

论滇南西双版纳的森林植被分类*

朱 华

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘要: 本文基于多年研究成果的总结, 对西双版纳森林植被的分类、主要植被类型及其特征进行了系统归纳, 并讨论了它们与世界类似热带森林植被的关系。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, 可以将西双版纳的热带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, 包括有至少二十个群系。热带雨林包括热带季雨林和热带山地(低山)雨林二个植被亚型。热带季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, 它分布在热带季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。

关键词: 植被分类; 植被类型; 西双版纳; 云南南部

中图分类号: Q 948

文献标识码: A

文章编号: 0253-2700(2007)04-377-11

On the Classification of Forest Vegetation in Xishuangbanna, Southern Yunnan

ZHU Hua

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

Abstract: Xishuangbanna of southern Yunnan is a region of extremely interest to biologists and also a hotspot for biodiversity conservation. It is located in a transitional zone from tropical Southeast Asia to temperate East Asia biogeographically. The present paper reviewed vegetation types of Xishuangbanna and suggested a revised classification system based on the updated study results over the last two decades. By combining physiognomic and floristic characteristics with ecological performances and habitats, the primary forest vegetation in Xishuangbanna can be organized into four main vegetation types: tropical rain forest, tropical seasonal moist forest, tropical montane evergreen broad-leaved forest and tropical monsoon forest. The tropical rain forest can be classified into two subtypes, i.e. tropical seasonal rain forest in the lowlands and tropical montane rain forest on higher elevations. The tropical seasonal rain forest in this region shows similar forest profile and physiognomic characteristics to those of equatorial lowland rain forests and is a type of world tropical rain forest. Because of

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(30570128)、中国科学院知识创新工程项目资助

收稿日期: 2007-01-27, 2007-02-15 接受发表

作者简介: 朱华(1960-)男, 理学博士, 研究员, 主要从事热带植物学研究工作。E-mail: zhuh@xtbg.ac.cn

conspicuous similarity on floristic composition, the tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna is a type of tropical Asian rain forest. However, since the tropical seasonal rain forest occurs at the northern edge of tropical SE Asia, it differs from typical lowland rain forests in equatorial areas in maintaining some deciduous trees in the canopy layer, fewer megaphanerophytes and epiphytes but more abundant lianas and more plants with microphyll. It is a type of semi-evergreen rain forest at the northern edge of the tropical zone. The tropical montane rain forest occurs in wet montane habitats and is similar to the lower montane rain forests in equatorial Asia in floristic composition and physiognomy. It is a variety of lower montane rain forests at the northern tropical edges of tropical rain forests. The tropical seasonal moist forest occurs on middle and upper limestone mountains and is similar to the tropical montane evergreen broad-leaved forest of the region in physiognomy, but it differs from the latter in floristic composition. The monsoon forest in Xishuangbanna is a tropical deciduous forest under the influence of a strong monsoon climate and is considered to be a transitional vegetation type between tropical rain forest and savanna in physiognomy and distribution. The tropical montane evergreen broad-leaved forest is the main vegetation type in mountain areas. It is dominated by the tree species of Fagaceae, Euphorbiaceae, Theaceae and Lauraceae in majority. It differs from the tropical montane rain forests in lack of epiphytes and having more abundant lianas and plants with compound leaves. It is considered to be a distinct vegetation type in the northern margin of mainland southeastern Asia controlling by a strong monsoon climate, based on its floristic and physiognomic characteristics.

Key words: Vegetation classification; Vegetation types; Xishuangbanna; Southern Yunnan

西双版纳的热带森林植被 1939 年王启无有所提及 (Wang, 1939), 50 ~ 60 年代以来中国科学院、云南大学等做了大量调查研究工作, 已发表了很多研究论文, 较为综合性的研究结果已在《中国植被》(吴征镒主编, 1980)、《云南植被》(吴征镒主编, 1987) 中发表, 金振洲和欧晓昆 (1997) 等也修订发表了较为全面的西双版纳的热带雨林植被分类系统。对各种具体森林群落类型的研究, 已发表了大量较为深入的研究论文 (朱华, 1992, 1993 a, b, 1994, 2000, 2002, 2005, 2006; 朱华等, 1998 a, b, 2004; 朱华和周虹霞, 2002; Cao 等, 1996; Cao and Zhang, 1997; Zhu, 1992, 1997, 2006; Zhu 等, 1998, 2003, 2004, 2005, 2006; 施济普和朱华, 2003; 王洪和朱华, 1990; 王洪等, 2001; 李保贵等, 1993, 1999; 李保贵和朱华, 2005)。尽管对于西双版纳主要的植被类型及森林群落的结构、物种组成及生态外貌特征的认识已基本清楚, 但大多数研究者所依据的主要是《中国植被》和《云南植被》中有关植被类型的划分和所报道的名称术语, 不同研究者对植被分类科学的认识程度不同, 对名称和术语的运用也不尽相同, 甚至误用。由于《中国植被》和《云南植被》中所用资料主要是上世纪 80 年代以前 (大部分是上世纪 60 年代的调查资料), 当时因条件限制, 对西双版纳热带森林的研究不深入, 加之可供参考的周边东南亚

热带森林植被的研究资料也不多, 故在植被分类、植被类型的命名及其解释上也与国外资料不尽相同。西双版纳是世界生物学多样性保护的关键和热点地区 (即东喜马拉雅和印 - 缅生物学多样性热点和关键地区的一部分) (Myers, 1998), 倍受国际学术界的关注。随着对西双版纳植被研究的不断深化及国际学术交流和合作研究的深入开展, 有关植被类型的划分和名称术语的释义均有了新的发展, 似有必要进一步总结研究资料, 参考世界类似热带森林植被的研究成果, 对西双版纳森林植被的分类、群落类型命名和其群落学特征等作一个系统归纳, 并探讨与世界类似热带森林植被的关系, 以供研究者参考。

1 自然地理背景及其地带性植被

西双版纳地区位于云南省南部, 约在 N 21° 09' ~ N 22° 36', E 99° 58' ~ E 101° 50' 之间, 总面积 19 690 km²。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。海拔范围从其南部最低处的南腊河与澜沧江交汇处海拔 475 m, 至最高峰澜沧江西岸的桦竹梁子 2 429.5 m, 河谷盆地的平均海拔都在 550 m 以上。

西双版纳地区在海拔 900 ~ 1 000 m 以下的低

山、低丘及河谷盆地，是热带气候区。以勐腊县（海拔 631.9 m）为例：年均温 21℃，>10℃积温 7 639℃·h，最热月均温 24.6℃，最冷月均温 15.2℃；年降雨量 1 531.9 mm，干季（11 月～翌年 4 月）降雨 282 mm，湿季（5～10 月）降雨 1 250 mm，相对湿度 80%。年温差小，日温差大，干湿季变化十分明显。在该地区的热带气候区域，年降雨量随不同局部地形而变化，可从 1 200～1 600 mm。

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——热带季节雨林 (Zhu, 1997, 2004)，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。因此，西双版纳的热带季节雨林和季雨林是该地区的水平地带性植被。该地区的季雨林主要受水分因子控制，它符合于 Schimper (1903) 定义的介于热带雨林与萨王纳之间的植被类型。

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。在低地的热带季节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。

2 西双版纳森林植被分类的原则和依据

正如朱彦丞教授指出的，国际上还没有公认和普遍一致通用的植被类型概念和群落类别划分标准，因而也就没有统一的群落分类系统 (吴征镒主编, 1987)。《云南植被》(吴征镒主编, 1987) 中以综合植物群落各方面基本特征为原则，在划分植被类型的高级分类单位时侧重运用

植被的外貌、形态结构和生态特征，在划分中低级分类单位时侧重运用植物群落的种类组成特征。根据我们多年来对西双版纳热带森林植被的野外调查和资料分析，以《云南植被》所采用的植被分类原则和依据为基础，认为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，能够较为客观地反映西双版纳森林植物群落的内在生态关系和外在生态表现，提供较清楚的识别特征 (Zhu 等, 2006; Zhu, 2006)。这既与传统的英美学派以群落的生态外貌为主要依据的生态学分类原则 (Warming, 1909)，也与法瑞学派以种类组成特征为主要依据的植物区系学分类原则 (Braun-Blanquet, 1932) 和以生境及动态演替为主要依据的群落分类 (Clements, 1916; Tansley, 1920) 有一定差别。如群落的高级分类单位——植被型 (包括植被亚型)，以生态外貌 (结构) 特征；群落的中级分类单位——群系，则以种类组成特征为主要分类依据。

3 西双版纳森林植被的分类单位和系统

本文与《云南植被》(吴征镒主编, 1987) 的分类单位、系统和划分标准一致，仍采用经典的植被三级分类单位，即植被型 (高级单位)、群系 (中级单位) 和植物群丛 (基本单位)。同样，遵从植被分类的一般原则，如果某一植被型包括的群落类型多样而复杂，为使其系统化和归类方便，我们依需要而设立了辅级单位，即在植被型下面设立了植被亚型，在群系之上设立了群系组。植被亚型是在植被型内由于地形、海拔等生境差异而引起的群落优势层片的差异而划分的亚型。群系组是若干相近类型群系的松散的集合。对于群落类型不复杂或目前记录仅有较少群落类型的植被型，其下就不设辅级单位。

西双版纳的地带性植被主要是热带雨林。由于热带雨林物种组成的多样性，Aubréville (1938) 认为在雨林群落的局部地段上，上层乔木的种类组成在时间和空间上是连续地改变的，这就是所谓的更新镶嵌或循环理论 (mosaic or cyclical theory of regeneration)。后来这一理论发展为林窗更新理论，即热带雨林被认为是由处于林窗期、建群期和成熟期三个生长阶段的森林片断组成的镶嵌体，它的林冠总是处在一个连续的植物区系组成

的浮动状态 (Whitmore, 1989, 1990)。也就是说, 在混交性的热带雨林群落 (非单优种群落) 中, 上层乔木的植物区系组成是变化着的, 正如 Richards (1952) 所说的, 在一大片混交雨林内, 没有真正的群丛 (群系) 能被认识, 整个一片混交林必须被认做是一单个在区系组成上浮动的群丛 (群系)。故热带雨林群落的分类十分困难, 没有公认的标准。西双版纳的热带雨林群落的分

类及对群落类型的认识亦是各种各样。根据我们多年的调查研究, 针对西双版纳热带雨林群落的分类, 我们能够做到的仅仅是在植被高级分类单位 (植被型) 及中级分类单位 (群系) 上进行尝试, 尽可能做到对于所划分的各个群系都能有清楚及相对稳定的识别特征。这样, 就我们现有资料而言, 西双版纳的森林植被可分为 4 个主要的植被型, 包括至少二十个较为典型的群系:

I 热带雨林 Tropical rain forest (植被型)

I-1 热带季节雨林 Tropical seasonal rain forest (植被亚型)

I-1-1 低丘雨林 Lower hill seasonal rain forest (群系组)

1 大药树、龙果林 *Antiaris toxicaria*, *Pouteria grandiflora* forest (群系)

2 油朴、轮叶戟林 *Celtis philippensis* var. *wightii*, *Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata* forest (群系)

I-1-2 沟谷雨林 Ravine seasonal rain forest (群系组)

1 番龙眼、千果榄仁林 *Pometia tomentosa*, *Terminalia myriocarpa* forest (群系)

2 番龙眼、油朴林 *Pometia tomentosa*, *Celtis philippensis* var. *wightii* forest (群系)

3 望天树林 *Shorea wantianshuea* forest (群系)

I-2 热带山地 (低山) 雨林 Tropical lower montane rain forest (植被亚型)

1 八蕊单室茱萸、大萼楠林 *Mastixia euonymoides*, *Phoebe megacalyx* forest (群系)

2 云南拟单性木兰、云南裸花林 *Parakmeria yunnanensis*, *Gymnanthes remota* forest (群系)

3 云南胡桐、滇楠林 *Calophyllum polyanthum*, *Phoebe nanmu* forest (群系)

II 热带季节性湿润林 Tropical seasonal moist forest (植被型)

II-1 热带季节性常绿湿润林 Tropical seasonal evergreen moist forest (群系组)

1 多脉桂花、岩棕林 *Osmanthus polyneurus*, *Dracaena cochinchinensis* forest (群系)

2 轮叶戟、尖叶闭花木林 *Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata*, *Cleistanthus sumatranus* forest (群系)

II-2 热带季节性半常绿湿润林 Tropical seasonal semi-evergreen moist forest (群系组)

1 长果木棉、一担柴林 *Bombax insignis*, *Colona floribunda* forest (群系)

2 长果木棉、大苞藤黄林 *Bombax insignis*, *Garcinia bracteata* forest (群系)

III 热带季雨林 Tropical monsoon forest (植被型)

1 东京枫扬林 *Pterocarya tonkinensis* forest (群系)

2 木棉林 *Bombax ceiba* forest (群系)

3 榆绿木林 *Anogeissus acuminata* forest (群系)

4 厚皮树、家麻树林 *Lannea coromandelica*, *Sterculia pexa* forest (群系)

IV 热带山地 (低山) 常绿阔叶林 Tropical lower montane evergreen broad-leaved forest (植被型)

1 木荷、刺栲林 *Schima wallichii*, *Castanopsis hystrix* forest (群系)

2 木荷、勐海石栎林 *Schima wallichii*, *Lithocarpus fohaiensis* forest (群系)

3 短刺栲林 *Castanopsis echinocarpa* forest (群系)

4 小果栲、滇银柴林 *Castanopsis fleuryi*, *Aporosa yunnanensis* forest (群系)

该分类系统所用分类单位、名称、等级与《云南植被》基本一致, 例如, 由于热带雨林植被型因地形、海拔等生境差异而引起的群落优势层片有差异, 划分为热带季节雨林和热带山地 (低山) 雨林二个植被亚型; 同样, 根据群落建

群种组成和分布生境的差异, 在热带季节雨林植被亚型之下, 设立了一个辅助单位, 即群系组, 将其分为低丘雨林和沟谷雨林二个群系组 (金振洲, 1983)。一些后来发表增加的群系以所发表名称为准。

本文与《云南植被》中运用不同的名称、植被分类等级简要说明如下：通过对西双版纳石灰岩植被的深入研究（Zhu 等，1998，2003，2006；Zhu，2006；朱华，2002，2005），我们发现在《云南植被》中记录的石灰山季雨林植被型中分布于西双版纳石灰岩山的“四数木、多花白头树、越南榆”群系因石灰岩山生境的极端多样化和异质性，在群落特征上变异太大。我们把分布于低海拔石灰岩山沟谷和低坡的该类群落，依据其具有热带季节雨林的外貌和结构特征及主要物种组成，例如，含有本地区季节雨林的标识种番龙眼（*Pometia tomentosa*）、四数木（*Tetrameles nudiflora*）等，分别作为不同群系类型归并到热带季节雨林植被亚型的沟谷雨林和低丘雨林群系组中。把分布于石灰岩山坡中部，在热带季节性雨林带之上的群落，按植被分类的原则和依据，给予新名称“热带季节性湿润林”，根据其生态外貌和群落结构的特殊性赋予植被型等级，并根据群落建群种组成和分布生境的差异，建立二个群系组。对于分布于非石灰岩山地，在生态特征和区系组成上介于热带季节雨林与亚热带常绿阔叶林之间的热带山地的常绿阔叶林，即在《云南植被》中称之的季风常绿阔叶林，给予新名称“热带山地常绿阔叶林”，基于它是热带山地的一个垂向地带性植被，仍赋予植被型等级，理由详见讨论部分。

4 西双版纳森林植被的主要类型、特点及其分布

4.1 热带雨林

4.1.1 热带季节雨林 西双版纳的热带季节雨林是低地热带雨林植被的一个类型，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 A 层主要是高达 30 m 以上耸出于林冠的散生巨树（最高者可达 60 多 m），树冠彼此不连接。乔木 B 层高 20~30 m，树冠连接，个体密集，是森林的主要林冠层。除了乔木 A 层有部分落叶成分外，其它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。在植物区系组成上，该热带雨林约 80% 的科、94% 的属和多于 90% 的种均为热带成分，其中约 40% 的属和 74% 的种为热带亚洲分布成分。西双版纳的热带雨林与一些东南亚的低

地热带雨林不仅有几乎一致的科和属的组成，而且在含种数较多的优势科和重要值较大的科的组成上也几乎相同。西双版纳的热带季节雨林最为同等于 Whitmore（1984，1990）定义的东南亚半常绿雨林类型（Zhu，1997）。

由于西双版纳的热带雨林发育在东南亚季风热带北缘山地，它在群落外貌上及其区系组成上与赤道低地的热带雨林有一定差异，表现为一种在水分、热量和分布海拔上均到了极限条件的热带雨林类型，被称为热带季节雨林（曲仲湘，1960；吴征镒主编，1980，1987）。

西双版纳的热带季节雨林最初主要依据标识树种和生境分为湿性季节雨林、干性季节雨林和石灰山季节性雨林 3 个类型（曲仲湘，1960）。湿性季节雨林因主要分布在沟谷生境，又称沟谷雨林，而干性季节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雨林明确为番龙眼、千果榄仁林群系，把干性季节雨林明确为大药树、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（吴征镒主编，1987）。西双版纳的热带季节性雨林作为本区的纬度地带性植被类型，其低丘雨林更具有代表性（金振洲和欧晓昆，1997）。

西双版纳的季节雨林主要分布在本区的东南部，海拔 1 000 m 以下的潮湿沟谷、山坡下部及低丘台地，以勐腊县最为集中。在酸性土壤和石灰岩基质的土壤上都有分布。石灰岩山的季节性雨林在性质上与非石灰岩山的季节性雨林相同，尽管二者在群落的区系组成上有所差异（朱华等，1996；Zhu 等，1998）。

4.1.2 热带山地（低山）雨林 在中国植物学文献中，对热带山地雨林这一名称的应用和解释是不统一的。吴征镒（1980，1987）把滇南的山地雨林划归为热带雨林的山地变型，该类森林中热带雨林成分约占 60%，外貌和结构多具雨林特点，但缺乏散生巨树，板根和茎花现象少见，树蕨类植物丰富。这一定义类似于东南亚的低山雨林或下山地雨林（朱华等，2004；朱华，2006）。

西双版纳的热带山地雨林在本区主要分布在勐海南糯山和勐宋海拔 1 300 m~1 800 m 的一些沟谷中，本区北部的勐养困满、困旱的龙山、红

沙河以及勐腊县的曼帕、曼定等海拔 900 m 以上季节雨林的上方 (王洪等, 2001)。

以勐宋的热带山地雨林为例, 群落高 22 ~ 30 (35) m, 散生巨树不明显, 乔木通常 2 层, 羽状复叶种类比例相对较低 (与季节雨林相比), 木本植物优势叶级为中叶, 板根和茎花现象少见, 附生植物丰富。该热带山地雨林在植物区系组成上以樟科、大戟科、壳斗科、蝶形花科、茜草科、山茶科等占优势 (阎丽春等, 2004), 若按乔木重要值, 以樟科、木兰科、大戟科、壳斗科、单室茱萸科等为主 (Zhu, 2006)。西双版纳的热带山地雨林在生态外貌特征上与热带亚洲和美洲的低山雨林 (Lower montane rain forest) (Beard, 1944, 1955) 或亚山地雨林 (Submontane rain forest) (Richards, 1952) 接近, 在植物区系组成上则与热带亚洲的低山雨林类似, 但由于发生在季风热带北缘山地, 西双版纳的热带山地雨林藤本植物相对较多, 维管附生植物相对较少, 这或许是季风热带北缘山地的特点 (朱华等, 2004)。

目前西双版纳的热带山地雨林面积不大, 分布也比较零散, 很多都已被破坏。

4.2 热带季节性湿润林

西双版纳的这类森林通常分布在石灰岩山中部, 并在石灰岩山脚及沟谷的季节性雨林带之上。森林高度通常为 20 ~ 25 m, 在局部地方有部分落叶大树也可高达 30 m。乔木层通常具有二个清楚的层次, 在土壤较丰富而湿润的地段, 群落中乔木 B 层以下有时还可见由上层乔木的瘦弱小树组成一个高约 2 ~ 3 m 的小树层, 林内木质藤本丰富, 厚叶的维管附生植物普遍, 板根和茎花现象相对较少。由于石灰岩山坡中部的地形和生境变化最大, 至使此类森林在外貌和区系组成上差异明显。该森林类型在阴坡、低丘顶部和较高的山丘上部呈常绿季相, 在较为宽阔而干燥的石灰岩山河谷和中、低山丘的干燥阳坡则呈半常绿季相 (Zhu 等, 1998, 2003)。

该类森林以大戟科植物, 如尖叶闭花木 (*Cleistanthus sumatranus*)、石山巴豆 (*Croton crassifolius*)、缅桐 (*Sumbaviopsis albicans*)、轮叶戟 (*Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata*) 等; 榆科植物, 如油朴 (*Celtis philippensis* var. *wightii*); 木犀科植物, 如多脉桂花 (*Osmanthus polyneurus*);

龙舌兰科植物, 如岩棕 (*Dracaena cochinchinensis*) 等占优势。它们在群落外貌上不同于季雨林, 在植物区系组成上不同于季风常绿阔叶林, 在分布上亦是在热带季节性雨林带之上的石灰岩山地。

根据落叶树种的多寡, 可将其分为热带季节性常绿湿润林和热带季节性半常绿湿润林二个群系组。季节性常绿湿润林分布于 600 ~ 1 300 m 海拔的中低山坡、缓丘上部至丘顶, 岩石裸露常大于 90%, 森林常绿, 高 20 ~ 25 m, 林内木质藤本丰富, 常见小而叶厚的维管附生植物。季节性半常绿湿润林分布于较干燥的中低山坡和宽阔的山地河谷中, 森林呈半常绿季相, 落叶树种在乔木种类上占 30% ~ 60%, 在重要值上占 35% ~ 60%。群落 A 层的树木具伞型的树冠和较厚的树皮, 通常都落叶, 优势种主要是长果木棉 (*Bombax insignis*), 在某些地方翅果刺桐 (*Erythrina lithosperma*)、一担柴 (*Colona floribunda*) 也能成为优势或共优种。乔木 B 层常绿, 林内多具小的木质藤本; 维管附生植物分布的频度相对较低。

4.3 热带季雨林

季雨林是在具有明显干、湿季变化的热带季风气候下发育的一种热带落叶森林植被。在东南亚, 季雨林与季节雨林在一些地方相互交错, 镶嵌分布。按 Schimper (1903) 的定义, 季雨林是在热带季风气候下发育的介于热带雨林与萨王纳之间的一种热带落叶森林植被。在西双版纳地区, 季雨林仅出现在海拔 900 m 以下的澜沧江开阔河段两岸和一些开阔河谷盆地受季风影响最强烈的地段 (朱华, 2005)。

季雨林的特点是群落高度较矮, 一般高 25 m 以下, 结构相对简单, 乔木一般仅有一至二层, 上层树种在干季落叶或上层及下层树种在干季都落叶, 即有一个明显的无叶时期。上层树种树冠通常呈伞状, 冠幅大, 分枝低, 枝桠粗大弯曲, 树皮厚而粗糙, 也有板根现象, 但林内明显较干燥, 木质藤本及附生植物较少。西双版纳的季雨林代表树种有木棉 (*Bombax ceiba*)、毛麻栋 (*Chukrasia tabularis* var. *velutina*)、劲直刺桐 (*Erythrina stricta*)、东京枫杨 (*Pterocarya tonkinensis*)、楹树 (*Albizia chinensis*)、桂火绳 (*Eriolaena kwangsiensis*)、钝叶黄檀 (*Dalbergia obtusifolia*)、居间紫薇 (*Lagerstroemia intermedia*)、余甘子 (*Phyllanthus emb-*

lica)、羊蹄甲 (*Bauhinia variegata*)、榆绿木 (*Anogeissus acumunata*)、一担柴 (*Colona floribunda*)、榄青 (*Spondias pinnata*)、火烧花 (*Mayodendron igneum*) 帽柱木 (*Mitragyna brunonis*) 等。季雨林在一些局部地段上常形成单优种群落, 如木棉林 (李保贵等, 1993)、榆绿木林 (王洪和朱华, 1990)、东京枫杨林 (李保贵等, 1999) 等。

季雨林破坏后一般发展为牡竹林, 现在西双版纳的河谷季雨林很多已被牡竹林取代。

4.4 热带山地 (低山) 常绿阔叶林

热带山地 (低山) 常绿阔叶林, 亦称为季风常绿阔叶林 (金振洲, 1979; 吴征镒主编, 1980, 1987), 是一种在生态特征和区系组成上介于热带季节雨林与亚热带常绿阔叶林之间的热带山地的常绿阔叶林。它是西双版纳主要的山地植被类型, 一般分布在海拔 900 m 以上的山地。这类森林植被乔木层通常 2 层, 主要由常绿阔叶的壳斗科、大戟科、樟科、茶科等树种组成, 林冠整齐而彼此相连; 灌木、草本层植物种类较少, 主要是上层乔木的幼苗。在生态外貌特征上, 热带山地常绿阔叶林以革质、全缘、中叶为主的常绿中、小高位芽植物组成为特征, 层间木质藤本仍较丰富, 但附生植物少见 (Zhu 等, 2005)。西双版纳的这类热带山地常绿阔叶林无论在种数和个体数上常绿乔木均占乔木总数的 90% 以上, 整个森林呈常绿季相。

5 讨论与结论

5.1 西双版纳的水平地带性植被

西双版纳的热带地区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。在水分因子上, Richards (1996) 根据年降雨量和年干旱月数, 把年降雨量 1 700 mm, 年干旱月数为 3~5 作为热带季节性潮湿 (Tropical wet-seasonal) 气候; 把年降雨量 1 200 mm, 年干旱月数为 4~6 作为热带湿润 (tropical wet-dry marked by dry season) 气候; 把年降雨量 700 mm, 年干旱月数为 6~8 作为热带半湿润 (tropical wet-dry with long-dry season) 气候。与之相对应的植被类型是: 热带季节性潮湿气候——常绿季节林 (*Evergreen seasonal forest*), 热带湿润气候——半常绿季节林 (*Semi-evergreen seasonal for-*

est), 热带半湿润气候——落叶季节林 (*Deciduous seasonal forest*)。这与 Schimper (1903) 对热带森林植被类型的划分类似, 其落叶季节林相当于 Schimper 的季雨林 (*Monsoon forest*)。

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, 在此气候下发育的地带性植被在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——热带季节雨林。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。因此, 西双版纳的热带季节雨林和季雨林是该地区的水平地带性植被。西双版纳的热带季节雨林是东南亚热带雨林的北缘类型, 由于该地区南低北高的地势, 它既具有向亚热带常绿阔叶林过渡, 又有向热带山地的常绿阔叶林过渡的特点, 仍属于纬向地带性植被。该地区的季雨林, 与热带季节雨林水平交错分布和与热带山地的常绿阔叶林过渡, 发育主要受水分因子控制, 符合于 Schimper (1903) 定义的与热带雨林有同样的热量要求, 但水湿因子不同, 介于热带雨林与萨王纳植被之间, 被 Schimper 称为季雨林并划归为经向地带性的植被类型。西双版纳季雨林的经向地带性分布特征不典型, 但考虑到与该地区纬向地带性植被季节雨林的的关系, 仍可认为它是一种生态学意义上的经向地带性植被, 与纬向地带性植被热带季节雨林一起共同构成该地区的水平地带性植被。

5.2 热带季节雨林

西双版纳的热带季节雨林是低地热带雨林植被的一个类型。就生态外貌和群落结构而言, 它类似于: (1) Beard (1944, 1955) 所定义的热带美洲常绿季节林 (*Evergreen seasonal forest of tropical America*), 该类型被 Richards (1952) 重新分类为热带雨林的一个亚群系; (2) Hall and Swaine (1976, 1981) 所定义的非洲热带雨林的湿润常绿林类型 (*Moist evergreen type of African tropical rain forest*); (3) Webb (1959) 定义的澳洲热带雨林的

中叶型雨林类型 (Mesophyll vine forest of Australian rain forest); (4) Walter (1971) 定义的半常绿雨林类型 (Tropical semi-evergreen rain forest) 等。然而, 该热带季节雨林在多个方面最为等同于 Whitmore (1984, 1990) 定义的东南亚半常绿雨林类型 (Tropical semi-evergreen rain forest of southeast Asia) 或印度 - 缅甸的热带半常绿林 (Tropical semi-evergreen forest of India-Burma) (Champion, 1936)。

由于西双版纳的热带雨林发育在东南亚季风热带北缘山地区域, 它在群落外貌上有明显的季节变化 (有一定比例的落叶树种存在), 大高位芽植物和附生植物较为逊色, 而藤本植物和在叶级谱上的小叶更丰富; 在植物区系组成上它也具有热带北部边缘和过渡性质, 其植物区系的大多数热带科和属已处于它们分布区的北部边缘, 这些类群的物种分布的多样性中心是在马来西亚地区 (Zhu 等, 2006), 这些特征又有别于赤道低地的热带雨林, 表现为一种在水分、热量和分布海拔上均到了极限条件的热带雨林类型 (曲仲湘, 1960; 吴征镒主编, 1980, 1987; 金振洲, 1983, 金振洲和欧晓昆, 1997; 朱华, 1992; 朱华等, 1998b; 2005; Zhu, 1992, 1997, 2004, 2006)。

根据笔者较长期对西双版纳热带季节性雨林的野外考察和研究, 特别是近年来对石灰岩山森林的深入研究, 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, 我们支持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至少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。湿性季节性雨林和干性季节性雨林仅是在一些生态学特征量上 (如落叶树种的多寡) 和少数标志种上有区别, 二者之间亦有过渡, 使用“湿性”和“干性”这二个形容词显得太对立, 笔者认为根据其分布生境使用沟谷雨林和低丘雨林来命名这二个群系组更为适宜 (金振洲, 1983)。

5.3 热带山地 (低山) 雨林

在西双版纳, 山地雨林通常是指发生于山地垂直地带、在热带季节雨林上部的阴坡和沟谷生境较湿润处的热带森林类型, 与阳坡和生境较干处的所谓季风常绿阔叶林 (偏干性的一种热带

山地常绿阔叶林) 相对应。该类群落外貌和结构多具雨林特点, 但缺乏散生巨树, 板根和茎花现象少见, 树蕨类植物丰富, 在植物区系组成上以樟科、大戟科、壳斗科、蝶形花科、茜草科、山茶科等占优势; 在乔木重要值上, 以樟科、木兰科、大戟科、壳斗科、单室茱萸科等为主, 它们在性质上应归属于热带亚洲的低山雨林。与典型的热带亚洲 (爪哇) 类似海拔高度的山地雨林相比 (Meijer, 1959), 西双版纳的热带山地雨林附生植物比例较少, 乔木树种比例较高, 相似于热带亚洲低山雨林或下山地雨林中分布下线的接近低地雨林的山地雨林类型。西双版纳热带山地雨林分布海拔偏高, 这可能是由于所谓的“海拔升高效应” (Massenerhebung effect, or mass elevation effect, Whitmore, 1990), 即在大的山体上各植被带均比在较小的山上或孤立的岛屿上分布要高。

Ashton (2003) 较为系统地研究了热带山地雨林与热带低地的雨林植物区系组成的差异, 认为热带山地雨林有突出的樟 - 橡 (即以樟科植物和壳斗科植物占优势) 特征。西双版纳的热带山地雨林在植物区系组成上以樟科、大戟科、壳斗科、蝶形花科、茜草科、山茶科等占优势 (阎丽春等, 2004), 若按乔木重要值, 以樟科、木兰科、大戟科、壳斗科、单室茱萸科等为主 (Zhu, 2006), 其樟 - 橡特征是明显的。

Grubb 等 (1963) 比较研究了热带美洲的低地雨林和山地雨林, Whitmore (1984, 1990) 比较研究了热带亚洲的低地雨林和山地雨林, 共同认为热带山地雨林群落乔木通常有 2 层 (热带低地的雨林有三层), 缺乏散生巨树, 林冠较为平整, 林冠层主要由上层乔木构成, 羽状复叶种类比例相对较低, 大叶的比例减少, 小叶的比例增加, 板根和茎花现象少见, 附生植物丰富。西双版纳的热带山地雨林也有类似的生态外貌特征。此外, 在我们的研究上, 草本高位芽植物 (鲍显诚等译, 1986; Richards, 1996) 的比例和叶缘特征 (全缘 非全缘比) 也是有意义的区分热带山地植被类型的特征。

在对山地雨林植被的分类处理上, Whitmore (1984, 1990) 把热带山地垂直带上各植被类型都归属于广义的热带雨林植被型, 作为不同亚类处理。笔者同意吴征镒的处理意见, 把类似于东南

亚低山雨林的滇南山地雨林归为热带雨林的—个山地变型。

与中国热带北缘 - 南亚热带地区 (季风) 常绿阔叶林比较, 西双版纳的热带山地雨林在生活型谱上有一定比例的附生植物和草本高位芽植物, 相对较少的小高位芽植物和矮高位芽植物; 在叶级谱上, 小叶比例亦较少; 在叶质、叶缘、叶型构成上, 非全缘叶和革质叶的比例相对较低 (朱华等, 2004)。西双版纳热带山地雨林显然是热带山地的一种较湿润生境 (受局部气候影响) 的植被类型, 而云南热带北缘山地的所谓季风常绿阔叶林则是受地区性季风气候强烈影响的偏干生境的植被类型 (Zhu 等, 2005)。

5.4 热带季节性湿润林

西双版纳的热带季节性湿润林在我国的一些植物学文献资料中曾被称之为“季雨林” (Monsoon forest)。笔者之所以将其称之为季节性湿润林是因为尽管此类森林受到季节性干旱的明显影响而不同程度地具有落叶成分, 但它在许多方面与 Schimper (1903) 定义的季雨林不相同。Schimper 的季雨林概念指的显然是在旱季由于大气候所导致树木同时、全部落叶的森林类型。西双版纳地区的季节性干旱在一定程度上由雾露水以及这些月份中的低温所补偿 (Whitmore, 1984)。在季节性湿润林中, 一些树木的落叶发生在旱季末期, 有的甚至在雨季落叶, 有的树木在老叶落地的同时又在生长新叶。因此, 季节性湿润林的落叶现象可能主要由于局部生境的干燥和历史的原因, 不一定主要是由于地区性气候干旱所导致。

西双版纳热带季节性湿润林的乔木层并没有一个明显的无叶 (落叶) 期。如果我们采纳 Schimper (1903) 的季雨林概念, 则该地区石灰岩山地的这类森林植被就不宜称为季雨林, 因为 Schimper 定义的季雨林是一种在干季基本上是无叶的、介于热带雨林与萨王纳 (稀树草原) 之间的植被类型。西双版纳的这类森林通常分布在石灰岩山中部, 并在石灰岩山脚及沟谷的热带季节雨林带之上, 它们应是石灰岩山地垂直带上的一种植被类型。它们在群落外貌上不同于季雨林, 在植物区系组成上不同于所谓的季风常绿阔叶林, 在分布上发育在热带季节性雨林带之上的石灰岩山地。根据其生态外貌、植物区系组成和生

境特点, 我们认为用“热带季节性湿润林 (Tropical seasonal moist forest)”来称呼这类常绿或半常绿的石灰岩山地森林类型更为恰当 (Zhu 等, 1998, 2003, 2006; Zhu, 2002, 2006; 朱华, 2005)。由于该类森林在群落外貌上和植物区系组成上的特殊性, 笔者建议在云南植被分类系统中把它们作为一个单独的植被型, 它们属东南亚热带北缘石灰岩山地垂直带上的一种植被类型。

5.5 热带季雨林

季雨林是在具有明显干、湿季变化的热带季风气候下发育的一种热带落叶森林植被。在东南亚, 季雨林与季节雨林在一些地方有相互交错, 镶嵌分布。按 Schimper (1903) 的定义, 季雨林是在热带季风气候下发育的介于热带雨林与萨王纳之间的一种热带落叶森林植被。季雨林的形—成主要受水分因素控制。在西双版纳地区, 由于山原地貌, 气候的季节性干旱在一定程度上由浓雾降水所补偿, 典型的季雨林仅出现在海拔 900 m 以下的澜沧江开阔河段两岸和一些开阔河谷盆地受季风影响最强的地段 (朱华, 2005)。

5.6 热带山地 (低山) 常绿阔叶林

西双版纳的热带山地常绿阔叶林曾称为季风常绿阔叶林, 但季风林 (Monsoon forest) 这一名称广泛用于东南亚的热带落叶森林, 即季雨林。西双版纳的这类热带山地上的常绿阔叶林无论在种数和个体数上均以常绿乔木占乔木优势, 在生态外貌特征和植物区系组成上显然不同于东南亚的季雨林或季风林。由于它具有较丰富的木质藤本植物及相对较多的具复叶的种类, 缺少附生植物, 故也不同于该地区的热带山地雨林或东南亚的低山雨林 (Zhu 等, 2005)。宋永昌 (2004) 建议季风常绿阔叶林改名为西部亚热带季节常绿阔叶林 (Subtropical seasonal evergreen broad-leaved forest), 认为它是热带季节雨林或季雨林向典型的亚热带常绿阔叶林过渡的一个植被类型, 是中国南亚热带地区的水平地带性植被, 它的热带性强, 具有一些热带雨林特征。根据宋永昌 (2004) 的定义, 亚热带季节常绿阔叶林是南亚热带地区的纬向地带性 (水平地带性) 植被。但在西双版纳, 所谓的季风常绿阔叶林是分布在热带季节雨林带或季雨林带之上的热带山地的植被类型, 是热带山地的垂向地带性植被。

西双版纳热带山地的这类常绿阔叶林是发生在受地区性季风气候强烈影响的偏干的山地生境中的一种植被类型, 与该地区的热带山地雨林不同。热带山地雨林显然是热带山地的一种较湿润生境(受局部气候影响)的植被类型。依据这类常绿阔叶林特别的植物区系组成、生态外貌特征及生境特点, 我们建议使用“热带山地常绿阔叶林”这一名称, 以区别于该地区的热带季雨林、热带山地雨林(Zhu等, 2005, Zhu, 2006)及中国东部地区的所谓亚热带季节常绿阔叶林。季风常绿阔叶林在《云南植被》中置于常绿阔叶林植被型下, 给予植被亚型等级, 在新近建议的“中国常绿阔叶林分类试行方案”(宋永昌, 2004)中, 季风常绿阔叶林(西部亚热带季节常绿阔叶林)被放置在亚热带季节常绿阔叶林植被型之下, 给予植被亚型等级。不论怎样, “季风常绿阔叶林”都被运用为分布在南亚热带地区的水平地带性植被。西双版纳的热带山地常绿阔叶林, 按其自然属性, 可能不宜放置在水平地带性植被的亚热带常绿阔叶林植被型之下, 我们建议它作为一个单独的热带山地的植被类型, 并给予植被型等级。在西双版纳的热带山地上, 常绿阔叶林一般分布在海拔2000 m以下, 而在云南中南部地区由于山体更加高大, 在与西双版纳同样的热带山地常绿阔叶林带之上还有中山湿性常绿阔叶林(如哀牢山), 故西双版纳热带山地上的常绿阔叶林更确切地说, 应该是热带低山常绿阔叶林, 在此笔者采用了热带山地(低山)常绿阔叶林这一名称, 一方面若运用到其分布上带还有中山湿性常绿阔叶林的植被垂直带, “低山”可与其“中山”相对应, 另一方面也与西双版纳的热带山地(低山)雨林相对应。

〔参 考 文 献〕

鲍显诚, 张绅, 杨邦顺等译 (Mueller-Dombois D, Ellenberg H, 1974), 1986. 植被生态学的目的和方法 (Aims and Methods of Vegetation Ecology) [M]. 北京: 中国科学出版社

Ashton PS, 2003. Floristic zonation of tree communities on wet tropical mountains revisited. Perspectives in Plant Ecology [J]. *Evol Syst*, 6: 87—104

Aubréville A, 1938. La forêt coloniale; les forêts de l'Afrique occidentale française [J]. *Ann Acad Sci. Coloniale* 9

Beard JS, 1944. Climax vegetation in tropical America [J]. *Ecology*,

25: 127—158

Beard JS, 1955. The classification of tropical American vegetation types [J]. *Ecology*, 36: 359—412

Braun-Blanquet J, 1932. Plant sociology, the study of plant communities [M]. London: McGraw-Hill Comp., 438

Cao M, Zhang JH, 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China [J]. *Biodivers Conserv*, 6: 995—1006

Cao M, Zhang JH, Feng ZL *et al.* 1996. Tree species composition of a seasonal rain forest in Xishuangbanna, Southwest China [J]. *Trop Ecol*, 37 (2): 183—192

Champion HGA, 1936. A preliminary survey of the forest types of India and Burma [J]. *Ind Forest Rec.* (New Series), Silviculture 1. No.1 New Delhi I: 1—286

Clements FE, 1916. Plant succession: An analysis of the development of vegetation [M]. Washington: Carnegie Inst., 512

Grubb PJ, Lloyd JR, Pennington TD *et al.* 1963. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. I. The forest structure, physiognomy and floristics [J]. *J Ecol*, 51: 567—601

Hall JB, Swaine MD, 1976. Classification and ecology of closed-canopy forest in Ghana [J]. *J Ecol*, 64: 913—953

Hall JB, Swaine MD, 1981. Distribution and ecology of vascular plant in a tropical rain forest vegetation in Ghana [A]. In Werger MJA ed., *Geobotany 1* [M]. London: Dr W. Junk Publishers

Jin ZZ (金振洲), 1979. The types and characteristics of evergreen broad-leaved forests in Yunnan [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 1: 90—105

Jin ZZ (金振洲), 1983. The characteristics of tropical rain forest and monsoonal forest in Yunnan [J]. *J Yunnan Univ* (Nat Sci) (云南大学学报, 自然科学版), 1983 (1、2): 197—205

Jin ZZ (金振洲), Ou XK (欧晓昆), 1997. The diversity features of plant community types in the tropical rain forest vegetation of Xishuangbanna, Yunnan [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **Suppl. IX**: 1—30

Li BG (李保贵), Wang H (王洪), Zhu H (朱华), 1993. *Bombax ceiba* forest in Menghan, Xishuangbanna [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 15 (2): 191—195

Li BG (李保贵), Zhu H (朱华), Wang H (王洪), 1999. The *Pterocarya tonkinensis* forest on the river banks of Xishuangbanna [J]. *Guihaia* (广西植物), 19 (1): 22—26

Li BG (李保贵), Zhu H (朱华), 2005. The *Salix tetrasperma* forest of Xishuangbanna [J]. *Guihaia* (广西植物), 25 (3): 193—196

Meijer W, 1959. Plant sociological analysis of montane rain forest near Tjibodas, West Java [J]. *Acta Bot Neerland*, 8: 277—291

Myers N, 1998. Threatened biotas: “Hotspot” in tropical forests [J]. *Environmentalist*, 8 (3): 1—20

Qu ZX (曲仲湘), 1960. Nature reserves in Yunnan [J]. *J Yunnan Univ* (Nat Sci) (云南大学学报, 自然科学版), 1: 1—4

Richards PW, 1952. The Tropical Rain Forest [M]. London: Cambridge University Press

Richards PW, 1996. The Tropical Rain Forest, An Ecological Study [M]. Second Edition, London: Cambridge University Press

Schimper AFW, 1903. Plant-geography Upon a Physiological Basis [M].

- Oxford: Oxford University Press
- Shi JP (施济普), Zhu H (朱华), 2003. A community ecology study on the monsoonal evergreen broad-leaved forest in tropical montane of Xishuangbanna [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **25**: 513—520
- Song YC (宋永昌), 2004. Tentative classification scheme of evergreen broad-leaved forests of China [J]. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), **28** (4): 435—448
- Tansley AG, 1920. The classification of vegetation and the concepts of development [J]. *J Ecol*, **8**: 118—149
- Wang CW, 1939. A preliminary study of the vegetation of Yunnan [J]. *Bull Fan Mem Inst Bot*, **IX**: 65—135
- Wang H (王洪), Zhu H (朱华), 1990. A study on *Anogeissus acuminata* community [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **12** (1): 67—74
- Wang H (王洪), Zhu H (朱华), Li BG (李保贵), 2001. A study on the tropical montane rainforest in Mengsong, Xishuangbanna, S. Yunnan [J]. *Guihaia* (广西植物), **21**: 303—314
- Warming E, 1909. Oecology of Plants. An Introduction to the Study of Plant Communities [M]. London: Oxford University Press, 422
- Walter H, 1971. Ecology of Tropical and Subtropical Vegetation [M]. Edinburgh: Oliver & Boyd, 207—236
- Webb LJ, 1959. A physiognomic classification of Australian rain forests [J]. *J Ecol*, **47**: 551—570
- Whitmore TC, 1984. Tropical Rain Forest of the Far East [M]. 2nd edn., Oxford: Clarendon Press
- Whitmore TC, 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees [J]. *Ecology*, **70**: 536—538
- Whitmore TC, 1990. An Introduction to Tropical Rain Forests [M]. Oxford: Clarendon Press
- Wu CY (吴征镒) ed., 1980. Vegetation of China [M]. Beijing: Science Press, 393—397
- Wu CY (吴征镒) ed., 1987. Vegetation of Yunnan [M]. Beijing: Science Press, 143—163
- Yan LC (阎丽春), Zhu H (朱华), Wang H (王洪) et al. 2004. A study on the flora of the tropical montane rain forest in Mengsong, Xishuangbanna [J]. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), **12** (2): 171—176
- Zhu H (朱华), 1992. Research of community ecology on *Shorea chinensis* forest in Xishuangbanna [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **14** (3): 237—258
- Zhu H (朱华), 1993a. A comparative study of phytosociology between *Shorea chinensis* forest of Xishuangbanna and other closer forest types [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **15** (1): 34—46
- Zhu H (朱华), 1993b. A phytocoenological study on *Vatica* forest in Xishuangbanna [J]. *Guihaia* (广西植物), **13** (1): 48—60
- Zhu H (朱华), 1994. Floristic relationships between dipterocarp forest of Xishuangbanna and forests of tropical Asia and S China [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **16** (2): 97—106
- Zhu H (朱华), 2000. Ecology and Biogeography of the Tropical Dipterocarp Rain Forest in Xishuangbanna [M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press
- Zhu H (朱华), 2002. Ecology and Biogeography of the Limestone Vegetation in Southern Yunnan, SW China [M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press
- Zhu H (朱华), 2005. Reclassification of monsoon tropical forests in southern Yunnan, SW China [J]. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), **29**: 170—174
- Zhu H (朱华), 2006. A discussion to tropical montane rain forest and its plant diversity in Xishuangbanna, southern Yunnan [J]. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), **30** (1): 184—186
- Zhu H (朱华), Wang H (王洪), Li BG (李保贵), 1996. A phytogeographical research on the forest flora of limestone hills in Xishuangbanna [J]. *Guihaia* (广西植物), **16** (4): 317—330
- Zhu H (朱华), Li BG (李保贵), Wang H (王洪) et al. 1998a. Species diversity of primary tropical rain forest of south Yunnan of China with special reference to sampling area [J]. *Chin Biodivers* (生物多样性), **6**: 241—247
- Zhu H (朱华), Wang H (王洪), Li BG (李保贵), 1998b. Research on the tropical seasonal rainforest of Xishuangbanna, South Yunnan [J]. *Guihaia* (广西植物), **18** (4): 37—384
- Zhu H (朱华), Wang H (王洪), Li BG (李保贵), 2004. Plant diversity and physiognomy of the tropical montane rain forest in Mengsong, Southern Yunnan of China [J]. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), **28**: 351—360
- Zhu H (朱华), Zhou HX (周虹霞), 2002. A comparative study on the tropical rain forests in Xishuangbanna and Hainan [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **24** (1): 1—13
- Zhu H, 1992. Tropical rain forest vegetation in Xishuangbanna [J]. *Chin Geograph Sci*, **2** (1): 64—73
- 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 [J]. *J Biogeography*, **24**: 647—662
- Zhu H, 2004. A tropical seasonal rain forest at its altitudinal and latitudinal limits in Southern Yunnan, SW China [J]. *Gardens' Bulletin Singapore*, **56**: 55—72
- Zhu H, 2006. Forest vegetation of Xishuangbanna, South China [J]. *Forestry Studies in China*, **8** (2): 1—58
- Zhu H, Wang H, Li BG, 1998. The structure, species composition and diversity of the limestone vegetation in Xishuangbanna, SW China [J]. *Gardens' Bull Singapore*, **50**: 5—33
- Zhu H, Wang H, Li BG et al. 2003. Biogeography and floristic affinity of the limestone flora in Southern Yunnan, China [J]. *Ann Miss Bot Garden*, **90**: 444—465
- Zhu H, Xu ZF, Wang H et al. 2004. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity changes in Southern Yunnan [J]. *Biodivers Conserv*, **13**: 1355—1372
- Zhu H, Shi JP, Zhao CJ, 2005. Species composition, physiognomy and plant diversity of the tropical montane evergreen broad-leaved forest in Southern Yunnan [J]. *Biodivers Conserv*, **14**: 2855—2870
- Zhu H, Cao M, Hu HB, 2006. Geological history, flora, and vegetation of Xishuangbanna, Southern Yunnan, China [J]. *Biotropica*, **38** (3): 310—317