subumbellata</i>	1	20				
云南牙蕨	<i>Pteridrys cnenmidaria</i>					1	20
紫轴凤尾蕨	<i>Pteris aspericaules</i>					2	20
老虎蕨	<i>Tacca integrifolia</i>					1	20
思茅叉蕨	<i>Tectaria simaoensis</i>					2	20
禾本科一种	<i>Poaceae</i> sp.			1	20		
共计 30 种							

层间 (藤本) 植物 Liana plants

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
面积 (m ²)	Area (m ²)	50×50	50×50	50×50
种名	Species	多度	多度	多度
幼树 Sapling (100 种)				
四棱白粉藤	<i>Cissus subtragona</i>	3	2	1
弯刺山黄皮	<i>Randia bispinosa</i>	4	4	4
蛇藤	<i>Acacia pennata</i>		1	1
阔叶风车藤	<i>Combretum latifolia</i>	3		3
买麻藤	<i>Gnetum montanum</i>	2		3
大果油麻藤	<i>Mucuna macrocarpa</i>	1		2
盾苞藤	<i>Neuropeltis racemosa</i>	4	3	
多籽五层龙	<i>Salacia polysperma</i>	3	3	
蝉翼藤	<i>Securidaca inappendiculata</i>	1		1
滇南马钱	<i>Strychnos nitida</i>		2	4
毛枝翼核果	<i>Ventilago calyvcata</i>	1	2	
印度翼核果	<i>Ventilago maderaspatama</i>	2		1
臭菜藤	<i>Acacia intsia</i> var. <i>caesia</i>	4		
候风藤	<i>Alangium faberi</i> var. <i>perforatum</i>	1		
链珠藤	<i>Alyxis balansae</i>			1
藤槐	<i>Bowringia callicarpa</i>	1		
刺果藤	<i>Byttneria grandiflora</i>			4
小刺果藤	<i>Byttneria integrifolia</i> var. <i>trichoclada</i>	1		
水密花	<i>Combretum punctatum</i>			1
云南牛栓藤	<i>Connarus yunnanensis</i>		3	
巴豆藤	<i>Craspedolobium schochii</i>			1
白叶藤	<i>Cryptolepis sinensis</i>		1	
羽叶黄檀	<i>Dalbergia pinnata</i>	2		
苍白秤钩风	<i>Diploclisia glaucescens</i>	1		
丁公藤	<i>Erycibe subspicata</i>			1
尖叶瓜馥木	<i>Fissistigma acuminatissima</i>			2
勐腊藤	<i>Goniostemma punctatum</i>	1		

续附表 9.1

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
阔叶匙羹藤	<i>Gymnema latifolia</i>	1		
匙羹藤	<i>Gymnema sylvestra</i>		1	
油瓜	<i>Hodgsonia macrocarpa</i>	1		
夜花藤	<i>Hypserpa nitida</i>	1		
青藤子	<i>Jasminum nervosum</i>	1		
翅子藤	<i>Loeseneriella lenticellata</i>	3		
掌叶海金沙	<i>Lygodium conforme</i>	2		
羽裂海金沙	<i>Lygodium polystachyum</i>	2		
海金沙	<i>Lygodium salicifolia</i>		1	
柳叶海金沙	<i>Lygodium salicifolia</i>	1		
石岩枫	<i>Mallotus rependus</i>		1	
甜果藤	<i>Mappianthus iodoides</i>			1
崖豆藤	<i>Millettia dorwardii</i>		1	
大种鸡血藤	<i>Millettia oosperma</i>	1		
厚果崖豆藤	<i>Millettia pachycarpa</i>			1
大果巴戟	<i>Morinda cochinchinensis</i>	1		
油麻藤	<i>Mucuna macrocarpa</i>		2	
玉叶金花	<i>Mussaenda moflissima</i>		3	
赛格多	<i>Parabarium spireanum</i>		1	
长节珠	<i>Parameria laevigata</i>	1		
直刺藤桔	<i>Paramignya rectispina</i>	3		
瘤果五层龙	<i>Salacia aurantica</i>	1		
大叶红叶藤	<i>Santaloides roxburghii</i>			1
柳叶五层龙	<i>Setacia cochinchinensis</i>			3
柳叶菝葜	<i>Smilax glabra</i>		1	
金刚藤	<i>Smilax indica</i>		1	
方茎马钱	<i>Strychnos cathayensis</i>			3
十字崖爬藤	<i>Tetrastigma cruciatum</i>	2		
亨利崖爬藤	<i>Tetrastigma henryi</i>	2		
大果崖爬藤	<i>Tetrastigma jinhongensis</i>			2
东京大叶藤	<i>Tinomiscium sonkinensis</i>			1
飞龙掌血	<i>Toddalia asiatica</i>			1

续附表 9.1

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
弓果藤	<i>Toxocarpus villosus</i>		2	
木基栝楼	<i>Trichosanthes quinquaefolia</i>			2
美叶枣	<i>Ziziphus funghii</i>	4		
美叶枣	<i>Zizyphus apetala</i>			1
毛果枣	<i>Zizyphus attopensis</i>	1		
共计 64 种				

附生植物 Epiphyte

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
面积 (m ²)	Area (m ²)	50×50	50×50	50×50
种名	Species	多度	多度	多度
球穗胡椒	<i>Piper mullesua</i>	2	2	1
石斛	<i>Dendrobium</i>	2		
藤榕	<i>Ficus sagittata</i>			1
沙皮蕨	<i>Hemigramma decurrens</i>			4
球兰	<i>Hoya pottisii</i>	1		
半圆盖阴石蕨	<i>Humata platylepis</i>	2		
星蕨	<i>Microsorium punctatum</i>		1	
黄花胡椒	<i>Piper flaviflorum</i>	3		
粗梗胡椒	<i>Piper macopodum</i>			3
石柑子	<i>Pothos chinensis</i>		4	
崖姜蕨	<i>Pseudodrynaria coronans</i>		3	
石韦	<i>Pyrrosia</i> sp.	2		
爬树龙	<i>Rhaphidophora decursiva</i>			4
狮子尾	<i>Rhaphidophora hongkongensis</i>			3
大叶崖角藤	<i>Rhaphidophora megaphylla</i>	4		
共计 15 种				

附表 9.2 三个研究样地群落边缘样方表
Appendix 9.2 Marginal plot table from
the three study sites

乔木层 Tree layers

样地 Plot site		城子		曼养广		保护区		重要值
面积 Area (m ²)		5 (15×33)		5 (15×33)		5 (15×33)		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
种名	Species	相对多度 (RA)	相对显著度 (RD)	相对多度 RA	相对显著度 (RD)	相对多度 RA	相对显著度 (RD)	IVI
大叶白颜树	<i>Gironneira subaequalis</i>	0.98	1.48	16.42	35.18	1.29	0.36	21.20
缅甸漆	<i>Semecarpus reticulata</i>	0.49	2.06	0.75	4.65	2.59	16.99	11.36
毛紫薇	<i>Lagerstroemia tomentosa</i>	3.90	3.96			2.16	16.55	10.85
番龙眼	<i>Pometia tomentosa</i>	1.95	2.13			3.88	17.52	9.67
鹊肾树	<i>Streblus asper</i>	0.49	0.04	5.22	17.91			9.39
刺通草	<i>Trevesia palmata</i>					16.38	1.77	7.55
箭毒木	<i>Antiaris toxicaria</i>	2.93	7.60	0.75	0.06	0.86	0.06	6.19
香花木姜子	<i>Litsea panamonja</i>	3.90	1.80	2.24	0.12	2.16	0.24	6.12
白背桐	<i>Mallotus paniculatus</i>			0.75	0.15	9.48	1.69	5.94
大叶藤黄	<i>Garcinia xanthochymus</i>	3.90	7.91	0.75	0.68			5.37
降真香	<i>Acronychia pedunculata</i>	3.41	1.67	3.73	0.72			5.10
布渣叶	<i>Microcos paniculata</i>	1.46	2.52	4.48	1.11			4.97
翅子树	<i>Pterospermum acerifolium</i>			3.73	7.84	0.86	0.11	4.89
滇南桂	<i>Cinnamomum austroyunnanensis</i>			7.46	2.01			4.80
滨木患	<i>Arytera litoralis</i>	0.49	1.64	3.73	2.24			4.62
山木患	<i>Harprllia cupanioides</i>	3.90	3.11			1.72	0.70	4.59
微毛布荆	<i>Vitex quinata</i> var. <i>puberula</i>	2.93	3.48	0.75	0.04	0.86	0.07	4.54

续附表 9.2

样地 Plot site		城子		曼养广		保护区		重要值
面积 Area (m ²)		5 (15×33)		5 (15×33)		5 (15×33)		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
轮叶戟	<i>Lasiococca comberi</i> var. <i>pseudoverticellata</i>					6.03	5.70	4.51
印度栲	<i>Castanopsis indica</i>	1.46	1.71	3.73	1.26			4.50
车里暗罗	<i>Polyalthia cheliensis</i>	3.41	7.09					4.32
网脉核实木	<i>Drypetes perreticulata</i>	0.49	0.15	0.75	0.02	0.43	7.72	4.17
粗枝崖摩	<i>Amoora dasyclada</i>	2.44	6.68					3.86
木奶果	<i>Baccaurea ramiflora</i>	1.95	0.26	0.75	0.04	1.72	0.16	3.76
龙果	<i>Pouteria grandiflora</i>			1.49	7.73			3.48
鹅掌柴	<i>Schefflera octophylla</i>	2.93	0.75	0.75	1.07	1.29	0.12	3.29
粘木	<i>Ixonanthes chinensis</i>	0.49	0.86	2.24	4.15			3.27
大叶红光树	<i>Knema furfuraceae</i>			2.99	1.53			3.15
团花	<i>Anthocephalus chinensis</i>					0.86	6.01	2.89
泰国黄叶树	<i>Xanthophyllum siamensis</i>	2.93	1.46	0.75	0.46			2.82
尖叶茜树	<i>Randia acuminatissima</i>	0.49	0.07	2.99	0.11	0.43	0.02	2.77
南酸枣	<i>Choerospondias axillaris</i>	0.49	1.16			2.16	1.85	2.76
滇南溪桫	<i>Chisocheton siamensis</i>	0.98	1.77			1.29	0.40	2.63
香须树	<i>Adenanthera odoratissima</i>	0.98	1.05	1.49	0.17			2.60
盆架树	<i>Winchia calophylla</i>	0.49	2.52	0.75	0.02	0.43	0.31	2.49
齿叶猫尾木	<i>Dolichandro stipulata</i> var. <i>velutina</i>	0.98	2.39			1.29	0.27	2.49
披针叶楠木	<i>Phoebe lanceolata</i>	0.49	0.04	1.49	0.04	0.86	0.10	2.40
糙叶树	<i>Aphananthe cuspidata</i>	0.98	0.39	1.49	0.15			2.37
八角枫	<i>Alangium chinensis</i>	2.93	1.53					2.31
普文楠	<i>Phoebe puwenensis</i>			0.75	0.73	0.86	2.24	2.24
斜叶榕	<i>Ficus</i> sp.					2.16	0.94	2.23
高榕	<i>Ficus altissima</i>	0.49	0.43	0.75	2.94			2.22
海南葱臭木	<i>Dysoxylum hainanensis</i>	1.46	2.08			0.43	0.05	2.19
核实木	<i>Drypetes indica</i>					4.31	1.32	2.18

续附表 9.2

样地 Plot site		城子		曼养广		保护区		重要值
面积 Area (m ²)		5 (15×33)		5 (15×33)		5 (15×33)		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
中平树	<i>Macaranga denticulata</i>					2.59	1.99	2.12
重阳木	<i>Beschofia javanica</i>					2.59	1.07	2.12
帽瓣蒲桃	<i>Syzygium oblatum</i>			2.99	0.84			2.10
菲岛桐	<i>Mallotus philippinensis</i>	1.95	0.60	0.75	0.07			2.08
湄公硬核	<i>Scleropyrum wallichianum</i> var. <i>mekongense</i>	1.46	0.26	0.75	0.07			2.08
棋子豆	<i>Cylindrokelupha robinsonii</i>	0.98	1.05			0.43	1.24	2.08
圆果杜英	<i>Elaeocarpus sphaericus</i>			2.24	0.27			2.07
饼树	<i>Suregada glomerulata</i>			2.99	0.54			2.00
火烧花	<i>Mayodendron igneum</i>	1.46	1.24			0.43	0.19	1.95
猴耳环	<i>Pithecellobium clypearia</i>	0.49	0.12	1.49	0.05			1.81
银钩花	<i>Mitrephora thorelii</i>	1.46	1.06	0.75	0.03			1.79
白桐树	<i>Claoxylon indicum</i>					2.16	0.32	1.73
白榄	<i>Canarium album</i>			1.49	0.79	0.43	0.03	1.63
假苹婆	<i>Sterculia lanceolata</i>	0.98	0.80	0.75	0.07			1.55
垂叶榕	<i>Ficus benjamina</i>			0.75	2.64			1.54
山香圆	<i>Turpinia montana</i>	0.98	0.75	0.75	0.02			1.52
红椎	<i>Castanopsis hystrix</i>	1.46	2.22					1.50
毛叶南臭椿	<i>Ailanthus triphysa</i>					2.16	0.46	1.47
厚果崖豆树	<i>Millettia pachycarpa</i>	0.98	0.21			1.29	0.14	1.45
叶轮木	<i>Ostodes paniculata</i>			0.75	0.04	0.43	0.98	1.44
藤春	<i>Alphonsea monogyna</i>	1.95	0.39					1.33
笔管榕	<i>Ficus superba</i>					1.72	0.44	1.32
云南崖摩	<i>Amoora yunnanensis</i>	0.98	0.69			0.43	0.02	1.28
苹果榕	<i>Ficus oligodon</i>					1.29	0.69	1.26
小叶藤黄	<i>Garcinia cowa</i>	1.46	1.32					1.20
窄叶一担柴	<i>Colona thorelii</i>			1.49	0.87			1.20
山黄麻	<i>Trema orientalis</i>					0.86	0.89	1.19

续附表 9.2

样地 Plot site		城子		曼养广		保护区		重要值
面积 Area (m ²)		5 (15×33)		5 (15×33)		5 (15×33)		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
藏药木	<i>Hyptianthera strictus</i>	1.95	0.74					1.17
溪桫	<i>Chisocheton paniculatus</i>	0.49	0.66			0.43	0.02	1.11
窄序崖豆树	<i>Millettia leptobotrya</i>	1.95	0.47					1.08
水锦树	<i>Wedlandia</i> sp.	1.46	0.94					1.08
白花羊蹄甲	<i>Bauhinia acuminata</i>					0.86	0.52	1.06
千果榄仁	<i>Terminalia myriocarpa</i>					0.43	1.85	1.06
红紫麻	<i>Oreocnide rubescens</i>					1.29	0.08	1.06
华夏蒲桃	<i>Syzygium cathayanse</i>	1.46	0.89					1.06
海红豆	<i>Adenanthera pavonina</i>	0.49	0.05			0.43	0.38	1.02
铁刀木	<i>Cassia siamea</i>	0.49	1.74					1.01
大果山香圆	<i>Turpinia pomifera</i>					0.86	0.35	1.01
小叶红光树	<i>Knema globularia</i>	0.49	0.29			0.43	0.05	0.99
杨桃	<i>Averrhoa carambola</i>	0.49	1.64					0.98
越南榆	<i>Ulmus tonkinensis</i>	0.49	1.64					0.98
红果葱臭木	<i>Dysoxylum binectariferum</i>	0.98	1.07					0.95
树火麻	<i>Laportea urentissima</i>					0.43	1.53	0.95
爪哇苦树	<i>Picrasma javanica</i>					0.86	0.18	0.95
大叶木兰	<i>Magnolia henryi</i>	0.98	0.16					0.92
银柴	<i>Aporusa dioica</i>			1.49	0.04			0.92
光叶倒吊笔	<i>Wrightia laevis</i>			1.49	0.04			0.92
割舌树	<i>Walsura robusta</i>					0.86	0.10	0.92
三桠苦	<i>Euodia leptota</i>	0.49	0.04			0.43	0.02	0.90
蒲桃	<i>Syzygium jambos</i>	0.49	1.18					0.83
倒吊笔	<i>Wrightia pubescens</i>	0.98	0.67					0.82
糖胶树	<i>Alstonia scholaris</i>	0.98	0.55					0.78
四瓣崖摩	<i>Ammora tetrapetala</i>	0.49	1.02					0.77
风吹楠	<i>Horsfieldia amygdalina</i>					1.29	0.12	0.77
玉蕊	<i>Barringtonia</i> sp.					0.43	0.98	0.77

续附表 9.2

样地 Plot site		城子		曼养广		保护区		重要值
面积 Area (m ²)		5 (15×33)		5 (15×33)		5 (15×33)		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
金毛榕	<i>Ficus fulva</i>			0.75	0.22			0.73
毛荔枝	<i>Nephelium chryseum</i>	0.49	0.86					0.72
毛瓣无患子	<i>Sapindus rarak</i>			0.75	0.09			0.69
齿叶黄皮	<i>Clausema dentata</i>			0.75	0.04			0.67
亮叶菠萝蜜	<i>Artocarpus nitidus</i> var. <i>griffithii</i>			0.75	0.02			0.67
樟叶朴	<i>Celtis cinnamomea</i>			0.75	0.02			0.67
山李子	<i>Flacourtia ramontchii</i>			0.75	0.02			0.67
越南山香椽	<i>Turpinia cochinchinensis</i>			0.75	0.02			0.67
大果崖豆藤	<i>Millettia oosperma</i>	0.98	0.13					0.64
锈毛水东哥	<i>Saurauia macrotricha</i>					0.86	0.05	0.61
滇印杜英	<i>Elaeocarpus</i> var. <i>unua</i>					0.43	0.38	0.57
倒卵叶紫麻	<i>Oreocnide obovata</i>					0.43	0.38	0.57
聚果榕	<i>Ficus racemosa</i>	0.49	0.38					0.56
水东哥	<i>Saurauia tristyla</i>					0.43	0.28	0.54
多花白头树	<i>Garuga floribunda</i>	0.49	0.29					0.53
云南黄杞	<i>Engelhardtia spicata</i>	0.49	0.25					0.52
突脉榕	<i>Ficus vasculosa</i>	0.49	0.25					0.52
枝花李榄	<i>Linociera ramiflora</i>	0.49	0.25					0.52
青棕	<i>Caryota ochlandra</i>					0.43	0.21	0.52
假柿木姜子	<i>Litsea monopetala</i>	0.49	0.22					0.51
肉豆蔻	<i>Myristica fragrans</i>					0.43	0.19	0.51
柴桂	<i>Cinnamomum tamala</i>	0.49	0.18					0.50
思茅蒲桃	<i>Syzygium szemaoense</i>	0.49	0.18					0.50
假柴龙树	<i>Nothapodytes collina</i>					0.43	0.14	0.49
一担柴	<i>Colona floribunda</i>	0.49	0.15					0.49
倒卵叶黄肉楠	<i>Actinodaphne obovata</i>					0.43	0.10	0.48
华南石栎	<i>Lithocarpus fenestratus</i>					0.43	0.10	0.48

续附表 9.2

样地 Plot site		城子		曼养广		保护区		重要值
面积 Area (m ²)		5 (15×33)		5 (15×33)		5 (15×33)		
海拔 Alt. (m)		650		550		680		
群落高 Height of forest community (m)		30		>30		35		
金钩花	<i>Pseuduaria indochinensis</i>					0.43	0.08	0.47
小萼菜豆树	<i>Radermachera microcalyx</i>					0.43	0.08	0.47
湄公合欢	<i>Albizia lucidior</i>	0.49	0.10					0.47
水同木	<i>Ficus harlandii</i>	0.49	0.10					0.47
山乌柏	<i>Sapium discolor</i>	0.49	0.10					0.47
玉叶金花	<i>Mussaenda</i> sp.					0.43	0.03	0.46
假海桐	<i>Pittosporopsis kerrii</i>	0.49	0.05					0.45
毛叶倒吊笔	<i>Wrightia tomentosa</i>	0.49	0.05					0.45
红椿	<i>Toona ciliata</i>					0.43	0.03	0.45
毛藤春	<i>Alphonsea mollis</i>					0.43	0.02	0.45
毛麻楝	<i>Chukrasia tabularis</i> var. <i>velutina</i>					0.43	0.02	0.45
粗叶榕	<i>Ficus hirta</i>					0.43	0.02	0.45
山胡椒	<i>Lindera nacusua</i>	0.49	0.04					0.45
短柄石栎	<i>Lithocarpus grandifolius</i> var. <i>brevipetiolata</i>	0.49	0.04					0.45
蓝果谷木	<i>Memecylon cyanocarpum</i>	0.49	0.04					0.45
染木	<i>Saprosma ternandra</i>	0.49	0.04					0.45
野漆树	<i>Toxicodendron succedaneum</i>	0.49	0.04					0.45
共计 142 种								300.00

幼树灌木层 Sapling and shrub layer

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
面积 (m ²)	Area (m ²)	5×25		5×25		5×25	
种名	Species	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
幼树 Sapling (137 种)							
灯台树	<i>Alstonia scholaris</i>	1	20	1	20	1	20
箭毒木	<i>Antiaris toxicaria</i>	228	80	11	100	15	80
滇银柴	<i>Aporosa yunnanensis</i>	6	80	17	80	1	20

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
滨木患	<i>Arytera litoralis</i>	1	20	134	80	1	20
毛麻楝	<i>Chukrasia tabularis</i> var. <i>velutina</i>	13	60	1	20	1	20
云树	<i>Garcinia cowa</i>	3	40	1	20	2	20
香花木姜子	<i>Litsea panamonja</i>	5	40	4	40	3	40
银钩花	<i>Mitrephora thorelii</i>	2	20	3	40	5	40
窄叶楠木	<i>Phoebe lanceolata</i>	4	40	4	40	2	40
尖叶山黄皮	<i>Randia acuminatissima</i>	6	60	22	100	6	40
山油柑	<i>Acronychi pedunculata</i>	16	100	3	60		
海红豆	<i>Adenanthera pavonina</i>	1	20	1	20		
单果藤春	<i>Alphonsea monogyna</i>	29	60			1	20
渐光五月茶	<i>Antidesma montanum</i>	3	40	14	80		
银柴	<i>Aporosa dioica</i>	2	20	1	20		
铁屎米	<i>Canthium parvifolium</i>	4	40	5	80		
印度栲	<i>Castanopsis indica</i>	4	60	5	60		
车里朴	<i>Celtis timorensis</i>	4	60	3	60		
滇南溪桫	<i>Chisocheton siamensis</i>	1	20			2	40
滇南桂	<i>Cinnamomum austroyunnanensis</i>			20	80	2	20
黄皮	<i>Clausena lansium</i>			5	20	6	40
齿叶猫尾木	<i>Dolichandro stipulata</i> var. <i>velutina</i>	3	20	2	40		
三桠苦	<i>Euodia lepta</i>	14	60	3	20		
青藤公	<i>Ficus langkokensis</i>	1	20			2	20
大叶藤黄	<i>Garcinia xanthochymus</i>	10	40	5	60		
大叶白颜树	<i>Gironneira subaequalis</i>	15	80	19	100		
哥纳香	<i>Goniothalamus chinensis</i>	3	60			3	40
山木患	<i>Harprillia cupanioides</i>	20	60			5	60
藏药木	<i>Hyptianthera strictus</i>	3	60			3	40
红光树	<i>Knema furfuracea</i>	2	20	15	40		
小叶红光树	<i>Knema globularia</i>	1	20			2	40
思茅木姜子	<i>Litsea pierrei</i> var. <i>szemaois</i>	6	40	9	80		
窄序崖豆藤	<i>Millettia leptobotrya</i>	13	40	6	20		
滇谷木	<i>Memecylon polyanthum</i>	7	80	6	60		

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
红紫麻	<i>Oreocnide rubescens</i>	14	40			78	80
猴耳环	<i>Pithecellobium clypearia</i>	1	20	1	20		
假海桐	<i>Pittosporopsis kerrii</i>	1	20			5	60
苦竹	<i>Pleioblastus amarus</i>	151	100	56	80		
车里暗罗	<i>Polalthia cheliensis</i>	11	20	3	40		
龙果	<i>Pouteria grandiflora</i>			2	40	1	20
金钩花	<i>Pseuduaria indochinensis</i>	5	40			3	40
翅子树	<i>Pterospermum acerifolium</i>			1	20	6	40
假苹婆	<i>Sterculia lanceolata</i>			2	40	1	20
帽瓣蒲桃	<i>Syzygium oblatum</i>	84	20	1	20		
假多瓣蒲桃	<i>Syzygium polypetaloideum</i>			1	20	1	20
山香圆	<i>Turpinia montana</i>	2	20			1	20
香须树	<i>Adenantha odoratissima</i>	4	20				
米子兰	<i>Aglaiia perviridia</i>	5	40				
毛叶八角枫	<i>Alangium kurzii</i>			2	20		
长柄油丹	<i>Alaseodaphne pectiolaris</i>					1	20
光叶合欢	<i>Albizia lucidior</i>					4	40
毛藤春	<i>Alphonsea mollis</i>					23	20
云南崖摩	<i>Amoora yunnanensis</i>					1	20
糙叶树	<i>Aphananthe cuspidata</i>			10	60		
罗伞树	<i>Ardisia quinqueгона</i>	1	20				
云南菠萝蜜	<i>Artocarpus lacucha</i>					2	40
木奶果	<i>Baccaurea ramiflora</i>			6	60		
玉蕊	<i>Barringtonia</i> sp.					5	60
稠琼楠	<i>Beilschmiedia roxburghiana</i>	1	20				
大花铁屎米	<i>Canthium horridum</i>	2	20				
大叶铁屎米	<i>Canthium simile</i>			1	20		
刺栲	<i>Castanopsis hystrix</i>	1	20				
榆叶朴	<i>Celtis timorensis</i>					1	20
樟叶朴	<i>Celtis timorensis</i>					1	20
柴桂	<i>Cinnamomum tamala</i>					1	20
齿叶黄皮	<i>Clausema dentata</i>			5	60		

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
大叶黄皮	<i>Clausena dunniana</i> var. <i>robusta</i>	6	40				
小叶臭黄皮	<i>Clausena excavata</i>	23	80				
一担柴	<i>Colona floribunda</i>			3	20		
狭叶一担柴	<i>Colona thorelii</i>			3	60		
棋子豆	<i>Cylindrokelupha robinsonii</i>					3	60
黄檀	<i>Dalbergia hupeana</i>	2	40				
多裂黄檀	<i>Dalbergia rimosa</i>			2	40		
猫尾木	<i>Dolichandrone cauda-felina</i>			3	20		
辛果漆	<i>Drimycarpus racemosus</i>					1	20
核实木	<i>Drypetes indica</i>					2	20
红果葱臭木	<i>Dysoxylum binectariferum</i>	1	20				
葱臭木	<i>Dysoxylum excelsum</i>	19	60				
阔叶杜英	<i>Elaeocarpus balansae</i>					3	20
圆果杜英	<i>Elaeocarpus sphaericus</i>			4	40		
金毛榕	<i>Ficus chrysocarpa</i>			1	20		
对叶榕	<i>Ficus hispida</i>	4	40				
异叶榕	<i>Ficus heteromorpha</i>			11	40		
突脉榕	<i>Ficus championil</i>	2	20				
山小橘	<i>Glycosmis pentaphylla</i>	8	60				
光叶山小橘	<i>Glycosmis craibii</i> var. <i>glabra</i>	4	40				
风吹楠	<i>Horsfieldia amygdalina</i>			1	20		
粘木	<i>Ixonanthes chinensis</i>			2	20		
狭叶红光树	<i>Knema cinerea</i> var. <i>glauca</i>					1	20
轮叶戟	<i>Lasiococca comberi</i> var. <i>pseudoverticellata</i>					89	40
枝花李榄	<i>Linociera ramiflora</i>	3	40				
大叶木姜子	<i>Litsea chunii</i> var. <i>latifolia</i>	1	20				
假柿木姜子	<i>Litsea monopetala</i>					1	20
伞花木姜子	<i>Litsea umbellata</i>	1	20				
中平树	<i>Macaranga denticulata</i>			3	20		
印度血桐	<i>Macaranga indica</i>	8	20				
大参	<i>Macropanax chienii</i>	1	20				

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
大叶木兰	<i>Magnolia henryi</i>	2	20				
大穗野桐	<i>Mallotus macrostachys</i>			1	20		
白背桐	<i>Mallotus paniculatus</i>					62	80
菲岛桐	<i>Mallotus philippinensis</i>					1	20
火烧花	<i>Mayodendron igneum</i>					1	20
蚁花	<i>Mezttipsis creaghii</i>	1	20				
布渣叶	<i>Microcos paniculata</i>			4	60		
崖豆树	<i>Millettia dielsiana</i>			2	20		
毛荔枝	<i>Nephelium chryseum</i>	2	20				
红花李榄	<i>Olea rosea</i>	1	20				
倒卵叶紫麻	<i>Oreocnide obovata</i>					1	20
亨利红豆	<i>Ormosia henryi</i>			1	20		
叶轮木	<i>Ostodes paniculata</i>			2	40		
普文楠	<i>Phoebe puwenensis</i>			1	20		
爪哇苦木	<i>Picrasma javanica</i>					1	20
番龙眼	<i>Pometia tomentosa</i>					4	80
窄叶翅子树	<i>Pterospermum lanceaefolium</i>			18	60		
山黄皮	<i>Randia yunnanensis</i>	1	20				
密花树	<i>Rapanea nerrifolia</i>	10	60				
毛瓣无患子	<i>Sapindus rarak</i>	1	20				
染木	<i>Saprosma ternandra</i>					1	20
水东哥	<i>Saurauia tristyla</i>					5	20
缅甸漆	<i>Semecarpus reticulata</i>					1	20
鹊肾树	<i>Streblus asper</i>	3	20				
假鹊肾树	<i>Streblus indicus</i>			22	60		
饼树	<i>Suregada glomerulata</i>			15	60		
华夏蒲桃	<i>Syzygium cathayanse</i>	26	20				
蒲桃	<i>Syzygium cumini</i>					2	20
蒲桃	<i>Syzygium jambos</i>			7	80		
阔叶蒲桃	<i>Syzygium latilimbium</i>					1	20
短序蒲桃	<i>Syzygium sp.</i>	1	20				
方茎蒲桃	<i>Syzygium tetragonum</i>	2	20				

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
刺通草	<i>Trevesia palmata</i>					70	80
老虎楝	<i>Trichilia connaroides</i>			2	20		
越南榆	<i>Ulmus tonkinensis</i>	1	20				
水锦树	<i>Wedlandia</i> sp.	2	20				
红皮水锦树	<i>Wendlandia tinctoria</i>	1	20				
倒吊笔	<i>Wrightia pubescens</i>			1	20		
毛叶倒吊笔	<i>Wrightia tomentosa</i>			1	20		
桑科一种	Moraceae					1	20

灌木 Shrub (45 种)		株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
长叶紫珠	<i>Callicarpa longifolia</i>	6	40	2	40	1	20
弯管花	<i>Chesalia curviflora</i>	25	100	34	100	27	100
睫毛粗叶木	<i>Lasianthus hookeri</i> var. <i>dunniana</i>	2	20	1	20	1	20
滇南九节	<i>Psychotria henryi</i>	47	100	7	40	1	20
椴叶山麻杆	<i>Alchronea tiliifolia</i>			73	60	1	20
瓦里棕	<i>Arenga caudata</i>	10	80			20	100
银背巴豆	<i>Croton argyratus</i>	1	20	5	20		
粗毛榕	<i>Ficus hirta</i>	10	60	7	40		
毛果算盘子	<i>Glochidion eriocarpa</i>	2	20	2	20		
苞疮叶	<i>Measa indica</i>	2	40			13	80
香港大沙叶	<i>Pavetta hongkongensis</i>	3	40			4	40
花叶九节	<i>Psychotria siamica</i>	8	40			4	40
斑鸠菊	<i>Vernonia esculenta</i>	2	20			2	40
茄叶斑鸠菊	<i>Vernonia solanifolia</i>	2	40	2	40		
缩序米子兰	<i>Aglaiia abbreviata</i>	24	80				
异木患	<i>Allophylus</i> sp.					1	20
圆果罗伞	<i>Ardisia depressa</i>	2	20				
毛紫金牛	<i>Ardisia villosoides</i>			2	20		
散微子	<i>Baliospermum effusum</i>					2	20
黑面神	<i>Breynia fruticosa</i>			2	20		
紫珠	<i>Callicarpa bodinieri</i>					1	20
黑叶山柑	<i>Capparis sabiaefolia</i>			3	40		

续附表 9.2

灌木 Shrub (45 种)		株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
薄叶山柑	<i>Capparis tenera</i>	2	40				
臭牡丹	<i>Clerodendron bungei</i>					2	40
南垂茉莉	<i>Clerodendron henryi</i>			8	80		
楨桐	<i>Clerodendron japonicum</i>			2	20		
羽萼	<i>Colebrookea oppositifolia</i>					1	20
米碎叶	<i>Decaspermum parviflorum</i>	1	20				
长柱仙丹	<i>Duperea pavettaefolia</i>					5	60
对叶榕	<i>Ficus hispida</i>			1	20		
火筒树	<i>Leea indica</i>	1	20				
锈毛杜茎山	<i>Measa permollis</i>					17	40
野牡丹	<i>Melastoma candidum</i>			1	20		
密榴木	<i>Milusa chunii</i>	1	20				
短萼腺萼木	<i>Mycetia brevisepla</i>					2	40
大沙叶	<i>Pavetta arenosa</i>	1	20				
球枝叶下珠	<i>Phyllanthus flexuosus</i>			1	20		
南山花	<i>Prismatomeria tetrandra</i>			7	60		
云南山壳骨	<i>Pseudoranthemum malaccense</i>					64	80
假烟叶树	<i>Solanum verbascifolium</i>					1	20
短柄苹婆	<i>Sterculia brevissima</i>					2	40
狗牙花	<i>Tabernaemontana divaricata</i>			10	80		
葫芦茶	<i>Tadehagi triquetrum</i>					1	20
乌口树	<i>Tarenna incerta</i>			7	80		
芸香科一种						2	40

藤本幼株 Young liana (79 种)		株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
臭菜	<i>Acacia intsia</i> var. <i>caesia</i>	3	40	1	20	1	20
牛栓藤	<i>Connaris paniculatus</i>	2	20	1	20	2	20
下果藤	<i>Gouania leptostachya</i>	3	40	1	20	2	40
素馨	<i>Jasminum wangii</i>	10	80	1	20	6	60
崖豆藤一种	<i>Millettia</i> sp.	12	100	5	80	2	20
油麻藤	<i>Mucumma interrupta</i>	1	20	4	60	1	20
玉叶金花	<i>Mussaenda mollissima</i>	1	20	5	40	6	60

续附表 9.2

藤本幼株 Young liana (79 种)		株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
盾苞藤	<i>Neuropeltis racemosa</i>	50	100	51	100	3	40
长节珠	<i>Parameria laevigata</i>	6	80	1	20	3	60
胡椒	<i>Piper nigrum</i>	191	100	6	40	45	80
风车藤	<i>Pristimera cambodiana</i>	25	80	12	60	9	60
弯刺山黄皮	<i>Randia bispinosa</i>	5	80	9	80	1	20
五层龙	<i>Salacia polysperma</i>	6	60	2	40	1	20
翼核果	<i>Ventilago calyculata</i>	2	40	1	20	10	60
蛇藤	<i>Acacia pennata</i>			9	20	17	60
刺果藤	<i>Byttneria grandifolia</i>	3	60	1	20		
粉藤果	<i>Cissus glaberrima</i>	2	40			2	40
羽叶黄檀	<i>Dalbergia pinnata</i>			10	80	1	20
买麻藤	<i>Gnatum montanum</i>	4	20			5	40
匙羹藤	<i>Gymnema sylvestre</i>	4	60	2	20		
醉魂藤	<i>Heterostemma alatum</i>	7	40			1	20
鸡血藤	<i>Millettia dorwardii</i>	2	40			8	20
孔药花	<i>Porandra ramosa</i>	1	20			2	20
粉背菝葜	<i>Smilax hypoglauca</i>	2	20	2	40		
马钱	<i>Strychnos nitida</i>	2	20			23	60
十字崖爬藤	<i>Tetrastigma cruciatum</i>	2	20			5	60
崖爬藤	<i>Tetrastigma obtectum</i>	10	80	1	20		
大花山牵牛	<i>Thunbergia grandiflora</i>			1	20	9	80
弓果藤	<i>Toxocarpus</i> sp.	11	80			4	40
链珠藤	<i>Alyxia</i> sp.					3	60
毛车藤	<i>Amalocalyx yunnanensis</i>					21	100
倒卵叶盾翅藤	<i>Aspidopterys obcordata</i>	1	20				
囊萼羊蹄甲	<i>Bauhinia touranensis</i>					3	40
青紫葛	<i>Cissus javana</i>			1	20		
阔叶风车藤	<i>Combretum latilimbum</i>			6	20		
拓藤	<i>Cudrania fruticosa</i>			1	20		
轮环藤	<i>Cyclea racemosa</i>					1	20
异叶薯蓣	<i>Dioscorea biformifolia</i>					2	40
薯蓣	<i>Dioscorea opposita</i>					2	40

续附表 9.2

藤本幼株 Young liana (79 种)		株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
荷包薯蓣	<i>Dioscorea persimilis</i>					1	20
酸叶胶藤	<i>Ecdysandthera rosea</i>			19	80		
绞股蓝	<i>Gynostemma pentaphylla</i>					18	40
腰骨藤	<i>Ichnocarpus frutescens</i>					1	20
微花藤	<i>Iodes cirrhosa</i>					2	20
清藤籽	<i>Jasminum nervosum</i>	1	20				
翅子藤	<i>Loeseneriella merrilliana</i>	2	40				
蓝叶藤	<i>Marsdenia tinctoria</i>	2	40				
牛奶菜	<i>Marsderia sinensis</i>					1	20
密花崖豆藤	<i>Milletia congestiflora</i>	1	20				
巴戟	<i>Morinda officinalis</i>	1	20				
大果油麻藤	<i>Mucuna macrocarpa</i>					1	20
麻核藤	<i>Natsiatopsis thunbergiaefolia</i>					1	20
鸡矢藤	<i>Paederia scandens</i>					3	60
莲蕊藤	<i>Parabaena sagittata</i>					1	20
藤桔	<i>Paramignya retispina</i>	6	40				
细圆藤	<i>Pericampylus glaucus</i>					1	20
针子草	<i>Phaphidosperma vagabunda</i>			250	80		
腺脉句	<i>Piper bavinum</i>	26	20				
扁蒴藤	<i>Pristimera setulosa</i>	1	20				
葛藤	<i>Puerasia lobata</i>					1	20
柳叶五层龙	<i>Salacia cochinchinensis</i>	5	20				
大红叶藤	<i>Santaloides roxburghii</i>					2	20
蝉翼藤	<i>Securidaca inappendiculata</i>	6	40				
金刚藤	<i>Smilax indica</i>			6	60		
菝葜一种	<i>Smilax</i> sp.					1	20
光叶菝葜	<i>Smilaxcorbularia</i> var. <i>woodii</i>					4	20
桐叶千金藤	<i>Stephania hernandifolia</i>					1	20
斑果藤	<i>Stixis sauweolens</i>	15	60				
锡叶藤	<i>Tetracera asiatica</i>					1	20
亨利崖爬藤	<i>Tetrastigma henryi</i>	1	20				
大果崖爬藤	<i>Tetrastigma megalocarpa</i>	1	20				

续附表 9.2

藤本幼株 Young liana (79 种)		株数	频度 (%)	株数	频度 (%)	株数	频度 (%)
扁担藤	<i>Tetrastigma planicaule</i>					5	20
崖爬藤一种	<i>Tetrastigma</i> sp.					2	20
东京大叶藤	<i>Tinomisium tonkinensis</i>					3	60
锈毛弓果藤	<i>Toxocarpus fuscus</i>					1	20
紫玉盘	<i>Uvaria microcarpa</i>	1	20				
假山枇杷	<i>Zanthoxylum dissitoides</i>					1	20
美叶枣	<i>Zizyphus fungi</i>	4	20				
防己科一种	Menispermaceae					1	20

草本层 Herb layer

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
面积 (m ²)	Area (m ²)	5×25		5×25		5×25	
种名	Species	株数	频度%	株数	频度%	株数	频度%
茅叶荩草	<i>Arthraxon lanceolata</i>	316	100	432	100	47	80
爱地草	<i>Geophlia herbacea</i>	225	80	295	80	42	60
山壳骨	<i>Pseudoranthemum palatiferrum</i>	2	40	7	40	37	60
越南万年青	<i>Aglaonema pierreanum</i>	10	60			3	40
闭鞘姜	<i>Costus speciosus</i>	1	20			1	20
狗肝菜	<i>Dipliptera roxburghiana</i>	44	20	12	20		
飞机草	<i>Chromolaena odorata</i>			27	40	35	100
粗毛耳草	<i>Hedyotis verticillata</i>	1	20	1	20		
黄腺羽蕨	<i>Pleocnemia winitii</i>	30	100	61	60		
线羽凤尾蕨	<i>Pteris linearis</i>	16	20	1	20		
半边旗	<i>Pteris semipinnata</i>	25	100	13	60		
鼠尾花	<i>Rostellularis diffusa</i>	1	20			4	20
土牛膝	<i>Achyranthes aspera</i>					15	20
胜红蓟	<i>Ageratum conyzoides</i>					2	20
万年青	<i>Aglaonema</i> sp.					20	60
海芋	<i>Alocasia macrorrhiza</i>	1	20				
砂仁	<i>Amomum</i> sp.					2	20
半边铁角蕨	<i>Asplenium unilaterale</i>			3	20		
长叶实蕨	<i>Bolbites heteroclita</i>			70	40		

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
长叶实蕨	<i>Bolbitis heteroclita</i>					10	40
金毛狗	<i>Cibotium barometz</i>	25	100				
鸭跖草	<i>Commelina communis</i>	2	20				
大苞鸭跖草	<i>Commelina paludosa</i>					25	20
轴脉蕨	<i>Ctenitopsis</i> sp.					12	40
仙茅	<i>Curculigo orchioidea</i>					9	40
毛蕨	<i>Cyclosorus gongylodes</i>					5	60
截裂毛蕨	<i>Cyclosorus truncatus</i>					1	20
疏穗莎草	<i>Cyperus distans</i>					3	20
云南莎草	<i>Cyperus duclouxii</i>			4	20		
长叶竹根七	<i>Disporopsis longifolia</i>					20	80
荷莲豆	<i>Drymaria cordata</i>					5	20
蛇莓	<i>Duchesnea indica</i>					25	20
楼梯草	<i>Elatostema involucreatum</i>					15	20
阔叶楼梯草	<i>Elatostema platyphyllum</i>					34	20
脉耳草	<i>Hedyotis costata</i>			1	20		
半边莲	<i>Lobelia chinensis</i>					2	20
曲轴海金沙	<i>Lygodium flexuosum</i>			2	20		
野定棵	<i>Mananthus patentiflora</i>					17	80
野蕉	<i>Musa acuminata</i>					1	20
木根沿阶草	<i>Ophiopogon xylonrrizus</i>					2	40
球米草	<i>Oplismenus undulatifolius</i>					35	80
滇南赤车	<i>Pellionia paucidentata</i>					1	20
冬叶	<i>Phrynium capitatum</i>					124	100
火炭木	<i>Polygonum chinensis</i>			37	40		
云南牙蕨	<i>Pteridrys cnemidaria</i>					2	20
狭眼凤尾蕨	<i>Pteris biaurita</i>					69	80
剑叶凤尾蕨	<i>Pteris ensiformis</i>					1	20
水蜈蚣	<i>Pteris vittata</i>					1	20
腺柱苣苔	<i>Rhynchotechum obovatum</i>					3	20
孩儿草	<i>Rungia pectinata</i>			1	20		
珍珠茅	<i>Scleria chinensis</i>	3	20				

续附表 9.2

样地	Plot site	城子		曼养广		保护区	
翠莺草	<i>Selaginella uncinata</i>					86	80
繁缕	<i>Stellaria media</i>					10	20
泉七	<i>Steudnera colocasiaefolia</i>					1	20
老虎须	<i>Tacca integrifolia</i>					2	40
思茅叉蕨	<i>Tectaria simaoensis</i>					99	100
三叉蕨	<i>Tectaria subtriphylla</i>			32	40		
变异叉蕨	<i>Tectaria variolosa</i>	9	20				
蓝蝴蝶	<i>Torenia violacea</i>					1	20
地桃花	<i>Urena lobata</i>					3	40
共计 60 种							

层间（藤本）植物 Liana plants

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
面积 (m ²)	Area (m ²)	5 (15×33)	5 (15×33)	5 (15×33)
种名	Species	频度%	频度%	频度%
蛇藤	<i>Acacia pennata</i>	80	40	100
刺果藤	<i>Byttneria grandifolia</i>	40	20	80
粉藤果	<i>Cissus glaberrima</i>	60	40	60
阔叶风车藤	<i>Combretum latilimbium</i>	20	60	20
酸叶胶藤	<i>Ecdysandthera rosea</i>	20	100	20
买麻藤	<i>Gnatum montanum</i>	20	80	20
油瓜	<i>Hodgsonia macrocarpa</i> var. <i>capniocarpa</i>	20	40	60
微花藤	<i>Iodes cirrhosa</i>	20	60	60
油麻藤	<i>Mucumma interrupta</i>	80	20	100
鸡矢藤	<i>Paederia scandens</i>	20	20	60
风车藤	<i>Pristimera cambodiana</i>	20	40	20
金刚藤	<i>Smilax indica</i>	20	100	40
滇南马钱	<i>Strychnos nitida</i>	20	20	20
大花山牵牛	<i>Thunbergia grandiflora</i>	60	20	40
臭菜	<i>Acacia intsia</i> var. <i>caesia</i>	60		20
银背藤	<i>Argyreia wallichii</i>	40	20	

续附表 9.2

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
倒卵叶盾翅藤	<i>Aspidopterys obcordata</i>	20	20	
藤槐	<i>Bowdringia callicarpa</i>	40	20	
乌敛莓	<i>Cayratia japonica</i>	20	40	
青紫葛	<i>Cissus javana</i>		40	20
牛栓藤	<i>Connaris paniculata</i>	60	100	
拓藤	<i>Cudrania fruticosa</i>		40	20
羽叶黄檀	<i>Dalbergia pinnata</i>	20	20	
薯蓣	<i>Dioscorea opposita</i>	60		40
大叶酸藤子	<i>Embelia subcoriacea</i>	20	40	
下果藤	<i>Gouania leptostachya</i>		20	20
醉魂藤	<i>Heterostemma alatum</i>	20		20
清藤籽	<i>Jasminum nervosum</i>	20	20	
海金沙	<i>Lygodium</i> sp.	60	20	
甜果藤	<i>Mappianthus iodoides</i>		20	20
滇缅崖豆藤	<i>Millettia dorwardii</i>	60		40
大果油麻藤	<i>Mucuna macrocarpa</i>		20	20
盾苞藤	<i>Neuropeltis racemosa</i>	40	80	
连蕊藤	<i>Parabaena sagittata</i>	20		60
长节珠	<i>Parameria laevigata</i>	20		20
细圆藤	<i>Pericampylus glaucus</i>	20	20	
弯刺山黄皮	<i>Randia bispinosa</i>	60	80	
五层龙	<i>Salacia polysperma</i>	40	60	
菝葜一种	<i>Smilax</i> sp.	20	20	
十字崖爬藤	<i>Tetrastigma cruciatum</i>	80		60
锈毛弓果藤	<i>Toxocarpus fuscus</i>	40	20	
翼核果	<i>Ventilago calyculata</i>	80	40	
美叶枣	<i>Zizyphus fungii</i>	40	20	
喉风藤	<i>Alangium faberi</i> var. <i>perforatum</i>		40	
链珠藤	<i>Alyxia</i> sp.	20		
毛车藤	<i>Amalocalyx yunnanensis</i>			100
薄叶羊蹄甲	<i>Bauhinia tenuiflora</i>	20		
囊萼羊蹄甲	<i>Bauhinia touranensis</i>			100

续附表 9.2

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
见血飞	<i>Caesalpinia coeiaria</i>			20
省藤	<i>Calamus flagellum</i>	20		
南蛇藤	<i>Celastrus angulatus</i>			20
独子藤	<i>Celastrus monospermum</i>			20
疏序铁线莲	<i>Clematis kerriana</i>			20
拓藤	<i>Cudrania pubescens</i>			20
对叶薯蓣	<i>Dioscorea alata</i>		40	
石山薯蓣	<i>Dioscorea menglaensis</i>			20
薯蓣	<i>Dioscorea persimilis</i>		20	
苦藤	<i>Dregea sinensis</i>		20	
小叶酸藤子	<i>Embelia parviflora</i>		20	
白花酸藤子	<i>Embelia ribes</i>	20		
火绳藤	<i>Fissistigma poilanei</i>	20		
小萼瓜馥木	<i>Fissistigma polyanthoides</i>		40	
爪哇下果藤	<i>Gouania javanica</i>	20		
匙羹藤	<i>Gymnema sylvestre</i>	20		
牛白藤	<i>Hedyotis hedyotideia</i>		60	
夜花藤	<i>Hypserpa nitida</i>		40	
翅子藤	<i>Loeseneriella merrilliana</i>	20		
窄序崖豆藤	<i>Millettia</i> sp.	20		
毛叶巴戟	<i>Morinda officinalis</i> var. <i>hirsuta</i>		60	
光叶巴戟	<i>Morinda umbellata</i>		20	
麻核藤	<i>Natsiatopsis thunbergiaefolia</i>			20
直刺藤桔	<i>Paramignya retispina</i>	40		
针子草	<i>Phaphidosperma vagabunda</i>		20	
藤豆腐柴	<i>Premna scandens</i>		60	
葛藤	<i>Puerasia lobata</i>			80
红叶藤	<i>Santaloides roxburghii</i>	20		
光叶菝葜	<i>Smilax glabra</i>		20	
粉背菝葜	<i>Smilax hypoglauca</i>	20		
密花豆	<i>Spatholobus suberectus</i>		20	
桐叶千金藤	<i>Stephania hernandifolia</i>			20

续附表 9.2

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
斑果藤	<i>Stixis sauweolens</i>	80		
斑果藤	<i>Stixis sauweolens</i>			20
锡叶藤	<i>Tetracera asiatica</i>			40
亨利崖爬藤	<i>Tetrastigma henryi</i>	20		
大果崖爬藤	<i>Tetrastigma megalocarpa</i>		40	
崖爬藤	<i>Tetrastigma obtectum</i>			20
扁担藤	<i>Tetrastigma planicaule</i>			60
东京大叶藤	<i>Tinomisium tonkinensis</i>			60
木基栝楼	<i>Trichosanthea quinquaefolia</i>			20
光叶钩藤	<i>Uncaria laevigata</i>	40		
藤斑鸠菊	<i>Vernonia sylvatica</i>		20	
共计 91 种				

附生植物 Epiphyte

样地	Plot site	城子	曼养广	保护区
面积 (m ²)	Area (m ²)	5 (15×33)	5 (15×33)	5 (15×33)
种名	Species	频度%	频度%	频度%
毛藤榕	<i>Ficus sagittata</i>	20	40	60
黄花胡椒	<i>Piper flaviflorum</i>	40	20	100
小花藤	<i>Micrechites polyantha</i>		20	40
短句	<i>Piper mullesua</i>	20	20	
石柑子	<i>Pothos chinensis</i>		80	40
锥叶榕	<i>Ficus subulata</i>			40
鸟巢蕨	<i>Neottopteris nidus</i>		40	
崖爬香	<i>Piper arboricola</i>	40		
王冠蕨	<i>Pseudodrynaria coronans</i>		80	
狮子尾	<i>Rhaphidophora hongkongensis</i>			60
小花万代兰	<i>Vanda coerulea</i>	20		
书带蕨	<i>Vittaria flexuosa</i>		20	
共计 12 种				