

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw202107001

许涵, 李艳朋, 李意德, 等. 中国热带森林植被类型研究历史和划分探讨 [J]. 广西植物, 2021, 41(10): 1595-1604.

XU H, LI YP, LI YD, et al. Study history and discussion on classification of the tropical forest vegetation types in China [J].

*Guihaia*, 2021, 41(10): 1595-1604.



# 中国热带森林植被类型研究历史和划分探讨

许 涵<sup>1</sup>, 李艳朋<sup>1</sup>, 李意德<sup>1\*</sup>, 洪小江<sup>2</sup>, 周 璋<sup>1</sup>,  
骆土寿<sup>1</sup>, 陈 洁<sup>1</sup>, 林明献<sup>3</sup>, 张 斌<sup>4</sup>

( 1. 中国林业科学研究院热带林业研究所/海南尖峰岭森林生态系统国家野外科学观测研究站, 广州 510520; 2. 海南热带雨林国家公园管理局, 海口 570203; 3. 中国林业科学研究院热带林业研究所试验站, 海南 乐东 572542; 4. 海南热带雨林国家公园管理局鹦哥岭分局, 海南 白沙 572899 )

**摘 要:** 热带森林是我国森林植被的重要组成部分,明确其森林植被类型分类对于生物多样性维持机制研究和保护管理等都具有重要意义。该文以中国热带森林植被分类研究中存在的问题为出发点,通过阐述我国各省区植被类型分类的研究历史,在综合考虑多种生物和非生物影响因素的基础上,提出一个新的热带森林植被类型分类框架以供探讨。结果表明:(1)尽管针对我国热带森林的分布范围和群落特征等都已开展了诸多研究,但对我国热带森林植被类型的划分依据和分类体系仍存在争议。(2)尽管我国的热带森林都处于季风气候区带内,但许多热带地区的森林植被类型并不只是受季风影响,而是气候带、关键气候因子、地形、土壤反馈和物种适应等多种因素共同作用的结果。(3)我国的热带森林植被包括 5 个植被型,即非典型性热带雨林、热带季雨林、热带山地雨林、热带山顶苔藓矮林(热带云雾林)和热带针叶林,其中热带季雨林植被型包含 4 种植被亚型[热带落叶季雨林、热带半落叶(半常绿)季雨林、热带常绿季雨林和热带石灰岩(石山)季雨林]。(4)阐明了上述热带森林植被型和植被亚型在我国各省区的分布情况,并提出未来有必要对人工恢复后的热带森林进行评估和植被类型划分。综上所述,该文提出一个新的热带森林植被类型分类框架,以期今后基于不同地区开展热带森林比较研究提供参考。

**关键词:** 热带森林, 热带雨林, 植被型划分, 系统性监测, 热带人工林

中图分类号: Q948.15 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2021)10-1595-10

## Study history and discussion on classification of the tropical forest vegetation types in China

XU Han<sup>1</sup>, LI Yanpeng<sup>1</sup>, LI Yide<sup>1\*</sup>, HONG Xiaojiang<sup>2</sup>, ZHOU Zhang<sup>1</sup>,  
LUO Tushou<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>1</sup>, LIN Mingxian<sup>3</sup>, ZHANG Bin<sup>4</sup>

( 1. *Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry/Jianfengling National Key Field Research Station for Tropical Forest Ecosystem, Hainan Island, Guangzhou 510520, China*; 2. *Administration of Hainan Tropical Rainforest National Park, Haikou 570203, China*; 3. *Experimental Station of Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Ledong 572542, Hainan, China*; 4. *Yinggeling Department of Administration of Hainan Tropical Rainforest National Park, Baisha 572899, Hainan, China* )

**Abstract:** Tropical forest, as an important component of forest vegetation in China, is of great significance to the maintenance mechanism research and biodiversity protection. Based on the problems and research history of tropical

收稿日期: 2021-07-01

基金项目: 国家科技部科技基础资源调查专项(2019FY101607); 海南省林业局热带雨林生物多样性比较研究项目(HNKY-HK-C2020002) [Supported by Special Project of Scientific and Technological Basic Resource Investigation from the Ministry of Science and Technology of China(2019FY101607)]; Project of Comparative Study on Tropical Rainforest Biodiversity from the Forestry Department of Hainan Province (HNKY-HK-C2020002) ]。

作者简介: 许涵(1981-), 博士, 研究员, 主要从事森林生态学研究, (E-mail) ywfj@163.com。

\* 通信作者: 李意德, 研究员, 主要从事森林生态学研究, (E-mail) liyide@126.com。

forest vegetation classification, a new vegetation classification system with five tropical forest vegetation types was proposed for further discussion, by considering the biotic and abiotic influential factors. The results were as follows: (1) Although many studies have been carried out to describe the distribution range and community characteristics of tropical forests in China, debates still existed on the classification reasons and systems of tropical forest vegetation types. (2) The tropical forests in China are located in the monsoon climate zone, but the forest vegetation types in many tropical areas are not only affected by the monsoon, but are the result of many factors such as the climatic zone, key climatic factors, topography, soil feedback, and species adaptation. (3) The tropical forest vegetation in China has five tropical forest vegetation types including atypical tropical rain forest, tropical monsoon forest, tropical mountain rain forest, tropical mountain moss forest (tropical cloud forest) and tropical coniferous forest. The tropical monsoon forest has four vegetation subtypes including tropical deciduous monsoon forest, tropical semi-deciduous (semi-evergreen) monsoon forest, tropical evergreen monsoon forest and tropical limestone (rocky mountain) monsoon forest. (4) By further illustrating in detail the distribution of main tropical forest vegetation types and subtypes in China, suggestions about the necessities to define the vegetation types of the artificial recovered tropical forests were also proposed. Special attention should be paid to the fact that there is no clear statistics and description on the distribution boundary and areas of the primary forest and the secondary forest in tropical region with good authenticity and integrity. In conclusion, the proposed new vegetation classification system with five tropical forest vegetation types about the tropical forest vegetation in China will provide a systematic reference for tropical forest comparative research in different regions in the future.

**Key words:** tropical forest, tropical rainforest, classification of vegetation types, systematic monitoring, manmade tropical forests

热带雨林(tropical rainforest)不论对科研工作者还是公众来说,都非常神秘和令人神往。这是因为对科研工作者而言,热带雨林中存在着许多未解之谜;对公众而言,热带雨林有其独有的奇观和现象。然而对于应该如何界定我国的热带雨林,它与赤道附近的典型热带雨林的差别,其主要分布于我国的哪些地方,当前和未来还有哪些值得我们去研究的问题,仍有必要进行梳理和探讨。

“热带雨林”一词来源于 Schimper 的定义,即位于热带地区的雨林(Schimper, 1903)。作为地球上常见于赤道附近热带地区的一种森林生态系统,从广义上而言,热带雨林大多数位于  $23.5^{\circ}\text{N}$  和  $23.5^{\circ}\text{S}$  之间(即南回归线和北回归线之间的地区),主要分布于南美洲亚马逊河流域、中美洲、非洲刚果河流域、东南亚、澳大利亚北部和众多太平洋岛屿;从狭义上而言,热带雨林仅界于  $10^{\circ}\text{N}$  和  $10^{\circ}\text{S}$  之间的赤道地区,而南北纬  $10^{\circ}\sim 23.5^{\circ}$  之间由于受热带季风气候影响比较强烈,则分布的是大面积的热带季雨林(胡玉佳和李玉杏, 1992; 陈灵芝等, 2014; 蒋有绪等, 2018)。我国的热带森林主要分布于热带季风气候区北缘,包括海南全部,以及云南、广东、广西的部分地区、西藏东南部和台湾南部(中国森林编辑委员会, 1997; 朱华, 2018)。需要指出的是,尽管热带季雨林也属于热带森林或广义上热带雨林的范畴,但其与目前严格或狭义学术意义上的赤道地区的热带雨林相比,却是不同的热带森林植被类型。

在严格或狭义的学术定义上,热带雨林仅是热带地区的森林植被类型之一,而并非热带地区所有森林植被类型的统称。正因为不同学者对热带雨

林定义的认识差异及我国所处的纬度在热带地区偏北,目前,对于我国热带雨林是否存在及分布区域仍有较大分歧(陆阳等, 1986; 胡玉佳和李玉杏, 1992; 王伯荪和张炜银, 2002; 朱华和周虹霞, 2002; 陈灵芝等, 2014; 蒋有绪等, 2018)。此外,从社会公众认知以及媒体宣传等工作需要层面,热带地区的许多植被类型,如热带季雨林等也都被统称为热带雨林。例如,海南热带雨林国家公园  $4\ 269\ \text{km}^2$  范围内并不都是学术上定义的热带雨林范畴,但这一名称对于公众而言,极有可能使其认为该国家公园内的森林都是热带雨林。实际上,用“热带森林”或“热带林”指代热带区域的森林将更为合适。正是因为普通大众不理解植被生态学的用词差异和多样化,以及“热带雨林”一词应用的泛化,厘清热带地区森林植被类型的差异以及各种植被类型形成的本质原因是非常必要的。

本文将以中国热带森林植被分类研究中存在的问题为出发点,以我国存在热带森林分布的省区为研究区域,采用各省区热带森林植被分类研究历史回顾的方法,通过综合考虑气候带、关键影响气候因子、地形、土壤反馈和物种适应等影响因素,拟提出一套我国热带森林植被类型分类框架。在此基础上,进一步阐述热带森林各植被类型在我国的分布,并提出需要针对我国热带森林的植被与资源环境特点进行全面和系统的调查、研究与评估的建议。本研究尝试建立一套统一且适用于我国热带森林植被类型划分的分类体系,这将有助于加深对热带森林的认识并促进名词术语使用的统一与规范化,进而为我国同一类热带森林植被类型的比较研究奠定基础。

## 1 我国各省区植被类型划分研究历史

关于中国热带雨林, 国外学者最早提及的应为苏联的 A<sub>H</sub>. A. 费多罗夫, 他与苏卡乔夫院士于 1955—1957 年考察海南、云南和广州后写了一篇论文《中国的热带雨林》(A<sub>H</sub>. A. 费多罗夫, 1960), 后续国内各个有热带森林分布的省份均开展了大量的调查研究工作, 各学者采用不同的分类方式和术语对各省区的植被类型进行了描述和定义, 一一阐述如下。

海南热带森林的地带性植被为热带常绿季雨林(龙脑香林), 但由于自然条件和海拔高度的变化, 形成了一系列的森林植被垂直带谱。在海南西部和西南地区, 向低海拔过渡到热带半落叶季雨林和稀树草原, 向高海拔则过渡到热带山地雨林和山顶苔藓矮林等类型(蒋有绪和卢俊培, 1991); 而海南岛东南部地区热带雨林的性质要比西部典型一些(臧润国等, 2019)。尖峰岭、霸王岭、吊罗山、黎母山、鹦哥岭和五指山等林区是海南热带森林的主要分布区, 不同学者采用不同的名词进行了不同的植被类型划分。尖峰岭地区植被类型有明显的垂直带谱性, 从低海拔至高海拔依次形成了滨海有刺灌丛、热带稀树草原、热带半落叶季雨林、热带常绿季雨林、热带沟谷雨林、热带山地雨林、热带山地常绿阔叶林以及山顶苔藓矮林等植被类型, 其中, 以龙脑香科植物青梅(*Vatica mangachapoi*)为主的热带常绿季雨林为本地区的地带性植被类型(蒋有绪和卢俊培, 1991)。霸王岭地区的主要植被类型包括热带季雨林、热带低地雨林、热带山地雨林、热带山地常绿林、热带山顶矮林和热带针叶林等(龙文兴, 2011)。吊罗山主要有热带低地雨林、热带季雨林、热带山地雨林、热带山地常绿阔叶林和山地常绿阔叶矮林 5 种植被类型(丁坦等, 2002; 江海声等, 2006; 李佳灵等, 2013)。黎母山则包含有热带山地雨林、热带沟谷雨林、次生热带雨林、热带针叶阔叶混交林、灌丛和草地 6 种植被类型(陈加利等, 2015)。鹦哥岭不同海拔的植被类型可以划分为热带针叶林、热带雨林、山地雨林、热带季雨林、山地常绿阔叶林、山地常绿阔叶林矮林、热带竹林和热带山地灌丛(林家怡等, 2005)。五指山地区的植被研究较早的文献则可以追溯到 1955 年海南五指山和吊罗山的植被调查, 曲仲湘和林英(1955)将五指山的植被划分为枫香林、萌生林、次生林、似雨林、半破坏原始林、照叶林、高山矮林和草山草地。此后, 许多研究对五指山的某些局部群落进行了调查和概括性描述(侯宽昭和徐祥浩, 1955; 华南植

物研究所, 1965—1978; 吴征镒等, 1980; 俞通全, 1983; 胡玉佳和李玉杏, 1992; 杨小波等, 1994)。最近的《海南植物图志》和《海南植被志》两套丛书(杨小波等, 2015, 2020)则系统地阐述了海南植被的研究历史以及各植被类型的分布、组成和结构特征等。

云南的热带森林植被自 1939 年王启无提及后(Wang, 1939), 中国科学院和云南大学等都相继做了大量研究工作(Zhu et al., 1998; 中国科学院云南热带生物资源考察队, 1961; 吴征镒和李锡文, 1965; 金振洲, 1983; 朱华, 1992, 1993a, 2006, 2007, 2008; 朱华等, 2000, 2001)。云南的热带森林主要见于西双版纳(施国杉等, 2021)。吴邦兴(1985)对西双版纳热带雨林的植物区系组成做了初步分析; 朱华概述了西双版纳热带雨林植物区系的特点及其与亚洲热带雨林的关系(Zhu, 1992, 1997; Zhu et al., 2006; 朱华, 1993b, 2011); 金振洲和欧晓昆(1997)修订发表了较为全面的西双版纳热带雨林植被分类系统。此外, 朱华等学者基于 30 多年来对西双版纳的植被调查数据并结合植物群落生态学与植物区系地理学研究, 将该区较系统的划分为热带季节性雨林、热带山地雨林、热带季节性湿润林、热带季雨林、热带棕榈林、热带山地常绿阔叶林、暖热性针叶林和竹林等 8 种主要植被类型, 并结合该区的经济发展现状提出了具体的生物多样性保护建议(Zhu et al., 2004; Zhu, 2017; 朱华等, 2015)。除西双版纳外, 云南铜壁关自然保护区内也报道存在有 2 个植被类型(热带雨林和热带季雨林)和 4 个植被亚型(热带雨林植被型下的季节雨林和山地雨林, 以及热带季雨林植被型下的半常绿季雨林和落叶季雨林)(杨宇明和杜凡, 2006)。

广西季节性雨林的研究较早可以追溯至 1982 年, 王献溥和胡舜士(1982)通过详细分析该区森林的群落学特点, 进一步探讨了其植被类型的归属等问题。李治基等(2001)在广泛收集广西森林长期研究资料的基础上, 从森林类型、森林区划、森林现状及其今后的发展设想等方面对广西的森林资源进行了详细阐述。温远光等(2014)通过文献搜集及其近 60 年来对广西植被调查研究资料的整理, 将广西天然植被类型划分为 4 个植被型纲, 26 个植被型组以及 722 个群系, 而苏宗明等(2014)编写的《广西植被》则系统阐述了该区自 20 世纪 50 年代至今的各森林植被类型的资源状况。在广西, 十万大山国家级自然保护区和弄岗国家级自然保护区是季节性雨林的典型分布区(文军等, 2009; 谭伟福, 2014; 向悟生等, 2019)。十万大山属于北热带半常绿季雨林、湿润雨林地



带,垂直带谱比较完整,从山麓到山顶依次出现沟谷雨林、季雨林、山地常绿阔叶林和山顶矮林(蔡毅等,2005;和太平,2007)。弄岗国家级自然保护区则是我国北热带石灰岩山地石灰岩季节性雨林保护较好的区域,其植物区系具有明显的北热带性质,以热带、亚热带成分为主,其中又以泛热带分布成分最多(吴望辉,2011;王献溥等,2012)。

广东省热带森林的分布面积不大,主要位于雷州半岛,呈斑块化,零星分散,常见于各村庄附近。其所构成的植物种类在科级、属级与种的水平上,呈现出明显的热带性(韩维栋等,2014;韩维栋和黄剑坚,2017)。1976年的《广东植被》(含现广东和海南2省)一书将热带低平地和山地的两类森林分别称为热带雨林和热带山地雨林,将包括雷州半岛和海南岛低平地区的地带性代表植被归为热带季雨林。《广东植被》记载现广东省有分布的只有热带山地雨林(热带低山雨林类型)和热带季雨林(常绿季雨林类型)。热带低山雨林类型分布于粤西海拔400~800 m间的地带,如阳春县的甘竹山。常绿季雨林在广东主要见于粤西廉江、化州、高州和阳江一带的低丘陵地和村旁(广东省植物研究所,1976)。

中国西藏植被根据《中国植被》的分类原则,祝列克(2000)将其划分为常绿雨林、半常绿雨林、常绿阔叶林、硬叶常绿阔叶林、针叶阔叶混交林、常绿针叶林和落叶针叶林等27个植被型。其中,常绿雨林是世界三大热带雨林群系之一——印度马来雨林群系的一部分,该植被类型以含有龙脑香科植物为标志(祝列克,2000;朱华,2008)。半常绿雨林主要分布在喜马拉雅山南坡海拔600~1100 m的河谷、江边、阶地或山坡下部,该植被类型具有更复杂的组成和结构,并且物种组成含有落叶成分,因此区别于常绿雨林(祝列克,2000)。20世纪80年代中科院植物所陈伟烈等(1981)对西藏墨脱的热带植被类型进行了考察,并认为其主要为由千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、阿丁枫(*Altingia excelsa*)、小果紫薇(*Lagerstroemia* sp.)和天料木(*Homalium* sp.)等形成的热带半常绿雨林,林内可见板根、老茎生花和层间植物等,并且在雨季来临前有换叶期;且处于雅鲁藏布江大拐弯以南与印度东北部交界带,与印度东北部和缅甸北部植被类似。

中国台湾地区处于低纬度热带,其热带植被带属于季风热带季雨林、雨林亚带的东段(黄威廉,1993;赖明洲,1998)。台湾地区的热带植被主要包括热带雨林、热带季雨林、热带雨绿林、稀树草原、热带海岸林和红树林等类型(黄威廉,1993)。而侯元兆(2002)又根据台湾地区中央山

脉高山耸峙的特点,将垂直分布的热带森林植被划分为热带雨林、热带季雨林、半落叶季雨林和常绿季雨林等类型。对于分布区来说,台湾南部滨海平原丘陵(偏湿性)季雨林、雨林地带地处台湾南部北回归线以南地区,中部在玉山山脉中段的玉山主峰以南地段,包括嘉义南部、台南、高雄、屏东、台东等地以及绿岛和兰屿等岛屿(黄威廉,1993)。台湾的植被类型受气候和土壤的双重影响,并且只有在雨量以及湿度大并且温度高的区域,其植被的雨林特征才较为明显,如台东的南仁山、九鹏山、满洲山、万里得山以及绿岛和兰屿等地(黄威廉,1993)。

## 2 热带森林植被类型划分的争议

对于不同的植被分类等级单位,通常不同等级分类单位采用不同的具体分类指标,即高级分类单位偏重于生态外貌特征,而中级分类单位则着重于种类组成的群落结构。此外,特定的生态幅度和分布范围也是划分森林植被类型的重要依据。具体进行森林群落分类则依据森林植物外貌结构、种类组成、生态地理特征和动态特征4个方面(广东森林编辑委员会,1990)。而这些植被特征的形成与外界环境条件息息相关,是多种因素共同作用的结果。

在赤道地区,相对高山比较少,Schimper早期重点考虑了有无季风的影响,而忽略了其他影响因素,将热带地区的水平地带植被区分为热带雨林和热带季雨林两大类型(Schimper,1903)。鉴于中国热带森林所处的地理位置和所受自然环境条件的影响,《中国植物志》将中国热带森林植被划分为雨林和季雨林两大地带性植被类型,其中,雨林包括湿润雨林、季节雨林和山地雨林3种类型,季雨林包括落叶季雨林、半常绿季雨林和石灰岩山地季雨林3种类型(中国植物志编辑委员会,2004)。同样,陈灵芝等(2014)也是将我国热带森林植被划分为季节性雨林(属雨林3个类型中的一个类型)和季雨林两大地带性植被类型,其中,我国的季节性雨林再划分为3个亚型,即季节性雨林、山地季节性雨林和石灰岩季节性雨林,季雨林则根据群落特征和生境差异再划分为3个亚型,即落叶季雨林、半常绿季雨林和石灰岩季雨林。而蒋有绪等(2018)则详细分析了不同植被类型的影响因素,将热带林这个林纲划分为热带雨林(含季节雨林)、热带季雨林、热带山地雨林、热带山地常绿阔叶林和热带山地苔藓常绿阔叶林5个亚林纲。

实际上,虽然中国的热带森林都处于季风气

候区内,但许多热带地区的森林植被类型并不只是受季风影响,而是降雨、温度、季风、地形(海拔、沟谷)、土壤反馈和物种适应等多种因素共同作用的结果。季风会直接影响降雨和温度,地形如海拔升高或高山阻隔形成的特殊小气候环境也会间接对小区域内的降雨、温度和湿度产生影响。在不同区域,各种因素的相对优势存在差异,物种在上述多种环境因素的共同和长期作用下,通过产生适应性分布,最终形成了不同的植被类型。

但是,在公开出版的文献中,诸多学者在对季节与季风进行区别和定义时也经常混用。在对我国多种热带森林植被类型进行定义时,常会在其中加上“季”或“季节性”字样,例如热带季雨林或热带季节性雨林等。众所周知,季节变化伴随着降雨和温度的周期性变化。而季风则是以一年为周期,冬季由大陆吹向海洋,夏季由海洋吹向大陆,进而改变正常的周期性降雨和温度,而这也伴随着有明显的季节性变化。由此可知,季风实际上改变了降雨和温度在时空上的分配,使得区域的气候或多或少都呈现出一定程度的季节性变化,最终使生长在我国热带地区的森林植被逐渐产生适应,从而变得不像赤道热带雨林那么典型。因此,我们认为季节性变化实际是我国热带地区森林的一种基本特征,其在我国热带森林各植被类型中均有存在,只是强弱程度不同。总体上从东到西,季节变化越来越明显,主要是受海洋性气候影响程度的差异所致(胡玉佳和李玉杏,1992)。例如在海南可分为旱季和雨季,但在云南则可分为旱季、雨季和凉季等。

同时,由于历史上森林采伐等人类活动的影响,森林起源有原生和次生之分,因而划分植被类型时亦需考虑其演替动态。过去长期的森林采伐导致植被类型的变化,不仅改变了现有热带森林的分布,还可能改变了其原属的植被类型。以海南尖峰岭及其周边地区为例,其一,现存的热带原始林主要分布在热带山地雨林类型中,而热带季雨林、热带沟谷雨林和部分热带山地雨林等类型则经商业性采伐后大多沦为次生林(以轻度干扰的为主,其次为中度干扰,重度干扰的主要在林区外围)。其二,热带半落叶季雨林类型则部分转变为灌木林、人工林、旱地、农业用地和居民用地等。其三,甚至现存的半落叶季雨林,也有可能由于人为采伐干扰导致生境变化,落叶树种由于更适合采伐后生境,逐步产生偏途演替而来。目前,在海南东方市三家镇附近低海拔的农田边有一片常绿季雨林,在一定程度上证明了森林采伐后,可能让其产生偏途演替,导致原生植被类型的改变。此外,目前保存相对原始的热带森林,多见于各林区

采伐后小山头的山顶位置,鲜见记载有受过采伐等人于干扰但仍连片分布的原始林。在海南尖峰岭五分区和三分区分别有1 254和381 hm<sup>2</sup>连片未经采伐的原始林,在霸王岭海南长臂猿退缩地斧头岭也分布有1 500 hm<sup>2</sup>的原始林。此外,藏东南的雨林主要是原始林,在云南望天树(*Parashorea chinensis*)分布区域也存在一些原始林。

我们也认为,热带森林中的植物也有一定的区系属性,偏好某一类气候区生长。本文以气候带-关键影响气候因子、地形、土壤反馈和物种适应等影响因素为主要划分原则,通过区分多种影响因素的相对作用强弱,最终形成了我国5种热带森林植被型及其4种亚型的分类框架(图1):

**植被型 I——非典型性热带雨林:**受太平洋或印度洋暖湿气流影响形成,在地形(沟谷)、水、热条件的共同影响下,具有一定程度的季节性变化。其在群落特征上与赤道热带雨林存在关联,同时在外貌特征上也与之有相似之处。该植被型在海南和广西部分地区有分布,主要受太平洋暖湿气流的影响;而见于云南南部和藏南的沟谷、迎风坡下部和丘陵等地的,则主要受印度暖湿气流的影响。赤道热带雨林,即Schimper定义的典型的热带雨林,无季节变化,常年湿润高温多雨,该植被类型主要受降雨和温度的影响,无季风影响;这种最典型的类型在我国实际上并不存在(中国森林编辑委员会,2000)。这里在“热带雨林”一词前加“非典型”以示区别。

**植被型 II——热带季雨林:**这里“季”指季风的影响,即在季风的主要影响下,气象因子产生变化,该植被型会表现出较明显的季节性变化。根据植物群落中物种落叶成分多少的差异和发育土壤特殊性,该植被型又可划分为4个植被亚型:II-1.热带落叶季雨林、II-2.热带半落叶(半常绿)季雨林、II-3.热带常绿季雨林和II-4.热带石灰岩(石山)季雨林(含少量具有山地雨林性质的森林植被)等植被亚型。热带季雨林在我国热带多个省份均有分布,其分布面积相对较大,并且主要分布于中、低海拔范围。

**植被型 III——热带山地雨林:**虽同样受季风的影响,但随海拔升高相对湿度增加,植物群落中几无落叶成分,因此该植被型既具备热带雨林的群落外貌特征,也具备一些山地常绿阔叶林的物种组成特征。热带山地雨林的季节性变化,主要体现在区系组成和物候方面,如有部分亚热带成分,少数种类具有短暂的换叶期。此外,在海南和云南等省区的部分地段,可见以棕榈科植物为优势的植被类型,虽然在物种组成上与其他山地雨林类型有明显区别,但不单独区分亚型,可归于此





南南部西双版纳、藏东南、海南中南部山区和广西部分地区等,面积不等。非典型性热带雨林在云南原称为热带季节性雨林,在广西即分布于热带北缘的原生性的季节性雨林,在西藏原称为常绿雨林,在海南原为热带沟谷雨林一类的植被型,在台湾则被直接称为热带雨林。

### 3 我国各省区主要热带森林植被类型分布

由于不同的学者对我国热带界限的划分有差异,因此,我国热带区域的陆地面积为 30 万~48 万  $\text{km}^2$ , 占全国陆地面积的 3%~5% (唐永奎, 1964; 曾庆波等, 1997)。按不同划分方式, 主要有 5 条分界线 (唐永奎, 1964), 如果用最南边的分界线, 总面积最小, 约占全国陆地面积的 3%; 如果用最北界的分界线, 约占全国陆地面积的 5%。但真正有热带森林植被分布的面积只占全国陆地面积的 1.43% 左右 (陈永富等, 2020), 而热带天然林则仅占全国陆地面积的 0.73% (国家林业和草原局, 2019)。总体上, 我国的热带区域东起  $123^\circ\text{E}$  附近的台湾静浦以南, 西至  $86^\circ\text{E}$  的西藏南部亚东、聂拉木附近; 北界大致位于  $21^\circ\sim 24^\circ\text{N}$ , 在西藏东南部河谷的局部地段可达  $28^\circ\sim 29^\circ\text{N}$  (曾庆波等, 1997)。但我国非典型性热带雨林和热带季雨林的分布面积仅有热带区域的 1/3, 甚至更少。

不同学者不仅对于热带森林植被类型的划分存在较大争议, 对于不同植被型是否属于热带雨林也存在争议 (中国植物志编辑委员会, 2004), 这就导致对我国热带雨林的边界问题争议较大。基于上述分类框架, 将我国热带森林区分为多种生物和环境因素共同作用下形成的不同植被类型, 这样可以便于未来对全国热带森林边界进行确定。我们明确提出我国不存在典型的赤道类型的热带雨林, 存在的主要是非典型性的季风气候区的热带雨林, 以及受季风气候、降雨、湿度、温度和地形 (海拔、沟谷) 或高山地理阻隔等共同作用下形成的季节性热带雨林, 可分为 5 种植被型及其 4 种植被亚型。目前, 一般认为我国热带森林在以下 6 个省区有分布, 各省区的主要植被型分布情况如下。

(1) 海南: 非典型性热带雨林主要见于海南岛东南部山地的沟谷湿润地带; 热带山地雨林和热带季雨林则多见于海南中南部各保护区, 面积较大, 其中热带石灰岩 (石山) 季雨林主要见于昌江王下、俄贤岭以及保亭马咀岭等地; 热带山顶苔藓矮林 (热带云雾林) 和热带针叶林——散见于中南

部山区海拔大于 1 100 m 以上的山峰上部或山脊。

(2) 广东: 主要类型为热带季雨林, 基本受人为干扰退化为农耕地或人工植被, 现存的小面积散布在雷州半岛部分村庄周围, 多为残存的村庄风水林。

(3) 广西: 热带季雨林为其主要类型, 包括热带半落叶 (半常绿) 季雨林和热带常绿季雨林, 也分布有热带石灰岩 (石山) 季雨林和小面积的非典型性热带雨林。

(4) 云南: 非典型性热带雨林主要见于云南南部西双版纳地区, 其他云南地区多分布为热带常绿季雨林和热带半落叶 (半常绿) 季雨林, 也有部分热带山地雨林存在。

(5) 西藏: 主要类型为非典型性热带雨林和热带季雨林, 主要分布于藏东南墨脱、察隅、聂拉木和亚东等地的河谷地带。

(6) 台湾: 分布有非典型性热带雨林和热带季雨林, 主要分布于台湾南部地区。

以上植被分类主要考虑的是天然林植被型, 但由于我国热带森林的采伐经营历史相对较长, 大部分的热带森林都在半个世纪前经历过大面积的森林采伐, 人为干扰和生态修复在一些地区也大大超过自然因素对热带森林植被型形成的影响, 许多原植被型 (亚型) 也已经发生了改变, 现在是否还分布有热带森林植被有待核实。此外, 虽然一些地段还有热带森林植被, 但退化比较严重。许多地方已经或正采取人工促进等生态修复措施对热带地区退化的天然林和人工林进行修复, 包括生态公益林改造、天然林抚育、人工林套种补植乡土树种等生态修复工作, 以促进其向地带性植被型 (亚型) 的演替。未来有必要对这部分人工促进恢复起来的热带森林进行评估, 明确它们是否属于现有的热带森林植被分类体系中的一部分, 并定义其植被型。

### 4 热带森林植被分类研究方向

总的来说, 虽然各省区对热带森林都开展了许多调查研究工作, 但各自的调查标准或方法体系相对独立, 不利于相互间的比较研究及植被型的定义。因此, 今后应针对我国热带森林植被与资源环境特点, 建立统一的调查技术规范和方法体系, 系统开展以网格化固定监测样地和重点区域样线调查为基础的热带森林群落植物物种组成和结构等调查研究工作, 进而全面评估我国热带森林植被的现状和资源环境特征。

同时, 有必要建立一套适用不同省区的规范化植被型 (亚型) 分类、评价体系, 综合分析不同植

被型(亚型)的内部组成、物种多样性和外貌特征,建立我国热带森林生物多样性综合数据库,明确热带森林的精确边界,并绘制我国热带森林植被图。另外,需要特别注意的是,目前对于原真性和完整性好的热带地区原始林和原生林的分布界线和面积也尚无清晰的统计和描述,这两类森林物种多样性丰富度更高,有必要通过调查研究这些不同热带森林类型的详细空间分布。

## 参考文献:

- Ан.А. ФЕДОРОВ, 1960. Tropical rainforest in China [J]. J Plant Ecol Geobot, (1): 1-38. [Ан.А. 费多罗夫, 1960. 中国的热带雨林 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, (1): 1-38.]
- CAI Y, ZHU YL, GUO M, et al., 2005. Vegetation characteristics and general situation of medicinal resources in Shiwandashan Nature Reserve [J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 16(12): 132-133. [蔡毅, 朱意麟, 郭敏, 等, 2005. 十万大山自然保护区植被特点与药用资源概况 [J]. 时珍国医国药, 16(12): 132-133.]
- CHEN JL, XU ST, LIAO JH, et al., 2015. Plant flora of tropical ravine forest in Hainan Island [J]. Guangdong Agric Sci, 42(6): 130-135. [陈加利, 徐诗涛, 廖建和, 等, 2015. 海南热带雨林沟谷植物群落区系地理研究 [J]. 广东农业科学, 42(6): 130-135.]
- CHEN LZ, SUN H, GUO K, et al., 2014. Flora and vegetation geography in China [M]. Beijing: Science Press: 280-283. [陈灵芝, 孙航, 郭柯, 等, 2014. 中国植物区系与植被地理 [M]. 北京: 科学出版社: 280-283.]
- CHEN WL, LI BS, WANG YZ, et al., 1981. Vegetation investigation on Motuo in Xizang [J]. J Plant Ecol Geobot, 5(3): 232-233. [陈伟烈, 李渤生, 王裕珠, 等, 1981. 西藏墨脱的植被考察 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 5(3): 232-233.]
- CHEN YF, ZANG RG, YUE TX, et al., 2020. Forest vegetation in China [M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House: 1-18. [陈永富, 臧润国, 岳天祥, 等, 2020. 中国森林植被 [M]. 北京: 中国林业出版社: 1-18.]
- DING T, LIAO WB, JIN JH, et al., 2002. Floristic analysis on the seed plants of Mountain Diaoluo in Hainan Island [J]. Guihaia, 24(4): 311-319. [丁坦, 廖文波, 金建华, 等, 2002. 海南岛吊罗山种子植物区系分析 [J]. 广西植物, 24(4): 311-319.]
- Editorial Committee for Forests in China, 1997. Forests in China [M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House: 199-201. [中国森林编辑委员会, 1997. 中国森林 [M]. 北京: 中国林业出版社: 199-201.]
- Editorial committee for Forests in Guangdong, 1990. Forests in Guangdong [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Publishing House; Beijing: Chinese Forestry Publishing House: 57-63. [广东森林编辑委员会, 1990. 广东森林 [M]. 广州: 广东科技出版社; 北京: 中国林业出版社: 57-63.]
- Editorial Committee for Flora of China, 2004. Flora Reipublicae Popularis Sinicae (Vol. 1) [M]. Beijing: Science Press: 5-15. [中国植物志编辑委员会, 2004. 中国植物志(第一卷) [M]. 北京: 科学出版社: 5-15.]
- FLENLEY JR, 1979. The equatorial rain forest, a geological history [M]. Butterworth-Heinemann: 1-14.
- Guangdong Institute of Botany, 1976. Guangdong vegetation [M]. Beijing: Science Press: 41-43. [广东省植物研究所, 1976. 广东植被 [M]. 北京: 科学出版社: 41-43.]
- HAN WD, CHEN J, GAO XM, 2014. The woody flora and its driving force in Leizhou Peninsula [J]. Ecol Sci, 33(6): 1091-1094. [韩维栋, 陈杰, 高秀梅, 2014. 雷州半岛木本植物区系及其驱动力分析 [J]. 生态科学, 33(6): 1091-1094.]
- HAN WD, HUANG JJ, 2017. Study on tree species characteristics of natural forest community in Leizhou peninsula based on flora [J]. Acta Ecol Sin, 37(24): 8537-8548. [韩维栋, 黄剑坚, 2017. 基于植物区系的雷州半岛天然林群落树种特征研究 [J]. 生态学报, 37(24): 8537-8548.]
- HE TP, 2007. Research on plant flora of Shiwandashan Mountain National Natural Reserve in Guangxi [J]. J Northwest A & F Univ (Nat Sci Ed), 35(7): 75-84. [和太平, 2007. 广西十万大山国家级自然保护区植物区系研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 35(7): 75-84.]
- HOU KZ, XU XH, 1955. General situation of plants and vegetation in Hainan Island and vegetation in Guangdong [M]. Beijing: Science Press: 1-52. [侯宽昭, 徐祥浩, 1955. 海南岛植物和植被与广东大陆植被概况 [M]. 北京: 科学出版社: 1-52.]
- HOU YZ, 2002. Environmental resources of tropical forests in China [M]. Beijing: China Science and Technology Publishing House: 8-14. [侯元兆, 2002. 中国热带森林环境资源 [M]. 北京: 中国科学技术出版社: 8-14.]
- HU YJ, LI YX, 1992. Tropical rainforest in Hainan Island [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press: 1-11. [胡玉佳, 李玉杏, 1992. 海南岛热带雨林 [M]. 广州: 广东高等教育出版社: 1-11.]
- HUANG Q, LI YD, ZHENG DZ, et al., 1986. Study on the tropical vegetation ecological series in Jianfengling, Hainan Island [J]. Acta Phytocol Geobot Sin, 10(2): 90-105. [黄全, 李意德, 郑德璋, 等, 1986. 海南岛尖峰岭地区热带植被生态系列的研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 10(2): 90-105.]
- HUANG WL, 1993. Vegetation in Taiwan [M]. Beijing: China Environmental Science Press: 193-216. [黄威廉, 1993. 台湾植被 [M]. 北京: 中国环境科学出版社: 193-216.]
- JIANG HS, SONG XJ, LIAO WB, et al., 2006. Biodiversity and protection of Mountain Diaoluo in Hainan [M]. Guangzhou, Guangdong Science and Technology Press: 2-4. [江海声, 宋晓军, 廖文波, 等, 2006. 海南吊罗山生物多样性及其保护 [M]. 广州: 广东科技出版社: 2-4.]
- JIANG YX, GUO QS, MA J, et al., 2018. Classification and community characteristics of forest communities in China [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press: 271-295. [蒋有绪, 郭泉水, 马娟, 等, 2018. 中国森林群落分类及其群落学特征 [M]. 2版. 北京: 科学出版社: 271-295.]
- JIANG YX, LU JP, 1991. Tropical forest ecosystem in Jianfengling, Hainan Island, China [M]. Beijing: Science Press: 6-9. [蒋有绪, 卢俊培, 1991. 海南岛热带天然林主要类型的生物多样性与群落组配 [M]. 北京: 科学出版社: 6-9.]



- JIN ZZ, 1983. On the classification of characteristics of Yunnan tropical rainforest and monsoon forest [J]. *J Yunnan Univ (Nat Sci Ed)*, (Z1): 197-207. [金振洲, 1983. 论云南热带雨林和季雨林的基本特征 [J]. 云南大学学报(自然科学版), (Z1): 197-207.]
- JIN ZZ, OU XK, 1997. The diversity features of plant community types in the tropical rain forest vegetation of Xishuangbanna, Yunnan [J]. *Acta Bot Yunnan*, 19(S9): 1-3. [金振洲, 欧晓昆, 1997. 西双版纳热带雨林植被的植物群落类型多样性特征 [J]. 云南植物研究, 19(S9): 1-3.]
- LAI MZ, 1998. *Vegetation in Taiwan* [M]. Taipei: Dijing Publishing Limited Company: 20-30. [赖明洲, 1998. 台湾的植被 [M]. 台北: 地景出版企业有限公司: 20-30.]
- LI JL, LIN YC, WANG X, et al., 2013. Comparative study on rainforest species association in different altitude in Mountain Diaoluo of Hainan [J]. *Chin J Trop Crops*, 34(3): 584-590. [李佳灵, 林育成, 王旭, 等, 2013. 海南吊罗山不同海拔高度热带雨林种间联结性对比研究 [J]. 热带作物学报, 34(3): 584-590.]
- LI ZJ, 2001. *Guangxi forest* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House: 1-612. [李治基, 2001. 广西森林 [M]. 北京: 中国林业出版社: 1-612.]
- LIN JY, WU SJ, ZHANG MX, et al., 2005. Investigation on tropical forest vegetation in Yingge Ridge Nature Reserve, Hainan Island [M]. Hainan: Ying Ge Ridge Nature Reserve: 1-47. [林家怡, 吴世捷, 张明霞, 等, 2005. 海南岛鹦哥岭自然保护区热带森林植被考察 [M]. 海南: 鹦哥岭自然保护区: 1-47.]
- LONG WX, 2011. The community structure and assembly rules of tropical cloud forests in Hainan Island, South China [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry: 16-17. [龙文兴, 2011. 海南岛热带云雾林群落结构及组配机制研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院: 16-17.]
- LU Y, LI MG, HUANG YW, et al., 1986. Vegetation in Bawangling Hylobates Concolor Hainanus Nature Reserve, Hainan Island [J]. *J Plant Ecol Geobot*, 10(2): 106-114. [陆阳, 李鸣光, 黄雅文, 等, 1986. 海南岛坝王岭长臂猿自然保护区植被 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 10(2): 106-114.]
- National Forestry and Grassland Administration, 2019. *China Forest Resources Report (2014-2018)* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House: 131-132. [国家林业和草原局, 2019. 《中国森林资源报告(2014-2018)》 [M]. 北京: 中国林业出版社: 131-132.]
- QU ZX, LIN Y, 1955. Preliminary summary report of vegetation survey in Hainan island [M]. Haikou: Materials of Hainan Archives: 8-32. [曲仲湘, 林英, 1955. 海南岛植被调查初步总结报告 [M]. 海口: 海南档案馆材料: 8-32.]
- Schimper AFW, 1903. *Plant-geography upon a physiological basis* [M]. Oxford: Clarendon Press: 211-240.
- SHI GS, LIU F, CHEN D, et al., 2021. Species composition and community classification of the 20-ha tropical seasonal rainforest dynamics monitoring plot in the Naban River, Yunnan [J]. *Biodivers Sci*, 29(1): 10-20. [施国杉, 刘峰, 陈典, 等, 2021. 云南纳板河热带季节雨林 20 ha 动态监测样地的树种组成与群落分类 [J]. 生物多样性, 29(1): 10-20.]
- South China Institute of Botany, 1965-1978. *Flora of Hainan* [M]. Beijing: Science Press. [华南植物研究所, 1965-1978. 海南植物志 [M]. 北京: 科学出版社.]
- SU ZM, LI XK, DING T, et al., 2014. *Vegetation in Guangxi* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House: 1-758. [苏宗明, 李先琨, 丁涛, 等, 2014. 广西植被 [M]. 北京: 中国林业出版社: 1-758.]
- TAN WF, JIANG YH, JIANG B, 2014. *Guangxi nature reserve* [M]. Beijing: China Environmental Science Press: 1-244. [谭伟福, 蒋迎红, 蒋波, 等, 2014. 广西自然保护区 [M]. 北京: 中国环境出版社: 1-244.]
- TANG YL, 1964. 唐永奎, 1964. Discussion on tropical boundary in China [J]. *J Plant Ecol Geobot*, 2(1): 135-137. [我国热带界线的探讨 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 2(1): 135-137.]
- WANG BS, ZHANG WY, 2002. The groups and features of tropical forest vegetation of Hainan Island [J]. *Guihaia*, 22(2): 107-115. [王伯荪, 张炜银, 2002. 海南岛热带森林植被的类群及其特征 [J]. 广西植物, 22(2): 107-115.]
- WANG CW, 1939. A preliminary study on the vegetation of Yunnan [J]. *Bull Fan Mem Inst Bot*, IX: 65-135.
- WANG XP, HU SS, 1982. The phytocoenological features of seasonal rain forest of acid soil region in Guangxi [J]. *Act Bot Boreal-Occident Sin*, 2(2): 69-86. [王献溥, 胡舜士, 1982. 广西酸性土地地区季节性雨林的群落学特点 [J]. 西北植物研究, 2(2): 69-86.]
- WANG XP, YU SL, FANG WW, 2012. The protected values and perspective of effective management for Nonggang Reserve in Guangxi [J]. *Beijing Agric*, (36): 101-105. [王献溥, 于顺利, 方伟伟, 2012. 广西壮族自治区弄岗保护区的保护价值和有效管理展望 [J]. 北京农业, (36): 101-105.]
- WEN J, LI JX, LIU Y, 2009. Study on coordinated development between national nature reserves and adjacent communities in Guangxi [J]. *For Inv Plan*, 34(6): 76-79. [文军, 李杰霞, 刘洋, 2009. 广西国家级自然保护区与周边社区协调发展研究——以十万大山和弄岗自然保护区为例 [J]. 林业调查规划, 34(6): 76-79.]
- WEN YG, LI ZJ, LI XX, et al., 2014. Types of vegetation and its classified system in Guangxi [J]. *Guangxi Sci*, 21(5): 484-513. [温远光, 李治基, 李信贤, 等. 广西植被类型及其分类系统 [J]. 广西科学, 21(5): 484-513.]
- WU BX, 1985. A preliminary analysis on the flora composition of tropical rain forest in Xishuangbanna of Southern Yunnan [J]. *Acta Bot Yunnan*, 7(1): 25-47. [吴邦兴, 1985. 西双版纳热带雨林植物区系组成初步分析 [J]. 云南植物研究, 7(1): 25-47.]
- WU WH, 2011. Studies on the flora and phytogeography of Nonggang National Nature Reserve of Guangxi, China [D]. Guilin: Guangxi Normal University: 77-81. [吴望辉, 2011. 广西弄岗国家级自然保护区植物区系地理学研究 [D]. 桂林: 广西师范大学: 77-81.]
- WU ZY, et al., 1980. *Vegetation in China* [M]. Beijing: Science Press: 1-1382. [吴征镒等, 1980. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社: 1-1382.]
- WU ZY, LI YW, 1965. Report on tropical and subtropical flora of Yunnan [M]. Beijing: Science Press: 1-146. [吴征镒, 李锡文, 1965. 云南热带亚热带植物区系研究报告 [M]. 北京: 科学出版社: 1-146.]
- XIANG WS, LI DX, WANG B, et al., 2019. Characteristics and spatial distribution of forest gap in a northern tropical karst seasonal rainforest in Nonggang, Guangxi, South China [J]. *Guihaia*, 39(1): 87-97. [向悟生, 李冬兴, 王斌, 等, 2019. 广西弄岗北热带喀斯特季节性雨林林隙特征

- 与空间分布 [J]. 广西植物, 39(1): 87-97.]
- YANG XB, CHEN ZZ, LI DH, et al., 2020. Vegetation of Hainan [M]. Beijing: Science Press: 1-616. [杨小波, 陈宗铸, 李东海, 等, 2020. 海南植被志 [M]. 北京: 科学出版社: 1-616.]
- YANG XB, LI DH, CHEN YK, et al., 2015. Flora of Hainan [M]. Beijing: Science Press. [杨小波, 李东海, 陈玉凯, 等, 2015. 海南植物图志 [M]. 北京: 科学出版社.]
- YANG XB, LIN Y, LIANG SQ, 1994. The forest vegetation of Wu-zhi Shan Mountain in Hainan Island I The forest vegetation types of Wu-zhi Shan Mountain [J]. Nat Sci J Hainan Univ (Nat Sci Ed), 12(3): 220-236. [杨小波, 林英, 梁淑群, 1994. 海南岛五指山的森林植被I. 五指山的森林植被类型 [J]. 海南大学学报(自然科学版), 12(3): 220-236.]
- YANG YM, DU F, 2006. Scientific investigation of Tongbiguan Nature Reserve in Yunnan [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press: 33-50. [杨宇明, 杜凡, 2006. 云南铜壁关自然保护区科学考察研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社: 33-50.]
- YU TQ, 1983. The mountain rain forest of Hainan Island [J]. Ecol Sci, (2): 25-33. [俞通全, 1983. 海南岛山地雨林 [J]. 生态科学, (2): 25-33.]
- Yunnan tropical biological resources investigation team of Chinese Academy of Sciences, 1961. Evaluation of vegetation areas in tropical and subtropical areas of Yunnan (First Draft) [M]. 1-346. [中国科学院云南热带生物资源考察队, 1961. 云南热带亚热带地区植被区评价(初稿) [M]. 1-346.]
- ZANG RG, LU XH, DING Y, et al., 2019. Biodiversity and community composition of main types of tropical natural forests in Hainan Island [M]. Beijing: Higher Education Press: 31-34. [臧润国, 路兴慧, 丁易, 等, 2019. 海南岛热带天然林主要类型的生物多样性与群落组配 [M]. 北京: 高等教育出版社: 31-34.]
- ZENG QB, LI YD, CHEN BF, et al., 1997. Research and management of tropical forest ecosystem [M]. Beijing: China Forestry Publishing House: 1-9. [曾庆波, 李意德, 陈步峰, 等, 1997. 热带森林生态系统研究与管理 [M]. 北京: 中国林业出版社: 1-9.]
- ZHU H, 1992. Research of community ecology on *Shorea chinensis* forest in Xishuangbanna [J]. Acta Bot Yunnan, 14(3): 237-258. [朱华, 1992. 西双版纳望天树林的群落生态学研究 [J]. 云南植物研究, 14(3): 237-258.]
- ZHU H, 1992. The tropical rainforest vegetation in Xishuangbanna [J]. Chin Geogr Sci, 2(1): 64-73.
- ZHU H, 1993a. A comparative study of phytosociology between *Shorea chinensis* forest of Xishuangbanna and other closer forest types [J]. Acta Bot Yunnan, 15(1): 34-46. [朱华, 1993a. 望天树林与相近类型植被结构的比较研究 [J]. 云南植物研究, 15(1): 34-46.]
- ZHU H, 1993b. The floristic characteristics of the tropical rainforest in Xishuangbanna [J]. Trop Geogr, 13(2): 149-155. [朱华, 1993b. 西双版纳热带雨林植物区系的特点 [J]. 热带地理, 13(2): 149-155.]
- 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 Biogeogr, 24: 647-662.
- ZHU H, 2006. A discussion of plant diversity of tropical montane rain forests in Xishuangbanna, Yunnan [J]. Chin J Plant Ecol, 30(1): 184-186. [朱华, 2006. “西双版纳热带山地雨林的植物多样性研究”的一些问题讨论 [J]. 植物生态学报, 30(1): 184-186.]
- ZHU H, 2007. On the classification of forest vegetation in Xishuangbanna, Southern Yunnan [J]. Acta Bot Yunnan, 29(4): 377-387. [朱华, 2007. 论滇南西双版纳的森林植被分类 [J]. 云南植物研究, 29(4): 377-387.]
- ZHU H, 2008. The edge and pole of tropical rain forest in China [J]. Chin Nat Geogr: 58-59. [朱华, 2008. 中国雨林热带雨林的边缘与极限 [J]. 中国国家地理: 58-59.]
- ZHU H, 2011. Tropical monsoon forest in Yunnan with comparison to the tropical rain forest [J]. Chin J Plant Ecol, 35(4): 463-470. [朱华, 2011. 云南热带季雨林及其与热带雨林植被的比较 [J]. 植物生态学报, 35(4): 463-470.]
- ZHU H, 2017. The tropical forests of southern China and conservation of biodiversity [J]. Bot Rev, 83: 87-105.
- ZHU H, 2018. A sketch for classification of tropical forest vegetation in Yunnan [J]. Guihaia, 38(8): 984-1004. [朱华, 2018. 云南热带森林植被分类纲要 [J]. 广西植物, 38(8): 984-1004.]
- ZHU H, CAO M, HU HB, 2006. Geological history, flora, and vegetation of Xishuangbanna, southern Yunnan, China [J]. Biotropica, 38(3): 310-317.
- 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., 2015. Study on the forest vegetation of Xishuangbanna [J]. Plant Sci J, 33(5): 641-726. [朱华, 王洪, 李保贵, 等, 2015. 西双版纳森林植被研究 [J]. 植物科学学报, 33(5): 641-726.]
- ZHU H, XU ZF, WANG H, et al., 2000. Effects of fragmentation on the structure, species composition and diversity of tropical rain forest in Xishuangbanna, Yunnan [J]. Chin J Plant Ecol, 24(5): 560-568. [朱华, 许再富, 王洪, 等, 2000. 西双版纳片断热带雨林的结 构、物种组成及其变化的研究 [J]. 植物生态学报, 24(5): 560-568.]
- ZHU H, XU ZF, WANG H, et al., 2001. Over 30-year changes of floristic composition and population structure from an isolated fragment of tropical rain forest in Xishuangbanna [J]. Acta Bot Yunnan, 23(4): 415-427. [朱华, 许再富, 王洪, 等, 2001. 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 [J]. 云南植物研究, 23(4): 415-427.]
- 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, ZHOU HX, 2002. A comparative study on the tropical rain forests in Xishuangbanna and Hainan [J]. Acta Bot Yunnan, 24(1): 1-13. [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 [J]. 云南植物研究, 24(1): 1-13.]
- ZHU LK, 2000. Forest resources and forestry sustainable development strategy in Tibet [M]. Harbin: Northeast Forestry University Press: 32-50. [祝列克, 2000. 西藏的森林资源与林业可持续发展战略 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社: 32-50.]