



ISSN 1005-0094  
CODEN SHDUEM

# BIODIVERSITY SCIENCE

# 生物多样性

第27卷 第10期  
2019年10月

Vol. 27 No. 10  
October 2019



主 办

中国科学院生物多样性委员会  
中国植物学会  
中国科学院植物研究所  
中国科学院动物研究所  
中国科学院微生物研究所

Biodiversity Committee, CAS  
Botanical Society of China  
Institute of Botany, CAS  
Institute of Zoology, CAS  
Institute of Microbiology, CAS

<http://www.biodiversity-science.net>

# 生物多样性

## SHENGWU DUOYANGXING

第27卷 第10期 2019年10月

### 目 次

#### 研究报告

##### 植物多样性

1047 广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局

高珂晓 李飞飞 柳晓燕 熊韫琦 李俊生  
赵彩云

1056 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林群丛数量分类及稳定性

陈惠君 杜虎 宋同清 彭晚霞 张浩  
苏樑 曾馥平

1069 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较

张田田 王璇 任海保 余建平 金毅  
钱海源 宋小友 马克平 于明坚

##### 动物多样性

1081 长江上游支流南广河的鱼类多样性及资源现状  
代梦梦 杨坤 黎树 王小东 宋昭彬

1090 澜沧江-湄公河中上游淡水鱼类多样性

李雪晴 孙赫英 何德奎 陈毅峰

1101 千岛湖陆桥岛屿地表蚂蚁群落物种多样性空间格局及其影响因素

周浩楠 赵郁豪 曾頔 刘娟 金挺浩  
丁平

1112 珠江河口区大型底栖动物群落结构

周细平 李贞 吴培芳 吴茜 陈逸欣  
刘康格 刘东艳 王玉珏 王跃启

##### 微生物多样性

1122 新疆不同来源金黄壳囊孢的多样性

赵颖 马荣 尹永香 张志东 田呈明

##### 生态系统多样性

1132 食物网关键种的判定及其对稳健性的影响

王凤珍 唐毅

##### 数据论文

1138 1:100万中国植被图森林和灌丛群系类型的补充资料

王璇 陈国科 郭柯 马克平

##### 生物编目

1143 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览  
朱鑫鑫 王君 廖帅 马金双

1147 贵州赤水桫椤国家级自然保护区鸟兽多样性  
红外相机初步监测

王丞 周大庆 梁盛 栗海军 胡灿实  
张明明

##### 论坛

1153 国家管辖范围以外区域海洋生物多样性保护的新视域: 包括海洋保护区在内的划区管理工具

廖建基 黄浩 李伟文 王磊 安丽娜

1162 全球植物保护战略(GSPC)都江堰共识

1164 深圳共识

**封面:** 蚂蚁是陆地生境中广泛存在的物种, 食性差异大, 并且对生境变化十分敏感。探索蚂蚁在片段化生境中的物种多样性空间格局有助于提高我们对生境片段化对蚂蚁影响的认识。周浩楠等(见本期1101-1111页)在浙江千岛湖陆桥岛屿上的研究发现, 地表蚂蚁的物种多样性空间格局除了受到环境因子(即岛屿面积和隔离度)的作用之外, 物种本身的食性差异也会对其产生重要影响。封面展示了筑窝于马尾松内的蚂蚁受到侵略后, 抱起卵逃逸。(照片提供者: 赵郁豪)

# BIODIVERSITY SCIENCE

Vol. 27 No. 10 October 2019

## CONTENTS

### Original Papers

#### Plant Diversity

- 1047 **Elevational patterns of invasive nonnative and native herbaceous species in Jiawan Mountain National Nature Reserve of Guangxi**

Kexiao Gao, Feifei Li, Xiaoyan Liu, Yunqi Xiong, Junsheng Li and Caiyun Zhao

- 1056 **Numerical classification of associations and their stabilities of karst evergreen deciduous broad-leaved mixed forests in Mulun National Nature Reserve**

Huijun Chen, Hu Du, Tongqing Song, Wanxia Peng, Hao Zhang, Liang Su and Fuping Zeng

- 1069 **A comparative study on the community characteristics of secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests in Gutianshan, Zhejiang Province**

Tiantian Zhang, Xuan Wang, Haibao Ren, Jianping Yu, Yi Jin, Haiyuan Qian, Xiaoyou Song, Keping Ma and Mingjian Yu

#### Animal Diversity

- 1081 **Fish diversity and resource status in the Nan-guang River, a tributary of upper Yangtze River**

Mengmeng Dai, Kun Yang, Shu Li, Xiaodong Wang and Zhaobin Song

- 1090 **Freshwater fish diversity in the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River**

Xueqing Li, Heying Sun, Dekui He and Yifeng Chen

- 1101 **Spatial patterns and influencing factors of ground ant species diversity on the land-bridge islands in the Thousand Island Lake, China**

Haonan Zhou, Yuhao Zhao, Di Zeng, Juan Liu, Tinghao Jin and Ping Ding

- 1112 **The structure of macrobenthic community in Pearl River Estuary**

Xiping Zhou, Zhen Li, Peifang Wu, Xi Wu, Yixin Chen, Kangge Liu, Dongyan Liu, Yujue Wang and Yueqi Wang

#### Microbial Diversity

- 1122 **Diversity of *Cytospora chrysosperma* from different hosts in Xinjiang**

Ying Zhao, Rong Ma, Yongxiang Yin, Zhidong Zhang and Chengming Tian

#### Ecosystem Diversity

- 1132 **Determination of key species in the food web and their impact on the robustness**

Fengzhen Wang and Yi Tang

#### Data Paper

- 1138 **A supplemental dataset to the Vegetation Map of the People's Republic China (1:1,000,000): Forest and scrub formations**

Xuan Wang, Guoke Chen, Ke Guo and Keping Ma

#### Bioinventories

- 1143 **Synopsis of *Aristolochia* L. and *Isotrema* Raf. (Aristolochiaceae) in China**

Xinxin Zhu, Jun Wang, Shuai Liao and Jinshuang Ma

- 1147 **Camera-trapping survey on mammals and birds in Guizhou Chishui Alsophila National Nature Reserve**

Cheng Wang, Daqing Zhou, Sheng Liang, Haijun Su, Canshi Hu and Mingming Zhang

#### Forum

- 1153 **A new perspective on marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction (BBNJ): Making use of area-based management tools (ABMTs), including marine protected areas (MPAs)**

Jianji Liao, Hao Huang, Weiwen Li, Lei Wang and Lina An

- 1162 **Declaration from the World Forum on Global Strategy for Plant Conservation (GSPC), Dujiangyan, Sichuan Province, China**

- 1164 **Shenzhen Consensus**

**Cover Illustration:** Ants are widespread species in terrestrial habitats, which have various diets and are sensitive to habitat changes. Exploring the spatial patterns of ant species diversity in fragmented habitats will improve our knowledge of the impact of habitat fragmentation on ants. Zhou et al (pages 1101–1111 of this issue) found that the spatial patterns of ground ant species diversity were affected not only by environmental factors (i.e., island area and isolation), but also by the species diet in the Thousand Island Lake, Zhejiang. The photo shows ants which nest inside the masson pine are carrying eggs to escape from invaders. (Photographed by Yuhao Zhao)



•研究报告•

# 广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局

高珂晓 李飞飞 柳晓燕 熊韫琦 李俊生 赵彩云\*

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘要:** 外来入侵植物快速扩散、蔓延, 有些种类已进入到国家级自然保护区, 威胁保护区的生物多样性。本文基于九万山国家级自然保护区134个草本样方的调查数据, 对比分析了外来入侵草本和本地草本物种多样性的空间分布格局, 并阐明了气候因素对物种丰富度分布格局的影响。本研究共记录本地草本143种, 隶属于54科115属; 外来入侵草本16种, 隶属于7科13属。本地草本的物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔上升显著增加( $P < 0.05$ ), 而外来入侵草本的物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔升高呈下降趋势( $P > 0.05$ )。本地草本和入侵草本的均匀度随海拔升高变化均不显著( $P > 0.05$ )。在不同海拔梯度, 本地草本的Shannon-Wiener指数均显著高于外来入侵草本, 均匀度则相反。回归分析表明, 温度和降水量共解释了本地草本物种丰富度差异的41.6%, 其中温度解释率为21.4%, 降水量解释率为10.7%, 且温度的影响达到显著水平( $P < 0.05$ )。温度和降水量对外来入侵草本的物种丰富度均无显著影响( $P > 0.05$ ), 单一因子解释率均较低, 分别为0.9%和0.4%。这些结果表明, 九万山国家级自然保护区外来入侵草本与本地草本物种多样性随海拔变化呈截然相反的空间分布格局, 且气候因素对两者分布格局的影响不同。外来入侵草本植物在海拔800–1,000 m地区具有相对多样的群落组成和较稳定的群落结构, 可能会威胁本地植物多样性, 建议加强此海拔区间外来入侵草本植物的管理。

**关键词:** 外来入侵草本植物; 本地草本植物; 气候因素; 海拔格局; 广义加性模型

## Elevational patterns of invasive nonnative and native herbaceous species in Jiuwan Mountain National Nature Reserve of Guangxi

Kexiao Gao, Feifei Li, Xiaoyan Liu, Yunqi Xiong, Junsheng Li, Caiyun Zhao\*

Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012

**Abstract:** Invasive nonnative plants spread rapidly. Many have invaded into national nature reserves and are a threat to biodiversity. Based on a survey of 134 plots of herbaceous species in Jiuwan Mountain National Nature Reserve, we compared spatial distribution patterns of invasive and native herbaceous species diversity and examined the impact of climate factors on these patterns. A total of 143 native herbs were recorded, belonging to 54 families and 115 genera. Another 16 were invasive nonnative herbs, belonging to 7 families and 13 genera. With increasing altitude, species richness and the Shannon-Wiener index of native herbs increased significantly ( $P < 0.05$ ), whereas that of invasive herbs decreased ( $P > 0.05$ ). Evenness of neither native herbs nor invasive herbs changed significantly with altitude ( $P > 0.05$ ). At different altitude gradients, the Shannon-Wiener index of native herbs was significantly higher than that of invasive herbs, but evenness was significantly lower. Regression analysis revealed that 41.6% of variance in native herb richness could be explained by temperature and precipitation (temperature = 21.4% of variance and precipitation = 10.7%), and native herb richness was significantly related to temperature ( $P < 0.05$ ). Neither temperature nor precipitation was significantly related to invasive herb richness ( $P > 0.05$ ), and variance explained by these two factors was low (temperature = 0.9% and precipitation = 0.4%). Our results suggest that in Jiuwan Mountain National Nature Reserve, invasive and native species diversity display opposite spatial distribution patterns

研究报告

收稿日期: 2019-07-09; 接受日期: 2019-10-29

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1201100)和国家自然科学基金(41701026)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhaocy@craes.org.cn

with altitude, and that climate factors had differential effects on these patterns. Invasive herbs had a relatively diverse community composition and stable community structure at altitudes of 800–1,000 m, which may threaten native herb diversity. We propose that the management of reserves should pay more attention to invasive and nonnative herbs at this altitude range.

**Key words:** invasive herbs; native herbs; climatic factors; elevational pattern; generalized additive model

我国是遭受生物入侵危害最严重的国家之一,据外来入侵物种数据库(<http://www.chinaias.cn>)记录,截至2018年11月,我国的外来入侵物种已达754种;在世界自然保护联盟(IUCN)公布的全球100种最具威胁的外来入侵物种中,我国有50余种(戴小枫等,2008)。外来入侵物种在“内禀优势-资源机遇-人类干扰”共同作用下可短时间内在入侵地暴发(鞠瑞亭等,2012),侵占本地物种的生存空间,使入侵地生物多样性降低,威胁生态环境健康(Gooden et al, 2009);其快速扩散、蔓延给入侵地造成严重的经济损失(闫小玲等,2012; 胥丹丹等,2017)。外来入侵植物分布的生境较广泛,常见于耕地、弃耕地、道路旁等人为干扰较大的生境中。近年来,随着旅游开发的深入,自然保护区受到的干扰增加,外来植物入侵的风险也逐渐增大。目前,已有53个国家级自然保护区开展了外来入侵植物调查(宫璐等,2017),但对于入侵植物在保护区中的分布格局及其影响因素尚缺乏相关的研究资料,影响了保护区的管理工作。

物种多样性分布格局是生态学研究领域的前沿热点问题之一(Wang et al, 2018),它有助于了解物种在不同环境梯度的变化规律及影响因素。植物物种多样性不仅受生物因素的影响,还与非生物因素密不可分(孙岩等,2018; 吴安驰等,2018)。温度和降水量是非生物因素中影响物种多样性的重要环境因子(刘晔等,2016; Panda & Behera, 2019; Zhong et al, 2019),而海拔梯度变化包含了温度和降水量等多个因素的改变,是影响植物多样性分布格局的主要环境因子(唐志尧和方精云,2004; 张帅等,2010; 何艳华等,2013)。目前对物种多样性分布格局的研究大多集中于本地植物,而对外来入侵植物的研究资料较少。许玥等(2016)研究发现怒江河谷地区外来入侵植物的物种丰富度随海拔升高而下降。然而不同地区外来入侵植物种类不同,不同的种类具有不同的适应性,且人类干扰程度存在差异,因而分布格局也有可能不同。掌握特定区域外

来入侵植物的分布格局对预防和管理外来入侵植物具有重要意义。

九万山国家级自然保护区是广西物种数量最多、生物多样性最高的自然保护区之一,其中珍稀濒危植物有19科29种(初立业等,2002)。近年来,有些外来入侵植物进入到该自然保护区中,但具体种类及其分布格局尚不清楚,入侵状况不明。本文拟通过对九万山国家级自然保护区不同海拔道路两侧植物进行样方调查,探索以下科学问题:(1)主要外来入侵植物种类有哪些?(2)外来入侵草本和本地草本物种多样性的垂直分布格局是否有差异?(3)气候因素是否影响两类草本植物物种多样性的垂直分布格局?通过本文研究,希望能为保护区内外来入侵植物的防控管理和生物多样性保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

九万山国家级自然保护区( $108^{\circ}35' \text{-- } 108^{\circ}48' \text{ E}$ ,  $25^{\circ}01' \text{-- } 25^{\circ}19' \text{ N}$ )位于广西省北部,处在河池市与柳州市交界处,面积约25,212.8 ha。该保护区在苗岭山脉南端,主体为中山,南北走向,山峰海拔普遍高于1,000 m,最高峰1,693 m。保护区气候类型为中亚热带季风气候,年均温 $12.0 \text{-- } 17.1^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量1,600–2,100 mm(张艺成等,2016)。保护区内的国家一级保护植物有3种,分别为伯乐树(*Bretschneidera sinensis*)、南方红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *mairei*)和合柱金莲木(*Sauvagesia rhodoleuca*);国家一级保护动物有5种,为鼋(*Pelochelys cantorii*)、蟒蛇(*Python molurus*)、熊猴(*Macaca assamensis*)、金钱豹(*Panthera pardus*)和林麝(*Moschus berezovskii*)(钟寻等,2010)。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 野外调查

2018年8月,根据九万山国家级自然保护区的道路分布状况,在最低至最高海拔区间内沿海拔梯

度共设置6条样线,结合道路长度确定每条样线布设的样点数量,每个样点至少调查5个1 m × 1 m样方。所有样方等距离分布在道路两侧,共设置26个样点134个样方(图1,附录1)。采用GPS定位,记录样方的经纬度和海拔,同时统计样方中草本物种及其个体数量。依据《中国外来入侵植物名录》(马金双和李惠茹,2018)及专家鉴定区分外来入侵草本和本地草本。

### 1.2.2 气候因素

温度和降水量是影响植物物种多样性的重要环境因素。采用中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)提供的全国5年(2006–2010年)气象数据,包括年均温和年均降水量等指标,运用ArcGIS中的Spatial Analyst Tools功能提取每个调查样方的年均温和年均降水量。

### 1.2.3 数据分析

#### 1.2.3.1 多样性指数

分别计算每个样方中入侵草本和本地草本的物种多样性,公式如下(马克平和刘玉明,1994):

Patrick丰富度指数:

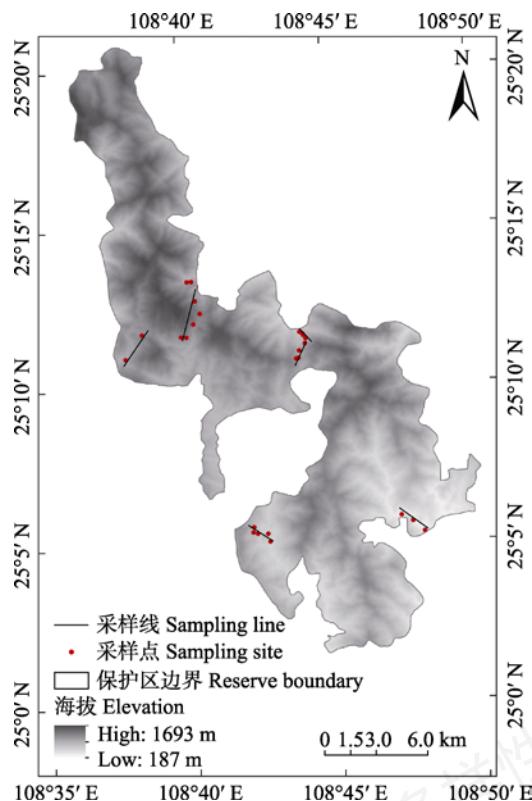


图1 九万山国家级自然保护区植物调查样方分布图

Fig. 1 Plots of plant investigation in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

$$D = S \quad (1)$$

Shannon-Wiener多样性指数:

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (2)$$

Pielou均匀度指数:

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}}, H_{\max} = \ln S \quad (3)$$

式中,  $S$ 分别为样方内入侵草本、本地草本数目;  $P_i$ 为物种*i*个体数占样方中所有物种个体的比率,  $P_i = N_i/N$ ,  $N_i$ 为物种*i*的个体数,  $N$ 分别为样方中所有入侵草本、本地草本个体数之和。

#### 1.2.3.2 物种多样性垂直格局

采用一元线性回归模型分别拟合物种丰富度、Shannon-Wiener指数、均匀度与海拔梯度的关系,以确定九万山国家级自然保护区外来入侵草本和本地草本物种多样性沿海拔的空间分布格局。

#### 1.2.3.3 环境因子对物种丰富度的影响

运用广义加性模型(generalized additive model, GAM)研究物种丰富度与环境因子的关系,以探讨不同环境因子对物种多样性的影响。广义加性模型通过拟合非参数函数来估计响应变量与解释变量之间的关系,能够最大限度符合原始数据趋势(Virgili et al, 2017)。研究中响应变量为外来入侵草本和本地草本物种丰富度,解释变量选择年均降水量和年均温等环境因子。模型表达形式为:

$$g(E(Y)) = \alpha + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \cdots + f_n(x_n) \quad (4)$$

式中,  $g(\cdot)$ 为连接函数,  $E(Y)$ 表示响应变量 $Y$ 的数学期望,  $\alpha$ 为回归模型中的截距,  $f_i(x_i)$ 为解释变量 $x_i$ 的拟合函数。

模型回归分析使用R语言mgcv程序包中的gam函数完成(Wood, 2019),根据赤池信息准则(Akaike Information Criterion, AIC)和各解释变量的显著程度选择GAM模型,并计算模型可解释偏差。计算公式为:

$$Q = 1 - \text{残差偏差}/\text{无效偏差} \quad (5)$$

式中,  $Q$ 为模型可解释偏差,无效偏差(null deviance)指截距偏差,残差偏差(residual deviance)为包括截距和解释变量的偏差,即模型的偏差。

所有样方气候数据使用地理信息系统软件ArcGIS 10.2获取,GAM模型分析与外来入侵草本植物海拔分布范围作图(Wickham et al, 2019)由统计软件R 3.6.0 (<https://www.r-project.org/>)完成。

## 2 结果

### 2.1 本地草本和外来入侵草本的组成与分布

134个草本样方共记录到159种草本植物，其中本地草本植物143种，隶属于54科115属；外来入侵草本植物16种，隶属7科13属(附录2)。本地草本中菊科、禾本科和蔷薇科植物最丰富，分别为17、14、11种，共占本地草本种数的29.4%。外来入侵草本中菊科植物最多，有8种，占外来入侵草本种数的50%，分别为小蓬草(*Erigeron canadensis*)、苏门白酒草(*E. sumatrensis*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、大狼杷草(*B. frondosa*)、藿香蓟(*Ageratum conyzoides*)、败酱叶菊芹(*Erechtites valerianifolius*)、钻叶紫菀(*Symphyotrichum subulatum*)、野茼蒿(*Crassocephalum crepidioides*)。野茼蒿和小蓬草是入侵频率最高的两种植物，分别出现在42.5%和37.3%的调查样方中。

对16种外来入侵草本植物适生海拔分布范围的分析结果表明(图2)，棕叶狗尾草(*Setaria palmifolia*)、野茼蒿、小蓬草、苏门白酒草、藿香蓟、红花酢浆草(*Oxalis corymbosa*)、大狼杷草和败酱叶菊芹等8种外来入侵植物在海拔300–1,200 m的范围均有分布，喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)和少花龙葵(*Solanum americanum*)仅分布在保护区海拔1,000 m以上区域，钻叶紫菀、鬼针草、青葙(*Celosia argentea*)、阔叶丰花草(*Spermacoce alata*)、喀西茄(*Solanum aculeatissimum*)和垂序商陆(*Phytolacca americana*)主要分布在海拔600–1,000 m区域。外来

入侵草本植物在海拔800–1,000 m地区具有相对多样的群落组成和较稳定的群落结构。

### 2.2 本地与外来入侵草本物种多样性垂直分布格局

本地草本物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔上升呈显著线性增加的趋势( $P < 0.05$ )，物种丰富度在海拔993 m处达到最大值，平均物种数为11.4(图3)。而外来入侵草本植物多样性垂直格局截然相反：物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔上升呈下降的趋势，物种丰富度在海拔284 m处达到最大值，平均物种数为3.5(图3)。无论本地草本还是外来入侵草本，均匀度随海拔升高均变化不显著( $P > 0.05$ )。在各个海拔范围，本地草本物种丰富度和Shannon-Wiener指数均高于入侵草本，均匀度则相反(图3)。

### 2.3 本地草本和外来入侵草本物种丰富度与气候因素的关系

广义加性模型分析结果表明(表1)：年均温和降水量共解释了本地草本物种丰富度差异的41.6%，年均温单独解释率为21.4%，年均降水量解释率为10.7%，两者对本地草本物种丰富度的影响具有协同效应。本地草本物种丰富度随温度升高而降低，且温度对其影响达到显著水平( $P < 0.05$ ；图4)，降水量在海拔区间内变化范围较小，对本地草本物种丰富度无显著影响( $P > 0.05$ )。

通过广义加性模型中各环境因子的显著性分析(表1)，发现年均温和年均降水量对外来入侵草本物种丰富度均无显著影响，且单一因子解释率较低，

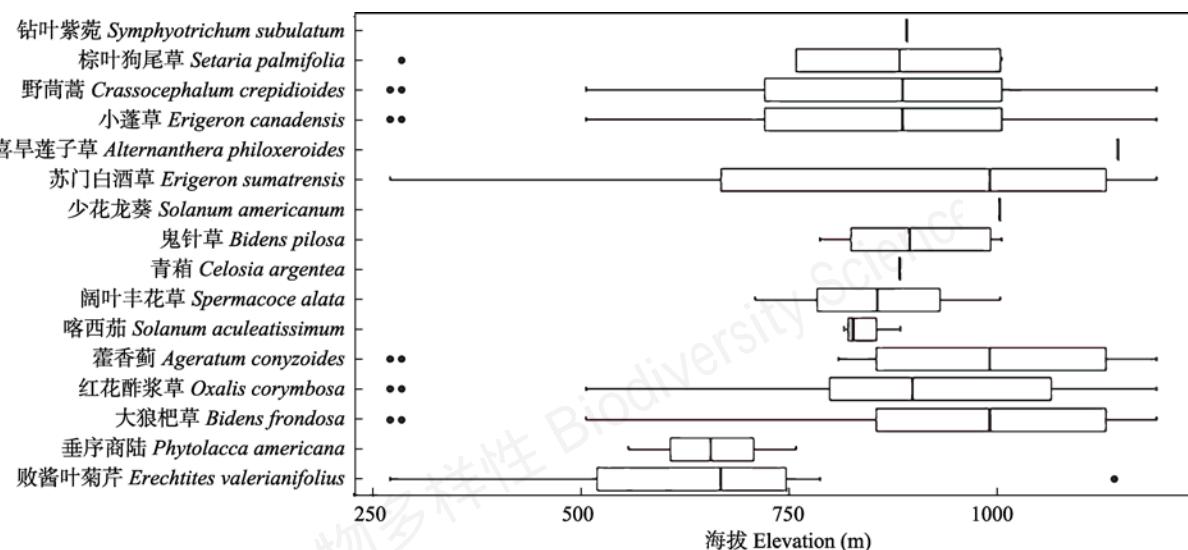


图2 九万山国家级自然保护区外来入侵草本植物分布的海拔范围

Fig. 2 The elevation range of invasive herbs distribution in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

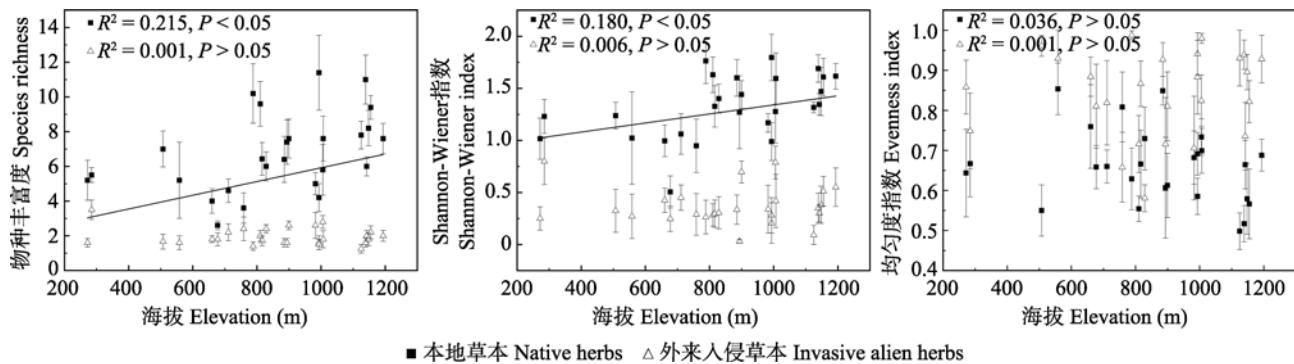


图3 九万山国家级自然保护区本地与外来入侵草本丰富度、Shannon-Wiener指数及均匀度指数随海拔的分布

Fig. 3 Elevational pattern of native and invasive herbs species richness, Shannon-Wiener index, and evenness index in Jiwan Mountain National Nature Reserve

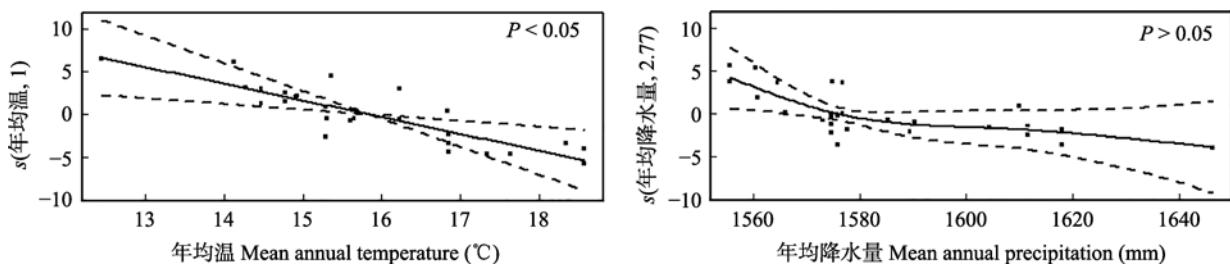


图4 本地草本物种丰富度与年均温、年均降水量的关系(虚线: 95%置信区间)

Fig. 4 Relationship between native herbaceous richness and temperature or precipitation (dashed lines: 95% confidence bands)

表1 广义加性模型拟合结果偏差分析。\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。

Table 1 Analysis of deviance for generalized additive model fitted to research data. \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ .

模型因子 Model factors	<i>P</i>	赤池信息准则 Akaike Information Criterion	偏差解释 Deviance explained (%)
本地草本 Native herbs	年均温 Mean annual temperature	0.017*	115.379
	年均降水量 Mean annual precipitation	0.103	118.709
	年均温/年均降水量 Mean annual precipitation/Mean annual temperature	0.006**/0.203	41.6
入侵草本 Invasive herbs	年均温 Mean annual temperature	0.643	43.340
	年均降水量 Mean annual precipitation	0.772	43.484
	年均温/年均降水量 Mean annual precipitation/Mean annual temperature	0.013*/0.103	34.3

分别为0.9%和0.4%，因此模型中解释变量不可加。

### 3 讨论

#### 3.1 本地草本和外来入侵草本物种多样性的垂直分布格局

不同生活型植物的物种丰富度垂直分布格局存在差异，例如，伊朗Hyrcanian森林中草本层植物物种丰富度随海拔升高呈增加趋势，而木本层表现为多峰分布(Pourbabaei et al, 2019)。并且不同生境中草本物种丰富度垂直分布格局也有较大差别，例

如，在东非肯尼亚山，草本物种丰富度随海拔变化呈先增后减的单峰格局(Zhou et al, 2019)；在科尔沁沙地，植物物种丰富度与海拔之间存在显著正相关(王寅等, 2018)。此外，即使是在同一地区，起源不同的植物(本地植物和外来植物)，其物种丰富度的分布格局也可能不同。Dar等(2018)揭示了喀什米尔地区喜马拉雅山脉本地和外来植物物种丰富度不同的海拔分布格局，本地植物物种丰富度随海拔上升而增加，外来植物则相反。许玥等(2016)的研究也表明，怒江河谷地区外来入侵草本和本地草本物

种丰富度分布格局不同。

在本研究中,九万山国家级自然保护区外来入侵草本与本地草本物种丰富度在海拔梯度上的分布格局不同。本地草本物种丰富度随海拔升高呈显著增加的趋势,而外来入侵草本物种丰富度随海拔升高呈降低趋势。造成外来入侵植物和本地草本植物多样性垂直分布格局差异的原因主要是影响因素的差别,本地植物多样性垂直格局受温度、降水等环境因子影响较大(许莎莎等,2011),而外来入侵植物多样性分布主要受人类活动影响(Delnatte & Meyer, 2012; Zhang et al, 2012; Nath et al, 2019)。在该保护区内,外来入侵草本均匀度普遍高于本地草本,结合它们的海拔分布范围,发现外来入侵草本植物在海拔800–1,000 m地区具有相对多样的群落组成和较稳定的群落结构,而本地草本虽然物种丰富度较高,但均匀度低,群落稳定性相对较差。因此,在该海拔区内,外来入侵草本可能会威胁本地草本的生存,降低物种多样性。

### 3.2 环境因子对本地草本与外来入侵草本物种丰富度格局的影响

环境因子影响物种丰富度分布格局已被广泛认可(Nottingham et al, 2018; Moradi & Oldeland, 2019),其中水分–能量动态假说(water-energy dynamic hypothesis)(Hawkins et al, 2003)是用来解释物种多样性海拔格局的主要假说之一,伴随着海拔升高,水热组合发生变化,植被类型更替明显,群落结构不尽相同,物种丰富度也存在一定差异。本研究中,九万山国家级自然保护区本地草本物种丰富度在海拔梯度上的差异受到水热条件影响较大,解释率达41.6%,符合水分–能量动态假说,未被解释部分可能与土壤、地形、坡向、郁闭度等环境因子(胡芳等,2018; Dong et al, 2019)及人类活动有关。低海拔地区,本地草本丰富度较低,但降水量和温度相对适宜,主要原因是该区域处在保护区试验区范围,受到人为扰动较大。Hegazy等(2007)认为人类活动压力如砍伐、放牧、开发旅游等导致栖息地退化,植被覆盖度下降,严重威胁生物多样性。

外来入侵草本物种丰富度随海拔梯度变化表现为下降趋势,受温度和降水量影响较小,形成这种格局的原因主要包括:(1)人类活动在高海拔地区减少,一定程度上阻断了种子扩散传播(Guo et al, 2018)。(2)高海拔地区各种环境因素越来越严峻,许

多入侵植物受自身生物学和生态学特性制约,对极端环境的适应性较差,不适合在高海拔地区定殖、生长(Medvecka et al, 2018),例如,原产于热带美洲的阔叶丰花草在我国的分布范围较小,且它的生境海拔一般不超过800 m(Wiersema et al, 2017)。(3)高海拔地区本地草本植物的物种丰富度较高,可能通过种间竞争(吕远等,2011)、资源利用(Pearson et al, 2018)、化感作用(Adomako et al, 2019)等在一定程度上抵御外来植物的入侵,导致外来入侵草本植物丰富度较低。低海拔地区气候环境因素适合人类生存,频繁的人类活动加剧了外来物种入侵、扩散和传播。Jakobs等(2010)研究表明,随着海拔升高,道路长度减小,人类活动减弱,外来植物物种丰富度降低。海拔梯度包含的水热条件变化并不是导致外来入侵植物物种丰富度垂直分布格局的主要原因,道路、城镇等人类活动及生境适合度可能决定了外来入侵植物的分布(Tanaka & Sato, 2016)。

九万山国家级自然保护区地处我国中亚热带常绿阔叶林带向南亚热带常绿阔叶林带过渡的特殊地带,森林生态系统类型丰富多样,是广西三大植物特有现象中心之一(钟寻等,2010)。景区对外开放,随着旅游的不断开发,人类活动会越来越多,增加了外来植物入侵风险,给生物多样性保护带来困难。因而,建议保护区在开发旅游业过程中,应严格限制对核心区的扰动,控制旅游活动范围,加大对防控外来入侵物种的宣传,减轻外来入侵物种对保护区的影响。同时考虑到在海拔800–1,000 m地区外来入侵植物种类相对较多,且该区间均为保护区核心区范围,建议保护区加强该区间外来入侵植物监测并做好清除工作。海拔800 m以下人类活动相对频繁的实验区需加大对外来入侵植物的监管力度。

**致谢:**感谢中央民族大学刘博老师和九万山国家级自然保护区相关工作人员在野外调查及物种鉴定工作中给予的支持和帮助。

### 参考文献

- Adomako MO, Ning L, Tang M, Du DL, van Kleunen M, Yu FH (2019) Diversity- and density-mediated allelopathic effects of resident plant communities on invasion by an exotic plant. *Plant Soil*, 440, 581–592.

- Chu LY, Ning SJ, Tang RQ (2002) The rare and endangered plants and their conservation policies in Jiwan Mountain of Guangxi. *Guiaia*, 22, 225–227. (in Chinese with English abstract) [初立业, 宁世江, 唐润琴 (2002) 广西九万山珍稀濒危植物及其保育对策. 广西植物, 22, 225–227.]
- Dai XF, Wu KM, Wan FH, Chen WQ, Li LH (2008) Discussion on objective and research priority for agricultural biological security in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 41, 1691–1699. (in Chinese with English abstract) [戴小枫, 吴孔明, 万方浩, 陈万全, 李立会 (2008) 中国农业生物安全的科学问题与任务探讨. 中国农业科学, 41, 1691–1699.]
- Dar PA, Reshi ZA, Shah AB (2018) Attitudinal distribution of native and alien plant species along roadsides in Kashmir Himalaya, India. *Tropical Ecology*, 59, 45–55.
- Delnatte C, Meyer JY (2012) Plant introduction, naturalization, and invasion in French Guiana (South America). *Biological Invasions*, 14, 915–927.
- Dong SK, Sha W, Su XK, Zhang Y, Li S, Gao XX, Liu SL, Shi JB, Liu QR, Hao Y (2019) The impacts of geographic, soil and climatic factors on plant diversity, biomass and their relationships of the alpine dry ecosystems: Cases from the Aerjin Mountain Nature Reserve, China. *Ecological Engineering*, 127, 170–177.
- Gong L, Li JS, Liu XY, Zhao XJ, Zhao CY (2017) Analysis of invasive alien species in Chinese national nature reserves. *Ecological Science*, 36, 210–216. (in Chinese with English abstract) [宫璐, 李俊生, 柳晓燕, 赵相健, 赵彩云 (2017) 我国部分国家级自然保护区外来入侵物种的分布概况. 生态科学, 36, 210–216.]
- Gooden B, French K, Turner PJ, Downey PO (2009) Impact threshold for an alien plant invader, *Lantana camara* L., on native plant communities. *Biological Conservation*, 142, 2631–2641.
- Guo QF, Fei SL, Shen ZH, Iannone III BV, Knott J, Chown SL (2018) A global analysis of elevational distribution of non-native versus native plants. *Journal of Biogeography*, 45, 793–803.
- Hawkins BA, Field R, Cornell HV, Currie DJ, Guegan JF, Kaufman DM, Kerr JT, Mittelbach GG, Oberdorff T, O'Brien EM, Porter EE, Turner JRG (2003) Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, 84, 3105–3117.
- He YH, Yan M, Zhang QD, Zhang ZF, Miao YM, Bi RC (2013) Altitudinal pattern of plant species diversity in the Wulu Mountain Nature Reserve, Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 2452–2462. (in Chinese with English abstract) [何艳华, 闫明, 张钦弟, 张直峰, 苗艳明, 毕润成 (2013) 五鹿山国家级自然保护区物种多样性海拔格局. 生态学报, 33, 2452–2462.]
- Hegazy A, Lovett-Doust J, Hammouda O, Gomaa N (2007) Vegetation distribution along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Community Ecology*, 8, 151–162.
- Hu F, Zeng FP, Du H, Peng WX, Zhang F, Tan WN, Song TQ (2018) Scale-dependent spatial patterns for species diversity in a karst evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest of northwest Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 6074–6083. (in Chinese with English abstract) [胡芳, 曾馥平, 杜虎, 彭晚霞, 张芳, 谭卫宁, 宋同清 (2018) 桂西北喀斯特常绿落叶阔叶混交林物种多样性分布格局的尺度效应. 生态学报, 38, 6074–6083.]
- Jakobs G, Kueffer C, Daehler CC (2010) Introduced weed richness across altitudinal gradients in Hawai'i: Humps, humans and water-energy dynamics. *Biological Invasions*, 12, 4019–4031.
- Ju RT, Li H, Shih CJ, Li B (2012) Progress of biological invasions research in China over the last decade. *Biodiversity Science*, 20, 581–611. (in Chinese with English abstract) [鞠瑞亭, 李慧, 石正人, 李博 (2012) 近十年中国生物入侵研究进展. 生物多样性, 20, 581–611.]
- Liu Y, Li P, Xu Y, Shi SL, Ying LX, Zhang WJ, Peng PH, Shen ZH (2016) Quantitative classification and ordination for plant communities in dry valleys of Southwest China. *Biodiversity Science*, 24, 378–388. (in Chinese with English abstract) [刘晔, 李鹏, 许玥, 石松林, 应凌霄, 张婉君, 彭培好, 沈泽昊 (2016) 中国西南干旱河谷植物群落的数量分类和排序分析. 生物多样性, 24, 378–388.]
- Lü Y, Wang GQ, Zheng L, Ni HW (2011) Competitiveness of invasive plant *Flaveria bidentis* with native weed plants. *Chinese Journal of Ecology*, 30, 677–681. (in Chinese with English abstract) [吕远, 王贵启, 郑丽, 倪汉文 (2011) 入侵植物黄顶菊与本地植物的竞争. 生态学杂志, 30, 677–681.]
- Ma JS, Li HR (2018) The Checklist of the Alien Invasive Plants in China. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [马金双, 李惠茹 (2018) 中国外来入侵植物名录. 高等教育出版社, 北京.]
- Ma KP, Liu YM (1994) Measurement of biotic community diversity. I.  $\alpha$  diversity (part 2). *Chinese Biodiversity*, 2, 231–239. (in Chinese) [马克平, 刘玉明 (1994) 生物群落多样性的测度方法I.  $\alpha$ 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 2, 231–239.]
- Medvecka J, Zaliberova M, Majekova J, Senko D, Jarolimek I (2018) Role of infrastructure and other environmental factors affecting the distribution of alien plants in the Tatra Mts. *Folia Geobotanica*, 53, 349–364.
- Moradi H, Oldeland J (2019) Climatic stress drives plant functional diversity in the Alborz Mountains, Iran. *Ecological Research*, 34, 171–181.
- Nath A, Sinha A, Lahkar BP, Brahma N (2019) In search of Aliens: Factors influencing the distribution of *Chromolaena odorata* L. and *Mikania micrantha* Kunth in the Terai grasslands of Manas National Park, India. *Ecological Engineering*, 131, 16–26.
- Nottingham AT, Fierer N, Turner BL, Whitaker J, Ostle NJ,

- McNamara NP, Bardgett RD, Leff JW, Salinas N, Silman M, Kruuk L, Meir P (2018) Microbes follow Humboldt: Temperature drives plant and soil microbial diversity patterns from the Amazon to the Andes. *Ecology*, 99, 2455–2466.
- Panda RM, Behera MD (2019) Assessing harmony in distribution patterns of plant invasions: A case study of two invasive alien species in India. *Biodiversity and Conservation*, 28, 2245–2258.
- Pearson DE, Ortega YK, Villarreal D, Lekberg Y, Cock MC, Eren Ö, Hierro J (2018) The fluctuating resource hypothesis explains invasibility, but not exotic advantage following disturbance. *Ecology*, 99, 1296–1305.
- Pourbabaei H, Salehi A, Ebrahimi SS, khodaparasrt F (2019) Modelling of plant species richness along altitudinal gradient: Asalem Watershed basin, temperate deciduous forests in northern Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 39, 335–347.
- Sun Y, He MZ, Wang L (2018) Effects of precipitation control on plant diversity and biomass in a desert region. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 2425–2433. (in Chinese with English abstract) [孙岩, 何明珠, 王立 (2018) 降水控制对荒漠植物群落物种多样性和生物量的影响. 生态学报, 38, 2425–2433.]
- Tanaka T, Sato T (2016) Contemporary patterns and temporal changes in alien plant species richness along an elevational gradient in central Japan. *Plant Ecology and Evolution*, 149, 177–188.
- Tang ZY, Fang JY (2004) A review on the elevational patterns of plant species diversity. *Biodiversity Science*, 12, 20–28. (in Chinese with English abstract) [唐志尧, 方精云 (2004) 植物种多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 12, 20–28.]
- Virgili A, Racine M, Authier M, Monestiez P, Ridoux V (2017) Comparison of habitat models for scarcely detected species. *Ecological Modelling*, 346, 88–98.
- Wang JH, Cai YF, Zhang L, Xu CK, Zhang SB (2018) Species richness of the family Ericaceae along an elevational gradient in Yunnan, China. *Forests*, 9, 511.
- Wang Y, Wang JM, Cui PJ, Zhong YM, Li JW, Chu JM (2018) Biogeographical patterns and environmental interpretation of plant species richness in the Horqin Sandy Lands. *Plant Science Journal*, 36, 794–803. (in Chinese with English abstract) [王寅, 王键铭, 崔盼杰, 钟悦鸣, 李景文, 褚建民 (2018) 科尔沁沙地植物物种丰富度格局及其与环境的关系. 植物科学学报, 36, 794–803.]
- Wickham H, Cheng W, Henry L, Pedersen TL, Takahashi K, Wilke C, Woo K (2019) Ggplot2: Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2/>. (accessed on 2019-06-10)
- Wiersema JH, Delprete PG, Kirkbride JH, Franck AR (2017) A new weed in Florida, *Spermacoce latifolia*, and the distinction between *S. alata* and *S. latifolia* (Spermacoceae, Rubiaceae). *Castanea*, 82, 114–131.
- Wood S (2019) Mgcov: Mixed GAM computation vehicle with automatic smoothness estimation. <https://CRAN.R-project.org/package=mgcv/>. (accessed on 2019-06-10)
- Wu AC, Deng XW, Ren XL, Xiang WH, Zhang L, Ge R, Niu ZE, He HL, He LJ (2018) Biogeographic patterns and influencing factors of the species diversity of tree layer community in typical forest ecosystems in China. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 7727–7738. (in Chinese with English abstract) [吴安驰, 邓湘雯, 任小丽, 项文化, 张黎, 葛蓉, 牛忠恩, 何洪林, 何立杰 (2018) 中国典型森林生态系统乔木层群落物种多样性的空间分布格局及其影响因素. 生态学报, 38, 7727–7738.]
- Xu DD, Chen L, Wang XW, Lu M (2017) Advances in the research on invasive insects in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54, 885–897. (in Chinese with English abstract) [胥丹丹, 陈立, 王晓伟, 鲁敏 (2017) 我国入侵昆虫学研究进展. 应用昆虫学报, 54, 885–897.]
- Xu SS, Sun GJ, Liu HM, Gong XP, Hao YY, Zhang LX (2011) The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 2421–2429. (in Chinese with English abstract) [许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 龚雪平, 郝媛媛, 张立勋 (2011) 黑河河岸植被与环境因子间的相互作用. 生态学报, 31, 2421–2429.]
- Xu Y, Li P, Liu Y, Zhang WJ, Qin SY, Shen ZH (2016) Spatial patterns and determinants of species richness of alien and native plants in the Nujiang River valley. *Biodiversity Science*, 24, 389–398. (in Chinese with English abstract) [许玥, 李鹏, 刘晔, 张婉君, 秦思雨, 沈泽昊 (2016) 怒江河谷入侵植物与乡土植物丰富度的分布格局与影响因子. 生物多样性, 24, 389–398.]
- Yan XL, Shou HY, Ma JS (2012) The problem and status of the alien invasive plants in China. *Plant Diversity and Resources*, 34, 287–313. (in Chinese with English abstract) [闫小玲, 寿海洋, 马金双 (2012) 中国外来入侵植物研究现状及存在的问题. 植物分类与资源学报, 34, 287–313.]
- Zhang S, Guo SL, Guan M, Yin LP, Zhang RX (2010) Diversity differentiation of invasive plants at a regional scale in China and its influencing factors: According to analyses on the data from 74 regions. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 4241–4256. (in Chinese with English abstract) [张帅, 郭水良, 管铭, 印丽萍, 张若轩 (2010) 我国入侵植物多样性的区域分异及其影响因素——以74个地区数据为基础. 生态学报, 30, 4241–4256.]
- Zhang YC, Wang GJ, Zhu YL (2016) Relationship between NDVI and climate elements in Jiuwan Mountain in the last 14 years. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 36(7), 81–88. (in Chinese with English abstract) [张艺成, 王光军, 朱玉林 (2016) 九万山近14年植被变化与气候因子的相关关系. 中南林业科技大学学报, 36(7), 81–88.]
- Zhang YY, Feng JC, Sang WG, Xue DY (2012) Distribution of invasive plant species in relation to environmental and anthropogenic factors in five nature reserves in Northern

- China. Journal of Resources and Ecology, 3, 278–283.
- Zhong MX, Song J, Zhou ZX, Ru JY, Zheng MM, Li Y, Hui DF, Wan SQ (2019) Asymmetric responses of plant community structure and composition to precipitation variabilities in a semi-arid steppe. *Oecologia*, 191, 697–708.
- Zhong X, Wei GA, Huang WJ (2010) Jiuwan Mountain: Background of the subtropical evergreen broad-leaved forest. *Forest and Humankind*, 12, 114–119. (in Chinese) [钟寻, 韦国安, 黄伟剑 (2010) 九万山: 中亚热带常绿阔叶林的本底. 森林与人类, 12, 114–119.]
- Zhou Y, Ochola AC, Njogu AW, Boru BH, Mwachala G, Hu G, Xin H, Wang Q (2019) The species richness pattern of vascular plants along a tropical elevational gradient and the test of elevational Rapoport's rule depend on different life-forms and phytogeographic affinities. *Ecology and Evolution*, 9, 4495–4503.

(责任编辑: 于飞海 责任编辑: 黄祥忠)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 九万山国家级自然保护区草本样方调查信息

Appendix 1 Plots investigation of herbs in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019221-1.pdf>

### 附录2 九万山国家级自然保护区外来入侵植物名录

Appendix 2 The checklist of the alien invasive plants in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019221-2.pdf>

**附录1 九万山国家级自然保护区草本样方调查信息**

Appendix 1 Plots investigation of herbs in Jiwan Mountain National Nature Reserve

样线 Sampling line	样点 Sampling site	纬度 Latitude (°N)	经度 Longitude (°E)	海拔 Altitude (m)
样线 I	I-1 (5 plots)	25.093803	108.794431	271.68
	I-2 (6 plots)	25.096936	108.787821	506.97
	I-3 (6 plots)	25.088397	108.800899	284.48
	I-4 (5 plots)	25.085221	108.711692	558.27
	I-5 (5 plots)	25.089388	108.710663	660.28
样线 II	II-1 (5 plots)	25.089548	108.704663	677.41
	II-2 (5 plots)	25.090306	108.702095	710.98
	II-3 (5 plots)	25.09305	108.702488	758.77
样线 III	III-1 (5 plots)	25.182946	108.63181	993.37
	III-2 (5 plots)	25.195506	108.641788	1,124.86
	III-3 (5 plots)	25.19378	108.664426	1,147.91
	III-4 (5 plots)	25.193448	108.667324	1,138.93
	III-5 (5 plots)	25.200306	108.671646	1,154.75
样线 IV	IV-1 (5 plots)	25.205807	108.675629	1,193.5
	IV-2 (5 plots)	25.212457	108.673055	1,142.12
	IV-3 (5 plots)	25.222579	108.668699	993.32
	IV-4 (5 plots)	25.22272	108.671247	899.48
	IV-5 (7 plots)	25.219775	108.675711	816.3
样线 V	V-1 (5 plots)	25.194418	108.732694	788.23
	V-2 (5 plots)	25.193367	108.734375	810.34
	V-3 (5 plots)	25.192782	108.734724	828.6
	V-4 (5 plots)	25.188372	108.735479	893.29
	V-5 (5 plots)	25.184683	108.732136	982.7
样线 VI	VI-1 (5 plots)	25.180812	108.731527	1,005.33
	VI-2 (5 plots)	25.180605	108.730203	1,006.64
	VI-3 (5 plots)	25.191054	108.736161	884.96

## 附录 2 九万山国家级自然保护区外来入侵植物名录

### Appendix 2 The checklist of the alien invasive plants in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

物种 Species	原产地 Origin	分布 Distribution
<b>菊科 Asteraceae</b>		
小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	北美洲 North America	全国 All provinces of China
苏门白酒草 <i>Erigeron sumatrensis</i>	南美洲 South America	安徽, 澳门, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	美洲 America	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 山东, 上海, 四川, 台湾, 天津, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
大狼杷草 <i>Bidens frondosa</i>	北美洲 North America	安徽, 北京, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 吉林, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 云南, 浙江 Anhui, Beijing, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Yunnan, Zhejiang
藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	热带美洲 Tropical America	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 吉林, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 天津, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
败酱叶菊芹 <i>Erechtites valerianifolius</i>	热带美洲 Tropical America	福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 台湾, 香港, 云南 Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hong Kong, Yunnan
钻叶紫菀 <i>Sympyotrichum subulatum</i>	美洲 America	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 天津, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
野苘蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	非洲 Africa	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
<b>苋科 Amaranthaceae</b>		
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	巴西 Brazil	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 青海, 陕西, 山东, 山西, 上海, 四川, 台湾, 天津, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Qinghai, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
青葙 <i>Celosia argentea</i>	印度 India	安徽, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 吉林, 江苏, 江西, 辽宁, 内蒙古, 宁夏, 青海, 陕西, 山东, 山西, 四川, 台湾, 西藏, 新疆, 云南, 浙江 Anhui, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Neimenggu, Ningxia, Qinghai, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Sichuan, Taiwan, Tibet, Xinjiang, Yunnan, Zhejiang
<b>茄科 Solanaceae</b>		
少花龙葵 <i>Solanum americanum</i>	美洲 America	澳门, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 湖北, 湖南, 江西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Macao, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hubei, Hunan, Jiangxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
喀西茄 <i>Solanum aculeatissimum</i>	巴西 Brazil	重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang

高珂晓, 李飞飞, 柳晓燕, 熊韫琦, 李俊生, 赵彩云. 广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1047–1055.  
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019221>

**酢浆草科 Oxalidaceae**

红花酢浆草 <i>Oxalis corymbosa</i>	热带美洲 Tropical America	全国 All provinces of China
----------------------------------	--------------------------	---------------------------

**商陆科 Phytolaccaceae**

垂序商陆 <i>Phytolacca americana</i>	北美洲 North America	安徽, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 山西, 上海, 四川, 台湾, 天津, 香港, 新疆, 云南, 浙江 Anhui, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Hong Kong, Xinjiang, Yunnan, Zhejiang
-------------------------------------	----------------------	--

**禾本科 Poaceae**

棕叶狗尾草 <i>Setaria palmifolia</i>	亚洲 Asia	安徽, 澳门, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 内蒙古, 青海, 陕西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Neimenggu, Qinghai, Shaanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
------------------------------------	---------	---

**茜草科 Rubiaceae**

阔叶丰花草 <i>Spermacoce alata</i>	热带美洲 Tropical America	澳门, 福建, 广东, 广西, 海南, 湖南, 江苏, 江西, 台湾, 香港, 云南, 浙江 Macao, Fujian, Guangdong, Guangxi, Hainan, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Taiwan, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
----------------------------------	--------------------------	---

各外来入侵植物分布省份来源于《中国外来入侵植物名录》(马金双和李惠茹, 2018)和中国外来入侵物种名单(<http://www.mee.gov.cn/>)。

Distribution of provinces refers to *The Checklist of the Alien Invasive Plants in China* (Ma & Li, 2018) and the Checklist of the Alien Invasive Species in China (<http://www.mee.gov.cn/>).



•研究报告•

# 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林 群丛数量分类及稳定性

陈惠君<sup>1,2</sup> 杜虎<sup>1,2</sup> 宋同清<sup>1,2</sup> 彭晚霞<sup>1,2</sup>  
张浩<sup>1,2</sup> 苏樑<sup>1,2</sup> 曾馥平<sup>1,2\*</sup>

1(中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125)

2(中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站, 广西环江 547100)

**摘要:** 加深对喀斯特顶极群落植物组成、群落结构和群落分布的认识可以为该区域生物多样性保护和森林管理提供参考。本文基于广西木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林25 ha森林动态监测样地地形、土壤和物种组成数据, 采用多元回归树对该群落进行群丛分类, 并分析各群丛多样性和稳定性。结果表明, 群落可分为6个群丛, 分别为群丛I: 长序厚壳桂+梔子皮+香叶树群丛(*Ass. Cryptocarya microcarpa + Itoa orientalis + Lindera communis*), 群丛II: 长序厚壳桂+灰岩棒柄花+罗伞群丛(*Ass. Cryptocarya microcarpa + Cleidion bracteosum + Brassaiopsis glomerulata*), 群丛III: 圆果化香树+密花树+齿叶黄皮群丛(*Ass. Platycarya longipes + Rapanea neriifolia + Clausena dunniana*), 群丛IV: 圆果化香树+滇丁香+齿叶黄皮群丛(*Ass. Platycarya longipes + Luculia intermedia + Clausena dunniana*), 群丛V: 长序厚壳桂+罗伞+伞花木群丛(*Ass. Cryptocarya microcarpa + Brassaiopsis glomerulata + Eurycorymbus cavaleriei*), 群丛VI: 小叶柰树+长管越南茜+圆果化香树群丛(*Ass. Boniodendron minus + Rubovietnamia aristata + Platycarya longipes*)。除群丛I外, 各群丛总体的多样性指数较高。Shannon-Wiener指数、Simpson指数以及Pielou均匀度指数表现出一致的变化趋势: 群丛VI > 群丛V > 群丛IV > 群丛III > 群丛II > 群丛I, 而丰富度则为群丛VI > 群丛IV > 群丛V > 群丛I > 群丛III > 群丛II, 物种多样性在中海拔群丛最高。中上坡部位群丛稳定性最高, 洼地群丛稳定性最低。海拔在群落结构及组成中起重要作用, 可能是影响群落分布的重要因素。

**关键词:** 植被分类; Godron稳定性分析; 多元回归树; 喀斯特生态系统; 木论国家级自然保护区

## Numerical classification of associations and their stabilities of karst evergreen deciduous broad-leaved mixed forests in Mulun National Nature Reserve

Huijun Chen<sup>1,2</sup>, Hu Du<sup>1,2</sup>, Tongqing Song<sup>1,2</sup>, Wanxia Peng<sup>1,2</sup>, Hao Zhang<sup>1,2</sup>, Liang Su<sup>1,2</sup>, Fuping Zeng<sup>1,2\*</sup>

1 Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125

2 Huanjiang Observation and Research Station of Karst Ecosystem, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang, Guangxi 547100

**Abstract:** Understanding plant composition, community structure and community distribution of karst climax communities can provide a reference for biodiversity conservation and forest management. Based on topographic factors, soil factors and species composition data of a 25 ha forest dynamic plot in Mulun, Guangxi, we numerically classified the association of karst evergreen deciduous broad-leaved mixed forests multivariate regression trees and a modified Godron stability analysis (Godron, 1971; Zheng, 2000) method to measure the stabilities of associations. The results showed that the forest community was divided into six associations. They were as follows: (I) *Ass. Cryptocarya microcarpa + Itoa orientalis + Lindera communis*,

收稿日期: 2019-07-03; 接受日期: 2019-10-08

基金项目: 广西重点研发计划(桂科 AB16380255; 桂科 AB17129009)、国家重点研发计划(2016YFC0502405)、国家自然科学基金(31770495; 31870712; 31971487)和广西特聘专家项目

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: fpzeng@163.com

(II) Ass. *Cryptocarya microcarpa* + *Cleidion bracteosum* + *Brassaiopsis glomerulata*, (III) Ass. *Platycarya longipes* + *Rapanea neriifolia* + *Clausena dunniana*, (IV) Ass. *Platycarya longipes* + *Luculia intermedia* + *Clausena dunniana*, (V) Ass. *Cryptocarya microcarpa* + *Brassaiopsis glomerulata* + *Eurycorymbus cavaleriei*, (VI) Ass. *Boniodendron minus* + *Rubovietnamia aristata* + *Platycarya Longipes*. Except for Ass. I, diversity indices of each association were higher. Shannon-Wiener index, Simpson index and Pielou evenness index showed similar trends: Ass. VI > Ass. V > Ass. IV > Ass. III > Ass. II > Ass. I. Species richness did not follow this trend and decreased in the following order: Ass. VI > Ass. IV > Ass. V > Ass. I > Ass. III > Ass. II. Species diversities of these associations were highest at middle altitudes. The stabilities of associations were highest at medium-high slope positions, while associations were lowest in depressions. Elevation is critical for community structure and composition and may be an important factor affecting community distribution.

**Key words:** vegetation classification; Godron stability analysis; multivariate regression trees; karst ecosystem; Mulun National Nature Reserve

植被分类是植被研究中最复杂的问题之一(宋永昌, 2016)。中国因其辽阔的地域及独特的地形特点, 植被类型复杂多样。对丰富多样的植被进行分类, 不但是中国植被知识系统化所必需, 而且对全球植被分类也有重要意义(宋永昌, 2016)。广西木论和贵州荔波连片的喀斯特常绿落叶阔叶混交林组成了目前世界上保存最好、面积最大、代表性最强的喀斯特森林集中连片区(郑颖吾, 1999), 其植被类型复杂多样, 生境异质性极高。木论国家级自然保护区属于亚热带非地带性喀斯特顶极群落常绿落叶阔叶混交林, 研究该地区的植被分类对于了解我国西南喀斯特地区的植物群落结构、群落与环境之间的关系以及植被恢复与保护等具有重要意义。

自数量生态学兴起之后, 植被分类手段更趋多样, 结果更趋客观, 其中最常用的方法有排序、聚类和双向指示种分析(TWINSPAN)等。但这些方法最终的分类结果仍需人为划定, 不能很好地说明局部生态系统(群落)的生态意义和定性的细节(Bolliger, 2005), 不完全符合自然分类的原则。宋同清等(2010)用TWINSPAN等级分类方法将木论国家级自然保护区缓冲区2 ha样方划分为4个生态群落类型: 青檀(*Pteroceltis tatarinowii*) + 铁榄(*Sinosideroxylon pedunculatum*)群落、掌叶木(*Handeliodendron bodinieri*) + 通脱木(*Tetrapanax papyrifer*)群落、八角枫(*Alangium chinense*) + 杜茎山(*Maesa japonica*)群落、杉木(*Cunninghamia lanceolata*) + 石岩枫(*Mallotus repandus*)群落; 兰斯安等(2016)采用等级聚类和非度量多维标度排序分析(nMDS)方法将木论25 ha大样地从洼地到山顶的一条垂直样带植物群落沿海拔梯度划分为3个类型: 下坡位是以

小果厚壳桂(*Cryptocarya austrokweichouensis*)和灰岩棒柄花(*Cleidion bracteosum*)为主要优势种的群落; 中坡位是以长管越南茜(*Rubovietnamia aristata*)和罗伞(*Brassaiopsis glomerulata*)为主要优势种的群落; 上坡位是以圆果化香树(*Platycarya longipes*)和密花树(*Rapanea neriifolia*)为主要优势种的群落。

上述方法均是小尺度上对群落进行划分, 其分类方法也需要人为确定, 而多元回归树更适合连续样方的分类, 且较大尺度的分类更能反映群落分布规律。多元回归树是近年来兴起的研究多物种分布与环境因子之间关系的数量分类方法(De'ath, 2002), 相比TWINSPAN, 其优点在于综合环境与物种数据进行分析, 对有过渡性质的样方划分更为可靠, 不仅能够找出形成不同群落的指示物种, 且分类结果无须再进行人为确定(张文静等, 2015; 商天其等, 2018)。自赖江山等(2010)首次将多元回归树应用于我国亚热带群落分类, 国内很多研究者开始采用其对群落进行分类(张荣和刘彤, 2012; 陈云等, 2014; 黄甫昭等, 2014; 曹文梅等, 2017)。运用多元回归树对木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林进行群落分类可能更加准确合理, 对该地的群落类型及其分布规律、群落恢复以及群落与环境间的关系等后续研究具有重要意义。

群落稳定性是植物群落结构与功能的一个综合性特征(张鹏等, 2016), 研究群落稳定性可以指导群落恢复与重建, 在生物入侵、退化生态系统修复以及人工林应用方面有积极作用(覃林, 2004; 钟军弟等, 2011; 尹鑫, 2017; 屈兴乐和方江平, 2018)。Godron稳定性测度方法是Godron等(1971)在研究草地群落的基础上进行总结的, 也是国际上使用最广

泛的方法, 郑元润(2000)对此方法进行了改进并将其应用到大青沟森林群落。本研究运用改进后的Godron稳定性方法对用多元回归树分类后的木论大样地群丛进行分析, 以期为我国西南喀斯特地区植被恢复与重建以及揭示稳定性的形成机制提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

木论国家级自然保护区位于广西环江毛南族自治县西北部( $25^{\circ}07' \text{--} 25^{\circ}12' \text{ N}$ ,  $107^{\circ}54' \text{--} 108^{\circ}05' \text{ E}$ ), 总面积10,800 ha, 海拔400–1,000 m, 为中亚热带石灰岩常绿落叶阔叶林(隐域性喀斯特森林植被顶极群落)分布区(陈莉等, 2019)。该区年均温19.4°C, 年降水量1,500 mm, 集中于4–8月, 年均无霜期310 d, 年均相对湿度79%, 气候温暖, 雨量充沛, 为中亚热带季风气候(Du et al, 2017), 土壤主要为石灰土和零星分布的硅质土。该保护区与毗邻的贵州茂兰国家级自然保护区共同组成目前世界上同纬度地区残存下来的仅有的、原生性强、相对稳定的喀斯特森林生态系统(陈莉等, 2019)。受地球内部动力、强烈的地质活动、气候高温多雨且分布不均等因素的综合影响, 形成了高度异质性的生境和植被。同时, 该保护区位于我国植物区系的交错区和交接过渡的中心地带(郑颖吾, 1999)。

### 1.2 样地设置与调查

本研究参照CTFS大样地建设与监测技术规范, 于2014年在广西木论国家级自然保护区建成了25 ha森林动态监测样地(胡芳等, 2018)。该样地属于中国森林生物多样性监测网络(马克平, 2017), 是目前喀斯特地区最大的森林样地(Du et al, 2017)。样地( $25^{\circ}8' \text{ N}$ ,  $108^{\circ}0' \text{ E}$ )为正方形, 东西、南北长均为500 m, 采用全站仪和PTK技术相结合的方法将样地划分成625个 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 样方(4个角用水泥桩作永久标记)。西南角为0101号样方; 西北角为2501号样方; 东南角为0125号样方; 东北角为2525号样方。调查时以 $400 \text{ m}^2$ 的样方作为基本单元, 对样方内胸径 $\geq 1 \text{ cm}$ 的所有木本植物存活个体进行编号并挂牌(包括分枝和萌枝), 记录其树种名, 并在1.3 m处测量其胸径大小, 记录每个个体的树高、冠幅、坐标以及具体生长情况等信息; 在其中心点半径2 m范围内按照五点取样法, 用直径5 cm的土钻取表层

(0–10 cm)土壤, 5个混合成一个样品代表该样方。同时记录各样方海拔、坡度、坡向、岩石出露率、土层厚度等特征。样地海拔442.6–651.4 m, 最大高差为208.8 m。样地内部包括了两个小型山峰和一个较完整的洼地(附录1); 坡度范围 $0.12^{\circ}$ – $66.97^{\circ}$ , 平均坡度 $26.8^{\circ}$ 。平均岩石出露率达60%以上, 绝大部分地段土层厚度不足30 cm (Du et al, 2017)。

### 1.3 数据处理与分析

#### 1.3.1 多元回归树

采用多元回归树对25 ha样地的群落进行群丛分类, 因变量为样地内227种木本植物在625个样方内的重要值(importance value, IV), 自变量为每个样方内的非生物因子数据, 主要包括地形和土壤共14个因子, 即岩石出露率(rockcov)、土壤厚度(soil thickness)、海拔(elevation)、坡度(slope)、坡向(aspect)、凹凸度(convex)、pH值、有机质(SOC)、全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)、碱解氮(AN)、速效磷(AP)、速效钾(AK)。海拔是样方4个顶点海拔的平均值; 凹凸度是样方海拔与8个相邻样方海拔差值的平均值, 处于样地边缘的样方的凹凸度为样方中心的海拔与4个顶点海拔差值的平均值, 若为正值说明目标样方比周围样方高, 是凸形坡, 若为负值则为凹型坡, 具体计算过程见张金屯(1995)。以上步骤均在R 3.3.1软件中完成。

#### 1.3.2 群丛命名

利用群落的生态-外貌、优势度、区系特征以及数量分类等进行植被分类的方法得到了广泛的应用(宋永昌, 2011)。优势度法主要根据物种的重要值确定优势种, 再利用优势种分组。本研究以物种的重要值作为群落数量分类的基础数据, 每个 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 样方的优势种为重要值最大的物种, 计算公式如下:

$$IV = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对显著度})/3 \quad (1)$$

式中, 相对密度是某一物种的个体数占所有物种个体数的百分比; 相对频度是某一物种的频度和占所有物种频度和的百分比; 相对显著度是某一物种的胸高断面积之和占所有物种胸高断面积之和的百分比。

本文根据乔木层植物对群丛进行命名, 同时计算物种指示值以确定指示种。指示值计算采用Dufrene和Legendre (1997)提出的算法, 该算法兼顾了物种在群丛内的多度及其在群丛内分布的均匀

度, 而且能通过随机抽样法对指示值进行显著性检验。计算公式如下:

$$A_{ij} = N_{ij} / N_i \quad (2)$$

$$B_{ij} = S_{ij} / S_j \quad (3)$$

$$IndVal_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100 \quad (4)$$

式中,  $A_{ij}$ 是物种*i*在群丛*j*内平均个体数与其在各群丛平均个体数之和的比值;  $N_{ij}$ 是群丛*j*内物种*i*的平均个体数;  $N_i$ 是各群丛内物种*i*平均个体数之和;  $B_{ij}$ 是群丛*j*内物种*i*的频度;  $S_{ij}$ 是群丛*j*内存在物种*i*的样方数;  $S_j$ 是群丛*j*包含的样方总数;  $IndVal_{ij}$ 是群丛*j*内物种*i*的指示值, 当某物种分布在一个群丛的所有样方且其他群丛无此物种, 该物种指示意义最大, 指示值为100, 不同群丛内的指示值并不具有可比性。指示值采用R 3.3.1的labdsv程序包中的duleg函数进行计算。

我们对分类结果进行了必要的修正以体现群落空间分布的连续性。如果一个样方相邻的8个样方(边缘样方相邻的5个或3个样方)均与它不归属同一类, 则将这个样方变为周围样方中比例最大的那类群丛(赖江山, 2010)。根据修正后的分类结果, 计算每一类的优势度, 得到6种群落类型。

### 1.3.3 多样性计算

目前常用的多样性指数有丰富度、Shannon-Wiener指数、Simpson指数以及Pielou均匀度指数等(马克平和刘玉明, 1994)。其计算方法如下:

$$\text{丰富度指数} S: S = \text{样方内物种数} \quad (5)$$

$$\text{Shannon-Wiener指数为: } H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (6)$$

$$\text{Simpson指数为: } D = 1 - \sum P_i^2 \quad (7)$$

Pielou均匀度指数为:

$$J_{sw} = -(\sum P_i \ln P_i) / \ln S \quad (8)$$

式中,  $P_i = N_i / N$ , 为第*i*个物种的个体多度占样地所有物种多度之和的比例;  $N$ 为样地内所有物种的个体总数;  $N_i$ 为第*i*个物种的个体数;  $S$ 为物种总数(宋永昌, 2016)。

### 1.3.4 稳定性分析

Godron稳定性测定方法是由所研究植物群落中所有种类的数量及其频度进行计算。首先把群落中不同植物物种频度测定值按由大到小的顺序排列, 并将其换算成相对频度, 按相对频度由大到小的顺序逐步累积, 然后将整个群落内植物种类的总和取倒数, 再按植物种类排列的顺序逐步累积, 由对应的结果可以看出其累积相对频度。将植物种类

百分数同累积相对频度一一对应, 画出散点图, 并将各点以一条平滑的曲线连接起来, 在两个坐标轴的100处连一直线, 与曲线的交点即为所求点。种百分数与累积相对频度比值越接近20/80, 群落就越稳定, 即20/80是群落的稳定点(张忠华, 2011), 若远离则不稳定。但是Godron的测定方法是在研究草地群落的基础上所总结的, 并不适用于森林群落。郑元润(2000)在此方法基础上进行了改进, 即首先建立数学模型, 模拟散点图平滑曲线:

$$\text{平滑曲线模拟模型为: } y = ax^2 + bx + c \quad (9)$$

$$\text{直线方程为: } y = 100 - x \quad (10)$$

再将方程(9)代入方程(10)得:

$$ax^2 + (b+1)x + c - 100 = 0 \quad (11)$$

求解得:

$$x = \frac{-(b+1) \pm \sqrt{(b+1)^2 - 4a(c-100)}}{2a} \quad (12)$$

其中,  $x$ 为植物种类百分数,  $y$ 为累积相对频度。因为仅通过交点坐标无法直接说明各个群丛的稳定状态大小关系, 所以本文采用各个群丛交点的坐标与稳定点坐标的欧式距离来描述各个群落稳定性的大小。

本文采用Excel 2016和R 3.3.1软件对数据进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 群丛分类

多元回归分类结果显示(图1, 图2), 模型预测精度在一定规模之后开始下降。根据“1-SE”规则, 把“★”点作为回归树规模, 即回归树规模为6, 最终把整个样地划分成6个群丛。采用多元回归树将25 ha样地群落624个样方(1422样方为草本, 没有乔木生长)分为6类, 多元回归树第一次分割以海拔473 m为节点(图2), 将这些样方分为两组, 第1组308个, 第2组316个。根据多元回归树二歧式分割法原理可知, 类型I和类型II、类型III和类型IV、类型V和类型VI的生境具有较高相似性, 类型I和类型II与其他4类的生境相似性最低。

修正后的分类结果如图3, 总共修正了6个样方(分别为0305、0417、0617、0603、1703、1316号样方), 且原本1422号样方因为没有乔木数据而没有进行分类, 因其周围有5个样方属于第III类, 所以

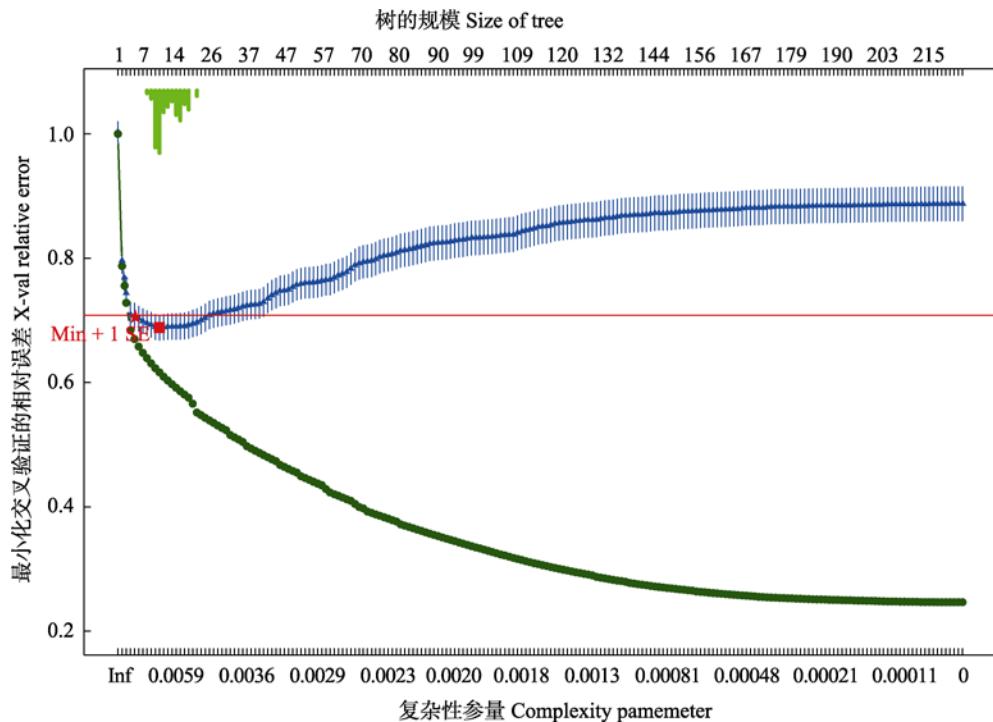


图1 木论25 ha森林动态监测样地群丛分类相对误差及交叉验证相对误差变化图。▲：相对误差变化趋势；●：交叉验证相对误差变化趋势；■：交叉验证相对误差最小点；|：标准差；★：根据“1-SE”规则确定的分类树规模点。

Fig. 1 Resubstitution and cross-validation relative error for the multivariate regression tree of 25 ha forest dynamic plot in Mulun. ▲, The change trend of relative error; ●, The change trend of cross-validated relative error; ■, The minimum cross-validated relative error; |, One standard error; ★, The tree size suggested by  $1 - SE$ .

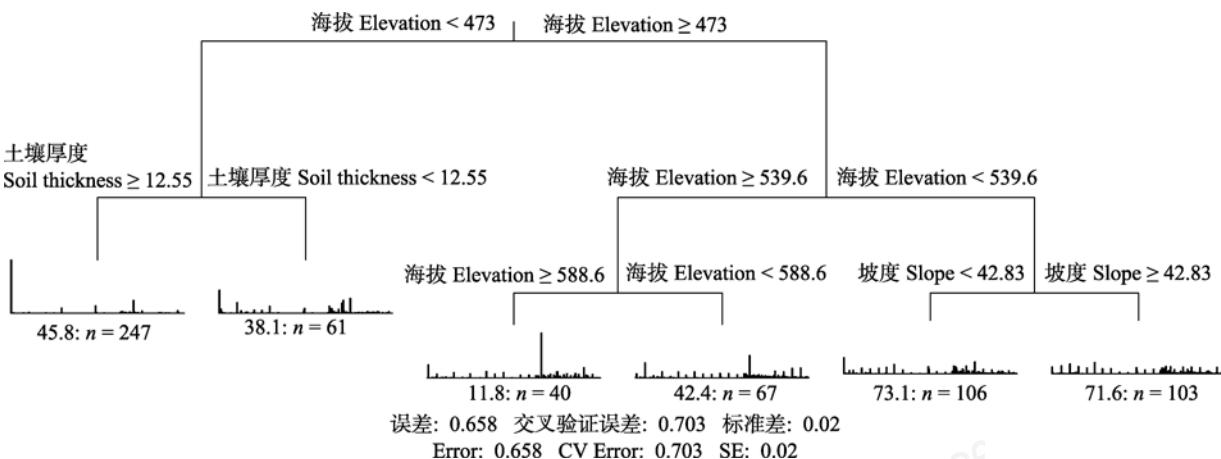


图2 木论25 ha森林动态监测样地群落分类多元回归树。 $n$ 表示每组包含的样地数，柱状图表示各物种在各个群丛中的重要值(各柱状图物种排列完全一致)。

Fig. 2 Multivariate regression tree for community classification of 25 ha forest dynamic plot in Mulun.  $n$ , the number of samples in each group. The small bar plot representing the importance value of the species (in the same order as is the response data matrix).

将其归为第III类。修正的样方数占总样方的比例很小，基本不影响多元回归树的主体分类结果。修正后第I类群丛含247个样方，第II类群丛含61个样方，第III类群丛含41个样方，第IV类群丛含67个样方，第V类群丛含106个样方，第VI类群丛含103个样方

(图3右)。

根据修正后的分类结果计算每一类的重要值(附录4)，并结合物种的指示值(附录5)得到了6种群落类型：

群丛I：长序厚壳桂(*Cryptocarya microcarpa*) +

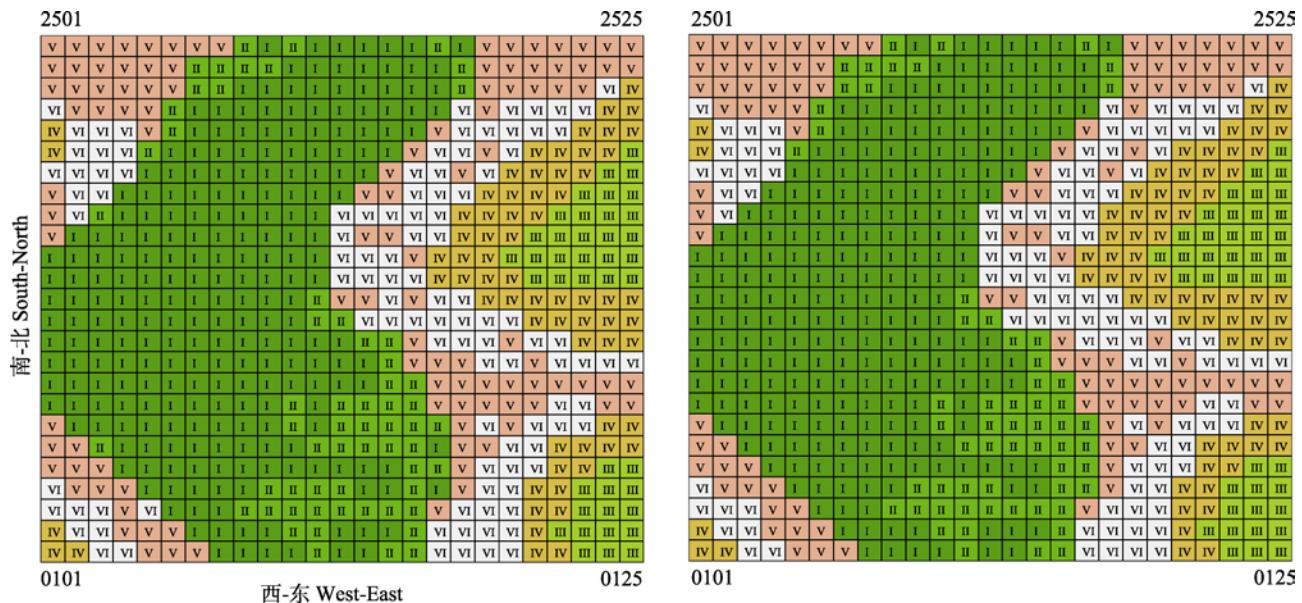


图3 木论25 ha森林动态监测样地6类群丛的20 m × 20 m的样方分布图。左, 修正前。右, 修正后。

Fig. 3 Map of the six associations at the scale of 20 m × 20 m of 25 ha forest dynamic plot in Mulun. Left, Original. Right, Revised.

梔子皮(*Itoa orientalis*) + 香叶树(*Lindera communis*)群丛, 优势种明显, 指示种有长序厚壳桂、梔子皮、香叶树、枫香树(*Liquidambar formosana*)、剑叶木姜子(*Litsea lancifolia*); 常见伴生种有伞花木(*Eurycorymbus cavaleriei*)、罗伞(*Brassaiopsis glomerulata*)、菜豆树(*Radermachera sinica*)、土蜜树(*Bridelia tomentosa*)等。该群落主要分布在样地的洼地区域, 环境较阴湿, 地形平坦, 坡度为0°~45°。

群丛II: 长序厚壳桂 + 灰岩棒柄花(*Cleidion bracteosum*) + 罗伞群丛, 优势种明显, 指示种有灰岩棒柄花、罗伞、麻疯桐(*Jatropha curcas*)、长管越南茜(*Rubovietnamia aristata*)、野独活(*Miliusa chunii*); 常见伴生种有梔子皮、伞花木、麻楝(*Chukrasia tabularis*)、野桐(*Mallotus japonicus*)等。该群落主要分布在洼地周边的缓冲区域, 坡度较小, 地势较平缓, 坡度为5°~54°。

群丛III: 圆果化香树(*Platycarya longipes*) + 密花树(*Rapanea neriifolia*) + 齿叶黄皮(*Clausena dunniana*)群丛, 优势种明显, 指示种有角叶槭(*Acer sycopseoides*)、密花树、巴东栎(*Quercus engleriana*)、圆果化香树、清香木(*Pistacia weinmannifolia*); 常见伴生种有青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、清香木、小巴豆(*Croton tiglium*)、子楝树(*Decaspermum gracilentum*)、小叶柰树(*Boniodendron minus*)、滇丁香

(*Luculia pinceana*)等。该群落主要集中分布在样地山顶海拔较高的地方, 阳光充足, 环境干燥。

群丛IV: 圆果化香树 + 滇丁香 + 齿叶黄皮群丛, 优势种明显, 指示种有滇丁香、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、子楝树、朴树(*Celtis sinensis*)、小叶山柿(*Diospyros dumetorum*); 常见的伴生种有青冈、小巴豆、小叶柰树等。该群落主要集中分布于样地的中上坡, 海拔较高, 坡度和岩石出露率较大, 环境较干燥, 生境严酷。

群丛V: 长序厚壳桂+罗伞+伞花木群丛, 优势种明显, 指示种有土蜜树、伞花木、野桐、千里香(*Murraya paniculata*)、菜豆树; 常见的伴生种有梔子皮、香叶树等; 该群落主要集中分布于样地的中下坡且坡度较小的地区, 集中于北坡, 热量较少, 环境较湿润。

群丛VI: 小叶柰树 + 长管越南茜+ 圆果化香树群丛, 这组群丛较复杂, 优势种不明显, 指示种有小叶柰树、小果榕、小巴豆、铁榄(*Sinosideroxylon pedunculatum*)、鱼骨木(*Canthium dicoccum*); 常见的伴生种有滇丁香、长序厚壳桂等; 该群落主要集中分布于样地中下坡且坡度较大的地区。

## 2.2 群丛特征

群丛I、群丛II、群丛V中重要值排在第一位的均为长序厚壳桂, 这是因为该物种生态位宽度较大;

群丛III和群丛IV重要值第一的均为圆果化香树，这是由于这两个群丛相邻，生境差异不是太大，群丛VI重要值最大的是小叶柰树。重要值排在前10位的物种中除长序厚壳桂、圆果化香树之外，梔子皮、菜豆树、罗伞、子楝树、伞花木、小叶柰树、小叶山柿都出现过至少3次，这些物种生态位宽度较大，对生境要求没有其他物种高。相对多度最大的是群丛I的长序厚壳桂，为65.6%，表明该群丛主要是以长序厚壳桂为建群种；群丛VI的优势种不明显，重要值差别不大，是由于该群丛较复杂(附录4)。

由表1可知，各群丛的植株密度表现为群丛III > 群丛IV > 群丛VI > 大样地 > 群丛I > 群丛V > 群丛II；群丛VI物种丰富度最大，有194种，几乎涵盖了绝大多数的物种；群丛II的平均胸径最大。

由表2可知，1~5 cm径级植株数占总植株数的比例表现为群丛IV > 群丛III > 群丛VI > 大样地 > 群丛V > 群丛I > 群丛II，即海拔较高的样方中小植株所占比例明显大于海拔低的样方。5~10 cm和10~20 cm径级植株数占总植株数的比例均表现为群丛II > 群丛I > 群丛V > 大样地 > 群丛VI > 群丛III > 群丛IV；20~30 cm径级植株数占总植株数的比例表现为群丛II > 群丛V > 群丛I > 大

样地 > 群丛VI > 群丛III > 群丛IV；30~40 cm径级植株数占总植株数的比例表现为群丛II和群丛V明显高于其他群丛，大于50 cm径级植株数占总植株数的比例表现为群丛II明显高于其他群丛。

### 2.3 多样性指数

由图4可知，除群丛I外，各群丛总体的多样性指数较高。Shannon-Wiener指数、Simpson指数和Pielou均匀度指数表现出一致的变化趋势：群丛VI > 群丛V > 群丛IV > 群丛III > 群丛II > 群丛I，而丰富度则为群丛VI > 群丛IV > 群丛V > 群丛I > 群丛III > 群丛II。

### 2.4 群丛稳定性

采用Godron稳定性测定方法对样地的6个群丛类型分别完成平滑曲线模拟(图5)，并获得Godron比值，即交点坐标。显著性检验结果表明回归方程极显著( $P < 0.001$ )。稳定性大小为群丛IV > 群丛III = 群丛V = 群丛VI > 群丛II > 群丛I，可见群丛IV稳定性相对较高，群丛I稳定性最低。

群丛I的交点坐标(10/90)与稳定交点坐标的欧式距离最大，为14.14，离稳定点最远，表明群丛处于相对不稳定的状态；群丛II的交点坐标(18/82)比较接近于稳定交点，表明群丛处于相对比较稳定的

表1 木论25 ha森林动态监测样地6类群丛的物种丰富度和植株密度

Table 1 Species richness and tree density in six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

参数 Parameter	大样地 Whole plot	群丛I Association I	群丛II Association II	群丛III Association III	群丛IV Association IV	群丛V Association V	群丛VI Association VI
面积 Area (ha)	25	9.88	2.44	1.64	2.68	4.28	4.08
丰富度 Richness (ind.)	227	154	130	145	187	174	194
平均胸径 Average DBH (cm)	4.78	4.87	5.54	3.9	3.78	4.83	4.18
最大胸径 Max. DBH (cm)	115.12	115.12	89	55.3	68	57	48.72
植株密度 Density (ind./ha)	5,479	4,912	3,246	9,109	8,693	4,367	5,782

表2 木论25 ha森林动态监测样地6类群丛中各径级植株数占总植株数的比例(%)

Table 2 Percentage of trees in different DBH class to total number of trees in six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

径级 DBH class	大样地 Whole plot	群丛I Association I	群丛II Association II	群丛III Association III	群丛IV Association IV	群丛V Association V	群丛VI Association VI
1~5 cm	72.10	67.58	61.45	77.04	79.85	68.94	75.87
5~10 cm	19.02	21.43	25.75	16.25	14.61	20.73	16.99
10~20 cm	7.68	9.64	10.24	5.98	4.92	8.71	6.12
20~30 cm	1.02	1.16	2.10	0.64	0.54	1.33	0.88
30~40 cm	0.14	0.14	0.27	0.07	0.06	0.27	0.12
40~50 cm	0.03	0.05	0.13	0.01	0.02	0.03	0.01
≥ 50 cm	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01	0.00

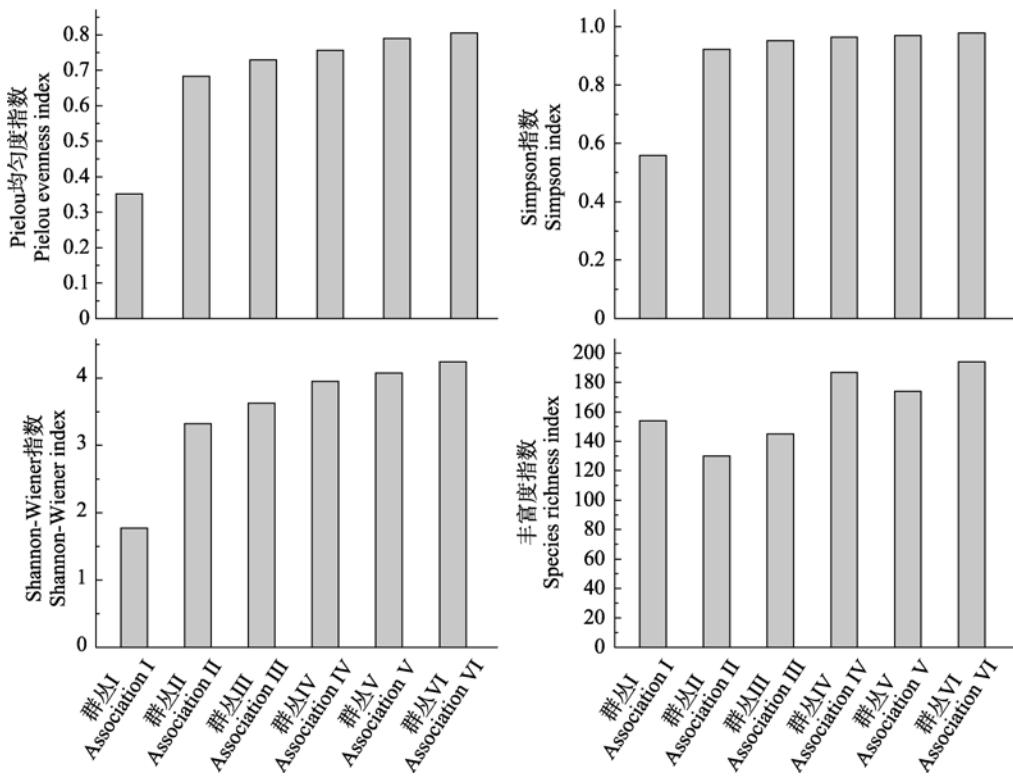


图4 木论25 ha森林动态监测样地6类群丛的多样性指数

Fig. 4 Diversity indices of the six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

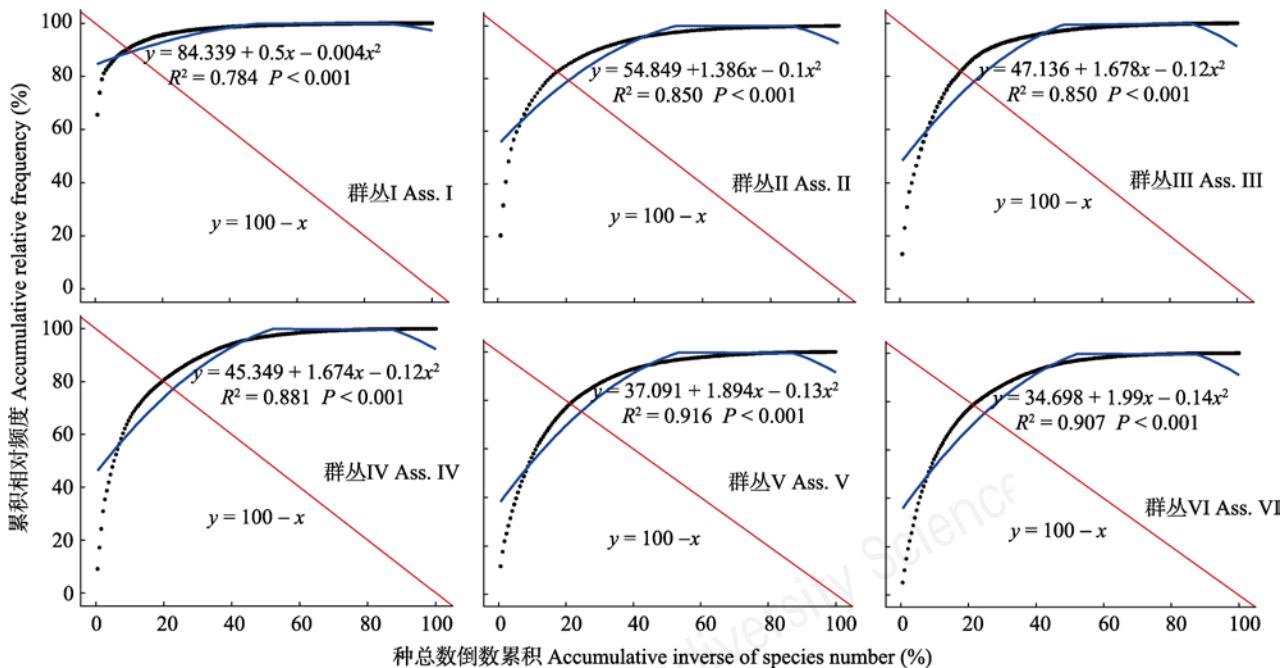


图5 木论25 ha森林动态监测样地6类群丛的稳定性

Fig. 5 Stability graphs for six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

状态; 群从IV的交点坐标为20/80, 与稳定交点坐标重合, 表明群从处于非常稳定的状态; 群从III、V和

VI的交点坐标均为21/81, 非常接近于稳定交点坐标, 表明3个群从处于非常稳定的状态。

### 3 讨论

#### 3.1 多元回归树用于群落分类的优势

本文利用多元回归树对群落进行分类，兼顾了群落的连续性与间断性，较之常规的TWINSPAN等方法来说有所进步。多元回归树不仅使用了物种信息，还加入环境信息，所含信息量更全面，对于有过渡性质的样方的划分更为合理(张金屯, 2004)。一般认为，为了获得更加客观和符合植被分类原则的结果，应该充分考虑群落生境的特征(张金屯, 1994; 郭东罡和上官铁梁, 2005)，多元回归树正是在群落本身的基础上将生境作为界线对群落进行划分的分类方法，所以得到的分类结果更加客观(张文静等, 2015)。尽管我们使用了14个环境因子作为自变量，但只有海拔、土壤厚度和坡度用于构建回归树，这可能是由于其他因子过于集中，群落在海拔、土壤厚度和坡度梯度上的分异比在其他因子梯度上的分异大。海拔3次被作为划分节点，可见是影响木论植被分异最主要的因子。尽管木论所在的峰丛洼地绝对高度不大，但其水热条件差异大，植被垂直变化明显(兰斯安等, 2016)。群落是连续的，但在植被的连续之中也有间断(宋永昌等, 2017)。同一群丛的样方并不完全集中在一起，而是间断地分布在相似的生境中。喀斯特生态系统生境和植被具有高度的异质性，修正后的结果图显示，有两个I类群丛仍然夹在II类之间，可能是因为该类群丛所在的样方处于特殊生境。

#### 3.2 大型动态监测样地的群丛分类

大型动态监测样地在进行植物群落调查时是按种记录DBH $\geq 1$  cm的每一个体的胸径，而不是分层记录物种信息，在这种情况下，包含相对频度计算的重要值会放大小个体、广布种的重要性，弱化大个体、有限分布种的重要性(孙小伟等, 2018)。群丛是植被分类的基本单元，凡是层片结构相同，各层片的优势种或共优种(南方某些类型中则为标志种)相同的植物群落联合为群丛(吴征镒, 1980)。为避免南方和北方“群丛”的不等质，宋永昌建议将“群丛”修订为：“层片结构相同，优势层片优势种相同，种类组成基本一致，并具有相同标志种组的群落联合”。这里的“标志种”(indicative species 或 symbolic species)相当于鉴别种(diagnostic species)，

由于强调标志种的一致，划分出来的群丛会具有相同的生态特征、生境条件和动态特点(宋永昌, 2004)。因此，我们通过计算指示值确定指示种(即宋永昌提到的标志种)。大样地调查大都缺少草本层，这对于群丛分类研究是一个缺陷(宋永昌等, 2015)。已有研究对古田山、天童、弄岗等动态监测样地(仅记录样地内DBH $\geq 1$ 的木本植物)植被进行群丛划分后均能充分反映研究区植被差异及成因，在增加对样地植物组成、群落结构和群落分布认识的同时，可为该区域生物多样性保护和森林管理提供参考(赖江山等, 2010; 黄甫昭等, 2014; 陈云等, 2016, 2017)。常绿落叶阔叶混交林各层次的优势种并不明显，尤其是下木层难以区分优势种，加上木论大样地属于喀斯特峰丛洼地，其岩石出露率在60%以上，草本层稀少，因此在某种程度上弥补了草本层缺失的问题。

本文选取丰富度、植株密度、各径级植株数来衡量群丛结构。群丛I位于洼地，地势平坦，土层深厚，岩石出露率低，水分充足，分布着以长序厚壳桂为主要优势种的植物。洼地地势低洼，大量降雨易形成溪流，减少了部分不耐水湿条件植物的生长空间，土壤透气性差，抑制了植物生长。群丛II所在区域岩石出露率较高，主要分布着以灰岩棒柄花等为主要优势种的岩生和耐阴性强的植物，该群丛平均胸径最大，因岩石出露率高，整体植株密度最小，大径级植株比例大，群落上层郁闭度高，小型植物生长困难(王家鸣等, 2018)。群丛III整体植株密度最大，这可能是由于该群丛位于山顶及其周围，坡度大，光热条件好，植株分布密集。受海拔、水分等因素的影响，圆果化香树、密花树等耐旱植物比较适合在此生长(兰斯安, 2016)，植被演替程度较高，受干扰程度弱，基本达到稳定。群丛IV和VI位于洼地向山坡的过渡地带，受海拔影响较大，群丛IV位于中上坡，海拔较高，环境较为干燥，植株密度仅次于群丛III。群丛VI位于中下坡，水分较充足，平均胸径大于群丛III和IV，但坡度较陡，植株密度小于这两个群丛。群丛V主要分布在海拔较高的山坳中，光照较差，水分条件好，干扰弱。群丛V和群丛VI群落结构比较相似，这是因为两者海拔相同，都处于中间海拔高度。这说明海拔在群落结构及其组成中起重要作用。

对分类得到的6类群丛分别进行物种多样性测

算, 以探究不同群丛生物多样性的规律及形成原因。群丛V和VI位于中间海拔, 群丛III和IV位于较高海拔, 群丛I和II位于低海拔, 即物种多样性在中海拔最高, 符合前人研究结论(贺金生和陈伟烈, 1997; 兰斯安等, 2016)。除群丛I外, 各群丛总体的物种多样性指数较高, 优势种优势度小, 物种分布较均匀, 群落中物种种类很多, 可是具有绝对优势的优势物种数目并不多。随着海拔的升高, 群丛III、IV、V、VI除丰富度外的3个指数表现为逐渐减小, 即随海拔的升高, 多样性减少, 而群丛I、II尽管海拔低, 水分充足, 但光照不足, 适合耐阴性和喜湿性物种生长, 限制了植物多样性的发展。群丛I除丰富度外的3个指数在6类群丛中均为最低, 说明其群落内部优势种优势度高, 优势物种主导, 加之其所处环境海拔低且光照不足, 环境阴湿, 植物生长环境差, 不利于发展物种多样性, 而丰富度高于群丛II、III, 是因为其包含的样方数最多。群丛III包含的样方数最少, 但其4个多样性指数均高于样方数多于它的群丛II, 是因为群丛III海拔较高, 阳光充足, 光热条件好。海拔通过影响光热条件进而影响植被的分布。优势度指数总体较大, 表明群落处于演替的中后期。

### 3.3 各群丛类型的稳定性

群落稳定性一直是植物群落生态学长期关注的核心问题之一(张立敏等, 2010)。有关植物群落演替过程的稳定性变化争议较多, 且尚无定论。近年来, 稳定性的研究多与群落特征、物种多样性、群落复杂性、群落演替等联系在一起, 其中物种多样性与稳定性的关系是研究热点(安丽娟, 2007; 陆龙龙等, 2018)。除了群落稳定性的确切影响因子还未确定之外, 其测定方法也是多种多样, 没有恒定的指标, 因而成为群落稳定性研究最基本的问题(覃林, 2004)。

郑元润(2000)改进后的Godron稳定性测度方法, 通过演替与比较分析相结合, 能说明群落演替的方向与趋势, 有助于理解群落的发展过程, 是研究森林植物群落稳定性比较有效的方法<sup>①</sup>。它的缺陷是没有一个固定的常数来确定森林群落的稳定程度, 因此我们采用各个群丛交点的坐标与稳定点坐标的欧式距离来描述各个群落稳定性的大小, 使稳定

性的测度更加定量化。群丛I和群丛II稳定性较差, 可能是因为其海拔较低、生境一致性高、光照弱、水分充足、由优势种主导。群丛IV最为稳定, 可能是由于该地区光热条件最为优越, 外界干扰较少, 接近演替顶极, 群落最为稳定。

本文利用地形因子、土壤因子和物种组成数据对木论25 ha森林动态监测样地进行群落分类, 初步探讨了环境对群落的影响, 但并未揭示植物分布与环境因子之间的关系以及植被的过渡性特点, 今后可采用典范对应分析、除趋势对应分析和除趋势典范对应分析等方法深入分析两者之间的关系。尽管群落稳定性多与物种多样性联系在一起, 但稳定性是由群落内多种生物及非生物因子共同作用的结果, 两者之间并不是简单的因果关系, 要探讨稳定性的形成机制需要考虑其他因子的综合作用。另外, 群落稳定性研究可以与更大尺度以及更小尺度的稳定性联系起来, 这对于揭示稳定性的形成机制可能是一种较好的思路。

### 参考文献

- An LJ, Zhu ZH, Wang XA, Guo H (2007) Stability analysis of major communities in Malan forest region of Ziwuling Mountain. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 27, 1000–1007. (in Chinese with English abstract) [安丽娟, 朱志红, 王孝安, 郭华 (2007) 子午岭马栏林区主要森林群落的稳定性分析. 西北植物学报, 27, 1000–1007.]
- Bolliger J (2005) Simulating complex landscapes with a generic model: Sensitivity to qualitative and quantitative classifications. *Ecological Complexity*, 2, 131–149.
- Cao WM, Liu XY, Wang GL, Luo YY, He T, Liu TX (2017) Combined analyses of MRT and DCCA on relationships between plant community distribution and ecological factors of Horqin Sandy Land. *Chinese Journal of Ecology*, 36, 318–327. (in Chinese with English abstract) [曹文梅, 刘小燕, 王冠丽, 罗艳云, 何韬, 刘廷玺 (2017) 科尔沁沙地自然植被与生境因子的MRT分类及DCCA分析. 生态学杂志, 36, 318–327.]
- Chen L, Song TQ, Wang H, Zeng FP, Peng WX, Du H, Su L (2019) Soil bacterial diversity and optimal sampling number in the Mulun karst evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest. *Acta Ecologica Sinica*, 39, 3287–3296. (in Chinese with English abstract) [陈莉, 宋同清, 王华, 曾馥平, 彭晚霞, 杜虎, 苏樑 (2019) 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林土壤细菌多样性及其最优采样数. 生态学报, 39, 3287–3296.]
- Chen Y, Guo L, Yao CL, Wei BL, Yuan ZL, Ye YZ (2017) Community characteristics of a deciduous broad-leaved

<sup>①</sup> 肖之强 (2017) 滇中雕翎山半湿润常绿阔叶林结构及其稳定性. 硕士学位论文, 西南林业大学, 昆明.

- forest in a temperate-subtropical ecological transition zone. *Acta Ecologica Sinica*, 37, 5602–5611. (in Chinese with English abstract) [陈云, 郭凌, 姚成亮, 韦博良, 袁志良, 叶永忠 (2017) 暖温带—北亚热带过渡区落叶阔叶林群落特征. 生态学报, 37, 5602–5611.]
- Chen Y, Wang HL, Han JW, Wei BL, Jia HR, Ye YZ, Yuan ZL (2014) Numerical classification, ordination and species diversity along elevation gradients of the forest community in Xiaoqinling. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 2068–2075. (in Chinese with English abstract) [陈云, 王海亮, 韩军旺, 韦博良, 贾宏汝, 叶永忠, 袁志良 (2014) 小秦岭森林群落数量分类、排序及多样性垂直格局. 生态学报, 34, 2068–2075.]
- Chen Y, Wang T, Li PK, Yao CL, Yuan ZL, Ye YZ (2016) Community characteristics and spatial distribution of dominant tree species in a deciduous broad-leaved forest of Muzhaling, Henan, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 40, 1179–1188. (in Chinese with English abstract) [陈云, 王婷, 李培坤, 姚成亮, 袁志良, 叶永忠 (2016) 河南木札岭温带落叶阔叶林群落特征及主要乔木空间分布格局. 植物生态学报, 40, 1179–1188.]
- De'ath G (2002) Multivariate regression trees: A new technique for modeling species-environment relationships. *Ecology*, 83, 1105–1117.
- Dufrene M, Legendre P (1997) Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 345–366.
- Du H, Hu F, Zeng FP, Wang KL, Peng WX, Zhang H, Zeng ZX, Zhang F, Song TQ (2017) Spatial distribution of tree species in evergreen-deciduous broadleaf karst forests in Southwest China. *Scientific Reports*, 7, 15664.
- Godron M, Daget P, Poissonet J, Poissonet P (1971) Some aspects of heterogeneity in grasslands of Cantal (France). *Statistical Ecology*, 3, 397–415.
- Guo DG, Shangguan TL (2005) Quantitative classification and ordination of plant communities in midpiece of Zhongtiao Mountains. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 23, 444–448. (in Chinese with English abstract) [郭东罡, 上官铁梁 (2005) 中条山中段植物群落数量分类与排序研究. 武汉植物学研究, 23, 444–448.]
- Hu F, Zeng FP, Du H, Peng WX, Zhang F, Tan WN, Song TQ (2018) Scale-dependent spatial patterns for species diversity in a karst evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest of northwest Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 6074–6083. (in Chinese with English abstract) [胡芳, 曾馥平, 杜虎, 彭晚霞, 张芳, 谭卫宁, 宋同清 (2018) 桂西北喀斯特常绿落叶阔叶混交林物种多样性分布格局的尺度效应. 生态学报, 38, 6074–6083.]
- Huang FZ, Wang B, Ding T, Xiang WS, Li XK, Zhou AP (2014) Numerical classification of associations in the northern tropical karst seasonal rain forests and the relationship with environment. *Biodiversity Science*, 22, 157–166. (in Chinese with English abstract) [黄甫昭, 王斌, 丁涛, 向悟生, 李先琨, 周爱萍 (2014) 弄岗北热带喀斯特季节性雨林群丛数量分类及与环境的关系. 生物多样性, 22, 157–166.]
- He JS, Chen WL (1997) A review of gradient changes in species diversity of land plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 17, 91–99. (in Chinese with English abstract) [贺金生, 陈伟烈 (1997) 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. 生态学报, 17, 91–99.]
- Lai JS, Mi XC, Ren HB, Ma KP (2010) Numerical classification of associations in subtropical evergreen broad-leaved forest based on multivariate regression trees—A case study of 24 hm<sup>2</sup> Gutianshan forest plot in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 34, 761–769. (in Chinese with English abstract) [赖江山, 米湘成, 任海保, 马克平 (2010) 基于多元回归树的常绿阔叶林群丛数量分类——以古田山24公顷森林样地为例. 植物生态学报, 34, 761–769.]
- Lan SA, Song M, Zeng FP, Song TQ, Peng WX, Du H, Han C, Chen L, Qin WG (2016) Altitudinal pattern of woody plant species diversity in the karst forest in Mulun, China. *Acta Ecologica Sinica*, 36, 7374–7383. (in Chinese with English abstract) [兰斯安, 宋敏, 曾馥平, 宋同清, 彭晚霞, 杜虎, 韩畅, 陈莉, 覃文更 (2016) 木论喀斯特森林木本植物多样性垂直格局. 生态学报, 36, 7374–7383.]
- Lu LL, Guo ZL, Fan CN, Zheng JP (2018) Community characteristics and stability analysis of secondary deciduous broadleaved forest in Mopan Mountains, Jilin Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 29, 2079–2087. (in Chinese with English abstract) [陆龙龙, 郭忠玲, 范春楠, 郑金萍 (2018) 吉林磨盘山次生落叶阔叶林群落特征和稳定性分析. 应用生态学报, 29, 2079–2087.]
- Ma KP (2017) Forest dynamics plot is a crosscutting research platform for biodiversity science. *Biodiversity Science*, 25, 227–228. (in Chinese) [马克平 (2017) 森林动态大样地是生物多样性科学综合研究平台. 生物多样性, 25, 227–228.]
- Ma KP, Liu YM (1994) Measurement of biotic community diversity. I.  $\alpha$  diversity (part 2). *Chinese Biodiversity*, 2, 231–239. (in Chinese) [马克平, 刘玉明 (1994) 生物群落多样性的测度方法I.  $\alpha$ 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 2, 231–239.]
- Qin L (2004) Complexity and Stability in the Forest Communities. PhD dissertation, Sun Yat-Sen University, Guangzhou. (in Chinese with English abstract) [覃林 (2004) 森林群落的复杂性与稳定性分析. 博士学位论文, 中山大学, 广州.]
- Qu XL, Fang JP (2018) Biodiversity and stability of degraded grassland plant communities in different restored years. *Journal of Plateau Agriculture*, 2, 220–229. (in Chinese with English abstract) [屈兴乐, 方江平 (2018) 不同修复年限退化草地植物群落的物种多样性和稳定性. 高原农业, 2, 220–229.]
- Shang TQ, Ye NN, Gao HQ, Gao HD, Yi LT (2018) Com-

- munity structure analysis of a public welfare forest based on multivariate regression trees. *Chinese Bulletin of Botany*, 53, 238–249. (in Chinese with English abstract) [商天其, 叶诺楠, 高海卿, 高洪娣, 伊力塔 (2018) 基于多元回归树的公益林群落结构解析. 植物学报, 53, 238–249.]
- Song TQ, Peng WX, Zeng FP, Wang KL, Qin WG, Tan WN, Liu L, Du H, Lu SY (2010) Spatial pattern of forest communities and environmental interpretation in Mulun National Nature Reserve, karst cluster-peak depression region. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 34, 298–308. (in Chinese with English abstract) [宋同清, 彭晚霞, 曾馥平, 王克林, 覃文更, 谭卫宁, 刘璐, 杜虎, 鹿士杨 (2010) 木论喀斯特峰丛洼地森林群落空间格局及环境解释. 植物生态学报, 34, 298–308.]
- Song YC (2004) Tentative classification scheme of evergreen broad-leaved forests of China. *Acta Phytocologica Sinica*, 28, 435–448. (in Chinese with English abstract) [宋永昌 (2004) 中国常绿阔叶林分类试行方案. 植物生态学报, 28, 435–448.]
- Song YC (2011) Recognition and proposal on the vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35, 882–892. (in Chinese with English abstract) [宋永昌 (2011) 对中国植被分类系统的认知和建议. 植物生态学报, 35, 882–892.]
- Song YC (2016) *Vegetation Ecology*, 2nd edn. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [宋永昌 (2016) 植被生态学 (第二版). 高等教育出版社, 北京.]
- Song YC, Yan ER, Song K (2015) Synthetic comparison of eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests, China. *Biodiversity Science*, 23, 139–148. (in Chinese with English abstract) [宋永昌, 阎恩荣, 宋坤 (2015) 中国常绿阔叶林8大动态监测样地植被的综合比较. 生物多样性, 23, 139–148.]
- Song YC, Yan ER, Song K (2017) An update of the vegetation classification in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 41, 269–278. (in Chinese with English abstract) [宋永昌, 阎恩荣, 宋坤 (2017) 再议中国的植被分类系统. 植物生态学报, 41, 269–278.]
- Sun XW, Yang QS, Liu HM, Wang XH (2018) Classification of plant associations based on a 20 hm<sup>2</sup> dynamics plot of evergreen broad-leaved forest in Mt. Tiantong, Zhejiang, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 42, 550–561. (in Chinese with English abstract) [孙小伟, 杨庆松, 刘何铭, 王希华 (2018) 基于浙江天童20 hm<sup>2</sup>常绿阔叶林动态监测样地的群从划分. 植物生态学报, 42, 550–561.]
- Wang JM, Xu H, Li YD, Lin MX, Zhou Z, Luo TS, Chen DX (2018) Effects of topographic heterogeneity on community structure and diversity of woody plants in Jianfengling tropical montane rainforest. *Scientia Silvae Sinicae*, 54(1), 1–11. (in Chinese with English abstract) [王家鸣, 许涵, 李意德, 林明献, 周璋, 骆土寿, 陈德祥 (2018) 地形异质性对尖峰岭热带山地雨林木本植物群落结构及多样性的影响. 林业科学, 54(1), 1–11.]
- Wu ZY (1980) *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒(1980) 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Yin X (2017) Research on the community productivity stability of artificial grassland in Tibetan Plateau. PhD dissertation, Lanzhou University, Lanzhou. (in Chinese with English abstract) [尹鑫 (2017) 青藏高原人工草地群落生产力稳定性研究. 博士学位论文, 兰州大学, 兰州.]
- Zhang JT (1994) A comparison of Fuzzy C-means algorithm clustering and TWINSPLAN in vegetation classification. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 12, 11–17. (in Chinese with English abstract) [张金屯 (1994) 模糊C-均值聚类和TWINSPLAN分类的比较研究. 武汉植物学研究, 12, 11–17.]
- Zhang JT (1995) *Quantitative Vegetation Ecology*. China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese) [张金屯 (1995) 植被数量生态学方法. 中国科学技术出版社, 北京.]
- Zhang JT (2004) *Quantitative Ecology*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [张金屯 (2004) 数量生态学. 科学出版社, 北京.]
- Zhang LM, Chen B, Li ZY (2010) Analysis of the species diversity and community stability in local community using the Neutral Theory. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 1556–1563. (in Chinese with English abstract) [张立敏, 陈斌, 李正跃 (2010) 应用中性理论分析局域群落中的物种多样性及稳定性. 生态学报, 30, 1556–1563.]
- Zhang P, Wang XJ, Wang Y, Qiao Y, Xu XL, Liao XL, Li J (2016) Community structure and stability of typical plantation in the mountains of Beijing. *Journal of Northeast Forestry University*, 44(1), 1–5. (in Chinese with English abstract) [张鹏, 王新杰, 王勇, 乔永, 徐雪蕾, 廖祥龙, 李静 (2016) 北京山区3种典型人工林群落结构及稳定性. 东北林业大学学报, 44(1), 1–5.]
- Zhang R, Liu T (2012) Plant species diversity and community classification in the southern Gurbantunggut Desert. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 6056–6066. (in Chinese with English abstract) [张荣, 刘彤 (2012) 吉尔班通古特沙漠南部植物多样性及群落分类. 生态学报, 32, 6056–6066.]
- Zhang WJ, Zhang QD, Wang J, Feng F, Bi RC (2015) A comparison of multivariate regression tree and two-way indicator species analysis in plant community classification. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 39, 586–592. (in Chinese with English abstract) [张文静, 张钦弟, 王晶, 冯飞, 毕润成 (2015) 多元回归树与双向指示种分析在群落分类中的应用比较. 植物生态学报, 39, 586–592.]
- Zhang ZH (2010) *Ecological Research on Population and Community Stability in Karst Forest*. PhD dissertation. East China Normal University, Shanghai. (in Chinese with English abstract) [张忠华 (2011) 喀斯特森林植被种群生态学与群落稳定性分析. 博士学位论文, 华东师范大学, 上海.]
- Zheng YW (1999) *Introduction to Mulun Karst Forest Region*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑颖吾 (1999) 木论

- 喀斯特林区概论. 科学出版社, 北京.]  
 Zheng YR (2000) Comparison of methods for studying stability  
 of forest community. *Scientia Silvae Sinicae*, 36(5), 28–32.  
 (in Chinese with English abstract) [郑元润 (2000) 森林群  
 落稳定性研究方法初探. 林业科学, 36(5), 28–32.]  
 Zhong JD, Li XK, Lü SH, Zeng DJ, Chen Y, Cheng XL (2011)  
 The effects of the main environmental factors, the com  
 munity stability in karst region of southwest Guangxi on the

invasion of *Eupatorium odoratum*. *Ecology and Environmental Sciences*, 20, 1819–1826. (in Chinese with English abstract) [钟军弟, 李先琨, 吕仕洪, 曾丹娟, 陈燕, 成夏  
 岚 (2011) 桂西南喀斯特区域群落主要环境因子及稳定  
 性对飞机草入侵的影响. 生态环境学报, 20, 1819–1826.]

(责任编辑: 王希华 责任编辑: 黄祥忠)

## 附录 Supplementary Material

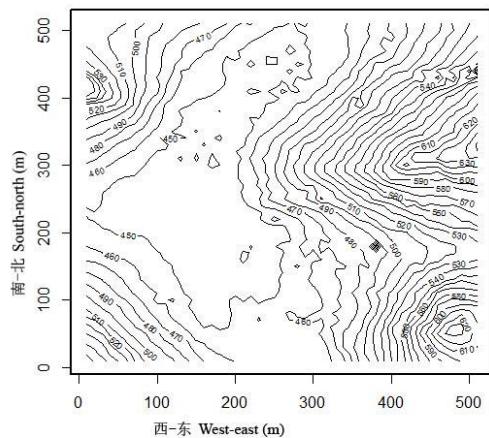
**附录1 木论25 ha森林动态监测样地等高线图**  
 Appendix 1 Contour map of 25 ha forest dynamic plot in Mulun  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019215-1.pdf>

**附录2 木论25 ha森林动态监测样地网格示意图**  
 Appendix 2 The grid of 25 ha forest dynamic plot in Mulun  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019215-2.pdf>

**附录3 木论25 ha森林动态监测样地物种拉丁名**  
 Appendix 3 The Latin name of species in 25 ha forest dynamic plot in Mulun  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019215-3.pdf>

**附录4 木论25 ha森林动态监测样地六类群丛重要值前10位的物种**  
 Appendix 4 Importance values of the top ten species in the six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019215-4.pdf>

**附录5 木论25 ha森林动态监测样地六类群丛指示值前5位的物种**  
 Appendix 5 Indicator value of the top five species in the six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019215-5.pdf>



2 附录1 木论25 ha森林动态监测样地等高线图  
Appendix 1 Contour map of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	
2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	
2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	
2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	
2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	
1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823	1824	1825	
1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720	1721	1722	1723	1724	1725	
1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625	
1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524	1525	
1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	
1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	
1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	
1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	
1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	
0901	0902	0903	0904	0905	0906	0907	0908	0909	0910	0911	0912	0913	0914	0915	0916	0917	0918	0919	0920	0921	0922	0923	0924	0925	
0801	0802	0803	0804	0805	0806	0807	0808	0809	0810	0811	0812	0813	0814	0815	0816	0817	0818	0819	0820	0821	0822	0823	0824	0825	
0701	0702	0703	0704	0705	0706	0707	0708	0709	0710	0711	0712	0713	0714	0715	0716	0717	0718	0719	0720	0721	0722	0723	0724	0725	
0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607	0608	0609	0610	0611	0612	0613	0614	0615	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622	0623	0624	0625	
0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508	0509	0510	0511	0512	0513	0514	0515	0516	0517	0518	0519	0520	0521	0522	0523	0524	0525	
0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408	0409	0410	0411	0412	0413	0414	0415	0416	0417	0418	0419	0420	0421	0422	0423	0424	0425	
0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	0319	0320	0321	0322	0323	0324	0325	
0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208	0209	0210	0211	0212	0213	0214	0215	0216	0217	0218	0219	0220	0221	0223	0225	0227	0229	0231
0101	0102	0103	0104	0105	0106	0107	0108	0109	0110	0111	0112	0113	0114	0115	0116	0117	0118	0119	0120	0121	0122	0123	0124	0125	

8 附录3 木论25 ha森林动态监测样地物种拉丁名

Appendix 3 The Latin name of species in 25 ha forest dynamic plot in Mulun

科 Family	属 Genus	物种 Species	生活型 Life form
安息香科 Styracaceae	安息香属 <i>Styrax</i>	野茉莉 <i>Styrax japonicus</i>	落叶
八角枫科 Alangiaceae	八角枫属 <i>Alangium</i>	八角枫 <i>Alangium chinense</i>	落叶
山柑科 Capparaceae	鱼木属 <i>Crateva</i>	树头菜 <i>Crateva unilocularis</i>	落叶
柏科 Cupressaceae	翠柏属 <i>Calocedrus</i>	岩生翠柏 <i>Calocedrus rupestris</i>	常绿
茶茱萸科 Icacinaceae	粗丝木属 <i>Gomphandra</i>	粗丝木 <i>Gomphandra tetrandra</i>	常绿
大风子科 Flacourtiaceae	山桂花属 <i>Bennettiodendron</i>	山桂花 <i>Bennettiodendron leprosipes</i>	常绿
	柞木属 <i>Xylosma</i>	南岭柞木 <i>Xylosma controversum</i>	常绿
	梔子皮属 <i>Itoa</i>	梔子皮 <i>Itoa orientalis</i>	落叶
大戟科 Euphorbiaceae	巴豆属 <i>Croton</i>	石山巴豆 <i>Croton euryphyllus</i>	落叶
		小巴豆 <i>Croton tiglium</i>	落叶
	棒柄花属 <i>Cleidion</i>	灰岩棒柄花 <i>Cleidion bracteosum</i>	常绿
	核果木属 <i>Drypetes</i>	密花核果木 <i>Drypetes congestiflora</i>	常绿
		网脉核果木 <i>Drypetes perreticulata</i>	常绿
	麻疯树属 <i>Jatropha</i>	麻疯桐 <i>Jatropha curcas</i>	常绿
	秋枫属 <i>Bischofia</i>	秋枫 <i>Bischofia javanica</i>	落叶
	山麻杆属 <i>Alchornea</i>	红背山麻杆 <i>Alchornea trewioides</i> var. <i>trevioides</i>	落叶
		山麻杆 <i>Alchornea trewioides</i> var. <i>sinica</i>	落叶
	算盘子属 <i>Glochidion</i>	四裂算盘子 <i>Glochidion assamicum</i>	常绿
		甜叶算盘子 <i>Glochidion philippicum</i>	常绿
	土蜜树属 <i>Bridelia</i>	禾串树 <i>Bridelia insulana</i>	常绿
		土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i>	常绿
	乌桕属 <i>Sapium</i>	圆叶乌桕 <i>Sapium rotundifolium</i>	落叶
	五月茶属 <i>Antidesma</i>	日本五月茶 <i>Antidesma japonicum</i>	常绿
	血桐属 <i>Macaranga</i>	盾叶木 <i>Macaranga adenantha</i>	常绿
	野桐属 <i>Mallotus</i>	粗糠柴 <i>Mallotus philippensis</i>	常绿
		毛桐 <i>Mallotus barbatus</i>	落叶
		野桐 <i>Mallotus japonicus</i>	落叶
	珠子木属 <i>Phyllanthodendron</i>	枝翅珠子木 <i>Phyllanthodendron dunnianum</i>	常绿
冬青科 Aquifoliaceae	冬青属 <i>Ilex</i>	刺叶冬青 <i>Ilex bioritensis</i>	常绿
		拟榕叶冬青 <i>Ilex subficoidea</i>	常绿
		黔桂冬青 <i>Ilex stewardii</i>	常绿
		五棱苦丁茶 <i>Ilex pentagona</i>	常绿
豆科 Leguminosae	海红豆属 <i>Adenanthera</i>	海红豆 <i>Adenanthera pavonina</i>	落叶

	合欢属 <i>Albizia</i>	光腺合欢 <i>Albizia calcarea</i>	落叶
	任豆属 <i>Zenia</i>	任豆 <i>Zenia insignis</i>	落叶
	羊蹄甲属 <i>Bauhinia</i>	刀果鞍叶羊蹄甲 <i>Bauhinia brachycarpa</i>	常绿
	皂荚属 <i>Gleditsia</i>	华南皂荚 <i>Gleditsia fera</i>	落叶
		皂荚 <i>Gleditsia sinensis</i>	落叶
	香槐属 <i>Cladrastis</i>	翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i>	落叶
	崖豆藤属 <i>Millettia</i>	印度崖豆 <i>Millettia pulchra</i>	落叶
杜英科 Elaeocarpaceae	杜英属 <i>Elaeocarpus</i>	日本杜英 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	常绿
番荔枝科 Annonaceae	野独活属 <i>Miliusa</i>	野独活 <i>Miliusa chunii</i>	常绿
防己科 Menispermaceae	木防己属 <i>Cocculus</i>	樟叶木防己 <i>Cocculus laurifolius</i>	常绿
海桐花科	海桐花属 <i>Pittosporum</i>	短萼海桐 <i>Pittosporum brevicalyx</i>	常绿
		缝线海桐 <i>Pittosporum perryanum</i>	常绿
		广西海桐 <i>Pittosporum kwangsiense</i>	常绿
		四子海桐 <i>Pittosporum tonkinense</i>	常绿
红树科 Rhizophoraceae	竹节树属 <i>Carallia</i>	锯叶竹节树 <i>Carallia pectinifolia</i>	常绿
胡桃科 Juglandaceae	化香树属 <i>Platycarya</i>	圆果化香树 <i>Platycarya longipes</i>	落叶
	黄杞属 <i>Engelhardtia</i>	黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	常绿
	喙核桃属 <i>Annamocarya</i>	喙核桃 <i>Annamocarya sinensis</i>	落叶
虎耳草科	鼠刺属 <i>Itea</i>	厚叶鼠刺 <i>Itea coriacea</i>	常绿
	绣球属 <i>Hydrangea</i>	马桑绣球 <i>Hydrangea aspera</i>	落叶
虎皮楠科 Daphniphyllaceae	虎皮楠属 <i>Daphniphyllum</i>	木论虎皮楠 <i>Daphniphyllum longistylum</i>	常绿
桦木科 Betulaceae	鹅耳枥属 <i>Carpinus</i>	鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	落叶
		罗城鹅耳枥 <i>Carpinus luochengensis</i>	落叶
		岩生鹅耳枥 <i>Carpinus rupestris</i>	落叶
		云贵鹅耳枥 <i>Carpinus pubescens</i>	落叶
夹竹桃科 Apocynaceae	萝芙木属 <i>Rauvolfia</i>	萝芙木 <i>Rauvolfia verticillata</i>	常绿
金缕梅科 Hamamelidaceae	枫香树属 <i>Liquidambar</i>	枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	落叶
	欃木属 <i>Loropetalum</i>	欃木 <i>Loropetalum chinense</i>	落叶
	蚊母树属 <i>Distylium</i>	尖尾蚊母树 <i>Distylium cuspidatum</i>	常绿
		蚊母树 <i>Distylium racemosum</i>	常绿
菊科 Compositae	斑鸠菊属 <i>Vernonia</i>	树斑鸠菊 <i>Vernonia arborea</i>	常绿
壳斗科 Fagaceae	柯属 <i>Lithocarpus</i>	港柯 <i>Lithocarpus harlandii</i>	常绿
	栎属 <i>Quercus</i>	巴东栎 <i>Quercus engleriana</i>	常绿
	青冈属 <i>Cyclobalanopsis</i>	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	常绿
	锥属 <i>Castanopsis</i>	红锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	常绿
苦木科 Simaroubaceae	苦树属 <i>Picrasma</i>	苦树 <i>Picrasma quassoides</i>	落叶
楝科 Meliaceae	浆果楝属 <i>Cipadessa</i>	灰毛浆果楝 <i>Cipadessa cinerascens</i>	常绿
	楝属 <i>Melia</i>	楝 <i>Melia azedarach</i>	落叶
	麻楝属 <i>Chukrasia</i>	麻楝 <i>Chukrasia tabularis</i>	落叶

	香椿属 <i>Toona</i>	红椿 <i>Toona ciliata</i>	落叶
		香椿 <i>Toona sinensis</i>	落叶
罗汉松科 Podocarpaceae	罗汉松属 <i>Podocarpus</i>	百日青 <i>Podocarpus nerifolius</i>	常绿
马鞭草科 Verbenaceae	大青属 <i>Clerodendrum</i>	状元红 <i>Clerodendrum japonicum</i>	落叶
	牡荆属 <i>Vitex</i>	黄荆 <i>Vitex negundo</i>	落叶
		灰毛牡荆 <i>Vitex canescens</i>	落叶
	紫珠属 <i>Callicarpa</i>	白毛长叶紫珠 <i>Callicarpa longifolia</i>	落叶
		紫珠 <i>Callicarpa bodinieri</i>	落叶
马钱科 Loganiaceae	醉鱼草属 <i>Buddleja</i>	密蒙花 <i>Buddleja officinalis</i>	落叶
木兰科 Magnoliaceae	单性木兰属 <i>Kmeria</i>	单性木兰 <i>Kmeria septentrionalis</i>	常绿
	木兰属 <i>Magnolia</i>	木论木兰 <i>Magnolia mulunica</i>	常绿
木犀科 Oleaceae	梣属 <i>Fraxinus</i>	苦枥木 <i>Fraxinus insularis</i>	落叶
	女贞属 <i>Ligustrum</i>	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	常绿
		小蜡 <i>Ligustrum sinense</i>	常绿
		小叶女贞 <i>Ligustrum japonicum</i>	常绿
漆树科 Anacardiaceae	黄连木属 <i>Pistacia</i>	大叶清香木 <i>Pistacia</i> sp.*	常绿
		清香木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	常绿
		黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	落叶
	南酸枣属 <i>Choerospondias</i>	南酸枣 <i>Choerospondias axillaria</i>	落叶
	漆属 <i>Toxicodendron</i>	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	落叶
	盐肤木属 <i>Rhus</i>	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	落叶
槭树科 Aceraceae	槭属 <i>Acer</i>	都安槭 <i>Acer yinkunii</i>	常绿
		角叶槭 <i>Acer sycopseoides</i>	常绿
		天峨槭 <i>Acer wangchii</i>	常绿
茜草科 Rubiaceae	粗叶木属 <i>Lasianthus</i>	粗叶木 <i>Lasianthus chinensis</i>	落叶
	大沙叶属 <i>Pavetta</i>	香港大沙叶 <i>Pavetta hongkongensis</i>	常绿
	滇丁香属 <i>Luculia</i>	滇丁香 <i>Luculia intermedia</i>	常绿
	狗骨柴属 <i>Diplospora</i>	狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>	常绿
	鸡仔木属 <i>Sinoadina</i>	鸡仔木 <i>Sinoadina racemosa</i>	落叶
	九节属 <i>Psychotria</i>	九节 <i>Psychotria rubra</i>	常绿
	龙船花属 <i>Ixora</i>	白花龙船花 <i>Ixora henryi</i>	常绿
	乌口树属 <i>Tarenna</i>	白皮乌口树 <i>Tarenna depauperata</i>	常绿
		假桂乌口树 <i>Tarenna attenuata</i>	常绿
	鱼骨木属 <i>Canthium</i>	鱼骨木 <i>Canthium dicoccum</i>	落叶
	越南茜属 <i>Rubovietnamia</i>	长管越南茜 <i>Rubovietnamia aristata</i>	常绿
蔷薇科 Rosaceae	桂樱属 <i>Laurocerasus</i>	南方桂樱 <i>Laurocerasus australis</i>	常绿
	火棘属 <i>Pyracantha</i>	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	常绿
	枇杷属 <i>Eriobotrya</i>	枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	常绿
		小叶枇杷 <i>Eriobotrya seguinii</i>	常绿

	石楠属 <i>Photinia</i>	罗城石楠 <i>Photinia lochengensis</i>	常绿
		石楠 <i>Photinia serrulata</i>	常绿
		小叶石楠 <i>Photinia parvifolia</i>	落叶
	桃树 <i>Amygdalus</i>	野桃 <i>Amygdalus persica</i>	落叶
	樱属 <i>Cerasus</i>	钟花樱桃 <i>Cerasus campanulata</i>	落叶
清风藤科 <i>Sabiaceae</i>	泡花树属 <i>Meliosma</i>	贵州泡花树 <i>Meliosma henryi</i>	常绿
		山様叶泡花树 <i>Meliosma thorelii</i>	常绿
忍冬科 <i>Caprifoliaceae</i>	莢蒾属 <i>Viburnum</i>	短序莢蒾 <i>Viburnum brachybotrys</i>	常绿
		三脉叶莢蒾 <i>Viburnum triplinerve</i>	常绿
		珊瑚树 <i>Viburnum odoratissimum</i>	常绿
瑞香科 <i>Thymelaeaceae</i>	瑞香属 <i>Daphne</i>	白瑞香 <i>Daphne papyracea</i>	常绿
桑科 <i>Moraceae</i>	波罗蜜属 <i>Artocarpus</i>	胭脂 <i>Artocarpus tonkinensis</i>	落叶
	构属 <i>Broussonetia</i>	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	落叶
	榕属 <i>Ficus</i>	大叶水榕 <i>Ficus glaberrima</i>	落叶
		对叶榕 <i>Ficus hispida</i>	常绿
		黄葛树 <i>Ficus virens</i>	落叶
		毛果榕 <i>Ficus trichocarpa</i>	常绿
		苹果榕 <i>Ficus oligodon</i>	常绿
		水同木 <i>Ficus fistulosa</i>	常绿
		歪叶榕 <i>Ficus cyrtophylla</i>	常绿
		矮小天仙果 <i>Ficus erecta</i>	落叶
		斜叶榕 <i>Ficus tinctoria</i>	常绿
		小果榕 <i>Ficus gaspariniana</i> var. <i>viridescens</i>	落叶
	木姜子属 <i>Litsea</i>	毛叶木姜子 <i>Litsea mollis</i>	落叶
	桑属 <i>Morus</i>	桑树 <i>Morus alba</i>	落叶
山矾科 <i>Symplocaceae</i>	山矾属 <i>Symplocos</i>	越南山矾 <i>Symplocos cochinchinensis</i>	落叶
山榄科 <i>Sapotaceae</i>	铁榄属 <i>Sinosideroxylon</i>	革叶铁榄 <i>Sinosideroxylon wightianum</i>	落叶
		铁榄 <i>Sinosideroxylon pedunculatum</i>	落叶
山茱萸科 <i>Cornaceae</i>	梾木属 <i>Swida</i>	华南梾木 <i>Swida austrosinensis</i>	落叶
		小花梾木 <i>Swida parviflora</i>	落叶
省沽油科 <i>Staphyleaceae</i>	山香圆属 <i>Turpinia</i>	山香圆 <i>Turpinia montana</i>	常绿
柿科 <i>Ebenaceae</i>	柿属 <i>Diospyros</i>	无毛网脉柿 <i>Diospyros reticulinervis</i>	落叶
		小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	落叶
		野柿 <i>Diospyros kaki</i>	落叶
鼠李科 <i>Rhamnaceae</i>	苞叶木属 <i>Chaydaia</i>	苞叶木 <i>Chaydaia rubrinervis</i>	常绿
	鼠李属 <i>Rhamnus</i>	钩齿鼠李 <i>Rhamnus lamprophylla</i>	落叶
		紫背鼠李 <i>Rhamnus subapetala</i>	落叶
	枣属 <i>Ziziphus</i>	印度枣 <i>Ziziphus incurva</i>	常绿
	枳椇属 <i>Hovenia</i>	拐枣 <i>Hovenia acerba</i>	常绿

桃金娘科 Myrtaceae	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	红枝蒲桃 <i>Syzygium rehderianum</i>	常绿
		密脉蒲桃 <i>Syzygium chunianum</i>	常绿
	子楝树属 <i>Decaspermum</i>	子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	落叶
藤黄科 Guttiferae	藤黄属 <i>Garcinia</i>	金丝李 <i>Garcinia paucinervis</i>	常绿
卫矛科 Celastraceae	卫矛属 <i>Euonymus</i>	百齿卫矛 <i>Euonymus centidens</i>	常绿
		近心叶卫矛 <i>Euonymus subcordatus</i>	常绿
		裂果卫矛 <i>Euonymus dielsianus</i>	常绿
		疏花卫矛 <i>Euonymus laxiflorus</i>	常绿
无患子科 Sapindaceae	黄梨木属 <i>Boniodendron</i>	小叶柰树 <i>Boniodendron minus</i>	落叶
	柰树属 <i>Koelreuteria</i>	复羽叶柰树 <i>Koelreuteria bipinnata</i>	落叶
	伞花木属 <i>Eurycorymbus</i>	伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	落叶
	掌叶木属 <i>Handeliodendron</i>	掌叶木 <i>Handeliodendron bodinieri</i>	落叶
梧桐科 Sterculiaceae	翅子树属 <i>Pterospermum</i>	翻白叶树 <i>Pterospermum heterophyllum</i>	常绿
	苹婆属 <i>Sterculia</i>	粉苹婆 <i>Sterculia euosma</i>	落叶
		假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	常绿
		苹婆 <i>Sterculia nobilis</i>	常绿
	梭罗树属 <i>Reevesia</i>	梭罗树 <i>Reevesia pubescens</i>	落叶
	梧桐属 <i>Firmiana</i>	梧桐 <i>Firmiana platanifolia</i>	落叶
五加科 Araliaceae	楤木属 <i>Aralia</i>	楤木 <i>Aralia chinensis</i>	落叶
	鹅掌柴属 <i>Schefflera</i>	鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i>	常绿
	罗伞属 <i>Brassaiopsis</i>	罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	常绿
	树参属 <i>Dendropanax</i>	海南树参 <i>Dendropanax hainanensis</i>	常绿
	通脱木属 <i>Tetrapanax</i>	通脱木 <i>Tetrapanax papyrifer</i>	常绿
小檗科 Berberidaceae	十大功劳属 <i>Mahonia</i>	长柱十大功劳 <i>Mahonia duclouxiana</i>	常绿
	南天竹属 <i>Nandina</i>	南天竹 <i>Nandina domestica</i>	常绿
荨麻科 Urticaceae	水麻属 <i>Debregeasia</i>	水麻 <i>Debregeasia orientalis</i>	落叶
	苎麻属 <i>Boehmeria</i>	长序苎麻 <i>Boehmeria dolichostachya</i>	常绿
	紫麻属 <i>Oreocnide</i>	广西紫麻 <i>Oreocnide kwangsiensis</i>	常绿
		紫麻 <i>Oreocnide frutescens</i>	常绿
亚麻科 Linaceae	青篱柴属 <i>Tirpitzia</i>	米念芭 <i>Tirpitzia ovoidea</i>	常绿
		青篱柴 <i>Tirpitzia sinensis</i>	常绿
榆科 Ulmaceae	朴属 <i>Celtis</i>	假玉桂 <i>Celtis timorensis</i>	常绿
		朴树 <i>Celtis sinensis</i>	落叶
		紫弹树 <i>Celtis biondii</i>	落叶
远志科 Polygalaceae	远志属 <i>Polygala</i>	长毛籽远志 <i>Polygala wattersii</i>	常绿
芸香科 Rutaceae	花椒属 <i>Zanthoxylum</i>	椿叶花椒 <i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	落叶
		异叶花椒 <i>Zanthoxylum ovalifolium</i>	落叶
		竹叶花椒 <i>Zanthoxylum armatum</i>	落叶
	黄皮属 <i>Clausena</i>	齿叶黄皮 <i>Clausena dumriana</i>	落叶

	九里香属 <i>Murraya</i>	豆叶九里香 <i>Murraya euchrestifolia</i>	常绿
		千里香 <i>Murraya paniculata</i>	常绿
	山小橘属 <i>Glycosmis</i>	小花山小橘 <i>Glycosmis parviflora</i>	常绿
	吴茱萸属 <i>Evodia</i>	蜜棟吴萸 <i>Evodia lenticellata</i>	常绿
		三桠苦 <i>Evodia lepta</i>	常绿
	小芸木属 <i>Micromelum</i>	小芸木 <i>Micromelum integrerrimum</i>	常绿
	枳属 <i>Poncirus</i>	野桔子 <i>Poncirus polyandra</i>	常绿
樟科 <i>Lauraceae</i>	厚壳桂属 <i>Cryptocarya</i>	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya microcarpa</i>	常绿
	黄肉楠属 <i>Actinodaphne</i>	红果黄肉楠 <i>Actinodaphne cupularis</i>	常绿
	木姜子属 <i>Litsea</i>	黄丹木姜子 <i>Litsea elongata</i>	常绿
		剑叶木姜子 <i>Litsea lancifolia</i>	常绿
	楠属 <i>Phoebe</i>	圆叶豹皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i>	常绿
		白楠 <i>Phoebe neurantha</i>	常绿
		粗柄楠 <i>Phoebe crassipedicella</i>	常绿
		石山楠 <i>Phoebe calcarea</i>	常绿
		兴义楠 <i>Phoebe neurantha</i>	常绿
	琼楠属 <i>Beilschmiedia</i>	卵果琼楠 <i>Beilschmiedia ovoidea</i>	常绿
		琼楠 <i>Beilschmiedia intermedia</i>	常绿
	润楠属 <i>Machilus</i>	灰岩润楠 <i>Machilus calcieola</i>	常绿
		刨花润楠 <i>Machilus pauhoi</i>	常绿
		枇杷叶润楠 <i>Machilus bonii</i>	常绿
		润楠 <i>Machilus pingii</i>	常绿
	山胡椒属 <i>Lindera</i>	黑壳楠 <i>Lindera megaphylla</i>	常绿
		香粉叶 <i>Lindera pulcherrima</i>	常绿
		香叶树 <i>Lindera communis</i>	常绿
	樟属 <i>Cinnamomum</i>	川桂 <i>Cinnamomum wilsonii</i>	常绿
		华南桂 <i>Cinnamomum austrosinense</i>	常绿
		黄樟 <i>Cinnamomum porrectum</i>	常绿
		米槁 <i>Cinnamomum migao</i>	常绿
		岩樟 <i>Cinnamomum saxatile</i>	常绿
紫草科 <i>Boraginaceae</i>	破布木属 <i>Cordia</i>	破布木 <i>Cordia dichotoma</i>	落叶
紫金牛科 <i>Myrsinaceae</i>	杜茎山属 <i>Maesa</i>	杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	常绿
		毛穗杜茎山 <i>Maesa insignis</i>	常绿
	密花树属 <i>Rapanea</i>	广西密花树 <i>Rapanea kwangsiensis</i>	常绿
		密花树 <i>Rapanea nerifolia</i>	常绿
	铁仔属 <i>Myrsine</i>	针齿铁仔 <i>Myrsine semiserrata</i>	常绿
	紫金牛属 <i>Ardisia</i>	南方紫金牛 <i>Ardisia thrysiflora</i>	常绿
紫葳科 <i>Bignoniaceae</i>	菜豆树属 <i>Radermachera</i>	菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	落叶

\* 大叶清香木是新种, 无正式拉丁名。

\* The *Pistacia* sp. is a new species and has no formal Latin name.

12

14

16 附录4 木论25 ha森林动态监测样地六类群丛重要值前10位的物种

Appendix 4 Importance values of the top ten species in the six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

18

群丛 Associations	物种 Species	重要值 Importance value	群丛 Associations	物种 Species	重要值 Importance value
群丛I Association I	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya microcarpa</i>	38.4	群丛IV Association IV	圆果化香树 <i>Platycarya longipes</i>	9.8
	梔子皮 <i>Itoa orientalis</i>	9.5		滇丁香 <i>Luculia intermedia</i>	4.8
	香叶树 <i>Lindera communis</i>	6.1		齿叶黄皮 <i>Clausena dunniana</i>	4.1
	伞花木 <i>Eurycoma longifoliae</i>	4.9		火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	3.5
	枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	2.3		子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	2.7
	菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	1.8		小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	2.5
	石山楠 <i>Phoebe calcarea</i>	1.7		青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	2.5
	罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	1.6		小巴豆 <i>Croton tiglium</i>	2.3
	杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	1.5		小叶栾树 <i>Boniodendron minus</i>	2.2
	翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i>	1.4		密花树 <i>Rapanea nerifolia</i>	2.1
群丛II Association II	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya microcarpa</i>	11.9	群丛V Association V	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya microcarpa</i>	6.9
	灰岩棒柄花 <i>Cleidion bracteosum</i>	6.9		罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	4.2
	罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	6.6		伞花木 <i>Eurycoma longifoliae</i>	3.9
	长管越南茜 <i>Rubovietnamia aristata</i>	5.5		土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i>	3.1
	梔子皮 <i>Itoa orientalis</i>	4.4		梔子皮 <i>Itoa orientalis</i>	3.0
	菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	3.9		菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	2.9
	伞花木 <i>Eurycoma longifoliae</i>	3.3		香叶树 <i>Lindera communis</i>	2.7
	野独活 <i>Miliusa chunii</i>	3.0		麻棟 <i>Chukrasia tabularis</i>	2.5
	麻棟 <i>Chukrasia tabularis</i>	2.9		小叶栾树 <i>Boniodendron minus</i>	2.3
	麻疯桐 <i>Jatropha curcas</i>	2.3		广西海桐 <i>Pittosporum kwangsiense</i>	2.3
群丛III Association III	圆果化香树 <i>Platycarya longipes</i>	17.3	群丛VI Association VI	小叶栾树 <i>Boniodendron minus</i>	3.9
	密花树 <i>Rapanea nerifolia</i>	5.7		长管越南茜 <i>Rubovietnamia aristata</i>	3.2
	齿叶黄皮 <i>Clausena dunniana</i>	4.6		圆果化香树 <i>Platycarya longipes</i>	3.0
	米念芭 <i>Tirpitzia ovoidea</i>	3.0		滇丁香 <i>Luculia intermedia</i>	2.8
	巴东栎 <i>Quercus engleriana</i>	3.0		小巴豆 <i>Croton tiglium</i>	2.5
	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	2.9		子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	2.5
	清香木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	2.9		火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	2.5
	小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	2.3		小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	2.2
	小巴豆 <i>Croton tiglium</i>	2.2		翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i>	2.1
	子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	2.2		罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	2.1

20

22

**附录5 木论25 ha森林动态监测样地六类群丛指示值前5位的物种**

24 Appendix 5 Indicator value of the top five species in the six associations of 25 ha forest dynamic plot in Mulun

群丛 Associations	物种 Species	指示值 Indicator value	群丛 Associations	物种 Species	指示值 Indicator value
群丛I Association I	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya microcarpa</i>	53.27	群丛IV Association IV	滇丁香 <i>Luculia intermedia</i>	38.55
	梔子皮 <i>Itoa orientalis</i>	33.43		火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	32.06
	香叶树 <i>Lindera communis</i>	21.76		子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	25.38
	枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	18.69		朴树 <i>Celtis sinensis</i>	25.08
	剑叶木姜子 <i>Litsea lancifolia</i>	13.89		小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	24.54
群丛II Association II	灰岩棒柄花 <i>Cleidion bracteosum</i>	39.24	群丛V Association V	土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i>	25.98
	罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	36.79		伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	24.37
	麻疯桐 <i>Jatropha curcas</i>	33.32		野桐 <i>Mallotus japonicus</i>	24.08
	长管越南茜 <i>Rubovietnamia aristata</i>	23.82		千里香 <i>Murraya paniculata</i>	23.65
	野独活 <i>Miliusa chunii</i>	23.80		菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	22.06
群丛III Association III	角叶槭 <i>Acer sycopseoides</i>	68.97	群丛VI Association VI	小叶柰树 <i>Boniodendron minus</i>	30.52
	密花树 <i>Rapanea nerifolia</i>	66.81		小果榕 <i>Ficus gaspariniana</i> var. <i>viridescens</i>	28.67
	巴东栎 <i>Quercus engleriana</i>	59.54		小巴豆 <i>Croton tiglium</i>	27.48
	圆果化香树 <i>Platycarya longipes</i>	58.57		铁榄 <i>Sinosideroxylon pedunculatum</i>	27.17
	清香木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	51.03		鱼骨木 <i>Canthium dicoccum</i>	25.75

26



•研究报告•

# 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较

张田田<sup>1</sup> 王璇<sup>2</sup> 任海保<sup>2</sup> 余建平<sup>3</sup> 金毅<sup>1</sup>  
钱海源<sup>3</sup> 宋小友<sup>3</sup> 马克平<sup>2</sup> 于明坚<sup>1\*</sup>

1 (浙江大学生命科学学院, 杭州 310058)

2 (中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093)

3 (钱江源国家公园生态资源保护中心, 浙江开化 324300)

**摘要:** 常绿阔叶林为东亚亚热带地区的地带性植被, 对该地区的生物多样性维持和社会发展具有重要的意义。由于长期人类活动的影响, 目前我国分布的常绿阔叶林绝大部分为次生常绿阔叶林。探究次生与老龄常绿阔叶林群落特征的差异, 有利于了解人类干扰对亚热带常绿阔叶林的影响, 为其保护和恢复提供依据。本研究在古田山老龄与次生常绿阔叶林内共设置了29个0.04 ha样地, 比较两者在优势种组成、物种和功能多样性以及生物量等方面的差异。结果表明: (1)次生林与老龄林优势种组成相似, 二者均以甜槠(*Castanopsis eyrei*)、木荷(*Schima superba*)等典型常绿阔叶林优势种为主, 但这些树种在次生和老龄常绿阔叶林中的优势度次序不同。(2)整体而言, 次生林的Shannon-Wiener指数和功能离散度高于老龄林; 次生林与老龄林的物种Bray-Curtis指数和功能Sørensen指数均无显著差别。(3)就垂直层次而言, 次生林与老龄林在Shannon-Wiener指数和Bray-Curtis指数的差异主要体现在乔木层和灌木层。(4)就群落结构而言, 次生林的植株密度高于老龄林, 但群落水平和个体水平的生物量均显著小于老龄林。上述结果表明, 人类干扰改变了古田山常绿阔叶林群落的多个重要特征, 不同群落特征的恢复过程并不同步。因此, 对常绿阔叶林生物多样性和生态系统功能的保护和恢复需要从多个角度着手。

**关键词:** 老龄林; 次生林; 物种组成;  $\alpha$ 多样性;  $\beta$ 多样性; 功能性状; 生物量; 植株密度

## A comparative study on the community characteristics of secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests in Gutianshan, Zhejiang Province

Tiantian Zhang<sup>1</sup>, Xuan Wang<sup>2</sup>, Haibao Ren<sup>2</sup>, Jianping Yu<sup>3</sup>, Yi Jin<sup>1</sup>, Haiyuan Qian<sup>3</sup>, Xiaoyou Song<sup>3</sup>, Keping Ma<sup>2</sup>, Mingjian Yu<sup>1\*</sup>

1 College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058

2 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

3 Center of Ecology and Resources, Qianjiangyuan National Park, Kaihua, Zhejiang 324300

**Abstract:** Evergreen broad-leaved forests (EBLFs), which are the primary zonal vegetation of subtropical East Asia, shelter high biodiversity and contribute significantly to human welfare. Today, most EBLFs are secondary growth due to long-term human activity. The few remaining old-growth EBLFs are small, scattered patches. Understanding how secondary and old-growth EBLFs differ in their community characteristics would provide guidance for their conservation and restoration. Here, we compare the dominant species composition, species and functional diversity, and aboveground biomass between old-growth (fifteen 20 m × 20 m plots) and secondary (fourteen 20 m × 20 m plots) EBLFs in Gutianshan National Nature Reserve (GNNR). We found that: (1) Both old-growth and secondary EBLFs were dominated by the same set of

研究报告

收稿日期: 2019-02-28; 接受日期: 2019-09-01

基金项目: 科技部基础性工作专项(2015FY210200-17)和浙江省科技计划(2015C02016; 2017C02028)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: fishmj@zju.edu.cn

evergreen broad-leaved species, such as *Castanopsis eyrei* and *Schima superba*, but the species dominance order was inconsistent in the two forest types. (2) Secondary EBLFs had a higher Shannon-Wiener index value and greater functional dispersion than old-growth EBLFs, but neither the Bray-Curtis dissimilarity index values nor the functional Sørensen index values differed greatly between secondary and old-growth EBLFs. (3) When considering three vertical forest layers separately, the differences in the Shannon-Wiener and Bray-Curtis indices between secondary and old-growth EBLFs were mainly reflected in the tree and shrub layers. (4) Looking at the community structure overall, the stem density was greater in secondary EBLFs than old-growth EBLFs. Additionally, the community level and the individual level biomass were both lower in secondary EBLFs than old-growth EBLFs. These findings suggest that human disturbance has changed multiple characteristics of the EBLFs in GNNR, and their recovery process has been asymmetrical. Accordingly, any conservation plans to restore the biodiversity and ecosystem functioning in EBLFs should adopt a multi-faceted strategy.

**Key words:** old-growth forest; secondary forest; species composition;  $\alpha$  diversity;  $\beta$  diversity; functional trait; biomass; stem density

亚热带常绿阔叶林是世界主要森林植被类型之一，主要分布在中国，以中亚热带的常绿阔叶林最为典型(吴征镒, 1980; 王希华, 2006; 宋永昌, 2013; Jin et al, 2018)。亚热带常绿阔叶林区域约占中国国土面积的1/4，其结构复杂，生物多样性丰富，生态系统服务功能强，对中国社会经济的可持续发展及生态安全有着重要作用。由于长期的人类干扰，中国亚热带常绿阔叶林绝大部分退化为次生林或被改造为人工林，老龄林几乎丧失殆尽(吴征镒, 1980; 宋永昌等, 2005; Wang et al, 2007; Shang et al, 2014)。比较亚热带次生和老龄常绿阔叶林群落特征的差异，对次生常绿阔叶林植被恢复和生物多样性保护有重要意义。

人类干扰可影响森林生物多样性和群落结构，森林在受到干扰后的恢复过程受到关注(Bruelheide et al, 2011; Feng et al, 2014; Liu et al, 2016)。一方面，在干扰后的演替过程中，森林物种组成和多样性(Aiba et al, 2001)均可发生巨大变化，进而引起群落功能多样性(Biswas & Mallik, 2010; Hu et al, 2014)和生态系统功能(Huang et al, 2018)的改变；另一方面，干扰后，森林群落的生物量等特征会随演替进展发生变化(Pregitzer & Euskirchen, 2004; Ali et al, 2016)。已有研究表明，次生林的恢复过程受到干扰历史、地形等环境因素及生物因素的共同影响(Chazdon et al, 2007; Bruelheide et al, 2011)，不同群落常表现出不同的恢复速度，并且对于不同功能性状的物种，其组成和多样性的恢复速度也存在差异(Aiba et al, 2001; Martin et al, 2004; 冯广等, 2016)。处于不同演替阶段的次生林之间在物种组成、群落

结构等诸多方面存在差异，且因地区和次生林的恢复时间而异(包维楷和刘照光, 2002; 史景宁等, 2015)。但迄今关于次生与老龄常绿阔叶林群落的比较研究极少，以往在古田山进行的干扰历史和干扰强度对森林群落及其动态的影响研究均未涉及这一方面(Feng et al, 2014; 徐远杰等, 2014)。

古田山国家级自然保护区地处我国中亚热带东部，其地带性植被老龄常绿阔叶林在核心区内低海拔地区广泛分布，周围的缓冲区和实验区分布有更大面积的次生常绿阔叶林(于明坚等, 2001, 2019)，为比较研究亚热带次生和老龄常绿阔叶林群落特征提供了良好的材料。本文拟通过比较古田山次生和老龄常绿阔叶林群落的优势种组成、物种和功能多样性、植株密度和生物量的差异，探究两者物种组成和群落结构的差异，为亚热带常绿阔叶林的生物多样性保护和恢复提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

古田山国家级自然保护区( $29^{\circ}10' \text{--} 29^{\circ}17'$  N,  $118^{\circ}03' \text{--} 118^{\circ}11'$  E)地处黄山、怀玉、白际山脉交汇处，面积8,107 ha。该区属中亚热带湿润季风气候，年均温15.3℃，最热月均温28.9℃，最冷月均温4.1℃，年均降水量1,963.7 mm，年均降雨天数约140 d，无霜期约250 d (于明坚等, 2001)。土壤类型有红壤、红黄壤、黄红壤及高山草甸土，由于地形复杂，形成了多种小气候和植被类型(楼炉焕和金水虎, 2000; 胡正华等, 2003)，分布有中亚热带地区少见的大面积低海拔老龄常绿阔叶林(于明坚等, 2001)。通过查

阅资料和实地走访调查,我们将从未受到明显人类干扰、保存完好的森林群落认定为老龄林,将受到砍伐等人类干扰后经次生演替自然恢复的森林群落认定为次生林。次生林主要为1958年建立伐木场后,因用材需求皆伐后恢复的天然次生林。1975年古田山成立省级自然保护区后,人为砍伐现象得到控制(开化林业志编写组, 1988), 2001年成立国家级自然保护区并分区后完全禁止。确定了老龄林大概分布范围后,经估算发现保护区内老龄常绿阔叶林约占常绿阔叶林总面积的10%, 面积达到549 ha。

## 1.2 样地设置及调查方法

在保护区内选择有代表性的地点,共设置29个20 m × 20 m样地,其中老龄常绿阔叶林(以下简称老龄林)样地15个;次生常绿阔叶林(以下简称次生林)样地14个,样地间隔大于140 m。次生林位于保护区的实验区和缓冲区,距离村庄、道路等较近;老龄林主要位于核心区,人迹罕至,其中常保留有胸径较大、树高较高的植株(比如马尾松(*Pinus massoniana*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)和木荷(*Schima superba*)。为了解次生林恢复时间长度,利用Bruelheide等(2011)的公式,通过样地内胸径排名前五的乔木层个体的平均年龄推算出次生林林龄。每个样地被划分为16个5 m × 5 m小样方,以1 cm为起测胸径(离地1.3 m的主干直径),对样地内木本植物进行每木调查,测定坐标、胸径,并鉴定物种,部分样地还测定了植株高度。在每个样地中央位置记录经纬度和地形因子。地形因子包括海拔、坡度和坡向。此外,基于人类干扰程度的不同,将几乎未受人类干扰的样地划入老龄林,干扰强(如皆伐)的样地划分为次生林。

## 1.3 功能性状

群落内的生境因子会随演替过程发生变化,导致物种在光合效率、植株高度和传播方式等方面均发生显著改变(李庆康和马克平, 2002; 宋光满等, 2018)。因此,我们选择了叶生活型、生长型和传播方式3个物种水平上的功能性状(李庆康和马克平, 2002; R' Ehounková & Prach, 2010)。其中,叶生活型包括常绿阔叶、落叶阔叶和针叶;生长型包括灌木和乔木;传播方式包括动物传播(zoochory)、风力传播(anemochory)和自身传播(autochory)。

## 1.4 群落结构

部分样地缺少树高数据,我们利用Lin等(2012)

提供的方程通过胸径估算树高,未列出的其他物种利用近缘种公式来计算,若无近缘种,利用“其他树种”方程来估算。参考冀艳利<sup>①</sup>对古田山常绿阔叶林垂直层次的划分标准,根据树高将群落划分为三个层次:灌木层(< 5 m)、亚乔木层[5 m, 15 m)和乔木层(≥ 15 m)。

计算每个样地的植株密度(株/ha)。利用主要树种的生物量方程(附录1)估算每株植物的地上部分生物量,未列出的物种采用其近缘种的生物量方程估算;无近缘种的物种利用“其他树种”方程估算,这类物种约占总个体数的10%。

## 1.5 统计与分析方法

### 1.5.1 优势种组成

采用重要值(importance value, IV)衡量物种的优势度(宋永昌, 2016)。以样地群落数据为基础,分别计算老龄林和次生林的物种重要值。公式为 $IV = (Dr + Pr + Fr)/3$ 。其中,  $Dr$ 为相对多度(某个种的株数/全部种的总株数),  $Pr$ 为相对显著度(某个种的胸高断面积/全部种的胸高断面积),  $Fr$ 为相对频度(某个种在5 m × 5 m小样方的频度/全部种的总频度)。

### 1.5.2 物种和功能多样性指标

以Shannon-Wiener指数( $H'$ ) ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ,  $p_i$ 为物种相对多度)衡量物种 $\alpha$ 多样性。以Bray-Curtis指数衡量物种 $\beta$ 多样性(物种组成差异)。对老龄林和次生林进行稀疏化(rarefaction)分析,稀疏曲线能较为客观地反映个体数与物种丰富度的关系(黄冰, 2012)。

用功能离散度(functional dispersion, Fdis)衡量群落的功能 $\alpha$ 多样性(Lalibert & Legendre, 2010)。功能离散度反映了群落内功能性状的异质性,是指每个物种离所有物种功能性状多维空间质心的平均距离,并经物种相对多度加权,不受物种丰富度的影响(Laliberté & Legendre, 2010)。用Sørensen指数衡量功能 $\beta$ 多样性(功能组成差异)(Baselga, 2012),它通过逐对比较样地间的功能性状相异性,反映两个群落之间的总体 $\beta$ 多样性。物种间功能性状距离采用Gower距离计算(Gower, 1971)。

### 1.5.3 统计方法

采用Wilcoxon秩和检验(Wilcoxon rank-sum test)比较次生林与老龄林在Shannon-Wiener指数和

<sup>①</sup> 冀艳利 (2016) 古田山 24 ha 样地木本植物物种多样性及优势种群更新动态研究. 硕士学位论文,浙江师范大学,浙江金华.

功能离散度两个方面的差异。进一步，分别在乔木层、亚乔木层和灌木层比较次生林与老龄林间Shannon-Wiener指数的差异。采用卡方检验分析次生林和老龄林群落在各个功能群所占相对丰富度及相对多度的差异。利用线性回归模型控制地形因子作用，了解人类干扰对Shannon-Wiener指数和功能离散度的影响。地形因子中，坡向为环状变量，被分解为南北向(坡向的余弦值)和东西向(坡向的正弦值)分量。然后，选出AICc值最小的模型作为最优模型(附录2, 3)。采用Wilcoxon秩和检验评估老龄林与次生林内部及二者之间物种Bray-Curtis指数和功能Sørensen指数的差异(Borcard et al, 2011)。进一步利用偏Mantel检验的多元回归方法，在控制地形和地理距离影响的基础上，了解人类干扰对物种Bray-Curtis指数和功能Sørensen指数的影响。

通过Wilcoxon秩和检验比较次生林和老龄林间植株密度的差异，并分别比较次生林和老龄林在群落和个体水平的生物量差异。用Levene检验分析次生林和老龄林内个体水平生物量变异程度的差异。通过模型选择和线性回归模型，在考虑地形因素影响的同时，了解人类干扰对森林群落水平上生物量和植株密度的影响。进一步，用卡方检验分析次生林与老龄林生物量在三种功能性状组成上的差异。

为进一步了解林龄对群落结构特征的影响，利用一元线性回归模型，探究次生常绿阔叶林Shannon-Wiener指数、功能离散度、植株密度和地上部分生物量与林龄的线性关系。

所有数据分析均通过R 3.2.4软件(R Core Team,

2016)进行。其中稀疏曲线和nMDS分析采用vegan软件包(Oksanen et al, 2016)，地理距离计算采用fossil软件包(Matthew, 2012)，功能离散度计算采用FD软件包(Laliberté et al, 2014)，偏mantel检验采用phytools软件包(Revell, 2012)，线性回归模型的模型选择使用MuMIn软件包(Bartoń, 2017)。

## 2 结果

### 2.1 物种组成

29个0.04 ha样地共调查到木本植物50科95属164种，其中常绿阔叶植物85种，落叶阔叶植物77种，针叶植物2种。15个老龄林样地含木本植物42科77属123种，其中常绿阔叶植物71种，落叶阔叶植物50种，针叶植物2种，0.04 ha样地平均物种数为 $30.9 \pm 8.5$ ；14个次生林样地含40科78属133种，0.04 ha样地平均物种数为 $38.8 \pm 8.6$ ，其中常绿阔叶植物72种，落叶阔叶植物59种，针叶植物2种，次生林样地内物种数显著高于老龄林( $P < 0.05$ , Wilcoxon秩和检验)。

次生林和老龄林均具有明显优势种，且物种组成较为相似(表1)。二者的差异主要体现在优势种的次序，老龄林重要值前三位的乔木为甜槠、木荷和马尾松，灌木为马银花(*Rhododendron ovatum*)、格药柃(*Eurya muricata*)和鹿角杜鹃(*Rhododendron latoucheae*)；次生林重要值前三位的乔木为木荷、甜槠和青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)，灌木为櫟木(*Loropetalum chinense*)、格药柃和鹿角杜鹃。值得注意的是，杉木(*Cunninghamia lanceolata*)在次生林

**表1 古田山国家级自然保护区老龄和次生常绿阔叶林重要值排名前十的木本植物**

Table 1 Importance value (IV) of the top 10 dominant species in old-growth and secondary evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve

排名 Rank	老龄林 Old-growth forest	重要值 IV	排名 Rank	次生林 Secondary forest	重要值 IV
1	甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	17.22	1	木荷 <i>Schima superba</i>	16.86
2	木荷 <i>Schima superba</i>	9.09	2	甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	11.34
3	马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	5.00	3	格药柃 <i>Eurya muricata</i>	4.25
4	格药柃 <i>Eurya muricata</i>	3.63	4	櫟木 <i>Loropetalum chinense</i>	3.80
5	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	3.09	5	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	3.42
6	虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhami</i>	3.07	6	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	3.26
7	红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	2.54	7	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	2.46
8	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	2.45	8	鹿角杜鹃 <i>Rhododendron latoucheae</i>	2.23
9	毛花连蕊茶 <i>Camellia trichoclada</i>	2.41	9	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	2.22
10	鹿角杜鹃 <i>Rhododendron latoucheae</i>	2.12	10	马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	2.21

中的重要值排在前十位。

## 2.2 物种多样性和功能多样性

Wilcoxon秩和检验显示, 整体上次生林的Shannon-Wiener指数显著高于老龄林(图1A)。就垂直层次而言, 次生林灌木层的Shannon-Wiener指数显著高于老龄林, 而乔木层则显著低于老龄林, 但亚乔木层差异不显著(图2)。考虑地形影响后所选出的最优线性回归模型结果显示, 人类干扰和坡向对Shannon-Wiener指数有显著影响(表2, 附录2), 但次生林林龄与Shannon-Wiener指数并没有显著的线性相关关系(图3)。稀疏曲线显示取样个体数较少时,

次生林内单位个体包含的物种数大于老龄林, 次生林物种丰富度随个体数的增加而快速上升, 比老龄林更早达到平缓(图4)。另一方面, 次生林的功能离散度也显著高于老龄林(图1B); 但针对功能离散度的最优线性回归模型显示人类干扰的影响并不显著(表2, 附录3)。次生林所含常绿阔叶植物的相对丰富度和相对多度均低于老龄林, 落叶阔叶植物的相对丰富度高于老龄林, 而生长型和传播方式的不同功能群在次生林和老龄林所占的相对丰富度和相对多度均没有显著差异(附录4)。

Wilcoxon秩和检验发现次生林与老龄林的

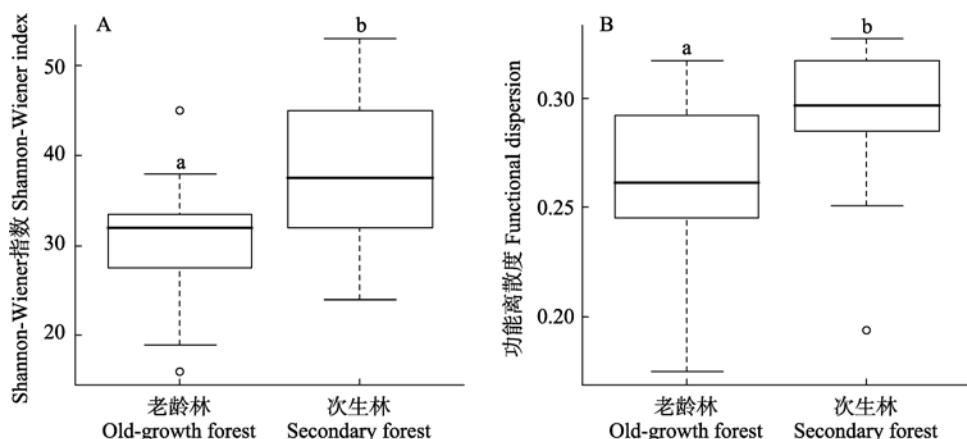


图1 古田山国家级自然保护区老龄和次生常绿阔叶林Shannon-Wiener指数(A)和功能离散度(B)的比较。若两个箱线图上方的字母不同, 则表明存在显著性差异( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon秩和检验,  $P$ 值通过Holm方法校正)。

Fig. 1 Comparisons of Shannon-Wiener index and functional dispersion between old-growth and secondary evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve. Different lower-case letters above the boxes indicate significant pairwise difference ( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon rank-sum test,  $P$  value was adjusted using the Holm method).

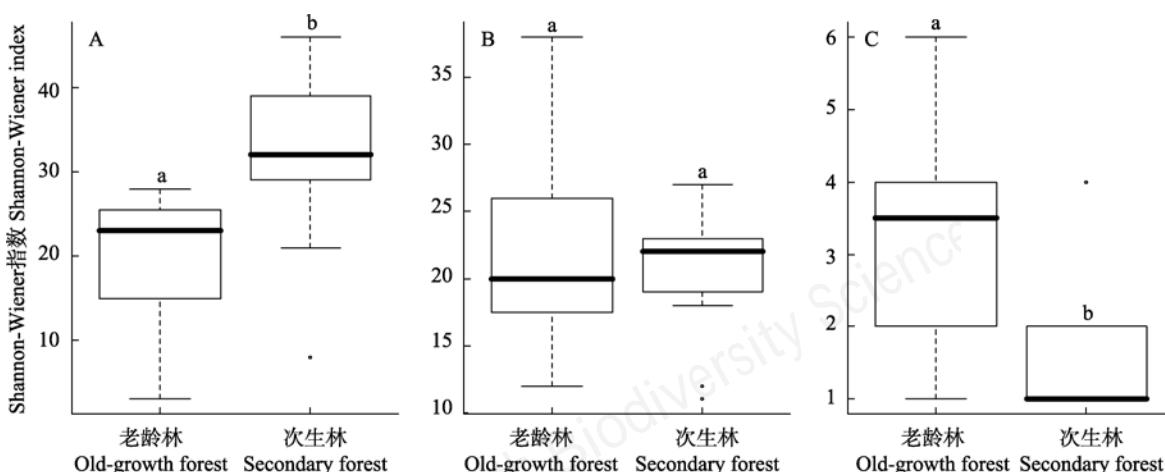


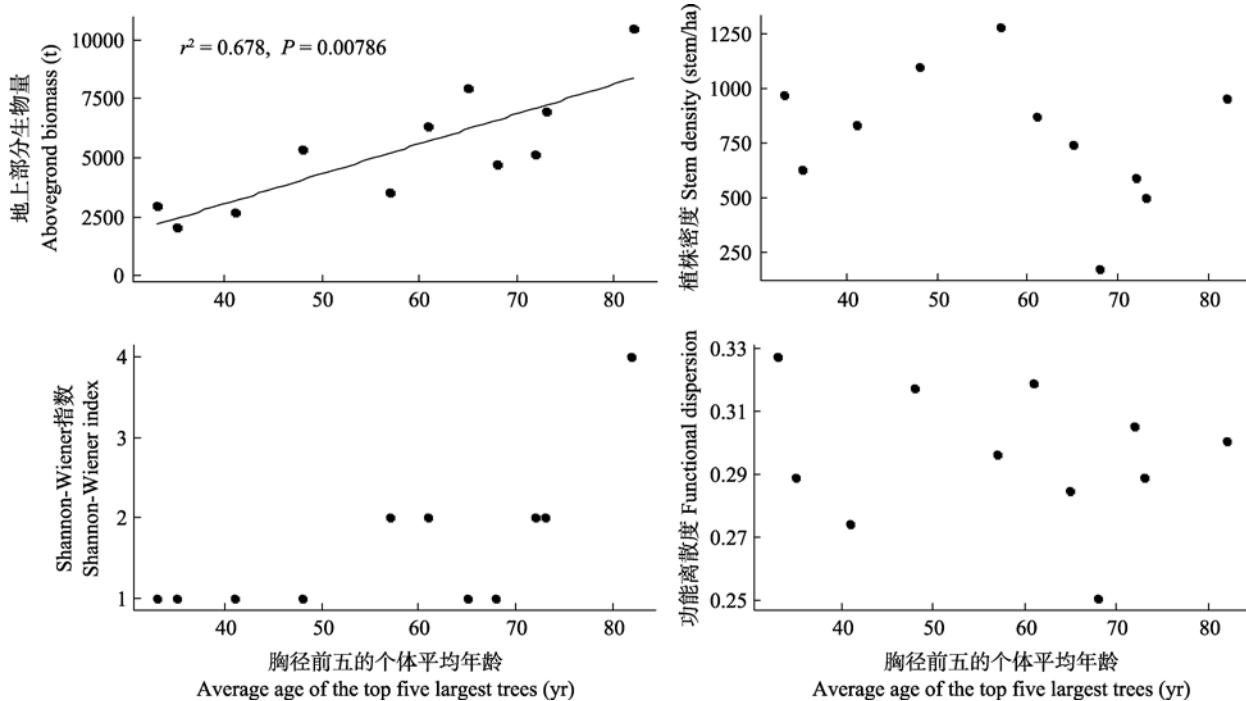
图2 古田山国家级自然保护区老龄和次生常绿阔叶林灌木层(A)、亚乔木层(B)和乔木层(C)的Shannon-Wiener指数比较。若两个箱线图上方的字母不同, 则表明存在显著性差异( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon秩和检验,  $P$ 值通过Holm方法校正)。

Fig. 2 Comparisons of Shannon-Wiener index of shrub layer (A), sub-tree layer (B) and tree layer (C) between old-growth and secondary evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve. Different lower-case letters above the boxes indicate significant pairwise difference ( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon rank-sum test,  $P$  value was adjusted using the Holm method).

**表2 古田山国家级自然保护区常绿阔叶林Shannon-Wiener指数和功能离散度与环境因子的关系。<sup>\*</sup>,  $P < 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>,  $P < 0.01$ ; <sup>\*\*\*</sup>,  $P < 0.001$ 。**

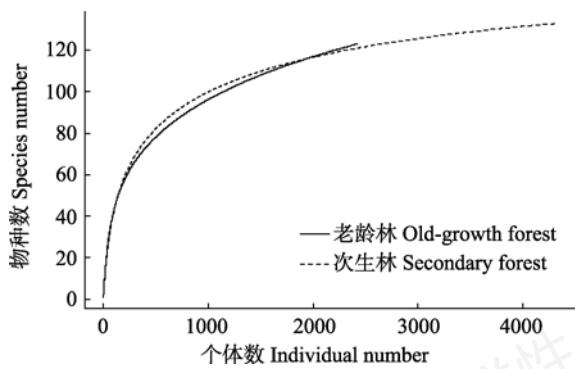
Table 2 Relationship between environmental factors and Shannon-Wiener index and functional dispersion of evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve. <sup>\*</sup>,  $P < 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>,  $P < 0.01$ ; <sup>\*\*\*</sup>,  $P < 0.001$ .

	Shannon-Wiener 指数	Functional dispersion
截距 Intercept	19.933***	0.1944***
人类干扰 Human disturbance	10.271**	0.0259
sin(坡向) sin(Aspect)		
cos(坡向) cos(Aspect)	-4.658*	
海拔 Elevation		0.0001
坡度 Slope		



**图3 古田山国家级自然保护区次生常绿阔叶林群落特征与林龄的线性回归模型结果**

Fig. 3 Linear regression model results of age effects on community structure of secondary evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve



**图4 古田山国家级自然保护区老龄林和次生林的物种稀疏曲线**

Fig. 4 Species rarefaction curves of old-growth forest and secondary forest in Gutianshan National Nature Reserve

Bray-Curtis 指数略有差异(图5A)。次生林间的 Bray-Curtis 指数显著低于次生林与老龄林间的 Bray-Curtis 指数，而老龄林间和次生林与老龄林间没有显著差异。针对功能β多样性的 Wilcoxon 秩和检验显示，次生林与老龄林间的功能 Sørensen 指数显著小于老龄林，但次生林与老龄林内没有显著差异(图5B)。进一步，用偏 Mantel 检验的多元回归方法控制地形和地理距离的影响后，发现人类干扰对物种 Bray-Curtis 指数和功能 Sørensen 指数的影响均不显著(附录5)。就垂直层次而言，次生林内灌木层的 Bray-Curtis 指数显著低于老龄林，乔木层则显著高于老龄林，但亚乔木层没有显著差异(图6)。

### 2.3 群落结构

次生林的植株密度( $773.9 \pm 277.9$  株/ha)显著高于老龄林( $404 \pm 163.9$  株/ha) ( $P < 0.001$ , Wilcoxon秩和检验)。线性回归结果显示, 控制地形影响后, 人类干扰对植株密度有显著影响(附录6, 表3)。但次生林的林龄与植株密度没有显著的线性相关性(图3)。

次生林0.04 ha样地的地上部分生物量( $5.25 \pm$

$2.31$  t)显著低于老龄林( $8.09 \pm 3.04$  t) ( $P < 0.01$ , Wilcoxon秩和检验)。次生林地上部分生物量随林龄的增加有显著增加的趋势(图3)。控制地形影响后, 人类干扰对地上生物量有显著影响(附录7, 表3)。次生林和老龄林在叶生活型、生长型和传播方式等不同功能群的生物量所占比例上均无显著差别(附录8)。另一方面, 次生林植株个体的生物量显著小于老龄林( $P < 0.001$ , Wilcoxon秩和检验), 但次生林个

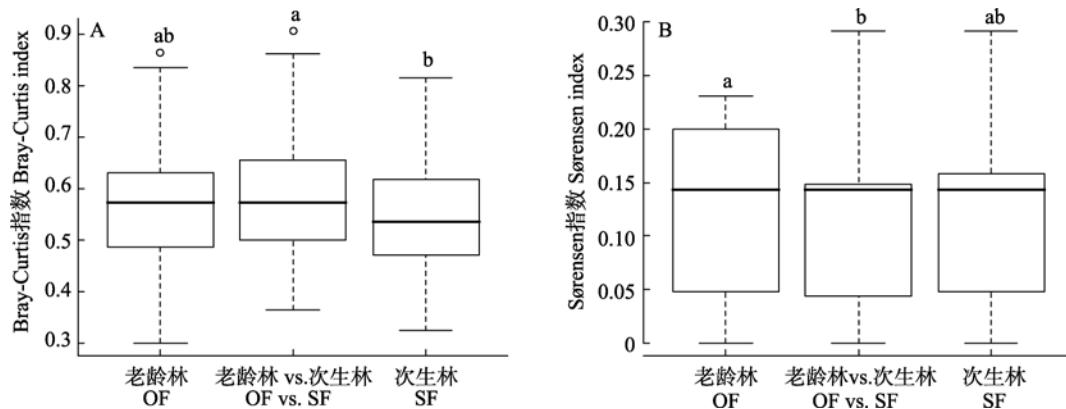


图5 古田山国家级自然保护区老龄和次生常绿阔叶林间物种Bray-Curtis指数(A)和功能Sørensen指数(B)比较。若两个箱线图上方的字母不同, 则表明存在显著性差异( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon秩和检验,  $P$ 值通过Holm方法校正)。

Fig. 5 Comparisons of species Bray-Curtis index (A) and functional Sørensen index (B) between old-growth and secondary evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve. Different lower-case letters above the boxes indicate significant pairwise difference ( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon rank-sum test,  $P$  value was adjusted using the Holm method). OF, Old-growth Forest; SF, Secondary Forest.

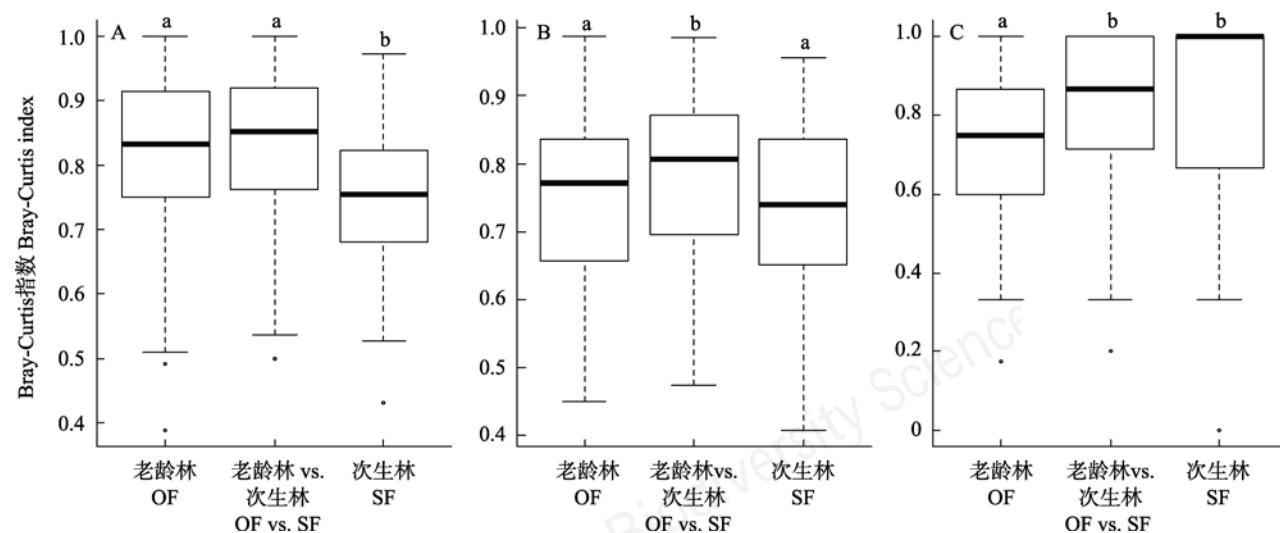


图6 古田山国家级自然保护区老龄和次生常绿阔叶林灌木层(A)、亚乔木层(B)和乔木层(C)的物种Bray-Curtis指数比较。若两个箱线图上方的字母不同, 则表明存在显著性差异( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon秩和检验,  $P$ 值通过Holm方法校正)。

Fig. 6 Comparisons of species Bray-Curtis index of shrub layer (A), sub-tree layer (B) and tree layer (C) between old-growth and secondary evergreen broad-leaved forests in Gutianshan National Nature Reserve. Different lower-case letters above the boxes indicate significant pairwise difference ( $P_{adj} < 0.05$ , Wilcoxon rank-sum test,  $P$  value was adjusted using the Holm method).

**表3 环境因子对样地植株密度和地上部分生物量影响的线性回归结果。<sup>\*</sup>,  $P < 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>,  $P < 0.01$ ; <sup>\*\*\*</sup>,  $P < 0.001$ 。**

Table 3 Linear regression model of environmental factors effects on aboveground biomass of each plot. <sup>\*</sup>,  $P < 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>,  $P < 0.01$ ; <sup>\*\*\*</sup>,  $P < 0.001$ .

	植株密度 Stem density	地上部分生物量 Aboveground biomass
截距 Intercept	-1.4915 <sup>**</sup>	7231.301 <sup>*</sup>
人类干扰 Human disturbance	1.0059 <sup>***</sup>	-2881.881 <sup>*</sup>
海拔 Elevation		6.135
sin (坡向) sin (Aspect)		
cos (坡向) cos (Aspect)		
坡度 Slope	-0.4319 <sup>**</sup>	

体水平生物量的变异程度与老龄林无显著差异。

### 3 讨论

以往很多研究探讨了人类干扰对常绿阔叶林演替过程中物种多样性(例如, Aiba et al, 2001; Bruelheide et al, 2011; 徐远杰等, 2014)或谱系多样性(例如, 宋凯等, 2011; Feng et al, 2014)的影响, 但仍缺乏对同地区人类干扰对常绿阔叶林群落特征影响的综合研究(Ding et al, 2012)。本文综合比较了古田山次生和老龄常绿阔叶林的群落特征, 发现人类干扰对于常绿阔叶林产生的影响是多元的。

#### 3.1 物种组成

次生林与老龄林的主要优势种虽然组成相似, 但各优势种重要值存在一些差异。例如, 木荷和甜槠虽然都是古田山常绿阔叶林的主要优势种(胡正华等, 2003), 但甜槠在老龄林中的重要值为木荷的近2倍, 而在次生林中则低于木荷。这可能是由于甜槠耐阴性较强, 在成熟林中更新能力强于木荷, 常在老龄林中占优势(徐学红等, 2005); 而木荷习性偏阳性且生长速度快, 在常绿阔叶林恢复过程中常作为先锋树种(宋永昌, 2013), 因此在次生林内的重要值更大。优势种组成的相似性说明次生林有向老龄林演替的潜力, 而其差异性则可能更多地指明了次生林演替的方向, 长期的群落监测有助于证实这个猜测。杉木是亚热带地区很好的用材树种, 在古田山保护区成立前, 当地村民大面积营造杉木人工林, 保护区建立后人工经营逐渐消失, 有一部分演替为常绿阔叶林, 但部分杉木个体尚存, 故在古田山的次生常绿阔叶林中尚有一定优势度(钱海源等,

2018; 于明坚等, 2019)。虎皮楠(*Daphniphyllum oldhami*)和红楠(*Machilus thunbergii*)也属于耐阴种, 它们在老龄林中的重要值分别占第六和第七位, 也显示了老龄林与次生林不同的干扰历史。

#### 3.2 物种多样性和功能多样性

次生林的Shannon-Wiener指数高于老龄林, 这与Aiba等(2001)发现日本南部常绿阔叶次生林物种 $\alpha$ 多样性大于老龄林吻合, 也与Wang等(2007)、农友等(2018)发现常绿阔叶林物种丰富度在演替中期达到峰值后下降的结果一致。垂直层次上, 次生林与老龄林的差异主要体现在灌木层和乔木层, 在亚乔木层则差异不显著。次生林灌木层的Shannon-Wiener指数较高, 而乔木层显著低于老龄林, 表明亚热带常绿阔叶林在演替后期会丢失一些灌木物种, 比如本研究中满山红(*Rhododendron mariesii*)、白背麸杨(*Rhus hypoleuca*)等植物在次生林中存在, 但在老龄林中未见; 而一些乔木层的演替后期优势种, 如钩栲(*Castanopsis tibetana*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)等物种只出现在老龄林, 而未见于次生林。进一步, 次生林的功能离散度显著高于老龄林, 反映了在演替后期常绿阔叶林中具有某些功能性状特征的物种可能会减少。物种稀疏曲线表明, 老龄林和次生林均受到生境异质性的较大影响(Stein et al, 2014)。次生林与老龄林物种丰富度的差异与取样尺度有关, 大面积的老龄林可能比次生林蕴含着更高的物种丰富度, 体现了森林群落物种多样性的空间异质性(芦伟等, 2018)。因此本研究中次生林 $\alpha$ 多样性显著高于老龄林可能是取样面积(0.04 ha)较小所致。

另一方面, 物种Bray-Curtis指数的比较结果显示次生林与老龄林间的物种组成差异显著高于次生林内。在不同垂直层次, 次生林与老龄林的物种Bray-Curtis指数也表现出显著差异。老龄林间的灌木层物种组成差异较大, 表明在常绿阔叶林演替进程的后期, 异质性生境条件对常绿阔叶林群落灌木层的物种组成有较大影响; 同时, 次生林间乔木层的物种Bray-Curtis指数显著高于老龄林, 说明随着林龄增长, 次生林间乔木层物种组成差异趋于减小(Ding et al, 2012; Purschke et al, 2013)。但控制地形和地理距离的影响后, 人类干扰对物种Bray-Curtis指数和功能Sørensen指数的影响均不显著, 说明次生林与老龄林物种和功能 $\beta$ 多样性的差异主要受到环境而非干扰历史的影响。

### 3.3 群落结构

生物量是重要的生态系统功能(Cardinale et al, 2011), 次生林在群落水平和个体水平的生物量均显著低于老龄林, 说明次生林的生态系统功能低于老龄林。次生林比老龄林具有更高的植株密度, 表明老龄林的生物量更多来源于大植株个体的贡献。另一方面, 随着林龄的增加, 次生林地上部分生物量呈增长趋势, 表明人类干扰对地上部分生物量有显著影响。本研究结果验证了Ali等(2016)认为林龄是中国东部亚热带次生林地上部分生物量的主要影响因素的观点, 我们由此推测, 在次生林向老龄林的演替进程中, 生物量在个体水平和群落水平都将有显著增长。

综上, 本研究显示人类干扰对古田山的常绿阔叶林产生了多角度的影响: 亚热带常绿阔叶林在受到干扰后, 次生林整体的物种组成和功能组成恢复较快, 但就不同垂直层次而言, 其灌木层和乔木层的物种组成特征仍与老龄林有差异; 并且次生林植株密度和地上部分生物量等群落结构特征与老龄林也有显著差异。因此, 次生林在演替后期可能会减少部分物种和功能多样性, 将补充更典型的常绿阔叶林优势种, 形成更低的植株密度, 并提高地上部分生物量。

**致谢:** 浙江大学王月霞、骆杨青等同学参与古田山野外调查、数据录入等工作, 郑朝宗教授对植物识别进行指导, 仲磊和巫东豪博士生对本文数据分析提供宝贵建议; 赖正标、赖祯熙等师傅在野外调查工作中付出辛勤劳动, 在此致谢。同时, 向附录引用的地上生物量计算公式的研究者致谢!

### 参考文献

- Aiba S, Hill DA, Agetsuma N (2001) Comparison between old-growth stands and secondary stands regenerating after clear-felling in warm-temperate forests of Yakushima, southern Japan. *Forest Ecology and Management*, 140, 163–175.
- Ali A, Yan ER, Chen HY, Zhao YT, Yang XD, Xu MS (2016) Relative contribution of stand characteristics on carbon stocks in subtropical secondary forests in Eastern China. *Biogeosciences*, 13, 4627–4635.
- Bao WK, Liu ZG (2002) Community features of the primary and naturally secondary evergreen broad-leaved forests in Mt. Wawu in Sichuan, China. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 8, 120–126. (in Chinese with English abstract) [包维楷, 刘照光 (2002) 四川瓦屋山原生和次生常绿阔叶林的群落学特征. 应用与环境生物学报, 8, 120–126.]
- Bartoń K (2017) MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.42.1. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>. (accessed on 2019-02-25)
- Baselga A (2012) The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology & Biogeography*, 21, 1223–1232.
- Biswas SR, Mallik AU (2010) Disturbance effects on species diversity and functional diversity in riparian and upland plant communities. *Ecology*, 91, 28–35.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P (translated by Lai JS) (2011) *Numerical Ecology with R*. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [赖江山(译) (2014) 数量生态学: R语言的应用. 高等教育出版社, 北京.]
- Bruelheide B, Hobnke M, Both S, Tang F, Assmann T, Baruffol M, Bauhus J, Buscot F, Chen XY, Ding BY, Durka W, Erfmeier A, Fischer M, Geißler C, Guo DL, Guo LD, Härdtle W, He JS, Hector A, Kröber W, Kühn P, Lang AC, Nadrowski K, Pei KQ, Scherer-Lorenzen M, Shi XZ, Scholten T, Schuldt A, Trogisch S, von Oheimb G, Welk E, Wirth C, Wu YT, Yang XF, Zeng XQ, Zhang SR, Zhou HZ, Ma KP, Schmid B (2011) Community assembly during secondary forest succession in a Chinese subtropical forest. *Ecological Monographs*, 81, 25–41.
- Cardinale BJ, Matulich KL, Hooper DU, Byrnes JE, Duffy E, Gamfeldt L, Balvanera P, O'Connor MI, Gonzalez A (2011) The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98, 572–592.
- Chazdon RL, Letcher SG, Van Breugel M, Martínez-Ramos M, Bongers F, Bryan F (2007) Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362, 273–289.
- Ding Y, Zang RG, Letcher SR, Liu SR, He FL (2012) Disturbance regime changes the trait distribution, phylogenetic structure and community assembly of tropical rain forests. *Oikos*, 121, 1263–1270.
- Editorial Board of Kaihua Forests (1988) *Forestry Chorography in Kaihua County*. Zhejiang People's Publishing House, Hangzhou. (in Chinese) [开化林业志编写组 (1988) 开化林业志. 浙江人民出版社, 杭州.]
- Feng G, Ai XR, Yao L, Liu JC, Huang YT, Lin Y (2016) Dynamics of natural restoration of subtropical evergreen-deciduous broadleaved mixed forests in southwest Hubei Province and influencing factors. *Scientia Silvae Sinicae*, 52(8), 1–9. (in Chinese with English abstract) [冯广, 艾训儒, 姚兰, 刘峻城, 黄永涛, 林勇 (2016) 鄂西南亚热带常绿落叶阔叶混交林的自然恢复动态及其影响因素. 林业科学, 52(8), 1–9.]
- Feng G, Svenning JC, Mi XC, Jia Q, Rao MD, Ren HB, Bebbert

- 研究报告
- DP, Ma KP (2014) Anthropogenic disturbance shapes phylogenetic and functional tree community structure in a subtropical forest. *Forest Ecology & Management*, 313, 188–198.
- Gower JC (1971) A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27, 857–871.
- Hu G, Jin Y, Liu JL, Yu MJ (2014) Functional diversity versus species diversity: Relationships with habitat heterogeneity at multiple scales in a subtropical evergreen broad-leaved forest. *Ecological Research*, 29, 897–903.
- Hu ZH, Yu MJ, Ding BY, Fang T, Qian HY, Chen QC (2003) Types of evergreen broad-leaved forests and their species diversity in Gutian Mountain National Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 9, 341–345. (in Chinese with English abstract) [胡正华, 于明坚, 丁炳扬, 方腾, 钱海源, 陈启瑞 (2003) 古田山国家级自然保护区常绿阔叶林类型及其群落物种多样性研究. 应用与环境生物学报, 9, 341–345.]
- Huang B (2012) Rarefaction and its application to the study of diversity of palaeocommunities. *Acta Palaeontologica Sinica*, 51, 200–208. (in Chinese with English abstract) [黄冰 (2012) 浅谈稀疏标准化方法(Rarefaction)及其在群落多样性研究中的应用. 古生物学报, 51, 200–208.]
- Huang YT, Zhang X, Zang RG, Fu SL, Ai XR, Yao L, Ding Y, Huang JH, Lu XH (2018) Functional recovery of a subtropical evergreen-deciduous broadleaved mixed forest following clear cutting in Central China. *Scientific Reports*, 8, 16458.
- Jin Y, Russo SE, Yu MJ (2018) Effects of light and topography on regeneration and coexistence of evergreen and deciduous tree species in a Chinese subtropical forest. *Journal of Ecology*, 106, 1634–1645.
- Laliberté E, Legendre P (2010) A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91, 299–305.
- Laliberté E, Legendre P, Shipley B (2014) FD: Measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12. <https://CRAN.R-project.org/package=FD/>. (accessed on 2019-02-25)
- Li QK, Ma KP (2002) Advances in plant succession ecophysiology. *Acta Phytocologica Sinica*, 26(Suppl.), 9–19. (in Chinese with English abstract) [李庆康, 马克平 (2002) 植物群落演替过程中植物生理生态学特性及其主要环境因子的变化. 植物生态学报, 26(增刊), 9–19.]
- Lin DM, Lai JS, Muller-Landau HC, Mi XC, Ma KP (2012) Topographic variation in aboveground biomass in a subtropical evergreen broad-leaved forest in China. *PLoS ONE*, 7, e48244.
- Lin DM, Pang M, Lai JS, Mi XC, Ren HB, Ma KP (2017) Multivariate relationship between tree diversity and aboveground biomass across tree strata in a subtropical evergreen broad-leaved forest. *Chinese Science Bulletin*, 17, 1861–1868. (in Chinese with English abstract) [林敦梅, 庞梅, 赖江山, 米湘成, 任海保, 马克平 (2017) 亚热带常绿阔叶林不同林层物种多样性与地上生物量的多变量关系. 科学通报, 17, 1861–1868.]
- Liu JL, Qian H, Jin Y, Wu CP, Chen JH, Yu SQ, Wei XL, Jin XF, Liu JJ, Yu MJ (2016) Disentangling the drivers of taxonomic and phylogenetic beta diversities in disturbed and undisturbed subtropical forests. *Scientific Reports*, 6, 35926.
- Lou LH, Jin SH (2000) Spermatophyta flora of Gutianshan Nature Reserve in Zhejiang. *Journal of Beijing Forestry University*, 22(5), 33–39. (in Chinese with English abstract) [楼炉焕, 金水虎 (2000) 浙江古田山自然保护区种子植物区系分析. 北京林业大学学报, 22(5), 33–39.]
- Lu W, Yu JP, Ren HB, Mi XC, Chen JH, Ma KP (2018) Spatial variations in species diversity of mid-subtropical evergreen broad-leaved forest community in Gutianshan National Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 26, 1023–1028. (in Chinese with English abstract) [芦伟, 余建平, 任海保, 米湘成, 陈建华, 马克平 (2018) 古田山中亚热带常绿阔叶林群落物种多样性的空间变异特征. 生物多样性, 26, 1023–1028.]
- Matthew JV (2012) fossil: Palaeoecological and Palaeogeographical Analysis Tools. R package version 0.3.7. <https://CRAN.R-project.org/package=fossil/>. (accessed on 2019-02-25)
- Martin PH, Sherman RE, Fahey TJ (2004) Forty years of tropical forest recovery from agriculture: Structure and floristics of secondary and old-growth riparian forests in the Dominican Republic. *Biotropica*, 36, 297–317.
- Nong Y, Lu LH, You JH, Lei LQ, Wang YN, Li H, Yang GF (2018) The plant diversity and biomass of trees in different successional stages of secondary forest of south subtropical. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 38(12), 83–88. (in Chinese with English abstract) [农友, 卢立华, 游建华, 雷丽群, 王亚南, 李华, 杨桂芳 (2018) 南亚热带不同演替阶段次生林植物多样性及乔木生物量. 中南林业科技大学学报, 38(12), 83–88.]
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H (2016) vegan: Community Ecology Package. R package Version 2.3-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan/>. (accessed on 2019-02-25)
- Pregitzer KS, Euskirchen ES (2010) Carbon cycling and storage in world forests: Biome patterns related to forest age. *Global Change Biology*, 16, 2052–2077.
- Purschke O, Schmid BC, Sykes MT, Poschlod P, Michalski SG, Durka W, Kühn I, Winter M, Prentice HC (2013) Contrasting changes in taxonomic, phylogenetic and functional diversity during a long-term succession: Insights into assembly processes. *Journal of Ecology*, 101, 857–866.
- Qian HY, Zhang TT, Chen SW, Wu DH, Wu CP, Yuan WG, Jin Y, Yu MJ (2018) Community structures and biodiversities of broad-leaved forest and two types of plantations in Gutianshan National Nature Reserve, Zhejiang Province.

- Guihai, 38, 115–125. (in Chinese with English abstract) [钱海源, 张田田, 陈声文, 巫东豪, 吴初平, 袁位高, 金毅, 于明坚 (2018) 古田山自然保护区阔叶林与两种人工林的群落结构和生物多样性. 广西植物, 38, 115–125.]
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>. (accessed on 2019-02-25)
- R' Ehounková K, Prach K (2010) Life-history traits and habitat preferences of colonizing plant species in long-term spontaneous succession in abandoned gravel-sand pits. Basic and Applied Ecology, 11, 45–53.
- Revell LJ (2012) phytools: An R Package for Phylogenetic Comparative Biology (and other things), <https://CRAN.R-project.org/package=phytools/>. (accessed on 2019-02-25)
- Shang KK, Zhang QP, Da LJ, Hara K, Yang YC, Fujihara M, Tomita M, Zhao Y (2014) Effects of natural and artificial disturbance on landscape and forest structure in Tiantong National Forest Park, East China. Landscape and Ecological Engineering, 10, 163–172.
- Shi JN, Li W, Meng JH (2016) A comparison between tropical primary and secondary forests on Hainan Island. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 22, 271–276. (in Chinese with English abstract) [史景宁, 李微, 孟京辉 (2016) 海南岛热带原始天然林和次生林对比分析. 应用与环境生物学报, 22, 271–276.]
- Song GM, Han TT, Hong L, Zhang LL, Li XB, Ren H (2018) Advances in the studies of plant functional traits during succession. Ecological Science, 37, 207–213. (in Chinese with English abstract) [宋光满, 韩涛涛, 洪岚, 张玲玲, 李晓波, 任海 (2018) 演替过程中植物功能性状研究进展. 生态科学, 37, 207–213.]
- Song K, Mi XC, Jia Q, Ren HB, Bebber D, Ma KP (2011) Variation in phylogenetic structure of forest communities along a human disturbance gradient in Gutianshan forest, China. Biodiversity Science, 19, 190–196. (in Chinese with English abstract) [宋凯, 米湘成, 贾琪, 任海保, Bebber D, 马克平 (2011) 不同程度人为干扰对古田山森林群落谱系结构的影响. 生物多样性, 19, 190–196.]
- Song YC (2013) Evergreen Broad-leaved Forests in China. Science Press, Beijing. (in Chinese) [宋永昌 (2013) 中国常绿阔叶林. 科学出版社, 北京.]
- Song YC (2016) Vegetation Ecology, 2nd edn. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [宋永昌 (2016) 植被生态学(第二版). 高等教育出版社, 北京.]
- Song YC, Chen XY, Wang XH (2005) Study on evergreen broad-leaved forests of China: A retrospect and prospect. Journal of East China Normal University (Natural Science), (1), 1–8. (in Chinese with English abstract) [宋永昌, 陈小勇, 王希华 (2005) 中国常绿阔叶林研究的回顾与展望. 华东师范大学学报(自然科学版), (1), 1–8.]
- Stein A, Gerstner K, Kreft H (2014) Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. Ecology Letters, 17, 866–880.
- Wang XH (2006) The Phytogeography and Species Diversity of Typical Evergreen Broad-leaved Forest in China. PhD dissertation, East China Normal University, Shanghai. (in Chinese with English abstract) [王希华 (2006) 中国典型常绿阔叶林植物地理与物种多样性研究. 博士学位论文, 华东师范大学, 上海.]
- Wang XH, Kent M, Fang XF (2007) Evergreen broad-leaved forest in Eastern China: Its ecology and conservation and the importance of resprouting in forest restoration. Forest Ecology and Management, 245, 76–87.
- Wu YY, Guo CZ, Ni J (2014) Dynamics of major forest vegetations in Tiantong National Forest Park during the last 30 years. Chinese Journal of Applied Ecology, 25, 1547–1554. (in Chinese with English abstract) [吴洋洋, 郭纯子, 倪健 (2014) 天童国家森林公园主要森林植被过去30年的动态变化. 应用生态学报, 25, 1547–1554.]
- Wu ZY (1980) Vegetation of China. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒 (1980) 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Xu XH, Yu MJ, Hu ZH, Li MH, Zhang FG (2005) The structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* population in Gutian Mountain Nature Reserve in Zhejiang, East China. Acta Ecologica Sinica, 25, 645–653. (in Chinese with English abstract) [徐学红, 于明坚, 胡正华, 李铭红, 张方钢 (2005) 浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态. 生态学报, 25, 645–653.]
- Xu YJ, Lin DM, Mi XC, Ren HB, Ma KP (2014) Recovery dynamics of secondary forests with different disturbance intensity in the Gutianshan National Nature Reserve. Biodiversity Science, 22, 358–365. (in Chinese with English abstract) [徐远杰, 林敦梅, 米湘成, 任海保, 马克平 (2014) 古田山不同干扰程度森林的群落恢复动态. 生物多样性, 22, 358–365.]
- Yu MJ, Hu ZH, Yu JP, Ding BY, Fang T (2001) Forest vegetation types in Gutianshan Nature Reserve in Zhejiang. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Science), 27, 375–380. (in Chinese with English abstract) [于明坚, 胡正华, 余建平, 丁炳扬, 方腾 (2001) 浙江古田山自然保护区森林植被类型. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 27, 375–380.]
- Yu MJ, Qian HY, Yu JP (2019) Research of Biodiversity in Gutianshan. Zhejiang Science and Technology Press, Hangzhou (in press). (in Chinese) [于明坚, 钱海源, 余建平 (2019) 古田山生物多样性研究. 浙江科学技术出版社, 杭州(排版中).]

(责任编辑: 米湘成 责任编辑: 黄祥忠)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 主要物种地上部分生物量异速生长方程

Appendix 1 Allometric equations for aboveground biomass of main species

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-1.pdf>

### 附录2 环境因子对Shannon-Wiener指数影响的线性回归模型选择结果

Appendix 2 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on Shannon-Wiener index of each plot

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-2.pdf>

### 附录3 环境因子对功能离散度影响的线性回归模型选择结果

Appendix 3 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on functional dispersion of each plot

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-3.pdf>

### 附录4 次生与老龄常绿阔叶林3种功能性状的相对丰富度和相对多度比较

Appendix 4 Comparisons of relative richness and relative abundance of three functional traits between secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-4.pdf>

### 附录5 古田山常绿阔叶林物种组成和功能组成与环境因子的关系

Appendix 5 Relationship between environmental factors and species composition and functional composition of evergreen broad-leaved forest in Gutianshan National Nature Reserve

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-5.pdf>

### 附录6 环境因子对样地植株密度影响的线性回归模型选择结果

Appendix 6 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on stem density of each plot

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-6.pdf>

### 附录7 环境因子对样地地上部分生物量影响的线性回归模型选择结果

Appendix 7 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on aboveground biomass of each plot

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-7.pdf>

### 附录8 次生林与老龄林间3种功能性状地上部分生物量所占比例的比较

Appendix 8 Comparisons of proportion of total aboveground biomass between secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019059-8.pdf>

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

#### 附录1 主要物种地上部分生物量异速生长方程。AGB: 地上部分生物量; D: 胸径; H: 树高。

Appendix 1 Allometric equations for aboveground biomass of main species. AGB, Aboveground biomass (kg); D, Diameter at breast height (cm); H, Tree height (m).

物种 Species	方程 Equations	R <sup>2</sup>	参考文献 Reference
木荷 <i>Schima superba</i>	$AGB = 0.07103 \times (D^2 \times H)^{0.91}$	0.96	Lin et al, 2012
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	$AGB = 0.1359 \times (D^2 \times H)^{0.79}$	0.91	Lin et al, 2012
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	$AGB = 0.08542 \times (D^2 \times H)^{0.91}$	0.93	Lin et al, 2012
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	$AGB = 0.0453 \times D^{1.716} + 0.037 \times D^{2.4599} + 0.1565 \times D^{2.2772}$	0.98	Lin et al, 2012
小叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>	$AGB = 0.1019 \times e^{0.1387D} + 0.0358 \times D^{2.4556} + 0.3152 \times D^{2.016}$	0.96	Lin et al, 2012
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>	$AGB = 0.06491 \times (D^2 \times H)^{0.92}$	0.98	Lin et al, 2012
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	$AGB = 0.04268 \times (D^2 \times H)^{0.98}$	0.99	Lin et al, 2012
栎属 <i>Quercus</i>	$AGB = 0.1199 \times (D^2 \times H)^{0.8509}$	0.99	Lin et al, 2012
拟赤杨 <i>Ahniphyllum fortunei</i>	$AGB = 0.8003 \times (D^2 \times H)^{0.5276} + 0.1768 \times (D^2 \times H)^{0.5648} + 0.564 \times (D^2 \times H)^{0.3191}$	0.95	Lin et al, 2012
櫟木 <i>Loropetalum chinense</i>	$AGB = 0.1599 \times D^{2.35119}$	0.99	Lin et al, 2012
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	$AGB = 0.3323 \times D^{1.7874}$	0.96	Lin et al, 2012
鹿角杜鹃 <i>Rhododendron latoucheae</i>	$AGB = 0.2212 \times D^{1.9932}$	0.92	Lin et al, 2012
其他物种 Other species	$AGB = 0.09459 \times (D^2 \times H)^{0.87}$	0.91	Lin et al, 2012
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	$AGB = 0.0508 \times D^{2.665}$	0.952	Chen et al, 2013
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	$AGB = 0.05115184 \times (D^2 \times H)^{0.9280}$	0.998	杨同辉等, 2007
细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i>	$AGB = 0.08151426 \times (D^2 \times H)^{0.9598}$	0.998	杨同辉等, 2007
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	$AGB = 0.060143 \times (D^2 \times H)^{0.9274}$	0.961	刘其霞等, 2005
枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	$AGB = 0.034514 \times (D^2 \times H)^{1.0037}$	0.955	刘其霞等, 2005
格药柃 <i>Eurya muricata</i>	$AGB = 0.7059 \times 0.313375 \times \pi \times D^2$	0.939	Ali et al, 2014
窄基红褐柃 <i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	$AGB = 0.7 \times 0.30405 \times \pi \times D^2$	0.964	Ali et al, 2014
毛花连蕊茶 <i>Camellia trichoclada</i>	$AGB = 0.7234 \times 0.30405 \times \pi \times D^2$	0.914	Ali et al, 2014
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>	$AGB = 0.7848 \times (-1 + 0.39728 \times \pi \times D^2)$	0.926	Ali et al, 2014
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	$AGB = 0.7797 \times 0.2062 \times \pi \times D^2$	0.942	Ali et al, 2014
江南越桔 <i>Vaccinium mandarinorum</i>	$AGB = 0.7 \times 0.29192 \times \pi \times D^2$	0.978	Ali et al, 2014
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	$AGB = 0.7 \times (-6 + 1.35732 \times \pi \times D^2)$	0.997	Ali et al, 2014
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	$AGB = 0.7 \times (0.04 + 0.28075 \times \pi \times D^2)$	0.947	Ali et al, 2014
钩栲 <i>Castanopsis tibetana</i>	$AGB = 0.094 \times (D^2 \times H)^{0.8799}$	0.97	左舒翟等, 2015
猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	$AGB = 0.1614 \times (D^2 \times H)^{0.7802}$	0.92	左舒翟等, 2015
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhami</i>	$AGB = 0.0975 \times (D^2 \times H)^{0.8657}$	0.94	左舒翟等, 2015
乳源木莲 <i>Manglietia fordiana</i>	$AGB = 0.0584 \times (D^2 \times H)^{0.9003}$	0.95	左舒翟等, 2015
杨桐 <i>Adinandra millettii</i>	$AGB = e^{(-3.83 + 1.99 \times \ln(D) + 0.860 \times \ln(H))}$	0.99	Ali et al, 2015
柿 <i>Diospyros kaki</i>	$AGB = e^{(-5.57 + 1.89 \times \ln(D) + 1.16 \times \ln(H) + 2.72 \times 0.53)}$	0.99	Ali et al, 2015
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	$AGB = e^{(-3.51 + 2.59 \times \ln(D))}$	0.99	Ali et al, 2015
褐叶青冈 <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i>	$AGB = e^{(-3.67 + 3.07 \times \ln(D))}$	0.98	Ali et al, 2015
樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	$AGB = 0.175374 \times (D^2 \times H)^{0.819874} - 0.184736 \times (D^2 \times H)^{0.616421}$	0.96	姚迎九等, 2003
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	$AGB = 0.06291 \times D^{2.4841}$	0.972	庄红蕾等, 2012

#### 参考文献

Ali A, Ma WJ, Yang XD, Sun BW, Xu MS (2014) Biomass and carbon stocks in schima superba dominated subtropical

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

- forests of eastern china. Journal of Forest Science, 60, 198–207.
- Ali A, Xu MS, Zhao YT, Zhang QQ, Zhou LL, Yang XD, Yan ER (2015) Allometric biomass equations for shrub and small tree species in subtropical China. Silva Fennica. 49, 1–10.
- Chen GS, Yang ZJ, Gao R, Xie JS, Guo JF, Huang ZQ, Yang YS (2013) Carbon storage in a chronosequence of chinese fir plantations in southern china. Forest Ecology and Management, 300, 68–76.
- Lin DM, Lai JS, Muller-Landau HC, Mi XC, Ma KP (2012) Topographic Variation in Aboveground Biomass in a Subtropical Evergreen Broad-Leaved Forest in China. PLoS ONE, 7(10), e48244.
- Liu QX, Chang J, Jiang B, Yuan WG, Qi LZ, Zhu JR, Ge Y, Shen Q (2005) The biomass of the evergreen broad-leaved ecological public-welfare forests in Zhejiang, East China. Acta Ecologica Sinica, 25, 11–16. (in Chinese with English abstract) [刘其霞, 常杰, 江波, 袁位高, 戚连忠, 朱锦茹, 葛滢, 沈琪 (2005) 浙江省常绿阔叶生态公益林生物量. 生态学报, 25, 11–16.]
- Yang TH, Da LJ, Song K, Li XP (2007) Study on the correlation between volume and biomass of main tree species in the evergreen broadleaved forest of Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 34, 110–112. (in Chinese with English abstract) [杨同辉, 达良俊, 宋坤, 李修鹏 (2007) 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成树种材积与生物量相关关系探讨. 福建林业科技, 34, 110–112.]
- Yao YJ, Kang WX, Tian DL Study of the Biomass and Productivity of *Cinnamomum camphora* Plantation. Journal of Central South Forestry University, 23, 1–5. (in Chinese with English abstract) [姚迎九, 康文星, 田大伦 (2003) 18 年生樟树人工林生物量的结构与分布. 中南林业科技大学学报, 23, 1–5.]
- Zhuang HL, Becuwe X, Xiao CB, Wang YH, Wang H, Yin S, Liu CJ (2012) Allometric Equation-Based Estimation of Biomass Carbon Sequestration in Metasequoia glyptostroboides Plantations in Chongming Island, Shanghai, Journal of Shanghai Jiaotong University(Agricultural Science), 30(2), 48–55. (in Chinese with English abstract) [庄红蕾, Xavier Becuwe, 肖春波, 王月华, 王海, 殷杉, 刘春江 (2012) 上海崇明岛水杉人工林生物量方程构建及固碳潜力研究. 上海交通大学学报(农业科学版), 30(2), 48–55.]
- Zuo SZ, Ren Y, Weng X, Ding HF, Luo YJ (2015) Biomass allometric equations of nine common tree species in an evergreen broadleaved forest of subtropical China. Chinese Journal of Applied Ecology, 26, 356–362. (in Chinese with English abstract) [左舒瞿, 任引, 翁闲, 丁洪峰, 罗云建 (2015) 亚热带常绿阔叶林 9 个常见树种的生物量相对生长模型. 应用生态学报, 26, 356–362.]

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

**附录2 环境因子对Shannon-Wiener指数影响的线性回归模型选择结果。最优模型以粗体标出。AICc, 根据样本数量修正过后的AIC值; delta, 模型与AICc最小模型间的AICc值差异; weight, 模型为最优模型的概率。**  
**Appendix 2 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on Shannon-Wiener index of each plot. The best supported model is in bold. AICc, AIC corrected by limited sample size; delta, difference in AICc between the model and the parsimonious model; weight, possibility of the model being the best supported model.**

截距	cos(坡向)	海拔	sin(坡向)	坡度	人类干扰	自由度	AICc	delta	weight
Intercept	cos(Aspect)	Elevation	sin(Aspect)	Slope	Human disturbance	df			
<b>20.06</b>	<b>-4.658</b>				<b>10.27</b>	4	<b>208.8</b>	<b>0</b>	<b>0.252</b>
26.66	-5.208			-0.148	9.153	5	209.4	0.6	0.187
13.43	-4.994	0.0106			10.37	5	210.3	1.49	0.12
22.95					7.919	3	211.1	2.26	0.081
20.09	-4.655		0.137		10.26	5	211.7	2.94	0.058
21.51	-5.303	0.0063		-0.120	9.423	6	212.2	3.36	0.047
26.81	-5.207		0.378	-0.149	9.107	6	212.6	3.78	0.038
27.75				-0.102	6.954	4	212.8	4.02	0.034
18.39		0.0075			7.871	4	213.1	4.35	0.029
13.33	-5	0.0107	-0.179		10.39	6	213.5	4.69	0.024
23			0.218		7.9	4	213.8	4.96	0.021
40.43				-0.175		3	214.6	5.83	0.014
34.69						2	214.7	5.88	0.013
42.39	-3.495			-0.221		4	214.8	6.05	0.012
24.12		0.0044		-0.082	7.116	5	215.6	6.78	0.009
21.66	-5.301	0.0062	0.152	-0.121	9.399	7	215.7	6.87	0.008
27.9			0.392	-0.104	6.906	5	215.7	6.93	0.008
18.39		0.0075	-2.000E-04		7.871	5	216.1	7.29	0.007
34.98	-2.293					3	216.1	7.35	0.006
29.75		0.0081				3	216.6	7.81	0.005
34.75			0.625			3	217.1	8.32	0.004
40.57			0.834	-0.176		4	217.2	8.43	0.004
39.23		0.0016		-0.168		4	217.3	8.52	0.004
42.56	-3.514		0.919	-0.223		5	217.6	8.84	0.003
40.74	-3.511	0.0022		-0.211		5	217.7	8.95	0.003
29.05	-2.58	0.0097				4	218	9.2	0.003
24.36		0.0043	0.236	-0.084	7.081	6	218.8	9.98	0.002
35.05	-2.298		0.645			4	218.8	9.99	0.002
29.91		0.0079	0.396			4	219.3	10.49	0.001
39.78		0.001	0.798	-0.172		5	220.2	11.36	0.001
41.34	-3.524	0.0016	0.864	-0.216		6	220.8	12.03	0.001
29.2	-2.577	0.01	0.369			5	220.9	12.12	0.001

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

**附录3 环境因子对功能离散度影响的线性回归模型选择结果。最优模型以粗体标出。AICc, 根据样本数量修正过后的AIC值; delta, 模型与AICc最小模型间的AICc值差异; weight, 模型为最优模型的概率。**

Appendix 3 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on functional dispersion of each plot. The best supported model is in bold. AICc, AIC corrected by limited sample size; delta, difference in AICc between the model and the parsimonious model; weight, possibility of the model being the best supported model.

截距	cos(坡向)	海拔	sin(坡向)	坡度	人类干扰	自由度	AICc	delta	weight
Intercept	cos(Aspect)	Elevation	sin(Aspect)	Slope	Human disturbance	df			
<b>0.194</b>		<b>7.22E-05</b>			0.026	<b>4</b>	<b>-107.2</b>	<b>0</b>	<b>0.135</b>
0.238					0.026	3	-106.5	0.67	0.097
0.303				-7.889E-04		3	-105.7	1.47	0.065
0.232		<b>7.38E-05</b>				3	-105.5	1.62	0.06
0.265				-5.711E-04	0.021	4	-105.5	1.68	0.059
0.199		6.81E-05	0.008		0.025	5	-105	2.14	0.046
0.277						2	-105	2.19	0.045
0.24			0.01		0.025	4	-104.9	2.26	0.044
0.305			0.012	-8.167E-04		4	-104.6	2.53	0.038
0.215		<b>6.11E-05</b>		-2.918E-04	0.023	5	-104.6	2.54	0.038
0.264		<b>5.19E-05</b>		-5.715E-04		4	-104.4	2.8	0.033
0.197	0.003	<b>7.04E-05</b>			0.024	5	-104.3	2.83	0.033
0.241	0.005				0.024	4	-104.1	3.06	0.029
0.269			0.011	-6.102E-04	0.02	5	-104	3.19	0.028
0.276	0.011					3	-103.8	3.33	0.026
0.234	0.009	<b>6.83E-05</b>				4	-103.8	3.36	0.025
0.236		<b>6.91E-05</b>	0.009			4	-103.7	3.4	0.025
0.278			0.012			3	-103.7	3.44	0.024
0.299	0.007			-6.998E-04		4	-103.5	3.61	0.022
0.272		<b>4.42E-05</b>	0.011	-6.281E-04		5	-102.7	4.45	0.015
0.265	0.003			-5.440E-04	0.02	5	-102.7	4.5	0.014
0.224		<b>5.41E-05</b>	0.009	-3.559E-04	0.022	6	-102.4	4.74	0.013
0.277	0.011		0.011			4	-102.4	4.75	0.013
0.244	0.005		0.01		0.023	5	-102.3	4.86	0.012
0.301	0.007		0.012	-7.305E-04		5	-102.2	4.92	0.012
0.261	0.006	<b>5.08E-05</b>		-4.918E-04		5	-101.9	5.21	0.01
0.202	0.003	<b>6.61E-05</b>	0.008		0.024	6	-101.9	5.22	0.01
0.238	0.009	<b>6.34E-05</b>	0.01			5	-101.8	5.33	0.009
0.216	0.002	<b>6.04E-05</b>		-2.761E-04	0.022	6	-101.5	5.69	0.008
0.27	0.003		0.011	-5.828E-04	0.018	6	-100.9	6.27	0.006
0.269	0.006	<b>4.32E-05</b>	0.011	-5.498E-04		6	-100	7.13	0.004
0.225	0.002	<b>5.33E-05</b>	0.009	-3.396E-04	0.021	7	-99	8.19	0.002

<sup>\*</sup>,  $P < 0.05$ ; <sup>\*\*</sup>,  $P < 0.01$ ; <sup>\*\*\*</sup>,  $P < 0.001$ 。

<sup>2</sup> Appendix 4 Comparisons of relative richness and relative abundance of three functional traits between secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests (Old-growth forests/ Secondary forests). \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*\*\*,  $P < 0.001$ .

4

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

附录5 古田山常绿阔叶林物种组成和功能组成与环境因子的关系。\*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*\*\*,  $P < 0.001$ 。  
Appendix 5 Relationship between environmental factors and species composition and functional composition of evergreen broad-leaved forest in Gutianshan National Nature Reserve. \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*\*\*,  $P < 0.001$ .

12

变量 Variables	物种组成 Species composition	功能组成 Functional composition
截距 Intercept	0.544	0.131
地理距离 Geographical distance	-0.001	-0.004
海拔 Elevation	8.530E-05	4.000E-07
坡度 Slope	-3.483E-04	7.350E-05
cos(坡向) cos (Aspect)	-0.001	-0.002
sin(坡向) sin(Aspect)	0.01	-0.004
人类干扰 Human disturbance	0.027*	0.004

14

附录6 环境因子对样地植株密度影响的线性回归模型选择结果。最优模型以粗体标出。AICc, 根据样本数量修正过后的AIC值; delta, 模型与AICc最小模型间的AICc值差异; weight, 模型为最优模型的概率。

Appendix 6 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on stem density of each plot.

The best supported model is in bold. AICc, AIC corrected by limited sample size; delta, difference in AICc between the model and the parsimonious model; weight, possibility of the model be the best supported model.

20

截距	cos(坡向)	海拔	sin(坡向)	坡度	人类干扰	自由度	AICc	delta	weight
Intercept	cos(Aspect)	Elevation	sin(Aspect)	Slope	Human disturbance	df			
<b>-1.491</b>				-0.432	1.006	<b>4</b>	<b>65.4</b>	<b>0</b>	<b>0.314</b>
-1.437			0.201	-0.448	0.969	5	65.4	0	0.314
-1.396		-0.109	0.217	-0.497	0.942	6	67.8	2.47	0.092
-1.468		-0.069		-0.462	0.99	5	68	2.67	0.083
-1.504	-0.015			-0.435	1.014	5	68.3	2.93	0.073
-1.449	-0.014		0.201	-0.451	0.977	6	68.5	3.2	0.064
-1.476	-0.01	-0.068		-0.464	0.996	6	71.2	5.87	0.017
-1.402	-0.006	-0.108	0.217	-0.498	0.945	7	71.3	5.98	0.016
-1.885					1.271	3	72.5	7.2	0.009
-1.852			0.168		1.249	4	73.8	8.46	0.005
-1.878		0.114			1.267	4	74.6	9.25	0.003
-1.821	0.065				1.228	4	75.1	9.72	0.002
7.67E-17			0.242	-0.604		4	75.7	10.36	0.002
7.02E-17				-0.592		3	75.7	10.39	0.002
-1.849		0.095	0.157		1.247	5	76.3	10.94	0.001
-1.785	0.068		0.169		1.204	5	76.5	11.19	0.001
7.53E-17		-0.177	0.267	-0.677		5	77.4	12.02	0.001
-1.830	0.049	0.107			1.234	5	77.4	12.09	0.001
6.95E-17	0.128			-0.557		4	77.8	12.41	0.001
6.86E-17		-0.132		-0.645		4	77.8	12.44	0.001
7.60E-17	0.123		0.239	-0.571		5	78	12.61	0.001
-1.795	0.054	0.088	0.159		1.21	6	79.4	14.01	0
7.44E-17	0.128	-0.181	0.265	-0.644		6	79.8	14.44	0
6.78E-17	0.133	-0.137		-0.611		5	80	14.62	0
-3.35E-17						2	85.7	20.39	0
-2.21E-17	0.278					3	85.9	20.57	0
-2.97E-17			0.211			3	86.9	21.57	0
-1.84E-17	0.276		0.209			4	87.2	21.87	0
-2.30E-17		0.127				3	87.8	22.42	0
-1.51E-17	0.265	0.09				4	88.4	23.02	0
-2.14E-17		0.103	0.199			4	89.3	23.96	0
-1.35E-17	0.267	0.066	0.201			5	90	24.67	0

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

附录7 环境因子对样地地上部分生物量影响的线性回归模型选择结果。最优模型以粗体标出。AICc, 根据样本数量修正过后的AIC值; delta, 模型与AICc最小模型间的AICc值差异; weight, 模型为最优模型的概率。

Appendix 7 Results of comparison of linear model of environmental factors effects on aboveground biomass of each plot. The best supported model is in bold. AICc, AIC corrected by limited sample size; delta, difference in AICc between the model and the parsimonious model; weight, possibility of the model be the best supported model.

截距	cos(坡向)	海拔	sin(坡向)	坡度	人类干扰	自由度	AICc	delta	weight
Intercept	cos(Aspect)	Elevation	sin(Aspect)	Slope	Human disturbance	df			
<b>7,231</b>	<b>6.135</b>				<b>-2,882</b>	<b>4</b>	<b>545.7</b>	<b>0</b>	<b>0.282</b>
10,930					-2,843	3	547	1.33	0.145
13,050				-45.09	-3,267	4	548	2.3	0.089
7,001	6.352	-437.3			-2,845	5	548.2	2.57	0.078
8,668	5.355			-20.62	-3,071	5	548.3	2.6	0.077
7,426	195.7	6.014			-2,980	5	548.5	2.86	0.068
11,170	385.9				-3,038	4	549.4	3.75	0.043
10,880			-253.8		-2,820	4	549.6	3.93	0.04
13,090	225.7			-43.11	-3,363	5	550.8	5.14	0.022
12,980			-179.2	-44.47	-3,246	5	550.9	5.19	0.021
8,277	5.649	-386.9	-17.93	-3,014		6	551.2	5.52	0.018
3,072	5.949					3	551.3	5.62	0.017
7,186	182.1	6.236	-430.8		-2,937	6	551.4	5.7	0.016
8,740	145.4	5.305		-19.57	-3,134	6	551.4	5.77	0.016
6,719						2	551.7	6.03	0.014
11,120	382.1		-247.1		-3,014	5	552.2	6.58	0.01
2,838		6.241	-580.5			4	553.5	7.83	0.006
2,937	-497.9	6.274				4	553.5	7.86	0.006
2,150		6.577		16.33		4	553.8	8.15	0.005
13,020	225.3		-178.6	-42.49	-3,341	6	554	8.29	0.004
6,681		-399				3	554	8.32	0.004
6,759	-313.4					3	554	8.36	0.004
7,089			-11.23			3	554.1	8.44	0.004
8,349	140.1	5.599	-384.7	-16.94	-3,075	7	554.7	9	0.003
2,699	-502.7	6.571	-585.7			5	556	10.29	0.002
1,715		7.015	-626.2	19.57		5	556.2	10.52	0.001
2,344	-450.6	6.655		10.73		5	556.4	10.73	0.001
6,721	-310.7		-396.3			4	556.5	10.85	0.001
7,315	-403.5			-16.54		4	556.5	10.88	0.001
7,023			-386.7	-10.37		4	556.6	10.95	0.001
1,910	-441.1	7.086	-617.9	14.04		6	559	13.37	0
7,247	-395.8		-377.1	-15.59		5	559.3	13.63	0

张田田, 王璇, 任海保, 余建平, 金毅, 钱海源, 宋小友, 马克平, 于明坚. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1069–1080. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019059>

**附录8 次生林与老龄林间3种功能性状地上部分生物量所占比例的比较(%)**

Appendix 8 Comparisons of proportion of total aboveground biomass between secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests (%)

叶生活型 Leaf life forms			生长型 Growth forms		传播方式 Dispersal vector		
常绿阔叶 Evergreen broad-leaved plant	落叶阔叶 Deciduous broad-leaved plant	针叶 Needle plant	乔木 Tree	灌木 Shrub	动物传播 Zoochory	风力传播 Anemochory	自身传播 Autochory
老齡林 Old-growth forest	86.37	9.55	4.08	78.47	21.53	66.67	6.01
次生林 Secondary forest	83.27	11.64	6.04	87.31	12.69	64.83	6.66



•研究报告•

# 长江上游支流南广河的鱼类多样性及资源现状

代梦梦<sup>1</sup> 杨 坤<sup>2</sup> 黎 树<sup>1</sup> 王小东<sup>1</sup> 宋昭彬<sup>1,3\*</sup>

1(四川大学生命科学学院四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室, 成都 610065)

2(西华师范大学生态研究院, 四川南充 637009)

3(四川大学生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610065)

**摘要:** 南广河是长江上游一级支流, 为全面了解该河流的鱼类多样性, 作者于2017年11月至2018年9月在南广河干流及支流28个采样点进行了6次调查, 共采集鱼类64种, 隶属于5目13科48属, 其中四川省重点保护鱼类有鲈鲤(*Percocypris pingi*)和岩原鲤(*Procypris rabaudi*)2种, 长江上游特有鱼类17种, 列入《中国脊椎动物红色名录》的濒危和易危的鱼类有9种。南广河现有分布鱼类以小型种类为主, 宽鳍鱲(*Zacco platypus*)和鲤(*Cyprinus carpio*)为优势种。南广河鱼类多样性总体较高, Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数及Pielou均匀度指数分别为6.57、3.10、0.93、0.74; 中游河段的鱼类种类和数量较丰富, 分别占渔获物总种类和总数量的65.63%和28.98%; 支流镇舟河的鱼类种类和数量也较丰富, 分别占37.50%和20.48%。南广河不同河段的鱼类种类组成具有明显差异, 大坝建设和过度捕捞可能影响了鱼类分布并导致其资源量下降。

**关键词:** 南广河; 物种多样性; 鱼类资源; 优势种

## Fish diversity and resource status in the Nanguang River, a tributary of upper Yangtze River

Mengmeng Dai<sup>1</sup>, Kun Yang<sup>2</sup>, Shu Li<sup>1</sup>, Xiaodong Wang<sup>1</sup>, Zhaobin Song<sup>1,3\*</sup>

1 Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology on Endangered Wildlife, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065

2 Institute of Ecology, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009

3 Key Laboratory of Bio-Resources and Eco-Environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065

**Abstract:** Nanguang River is a tributary of upper Yangtze River that provides important resources and food to various communities. To understand the current status of fish diversity within Nanguang River, we sampled the river and its primary tributaries six times from November 2017 to September 2018. A total of 64 fish species were collected, two of which (*Percocypris pingi* and *Procypris rabaudi*) are protected fish in Sichuan Province, 17 species were endemic to the upper Yangtze River, and 9 were listed as endangered or vulnerable species in *Red List of China's Vertebrates*. The most dominant fish were small in size, of which *Zacco platypus* and *Cyprinus carpio* were most dominant. Additionally, the Nanguang River fish community possess considerable diversity based on Margalef species richness index, Shannon-Wiener diversity index, Simpson dominance index, and Pielou evenness index values. While there are obvious differences in fish composition across different reaches of the Nanguang River, dam construction and overfishing may have considerably impacted fish distribution and fish resources, the results of which our investigation presents.

**Key words:** Nanguang River; species diversity; fish resources; dominant species

南广河是长江上游一级支流, 古称符黑水、符江, 发源于云南省威信县大雪山北麓, 流经云南省

威信县, 四川省珙县、筠连县和高县, 在宜宾市南广镇汇入长江。该河干流全长约222 km, 流域面积

收稿日期: 2019-08-20; 接受日期: 2019-11-02

基金项目: 四川省水产局科研项目(17H0836)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zbsong@scu.edu.cn

约4,800 km<sup>2</sup>, 主要支流有宋江河、巡司河、镇舟河、洛亥河等。南广河流经云贵高原与四川盆地过渡区域, 地形复杂多样, 珙县石碑乡以上为上游河段, 山高坡陡, 水流湍急; 石碑乡至高县为中游河段, 山间多冲积槽坝, 水量增多, 水流渐缓; 高县以下为下游河段, 属盆地边缘丘陵区, 河谷逐渐开阔, 水体较深, 水流缓慢(宜宾市志编纂委员会, 2010)。南广河河道蜿蜒曲折, 河流水量丰富, 为水生生物及鱼类提供了多种栖息生境。

迄今为止, 南广河干流上已建成月江、来复、油罐口、孝儿、两河口、石板滩、上罗、罗渡、石碑、石梯等水电站, 支流上建设的小型水电站也较多, 电站建设引起的水文情势改变和河道阻隔对鱼类资源和分布等有明显的影响(原居林等, 2009)。历史上南广河的鱼类资源非常丰富, 根据20世纪90年代的调查, 南广河有鱼类90余种(丁瑞华, 未发表资料)。2012年, 吴波等(2014)在南广河四川境内的干流河段仅采集到鱼类32种, 并发现渔业资源明显衰退, 指出修建水电站、过度捕捞和水体污染是主要原因。但是, 由于调查点设置有限, 调查范围仅涉及四川境内的南广河干流河段, 且渔获物的数量较少, 可能未反映南广河流域的鱼类资源状况。因此, 全面调查南广河干、支流的鱼类资源, 对该流域鱼类多样性保护具有积极意义, 也为科学评价水电站建设对鱼类资源的影响提供一些价值参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 样本采集

本次调查在南广河干流及主要支流共设置28个采样点, 其中, 干流设置18个采样点(M1–M18), 4条一级支流共设置10个采样点(T1–T10)(图1, 表1), 基本覆盖了南广河干、支流不同河段及生境。调查时间为2017年11月, 2018年1、3、5、7、9月, 每次调查持续约10 d。干流河段鱼类采集以雇请渔民在指定采样点放置刺网捕捞为主, 地笼为辅。支流鱼类采集则以刺网、地笼捕捞为主, 辅以小型背包式电鱼机捕捞(经渔业主管部门批准)。同时, 走访渔民、沿河居民, 以了解南广河历史上的鱼类种类组成及鱼类资源变化情况等。刺网网长主要为30 m、40 m、50 m, 网高为1–2 m, 网目大小主要为2 cm、3 cm、5 cm, 每个采样点放置2张网, 采样时间约为12 h; 地笼规格为长10 m、宽0.30 m、高0.25 m, 网目

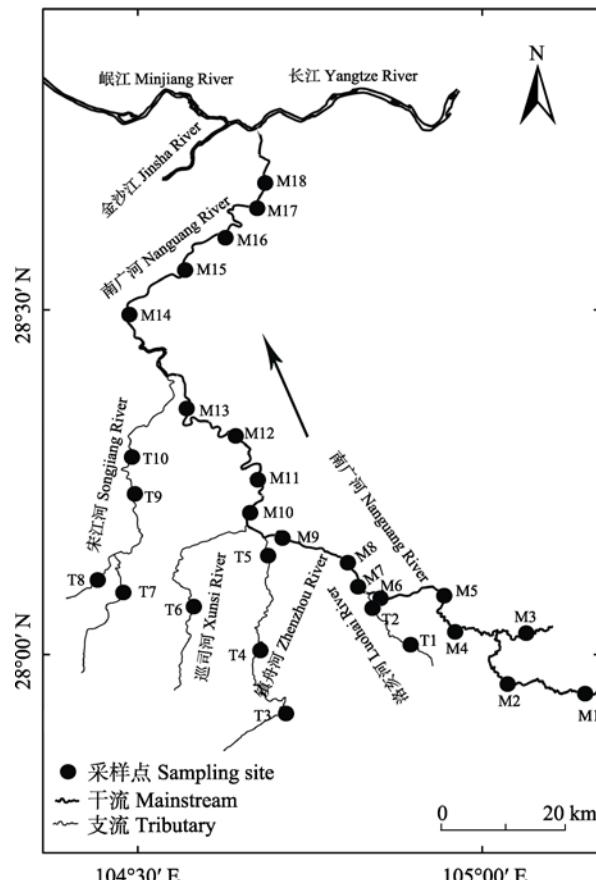


图1 南广河鱼类资源调查采样点。符号代表含义见表1。

Fig. 1 Sampling sites of fish investigation in the Nanguang River. Symbol meanings are shown in Table 1.

为5 mm, 每个采样点放置4个, 采样时间约12 h; 电捕时逆河流方向在单程长约500 m的河段采样约45 min。采集到的样本参考《四川鱼类志》(丁瑞华, 1994)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)》(陈宜瑜, 1998)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)》(乐佩琦, 2000)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鮈形目》(褚新洛等, 1999)等进行鉴定, 并测量全长(精确至1 mm)、体长(精确至1 mm)、体重(精确至0.01 g), 统计个体数量。对现场难以确定种类的样本先拍照、测量, 然后用10%的福尔马林或95%的乙醇浸泡固定, 带回实验室进一步鉴定。鱼类种类的濒危等级依据《中国脊椎动物红色名录》(蒋志刚等, 2016), 学名依据Kottelat (2013)和Fishbase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org))。

### 1.2 数据分析

#### (1)群落优势种

采用Pinkas相对重要性指数(index of relative importance, IRI)(Pinkas et al, 1971)划定南广河流域鱼类群落的优势种。计算公式为:

表1 南广河鱼类资源调查采样点信息

Table 1 Information of sampling sites for fish investigation in the Nanguang River

河流 River	河段 Reach	采样点(代码) Sampling site (Code)	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)
干流 Mainstream	上游 Upstream	高田乡 Gaotian Township (M1)	27°57'	105°09'
		罗布乡 Luobu Township (M2)	27°57'	105°02'
		旧城镇 Jiucheng Town (M3)	28°02'	105°04'
		观斗乡 Guandou Township (M4)	28°02'	104°58'
	中游 Midstream	石碑乡 Shibei Township (M5)	28°06'	104°57'
		罗渡电站库区 Reservoir of Luodu Hydropower Station (M6)	28°05'	104°51'
		罗渡大桥 Luodu Bridge (M7)	28°06'	104°49'
		上罗镇 Shangluo Town (M8)	28°08'	104°48'
		共腾村 Gongteng Village (M9)	28°11'	104°42'
		沐滩乡 Mutan Township (M10)	28°13'	104°40'
		孝儿镇 Xiaoer Town (M11)	28°16'	104°40'
		趨滩乡 Zantan Township (M12)	28°19'	104°38'
下游 Downstream	文江镇 Wenjiang Town (M13)	文江镇 Wenjiang Town (M13)	28°22'	104°34'
		贾村 Jia Village (M14)	28°30'	104°29'
		来复镇 Laifu Town (M15)	28°33'	104°34'
		大窝镇 Dawo Town (M16)	28°36'	104°37'
		月江镇 Yuejiang Town (M17)	28°39'	104°40'
	南广镇 Nanguang Town (M18)	南广镇 Nanguang Town (M18)	28°41'	104°41'
		洛亥河 Luohai River	28°01'	104°54'
		黄桷村 Huangjue Village (T2)	28°04'	104°51'
		镇舟河 Zhenzhou River	27°55'	104°43'
		大雪山镇 Daxueshan Town (T3)	28°01'	104°41'
支流 Tributary	巡司河 Xunsi River	镇舟镇 Zhenzhou Town (T4)	28°09'	104°41'
		维新镇 Weixin Town (T5)	28°05'	104°35'
		武德乡 Wude Township (T6)	28°06'	104°29'
		双腾镇 Shuangteng Town (T7)	28°07'	104°27'
	宋江河 Songjiang River	塘坝乡 Tangba Township (T8)	28°14'	104°30'
		羊田乡 Yangtian Township (T9)	28°17'	104°29'
		罗场镇 Luochang Town (T10)		

$$IRI = (N + W) \times F \times 10^4 \quad (1)$$

式中,  $N$ 为某一种类的尾数占总尾数的百分比,  $W$ 为某一种类的重量占总重量的百分比,  $F$ 为某一种类出现的频率。定义 $IRI \geq 1,000$ 的为优势种;  $1,000 > IRI \geq 100$ 的为常见种;  $100 > IRI \geq 10$ 的为一般种;  $IRI < 10$ 的为偶见种(程济生和俞连福, 2004; 熊飞等, 2014)。

## (2) 鱼类多样性

采用 Margalef 种类丰富度指数( $D$ )(Margalef, 1958)、Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )(Shannon & Wiener, 1949)、Simpson 优势度指数( $F$ )(Simpson, 1949)和Pielou均匀度指数( $J'$ )(Pielou, 1975)分析南广河流域的鱼类群落多样性, 相关计算公式如下:

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (2)$$

$$H' = -\sum P_i \ln (P_i) \quad (3)$$

$$F = 1 - \sum (P_i)^2 \quad (4)$$

$$J' = H' / \ln S \quad (5)$$

式中,  $S$ 为渔获物中的物种数,  $N$ 为渔获物中个体总数,  $P_i$ 为第*i*个物种的个体数占总个体数的比例。

## 2 结果

### 2.1 鱼类种类组成

调查期间共采集到鱼类64种, 隶属于5目13科48属(附录1), 其中, 鲤形目鱼类最多, 为4科38属47种, 占总种数的73.44%; 其次是鲇形目, 为4科5属12种, 占总种数的18.75%; 鲻形目为3科3属3种, 占

总种数的4.69%; 鳗鲡目和合鳃鱼目都仅有1科1属1种, 各占1.56%。在不同科中, 鲤科鱼类最多, 共36种, 占总种数的56.25%; 其次是鲿科, 为8种, 占12.50%; 鳊科5种, 占7.81%; 条鳅科和爬鳅科均3种, 各占4.69%; 鮈科2种, 占3.13%; 鳗鲡科、钝头𬶏科、𬶐科、合鳃鱼科、真鲈科、𫚥虎鱼科及鳢科均为1种, 各占1.56%。

采集鱼类中, 长江上游特有鱼类17种, 包括短体副鳅(*Homatula potanini*)、长薄鳅(*Leptobotia elongata*)、四川华鳊(*Sinibrama taeniatus*)、高体近红鮈(*Ancherythrocutter kurematsui*)等。四川省重点保护鱼类2种, 分别为鲈鲤(*Percocypris pingi*)和岩原鲤(*Procypris rabaudi*)。列入《中国脊椎动物红色名录》的濒危物种(EN)3种, 分别为鳗鲡(*Anguilla japonica*)、鲈鲤和昆明裂腹鱼(*Schizothorax grahami*); 易危物种(VU)6种, 分别为中华沙鳅(*Sinibotia superciliaris*)、长薄鳅、厚颌鲂(*Megalobrama pellegrini*)、齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)、岩原鲤和白缘鲹(*Liobagrus marginatus*)。

## 2.2 渔获物组成

调查期间共采集鱼类14,666尾, 总重量276.03 kg。其中,  $IRI > 1,000$  的优势种为宽鳍鱲(*Zacco platypus*)和鲤(*Cyprinus carpio*), 其数量和重量占比之和分别达到18.29%和27.18%;  $IRI > 100$  的常见种有鲫(*Carassius auratus*)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、高体鳑鲏(*Rhodeus ocellatus*)、切尾拟鲿(*Tachysurus truncatus*)等17种鱼类, 其数量和重量占比之和分别达到66.97%和44.91%;  $IRI < 10$  的偶见种有28种, 其数量和重量占比之和仅为2.62%和9.20% (表2)。17种长江上游特有鱼类中有13种都为偶见种, 长吻鮈(*Tachysurus dumerili*)、乌鳢(*Channa argus*)、白甲鱼(*Onychostoma simum*)、链(*Hypophthalmichthys molitrix*)、岩原鲤和鲈鲤等中、小型经济鱼类也多为偶见种。渔获物中大多数个体的规格较小, 如宽鳍鱲(7.27 g)、麦穗鱼(5.03 g)、高体鳑鲏(2.63 g)、切尾拟鲿(15.32 g)、马口鱼(*Opsariichthys bidens*)(14.56 g)、瓦氏黄颡鱼(*Tachysurus vachellii*)(17.30 g)、唇鮈(*Hemibarbus labeo*)(36.11 g)和蛇鮈(*Saurogobio dabryi*)(13.46 g)等鱼类的平均体重均较小。

本次调查在南广河干流共采集鱼类56种8,783尾, 占渔获物总数量的59.89%; 4条支流共采集鱼类

41种5,883尾, 占渔获物总数量的40.11%。干流上游至河源河段共采集31种2,950尾; 中、下游河段各采集42和43种, 分别占渔获物总种类数的65.63%和67.19%, 但中游河段采集数量最多(4,250尾), 占渔获物总数量的28.98%, 表明南广河中游河段鱼类资源较为丰富。中游支流镇舟河采集鱼类24种3,004尾, 分别占渔获物总种类和总数量的37.50%和20.48%, 是鱼类资源较为丰富的一条支流, 其次为巡司河和宋江河, 采集样本数量分别占渔获物总数量的8.55%和7.95%。中上游支流洛亥河虽采集到鱼类22种, 但数量较少, 仅459尾, 占渔获物总数量的3.13% (表3)。

## 2.3 鱼类多样性

基于不同河段渔获物显示, 南广河干流Margalef种类丰富度指数为3.75–5.70, 支流为2.10–3.43; 干流Shannon-Wiener多样性指数为2.60–3.14, 支流为1.91–2.30; 干流Simpson优势度指数为0.88–0.94, 支流为0.79–0.86; 干流Pielou均匀度指数为0.77–0.84, 支流为0.64–0.74。可见, 南广河干流河段鱼类多样性高于支流, 其中下游河段多样性最高, 上游河段较低(图2)。

基于全年渔获物显示, 南广河Margalef种类丰富度指数为6.57, Shannon-Wiener多样性指数为3.10, Simpson优势度指数为0.93, Pielou均匀度指数为0.74。可见, 南广河鱼类种类丰富度及多样性总体较高。

## 2.4 鱼类分布特点

南广河不同河段的鱼类组成具有一定的差异性, 分布于干流下游河段的鱼类主要有子陵吻𫚥虎鱼(*Rhinogobius giurinus*)、大眼鱂(*Siniperca knerii*)、鲫、鱊(*Hemiculter leucisculus*)、唇鮈、翘嘴鮊(*Culter alburnus*)和鲤等; 分布于干流中游河段的鱼类主要有高体鳑鲏、麦穗鱼、宽鳍鱲、乐山小鳔鮈(*Microphysogobio kiatingensis*)、切尾拟鲿、棒花鱼(*Abbottina rivularis*)、唇鮈和蛇鮈等; 干流上游至源头河段的鱼类主要为宽鳍鱲、瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、贝氏高原鳅(*Triplophysa bleekeri*)、红尾副鳅(*Homatula variegata*)、泉水鱼(*Pseudogyrinocheilus proc hilus*)和齐口裂腹鱼等。支流宋江河、巡司河、镇舟河的鱼类组成相似, 多为宽鳍鱲、麦穗鱼、切尾拟鲿、红尾副鳅、短体副鳅、泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)、高体鳑鲏等小型鱼类, 但在宋江河、

表2 南广河鱼类的相对重要性指数

Table 2 The index of relative importance of fish species in the Nanguang River

种类 Species	数量百分比 Percentage of number (%)	重量百分比 Percentage of weight (%)	出现频率 Frequency of occurrence	相对重要性指数 Index of relative importance (IRI)	优势类型 Dominant type
宽鳍鱲 <i>Zacco platypus</i>	17.65	6.82	0.71	1,747.45	D
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	0.65	20.37	0.54	1,125.78	D
鲫 <i>Carassius auratus</i>	2.48	8.89	0.75	852.53	C
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	9.29	2.48	0.71	840.62	C
高体鳑鲏 <i>Rhodeus ocellatus</i>	9.95	1.39	0.64	728.73	C
切尾拟鲿 <i>Tachysurus truncatus</i>	4.64	3.77	0.75	630.83	C
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	3.71	2.87	0.54	352.39	C
瓦氏黄颡鱼 <i>Tachysurus vachellii</i>	3.80	3.49	0.46	338.42	C
唇鱥 <i>Hemibarbus labeo</i>	2.20	4.23	0.46	298.45	C
短须颌须鮈 <i>Gnathopogon imberbis</i>	4.38	1.21	0.50	279.59	C
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	5.28	1.67	0.39	272.95	C
红尾副鳅 <i>Homatula variegata</i>	3.91	1.28	0.50	259.44	C
乐山小鳔鮈 <i>Microphysogobio kiatingensis</i>	4.83	1.27	0.39	239.44	C
蛇鮈 <i>Saurogobio dabryi</i>	3.61	2.58	0.32	199.23	C
子陵吻鰕虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	2.93	0.63	0.54	190.79	C
泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus prochilus</i>	1.66	2.62	0.43	183.77	C
翘嘴鮊 <i>Culter alburnus</i>	0.38	5.05	0.25	135.87	C
短体副鳅 <i>Homatula potanini</i>	2.82	0.91	0.36	133.23	C
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1.11	0.55	0.61	101.08	C
光泽黄颡鱼 <i>Tachysurus nitidus</i>	1.77	1.15	0.29	83.56	G
黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>	0.45	1.22	0.46	77.76	G
大眼鱲 <i>Siniperca kneri</i>	1.03	2.53	0.21	76.35	G
鮀 <i>Silurus asotus</i>	0.20	1.19	0.46	64.28	G
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	0.07	2.88	0.21	63.11	G
福建纹胸𬶐 <i>Glyptothorax fokiensis</i>	1.69	0.62	0.25	57.84	G
粗唇鮈 <i>Tachysurus crassilabris</i>	0.49	0.71	0.46	55.98	G
贝氏高原鳅 <i>Triplophysa bleekeri</i>	2.17	0.40	0.18	45.79	G
齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i>	0.70	1.63	0.18	41.64	G
南方鮀 <i>Silurus meridionalis</i>	0.16	2.60	0.14	39.40	G
花鮰 <i>Hemibarbus maculatus</i>	0.51	0.89	0.25	34.92	G
四川华吸鳅 <i>Sinogastromyzon szechuanensis</i>	1.13	0.15	0.25	31.99	G
大鳍鱲 <i>Hemibagrus macropterus</i>	0.27	0.99	0.25	31.54	G
大鱗副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>	0.29	0.29	0.36	20.83	G
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	0.06	0.84	0.18	16.08	G
黑尾鱲 <i>Hemiculter tchangi</i>	0.80	0.45	0.11	13.45	G
中华沙鳅 <i>Sinibotia superciliaris</i>	0.32	0.16	0.21	10.21	G
云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>	0.31	1.03	0.07	9.63	R
其他 Others	2.30	8.17	1.50	62.13	R

D: 优势种; C: 常见种; G: 一般种; R: 偶见种。

D, Dominant species; C, Common species; G, General species; R, Rare species.

表3 南广河不同河段渔获物组成

Table 3 Composition of fish collected from different reaches of the Nanguang River

河流 River	河段 Reach	种数 Number of species	种数百分比 Percentage of species (%)	数量 Sample size	数量百分比 Percentage of quantity (%)
干流 Mainstream	上游 Upstream	31	48.44	2,950	20.11
	中游 Midstream	42	65.63	4,250	28.98
	下游 Downstream	43	67.19	1,583	10.79
	小计 Total	56	87.50	8,783	59.89
支流 Tributary	洛亥河 Luohai River	22	34.38	459	3.13
	镇舟河 Zhenzhou River	24	37.50	3,004	20.48
	巡司河 Xunsi River	16	25.00	1,254	8.55
	宋江河 Songjiang River	21	32.81	1,166	7.95
	小计 Total	41	64.06	5,883	40.11

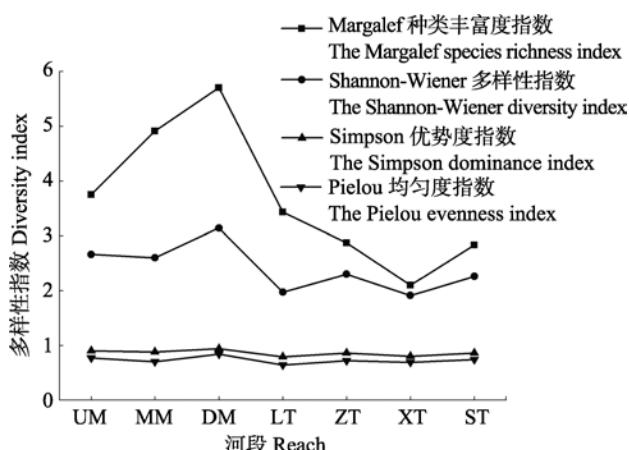


图2 南广河不同河段的鱼类多样性。UM: 上游(干流); MM: 中游(干流); DM: 下游(干流); LT: 洛亥河(支流); ZT: 镇舟河(支流); XT: 巡司河(支流); ST: 宋江河(支流)。

Fig. 2 Fish diversity of different reaches in the Nanguang River. UM, Upstream (Mainstream); MM, Midstream (Mainstream); DM, Downstream (Mainstream); LT, Luohai River (Tributary); ZT, Zhenzhou River (Tributary); XT, Xunsi River (Tributary); ST, Songjiang River (Tributary).

镇舟河上游河段还分布有贝氏高原鳅及泉水鱼，而在镇舟河上游大雪山镇(T3)河段还分布有少量齐口裂腹鱼。广泛分布于宋江河、巡司河和镇舟河的小型鱼类在洛亥河中分布较少，仅采集到少量宽鳍鱲、切尾拟鲿、红尾副鳅等，而长薄鳅、薄鳅(*Lepbotobia pellegrini*)、黑尾近红鮈(*Ancherythroculter nigrocauda*)、鲈鲤和短身金沙鳅(*Jinshaia abbreviata*)等在该河段能采集到。

南广河3种濒危鱼类中鳗鲡仅在下游贾村(M14)河段采集到，昆明裂腹鱼及鲈鲤均在支流洛亥河中下游罗渡乡黄桷村(T2)河段采集到。易危物种中华沙鳅、厚颌鲂分布于干流下游河段；齐口裂腹鱼在

干流上游源头河段、支流镇舟河上游源头河段及洛亥河下游河段都有采集到；岩原鲤在干流中游珙县共腾村(M9)河段及洛亥河下游河段采集到；白缘鮈主要分布于干流中上游上罗(M8)至石碑乡(M5)河段；而长薄鳅仅在洛亥河下游河段采集到。长江上游特有鱼类多分布于干、支流的中上游河段，如短体副鳅、华鲮(*Bangana rendahli*)、四川华吸鳅(*Sinogastromyzon szechuanensis*)和白缘鮈等，仅有四川华鳊、半鱊(*Hemiculterella sauvagei*)和黑尾鱥(*Hemiculter tchangi*)等少数几种特有鱼类分布于干流下游河段(附录1)。

### 3 讨论

#### 3.1 南广河鱼类资源现状及变化趋势

南广河历史上分布鱼类有90余种，本次调查采集到鱼类64种，物种数量明显减少，但仍较为丰富。与吴波等(2014)的调查结果(32种)相比，增加32种，包括红尾副鳅、贝氏高原鳅和齐口裂腹鱼等分布于南广河干流或支流上游的鱼类，草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢、厚颌鲂和乌鳢等分布于下游至河口河段的中、小型经济鱼类，以及黑鳍鳈(*Sarcocheilichthys nigripinnis*)、短须颌须鮈(*Gnathopogon imberbis*)、银鮈(*Squalidus argentatus*)和乐山小鳔鮈等多种小型鱼类。调查区域及采样方法的局限性应是之前的调查未采集到这些种类的主要原因。结合《四川鱼类志》等文献资料及访问调查，发现南广河历史上还曾分布有赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)、鮈(*Ochetobius elongatus*)、鳡(*Elophichthys bambusa*)、鳙(*Hypophthalmichthys nobilis*)、

蒙古鮈(*Chanodichthys mongolicus*)、达氏鮈(*C. dabryi*)、四川白甲鱼(*Onychostoma angustistomata*)和瓣结鱼(*Folifer brevifilis*)等鱼类,但本次调查均未采集到。鉴于本次调查比较系统,调查范围涵盖了所有干、支流,调查周期和持续时间较长,因而可以推断这些未采集到的种类在南广河的种群数量可能已极其稀少,甚至绝迹。

南广河鱼类优势种组成较为单一,只有宽鳍鱲和鲤,并且与常见种的 $IRI$ 指数相差较大。一般来说,在干扰因素较多的河流生境中,优势种通常由一个或少数几个种类组成(Cabral et al, 2001),因此该流域可能受到了较多外来因素的影响。南广河流域渔获物以小型鱼类为主,超过50%的优势种与常见种均为小型鱼类,中等经济鱼类在渔获物中的比例较小,多为偶见种。南广河的鱼类资源呈衰退趋势,主要表现为体型较大的经济鱼类在渔获物中比例下降、规格变小,这与长江干流宜宾江段渔业资源变化相一致(熊飞等,2015)。众多水电站建设导致的生境改变,以及过度捕捞等可能是造成南广河鱼类资源衰退的主要原因。

### 3.2 南广河鱼类多样性及分布特点

南广河干流下游至河口河段水体较深,河道宽阔,饵料丰富,且长江干流部分鱼类会上溯到月江电站至河口河段进行产卵和索饵,鱼类种类数及多样性较高;而上游河段水体较浅,水流量小,栖息生境相对简单,且由于梯级水电站的阻隔,中、下游鱼类无法上溯到上游河段,因此鱼类种类数较少、多样性较低。本次调查发现南广河的鱼类多样性指数相对较高,总体要高于雅砻江支流安宁河(茹辉军等,2016)、长江上游支流大宁河(杨峰等,2013)等,但低于长江上游保护区干流宜宾段(高天珩等,2013)、岷江下游干流宜宾段(吕浩等,2018)以及赤水河(吴金明等,2010)等,主要原因可能为河流自然生境差异以及人为干扰程度不同等。

南广河鱼类资源呈现出上游至中游增加,中游至下游降低的趋势。本次调查发现,南广河干流中游河段鱼类种类和数量都较为丰富,下游河段虽种类最为丰富,但由于电站大坝的长期阻隔,导致下游河段多为深水库区,样本采集受到一定影响,且下游至河口河段渔业捕捞强度较大,因此调查期间采集到的渔获物数量较少。南广河支流中,中游的镇舟河鱼类资源比较丰富,与中下游支流巡司河、

宋江河相比,该支流上大坝数量较少,人为干扰程度相对较小。

南广河流域不同河段的鱼类种类具有明显差异,干流下游一些电站的库区水体较深,水面较宽,一些喜静水、缓流水的鱼类如鲤、鲫、大眼鱥和翘嘴鮈等成为该河段的主要种类。干流中上游以及支流宋江河、镇舟河、巡司河中下游河段,连续的小型梯级水电站将河流分割成兼有流水、缓流水和静水的多种栖息环境,使喜流水和喜静水的一些小型鱼类得以共存,麦穗鱼、鲫、宽鳍鱲和乐山小鳔鮈等成为主要分布的鱼类。而干流源头,以及支流宋江河、镇舟河上游和源头河段多急流和浅滩,水温较低,底质多为乱石或卵石,为一些喜流水、低温的鱼类提供了适宜栖息的生境,如贝氏高原鱥、泉水鱼和齐口裂腹鱼等。支流洛亥河下游河段未修建水电站,河口与罗渡电站库区及库区上游相连,河流连通性较好,适于长薄鱥、黑尾近红鮈和鲈鲤等喜流水性鱼类生存,且该河段两岸多石缝、石灰岩溶洞,溶洞洞口处水温较低,分布于南广河干支流上游的冷水鱼类如泉水鱼和齐口裂腹鱼等也在该河段采集到。南广河鱼类物种的分布特点体现了鱼类对于自然栖息生境差异的选择和适应性(费骥慧等,2012)。

### 3.3 南广河鱼类资源保护建议

南广河作为长江右岸一级支流,对维护长江流域鱼类物种多样性具有重要作用。但是,该河流干、支流上已建的水电站数量较多,电站大坝导致河流生境破碎化,并在一定程度上阻碍了鱼类的迁移通道,可能造成了鱼类种类较历史记录大幅减少,尤其是一些具有迁移习性的鱼类,目前只在下游至河口段有少量分布。同时,南广河流域的渔业捕捞强度过大,本次调查的渔获物以小型鱼类为主,中等及较大型鱼类占比较小。为保护南广河的鱼类多样性,逐步恢复其资源量,提出以下保护建议:(1)加强渔政监管,加大保护宣传力度。控制捕捞强度和捕捞规格,严禁毒鱼、电鱼等非法捕捞方式,严格落实每年3—6月的禁渔期制度,逐步提高渔民的保护意识。(2)修复河道生境,适时拆除部分小型闸坝。南广河流域已建水电站较多,为减缓其对鱼类迁移的阻隔影响,有必要修复河道的连通性,特别是干流上游及支流上一些小型电站因建设年代久远、库区淤积等原因,已经不再运行或基本丧失发电效益,

应依据相关生态环境保护政策，对其进行拆除以恢复河流连通性。(3)开展人工增殖放流。向南广河干、支流放流一些珍稀、特有鱼类，以及具有重要经济价值的种类，主要包括岩原鲤、鲈鲤、白甲鱼、华鲮、中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)、厚颌鲂、长吻鮠等，以增加其野外资源量。

**致谢：**四川大学生命科学学院的研究生吴波、文秦超、邹芮、梁思倩、吴慧和李茂华等参加了部分野外调查工作，四川省宜宾市、高县、珙县、筠连县等渔政管理部门对调查工作给予了大力支持，在此特别感谢！

## 参考文献

- Cabral HN, Costa MJ, Salgado JP (2001) Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes? *Climate Research*, 18, 119–126.
- Chen YY (1998) Fauna Sinica (Osteichthyes): Cypriniformes (II). Science Press, Beijing. (in Chinese) [陈宣瑜 (1998) 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目 (中卷). 科学出版社, 北京.]
- Cheng JS, Yu LF (2004) The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter. *Journal of Fisheries of China*, 28, 29–34. (in Chinese with English abstract) [程济生, 俞连福 (2004) 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化. *水产学报*, 28, 29–34.]
- Chu XL, Zheng BS, Dai DY (1999) Fauna Sinica (Osteichthyes): Siluriforms. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远 (1999) 中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目. 科学出版社, 北京.]
- Ding RH (1994) The Fishes of Sichuan. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu. (in Chinese) [丁瑞华 (1994) 四川鱼类志. 四川科学技术出版社, 成都.]
- Fei JH, Wang XZ, Shao XY (2012) Spatial pattern of fish community in the Erhai Lake. *Journal of Fisheries of China*, 36, 1225–1233. (in Chinese with English abstract) [费骥慧, 汪兴中, 邵晓阳 (2012) 洱海鱼类群落的空间分布格局. *水产学报*, 36, 1225–1233.]
- Gao TH, Tian HW, Ye C, Duan XB (2013) Diversity and composition of fish in the mainstream of National Nature Reserve of Rare and Endemic Fish in the Upper Yangtze River. *Freshwater Fisheries*, 43, 36–42. (in Chinese with English abstract) [高天珩, 田辉伍, 叶超, 段辛斌 (2013) 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流段鱼类组成及其多样性. *淡水渔业*, 43, 36–42.]
- Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM, Dong L, Zhang ZW, Ding P, Luo ZH, Ding CQ, Ma ZJ, Tang SH, Cao WX, Li CW, Hu HJ, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Chen YY, Li JT, Feng ZJ, Wang Y, Wang B, Li C, Song XL, Cai L, Zang CX, Zeng Y, Meng ZB, Fang HX, Ping XG (2016) Red List of China's Vertebrates. *Biodiversity Science*, 24, 500–551. (in Chinese and in English) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽 (2016) 中国脊椎动物红色名录. *生物多样性*, 24, 500–551.]
- Kottelat M (2013) The fishes of the inland waters of Southeast Asia: A catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 27, 1–663.
- Lü H, Tian HW, Duan XB, Chen DQ, Shen SY, Liu SP (2018) Analysis of fish resources status and diversity in the lower reaches of the Minjiang River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 27, 88–96. (in Chinese with English abstract) [吕浩, 田辉伍, 段辛斌, 陈大庆, 申绍祎, 刘绍平 (2018) 岷江下游干流段鱼类资源现状及其多样性分析. *长江流域资源与环境*, 27, 88–96.]
- Margalef R (1958) Information theory in biology. *General Systems Yearbook*, 3, 36–71.
- Pielou EC (1975) Ecological Diversity. John Wiley and Sons, New York.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK (1971) Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin*, 152, 1–105.
- Ru HJ, Zhang Y, Li YF, Wang HM, Shen ZW, Wu XX, Li R, Sheng Q, Ni ZH (2016) Community composition and status of fish resources in Anning River. *Journal of Hydroecology*, 37, 68–74. (in Chinese with English abstract) [茹辉军, 张燕, 李云峰, 王红梅, 沈子伟, 吴湘香, 李荣, 盛强, 倪朝辉 (2016) 雅砻江支流安宁河鱼类群落组成及资源现状. *水生态学杂志*, 37, 68–74.]
- Shannon CE, Wiener W (1949) The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson EH (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Wu B, Wang Y, Zhou B, Song ZB (2014) Status of fish resources in the Nanguang River in Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 33, 460–465. (in Chinese with English abstract) [吴波, 王莹, 周波, 宋昭彬 (2014) 四川南广河的鱼类. *四川动物*, 33, 460–465.]
- Wu JM, Zhao HT, Miao ZG, Chen YX, Zhang FT, Wang JW (2010) Status and conservation of fish resources in the Chishui River. *Biodiversity Science*, 18, 162–172. (in Chinese with English abstract) [吴金明, 赵海涛, 苗志国, 陈永祥, 张富铁, 王剑伟 (2010) 赤水河鱼类资源的现状与保护. *生物多样性*, 18, 162–172.]

- Xiong F, Liu HY, Duan XB, Liu SP, Chen DQ (2014) Community structure of fish and resources utilization in Jiangjin section of the upper Yangtze River. *Journal of Anhui University (Natural Science Edition)*, 38, 94–102. (in Chinese with English abstract) [熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 刘绍平, 陈大庆 (2014) 长江上游江津江段鱼类群落结构及资源利用. 安徽大学学报(自然科学版), 38, 94–102.]
- Xiong F, Liu HY, Duan XB, Liu SP, Chen DQ (2015) Present status of fishery resources in Yibin Section of the Upper Yangtze River. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 37, 43–50. (in Chinese with English abstract) [熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 刘绍平, 陈大庆 (2015) 长江上游宜宾江段渔业资源现状研究. 西南大学学报(自然科学版), 37, 43–50.]
- Yang F, Yao WZ, Deng HT, Chen DQ, Liu SP, Duan XB (2013) The current situation of fish resources in the Daning River after the impoundment of the Three Gorges Reservoir. *Freshwater Fisheries*, 43, 51–52, 56–57. (in Chinese with English abstract) [杨峰, 姚维志, 邓华堂, 陈大庆, 刘绍平, 段辛斌 (2013) 三峡库区蓄水后大宁河鱼类资源现状研究. 淡水渔业, 43, 51–52, 56–57.]
- Yibin City Chronicles Compilation Committee (2010) *Yibin City Chronicles: 1911–2000 (I)*. Zhong Hua Book Company, Beijing. (in Chinese) [宜宾市志编纂委员会 (2010) 宜宾市志: 1911–2000 (上). 中华书局, 北京.]
- Yuan JL, Zhu JJ, Zhang AJ (2009) Effective calculation and protected countermeasures of Qincun Reservoir Dam construction to the fish resources. *Journal of Hydroecology*, 30, 123–127. (in Chinese with English abstract) [原居林, 朱俊杰, 张爱菊 (2009) 钦寸水库大坝建设对鱼类资源的影响预测及其保护对策. 水生态学杂志, 30, 123–127.]
- Yue PQ (2000) *Fauna Sinica (Osteichthyes): Cypriniformes (III)*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [乐佩琦 (2000) 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷). 科学出版社, 北京.]

(责任编辑: 陈小勇 责任编辑: 闫文杰)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 南广河鱼类名录

Appendix 1 Fish species in the Nanguang River  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019264-1.pdf>

## 附录1 南广河鱼类名录

### Appendix 1 Fish species in the Nanguang River

种类 Species	保护现状 Conservation status	干流 Mainstream			支流 Tributary				
		上游 Upstream	中游 Midstream	下游 Downstream	洛亥河 Luohai River	镇舟河 Zhenzhou River	巡司河 Xunsi River	宋江河 Songjiang River	
<b>I 鳗鲡目 Anguilliformes</b>									
(一) 鳗鲡科 Anguillidae									
1. 鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	EN			+					
<b>II 鲤形目 Cypriniformes</b>									
(二) 条鳅科 Nemacheilidae									
2. 红尾副鳅 <i>Homatula variegata</i>		+	+		+	+	+	+	
3. 短体副鳅 <i>Homatula potanini</i> *		+	+			+	+	+	
4. 贝氏高原鳅 <i>Triplophysa bleekeri</i>		+				+		+	
(三) 鳅科 Cobitidae									
5. 中华沙鳅 <i>Sinibotia superciliaris</i>	VU	+	+	+	+				
6. 长薄鳅 <i>Leptobotia elongata</i> *	VU				+				
7. 薄鳅 <i>Leptobotia pellegrini</i>					+				
8. 泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		+	+	+		+	+	+	
9. 大鱗副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>		+	+	+		+	+		
(四) 鲤科 Cyprinidae									
10. 宽鳍鱲 <i>Zacco platypus</i>		+	+	+	+	+	+	+	
11. 马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>		+	+	+		+	+	+	
12. 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>			+	+					
13. 鳊 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>				+					
14. 高体鳑鲏 <i>Rhodeus ocellatus</i>		+	+	+		+	+	+	
15. 四川华鳊 <i>Sinibrama taeniatus</i> *				+					

16.高体近红鮈 <i>Ancherythroculter kurematsui</i> *		+					
17.黑尾近红鮈 <i>Ancherythroculter nigrocauda</i> *			+				
18.半鱊 <i>Hemiculterella sauvagei</i> *			+				
19.鱊 <i>Hemiculter leucisculus</i>		+	+				
20.黑尾鱊 <i>Hemiculter tchangi</i> *		+	+				
21.翘嘴鮊 <i>Culter alburnus</i>		+	+				
22.厚颌鲂 <i>Megalobrama pellegrini</i> *	VU		+				
23.唇鮈 <i>Hemibarbus labeo</i>		+	+	+	+		
24.花鮈 <i>Hemibarbus maculatus</i>		+	+	+			
25.麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>		+	+	+	+	+	+
26.黑鳍鳈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>				+			
27.短须颌须鮈 <i>Gnathopogon imberbis</i>		+	+	+		+	+
28.银鮈 <i>Squalidus argentatus</i>			+	+			
29.点纹银鮈 <i>Squalidus wolterstorffi</i>				+			
30.棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>		+	+	+	+	+	+
31.钝吻棒花鱼 <i>Abbottina obtusirostris</i> *				+			
32.乐山小鳔鮈 <i>Microphysogobio kiatingensis</i>		+	+		+	+	+
33.蛇鮈 <i>Saurogobio dabryi</i>		+	+	+			
34.中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>		+	+	+	+		
35.鲈鲤 <i>Percocypris pingi</i> *	EN, PP				+		
36.云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>		+			+		
37.白甲鱼 <i>Onychostoma simum</i>					+		
38.华鲮 <i>Bangana rendahli</i> *			+				
39.泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus prochilus</i>		+	+		+	+	+
40.墨头鱼 <i>Garra imberba</i>			+		+		+
41.齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i> *	VU	+	+		+	+	

42. 昆明裂腹鱼 <i>Schizothorax grahami</i> *	EN			+			
43. 岩原鲤 <i>Procypris rabaudi</i> *	VU, PP	+			+		
44. 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>		+	+	+		+	+
45. 鲫 <i>Carassius auratus</i>		+	+	+	+	+	+
(五) 爬鳅科 <i>Balitoridae</i>							
46. 短身金沙鳅 <i>Jinshaia abbreviata</i> *				+			
47. 四川华吸鳅 <i>Sinogastromyzon szechuanensis</i> *		+	+	+		+	+
48. 西昌华吸鳅 <i>Sinogastromyzon sichangensis</i> *		+	+				
III 鮀形目 <i>Siluriformes</i>							
(六) 鮀科 <i>Siluridae</i>							
49. 鮀 <i>Silurus asotus</i>		+	+		+	+	+
50. 南方鮀 <i>Silurus meridionalis</i>		+	+				+
(七) 鳜科 <i>Bagridae</i>							
51. 黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>		+	+	+		+	
52. 瓦氏黄颡鱼 <i>Tachysurus vachellii</i>		+	+	+		+	+
53. 光泽黄颡鱼 <i>Tachysurus nitidus</i>		+	+				
54. 长吻鮠 <i>Tachysurus dumerili</i>				+			
55. 粗唇鮠 <i>Tachysurus crassilabris</i>		+	+	+	+	+	+
56. 切尾拟鲿 <i>Tachysurus truncatus</i>		+	+	+	+	+	+
57. 短尾拟鲿 <i>Tachysurus brevicaudatus</i>				+			
58. 大鳍鳠 <i>Hemibagrus macropterus</i>		+	+	+		+	
(八) 钝头𬶏科 <i>Amblycipitidae</i>							
59. 白缘鮀 <i>Liobagrus marginatus</i>	VU	+	+				
(九) 鳊科 <i>Sisoridae</i>							
60. 福建纹胸𬶐 <i>Glyptothorax fokiensis</i>		+	+	+	+	+	
IV 合鳃鱼目 <i>Synbranchiformes</i>							

(十)合鳃鱼科 Synbranchidae

61.黄鳍 *Monopterus albus* +

V 鲈形目 Perciformes

(十一)真鲈科 Percichthyidae

62.大眼鱥 *Siniperca kneri* + +

(十二)𫚥虎鱼科 Gobiidae

63.子陵吻𫚥虎鱼 *Rhinogobius giurinus* + + + +

(十三)鳢科 Channidae

64.乌鳢 *Channa argus* +

---

\* 长江上游特有鱼类; EN: 濒危物种; VU: 易危物种; PP: 四川省重点保护鱼类。

\* Species endemic to the upper Yangtze River; EN, Endangered species; VU, Vulnerable species; PP, Protected fish species in Sichuan Province.



•研究报告•

# 澜沧江–湄公河中上游淡水鱼类多样性

李雪晴<sup>1,2</sup> 孙赫英<sup>1,2</sup> 何德奎<sup>1\*</sup> 陈毅峰<sup>1</sup>

1(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

2(中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 澜沧江–湄公河是东南亚最大的河流, 也是世界上淡水生物多样性最高的三大河流之一。由于特殊的地理位置和国际河流属性, 澜沧江–湄公河淡水鱼类的多样性现状仍缺乏系统的认识。本文在近20年调查的基础上, 系统整理了澜沧江–湄公河中上游32个支流或亚流域的淡水鱼类物种名录, 在此基础上对其种类组成和分布进行了分析, 并利用分类学多样性指数对澜沧江–湄公河中上游流域的物种多样性进行了评估。结果表明, 澜沧江–湄公河中上游共记录了淡水鱼类745种, 分属于2纲17目63科229属, 其中鲤形目鱼类451种, 占物种数的60.5%。分类学多样性指数显示, 从源头到中游, 淡水鱼类在分类阶元上的分布越来越均匀, 亲缘关系越来越远, 分类多样性越来越高。聚类分析(cluster analysis, CA)和多维尺度分析(multi-dimensional scaling, MDS)表明, 当Jaccard相似性系数为8.69时, 澜沧江–湄公河中上游32个亚流域可以分为源区、上游和中游3组; 相似性分析(ANOSIM)结果显示, 各组之间淡水鱼类组成差异显著( $R = 0.877$ ,  $P = 0.001$ )。相似性百分比分析(similarity percentage analysis, SIMPER)结果表明, 导致3组差异性的鱼类主要是鲤形目和鲇形目鱼类, 且随着地势阶梯的升高出现了科级、属级类群的替代。近几十年来, 随着流域各国人口的增长和经济的快速发展, 澜沧江–湄公河鱼类多样性和渔业资源面临严重威胁, 未来需加强流域内国家间合作, 在流域尺度上制定科学保护计划。

**关键词:** 澜沧江–湄公河; 淡水鱼类; 种类组成; 分类学多样性

## Freshwater fish diversity in the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River

Xueqing Li<sup>1,2</sup>, Heying Sun<sup>1,2</sup>, Dekui He<sup>1\*</sup>, Yifeng Chen<sup>1</sup>

1 Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

**Abstract:** The Lancang-Mekong River is the longest river in Southeast Asia, and is one of the richest areas of freshwater biodiversity in the world. Because it is an international river through six countries and holds extremely high fish biodiversity, there is a lack of systematic understanding of freshwater fish diversity. Over the past two decades, this team systematically compiled a list of freshwater fish species in 32 sub-basins or tributaries in the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River. Now in this paper, the species composition and distribution of fish have been analyzed, and the species diversity of the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River has been evaluated using the taxonomic diversity index. The results showed that 745 species of freshwater fish were recorded in the middle and upper reaches of the Lancang-Mekong River. These fish belong to 229 genera, 63 families, 17 orders and 2 classes. Of these, 451 species of Cypriniformes fish accounted for 60.5% of the species. The taxonomic diversity index showed that, from the source to the middle reaches of the river, the taxonomic distribution of freshwater fish became increasingly more even, the relationships were increasingly further apart, and the fish diversity gradually increased. Cluster analysis (CA) and multi-dimensional scaling analysis (MDS) results showed that the 32 sub-basins could be divided into three groups (Jaccard similarity coefficient=8.69), and the analysis of similarity (ANOSIM) indicated that the composition of freshwater fish differed significantly between the groups ( $R = 0.877$ ,  $P = 0.001$ ). Similarity percentage analysis (SIMPER) results indicated that Cypriniformes

收稿日期: 2019-06-13; 接受日期: 2019-08-30

基金项目: 中国科学院东南亚生物多样性中心区域性国际合作基金(Y4ZK111B01)和中国科学院先导 A 类先导专项(XDA20050203)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: hedekui@ihb.ac.cn

and Siluriformes were the main fish that differed among the three groups, and the species composition of groups presented distinctive changes at the family and species levels with the altitude rising. With the rapid population growth and economic development of the countries in the river basin in recent decades, the fish diversity and fishery resources of the Lancang-Mekong River face serious threats. Thus, it is urgent that countries in the river basin cooperate and formulate a scientific protection plan at the basin scale.

**Key words:** Lancang-Mekong River; freshwater fish; species composition; taxonomic diversity

生物多样性是人类赖以生存的物质基础,包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性等多个层次(戈峰, 2008),而物种多样性是生物多样性最直接也是最核心的体现(魏辅文等, 2014)。因此,准确描述、度量和评估物种多样性是生态学和保护生物学长期关注的问题,并为此提出了在不同尺度上的物种多样性指数及基于这些多样性指数的多元分析方法(蒋志刚和纪力强, 1999)。

澜沧江-湄公河是全球淡水生物多样性最高的三大河流之一,估计至少有890种淡水鱼类(Rainboth et al, 2012),仅次于亚马孙河(Baran, 2010)。近百年来,众多科学家和国际组织(如湄公河委员会MRC、WWF)对澜沧江-湄公河鱼类进行了长期、持续的研究和编目,但是,由于澜沧江-湄公河极高的多样性、复杂多样的生态系统、不断的新种和新记录种发现以及分类学修订和变动,加之该河流的国际河流属性,使得目前对该流域鱼类多样性的现状和分布缺乏一个完整的认知。

澜沧江-湄公河中上游是指从源头到老挝南端与柬埔寨的边界河段,该流域内所有河段穿梭于高原、山地和丘陵中,山区巨大的垂直落差、高度的景观异质性和多样的栖息环境,加之中游又处于亚热带季风地区,以及地处青藏高原区、东洋区的东亚区和南亚区的过渡地带,导致中上游不同河段、支流间鱼类多样性变化明显,区系组成差异显著。此外,中上游还是澜沧江-湄公河水能资源最丰富的河段,蕴藏了整个流域70%以上的水能资源(陈丽晖和何大明, 2000),而澜沧江-湄公河流域水电开发引起的下游渔业资源衰退又是国际关注的重要生态环境问题。

本文依据1999–2017年澜沧江-湄公河流域实地调查数据,结合相关文献、专著、调查报告以及在线数据库,以支流和亚流域为地理单元,系统收集和整理了澜沧江-湄公河中上游淡水鱼类物种和地理分布,并对该区域的淡水鱼类种类组成和分布

进行了分析,然后利用分类学多样性指数对澜沧江-湄公河中上游流域的物种多样性进一步评估验证,以期为澜沧江-湄公河鱼类多样性的保护和鱼类资源的利用及管理提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 流域概况

澜沧江-湄公河发源于中国青海省玉树州杂多县莫云乡唐古拉山北麓,流经中国境内青海、西藏和云南三省后,经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南五国,最后于越南胡志明市注入南海。全长约4,909 km,流域总面积约811,000 km<sup>2</sup>,年径流量 $4.75 \times 10^{11}$  m<sup>3</sup>,是著名的国际性河流(何大明, 1995)。澜沧江-湄公河为自北向南纵向性河流,地跨纬度30°,地势北高南低,呈条带状,源头至河口海拔落差达到5,060 m以上(孙周亮等, 2018)。源区位于青藏高原,平均海拔在4,000 m以上,除高大险峻的雪峰外,山势平缓;自云南德钦至中国、老挝边界是纵贯中国西南部的纵向峡谷区,该段落差达1,780 m,平均海拔1,200 m;从中老边界到老挝南端,河流坡度渐缓,河道渐宽,一些支流注入干流,平均海拔为385 m;老挝南端至干丹省,该段水文情势变化巨大,山区急流转变为缓流,洞里萨湖便位于该段内;从干丹延伸至入海口属于河口区,是一个巨大的三角洲(游珍等, 2014; 孙周亮等, 2018)。本文所研究区域为澜沧江-湄公河中上游流域,即从源头到老挝与柬埔寨交界之间的河段。

### 1.2 地理单元(亚流域)划分

在澜沧江-湄公河流域天然河流系统的基础上,结合地形地貌、行政区划以及鱼类分布数据可获得性等因素,将湄公河中上游流域划分为32个亚流域(Kang et al, 2009a; Baran, 2010; Ziv et al, 2012):扎曲(ZQ),包括紫曲、昂曲、子曲和麦曲;色曲(SQ),包括若曲;阿东河(AD);永春河(YC);通甸河(TD);沘江(BJ),包括腊普河、瓦窑河;黑惠江(HH);洱海

(EH); 罗闸河(LZ); 小黑河(XH), 包括大寨河、芒帕河; 勐嘎河(MG); 威远江(WY); 黑河(HR), 包括南岸河; 大中河(DZ); 补远江(BY); 流沙河(LS), 包括南垒河、南览河、南阿河; 南腊河(NL); 中老边界至老挝博胶(Bokeo)北塔区(Paktha)的干流段(MK-1); 北塔区至琅勃拉邦(Louang Phabang)南乌江口的干流段(MK-2); 南乌江(Nam Ou River, NO); 南康河(Nam Khan River, NK); 琅勃拉邦南乌江口至万象(Vientiane)南俄河河口的干流段(MK-3); 南俄河(Nam Ngum River, NN); 南涅河(Nam Nheip River, NNP); 南卡丁河(Nam Cadinh River, NC); 颂堪河(Songkhram River, SG); 锡河(Chi River, CHI); 蒙河(Mun River, MUN); 色邦非河(Se Bang Fai River, SBF); 色邦亨河(Se Bang Hieng River, SBH); 塞公河(Se Kong River, SK); 颂堪河口至老挝与柬埔寨边界的干流段(MK-4) (图1)。流域的划分采用ArcMap 10.2软件。

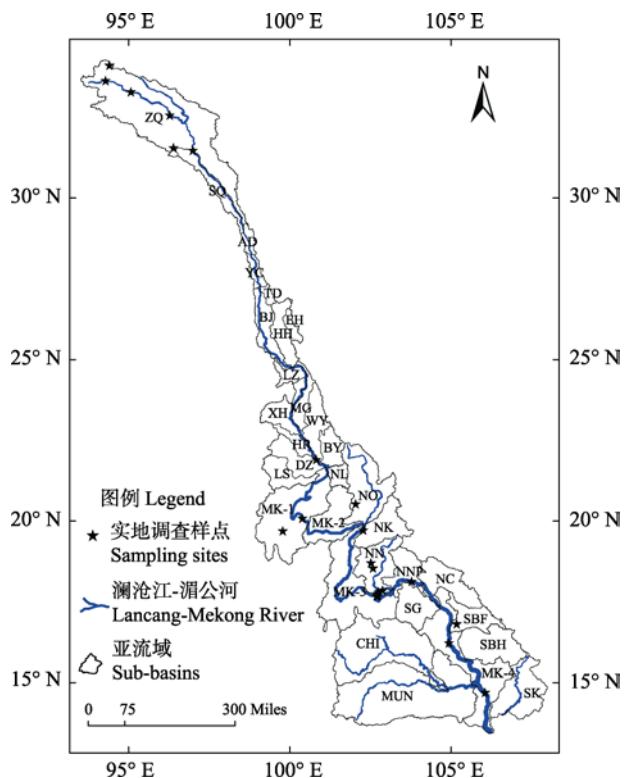
### 1.3 数据来源

依据1999–2017年澜沧江和湄公河流域实地调查数据, 包括国内样点7个, 泰国和老挝样点16个, 样点分布见图1, 并参考相关文献、专著、调查报告(附录1)以及在线数据库(Fishbase, Global Biodiversity Information Facility, MFD Fish Database等), 排除同物异名, 更新分类地位变动。本文涉及的淡水鱼类是指终生生活在淡水(初级淡水鱼类)和生命某些阶段必须在淡水中度过的种类(如溯河和降河洄游鱼类), 不包括分布在河口、海洋和偶然进入淡水水域的物种以及外来物种。所有物种有效性和分类地位在Catalog of Fishes数据库中进行确认(Eschmeyer & Fricke, 2019)。物种分布数据按亚流域的存在/缺失形式整理。

### 1.4 数据分析

#### 1.4.1 鱼类组成相似度分析

以32个亚流域的存在/缺失数据作为原始数据, 在Jaccard相似性系数的基础上构建相似性矩阵, 在此基础上利用聚类分析(cluster analysis, CA)和多维尺度分析(multi-dimensional scaling, MDS)展示鱼类组成格局。利用相似性分析(analysis of similarities, ANOSIM)对聚类结果进行差异检验, 并通过对聚类划分的亚流域组进行相似性百分比分析(similarity percentage analysis, SIMPER)来确定造成鱼类组成差异的主要贡献种属。Jaccard相似



**图1 澜沧江–湄公河中上游流域、地理单元(亚流域或支流)以及调查样点分布图。亚流域划分: ZQ: 扎曲; SQ: 色曲; AD: 阿东河; YC: 永春河; TD: 通甸河; EH: 洱海; BJ: 沂江; HH: 黑惠江; LZ: 罗闸河; MG: 勐嘎河; XH: 小黑河; WY: 威远江; HR: 黑河; BY: 补远江; LS: 流沙河; NL: 南腊河; DZ: 大中河; MK-1: 中老边界–博胶; MK-2: 博胶–琅勃拉邦南乌江口; NO: 南乌江; NK: 南康河; NN: 南俄河; MK-3: 琅勃拉邦南乌江口–万象南俄河口; NNP: 南涅河; NC: 南卡丁河; SG: 颂堪河; CHI: 锡河; MUN: 蒙河; SBF: 色邦非河; SBH: 色邦亨河; SK: 塞公河; MK-4: 颂堪河口–老挝与柬埔寨边界。**

Fig. 1 Map of the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River, the geographic regions (sub-basins or tributaries) and investigation spots in this study. Sub-basins Division: ZQ: Zaqu; SQ: Sequ; AD: Adong River; YC: Yongchun River; TD: Tongdian River; EH: Erhai; BJ: Bijiang; HH: Heihui River; LZ: Luoza River; MG: Mengga River; XH: Xiaohai River; WY: Weiyuan River; HR: Hei River; BY: Buyuan River; LS: Liusha River; NL: Nanla River; DZ: Dazhong River; MK-1: The Border between China and LAOs-Bokeo, LAOs; MK-2: Bokeo-Nam Ou River Estuary, Luang Prabang; NO: Nam Ou River; NK: Nam Khan River; NN: Nam Ngum River; MK-3: Nam Ou River Estuary, Luang Prabang-Nam Ngum Estuary, Vientiane; NNP: Nam Nheip River; NC: Nam Cadinh River; SG: Songkhram River; CHI: Chi River; MUN: Mun; SBF: Se Bang Fai River; SBH: Se Bang Hieng River; SK: Se Kong River; MK-4: Songkhram Estuary—the border between LAOs and Cambodia.

性系数计算公式:

$$C_j = c/(a + b - c) \quad (1)$$

式中,  $a$ 为亚流域A的物种数,  $b$ 为亚流域B的物种数,  $c$ 为A、B两个亚流域之间的共有物种数。以上分析使用PRIMER 6.0软件进行(Clarke & Warwick, 2001b)。

#### 1.4.2 分类学多样性分析

传统多样性指数受限于采样大小、方法, 忽略了物种之间的差异和亲缘关系信息(Clarke & Warwick, 1998, 2001a), 相同的计算结果可能对应着完全不同的生态群落, 影响人们对群落结构的理解和不同数据间的比较, 无法反映群落中生物分类的变化(曲方圆和于子山, 2010)。因此, 我们采用平均分类差异指数(average taxonomic distinctness,  $\Delta^+$ )和分类差异变异指数(variation in taxonomic distinctness,  $\Lambda^+$ )来评估澜沧江-湄公河中上游流域淡水鱼类多样性:

$$\Delta^+ = (\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}) / [S(S - 1)/2] \quad (2)$$

$$\Lambda^+ = \sum \sum_{i < j} (\omega_{ij} - \Delta^+)^2 / [S(S - 1)/2] \quad (3)$$

其中,  $\omega_{ij}$ 为第*i*和*j*个种在分类系统树中的路径长度,  $S$ 为物种数。

根据名录中不同分类等级水平的物种丰富度设置不同分类等级间加权路径长的权重(徐宾铎等, 2005; Zhang et al, 2018), 将本研究的分类等级确定为纲、目、科、属和种5个水平。采用PRIMER 6.0软件包中的TAXDTEST进行数据分析(Warwick & Clarke, 2001)。

## 2 结果

### 2.1 物种组成

澜沧江-湄公河中上游流域内共记录淡水鱼类745种, 隶属2纲17目63科229属(附录2)。

从目的种类组成来看, 鲤形目最多, 13科124属451种, 占总物种数的60.5%; 其次是鲇形目, 12科37属144种, 占物种数的19.3%; 鲈形目排名第三, 16科29属67种, 占总物种数的9.0%; 其余为合鳃目、鲀形目、鲱形目、领针鱼目、鲽形目、骨舌鱼目、海龙目、鲼形目、刺鱼目、鳉形目、鳗鲡目、犁头鳐目、胡瓜鱼目、银汉鱼目14目, 共22科39属83种, 占总物种数的11.2%。

从科的组成来看: 以鲤科为主, 包含190种, 占总数的25.5%; 条鳅科次之, 107种, 占总数的14.4%; 鲇科第三, 53种, 占总数的7.1%; 鳊科36种, 占总数的4.8%; 鳕科30种, 占总数的4%; 鮀科28种, 占

总数的3.8%; 鲻科26种, 占总数的3.5%; 鲦科20种, 占总数的2.7%; 爬鳅科和鮈科均为18种, 分别占总数的2.4%; 虾虎鱼科17种, 占总数的2.3%; 鲔科15种, 占总数的2%; 沙鳅科14种, 占总数的1.9%; 粒鮎科13种, 占总数的1.7%。以上15科包括的物种数超过湄公河中上游淡水鱼类物种总数的80%。

从属的组成看, 物种数排列在前10位的分别是南鳅属(*Schistura*)、波鱼属(*Rasbora*)、吻孔鲃属(*Poropuntius*)、纹胸𬶐属(*Glyptothorax*)、鳠属(*Mystus*)、神鮈属(*Devario*)、鮈属(*Pangasius*)、墨头鱼属(*Garra*)、野鲮属(*Labeo*)、单孔鲀属(*Pao*)。

从分布频度看, 宽額鱧(*Channa gachua*)频次最多, 在21个亚流域中出现; 其次是大刺鳅(*Mastacembelus armatus*)和长嘴鱧(*Raiamas guttatus*), 在20个亚流域中出现; 最少的是泰国小眼刺鳅(*Acantopsis thiemmedhi*)、鞍斑粒鮈(*Akysis ephippifer*)、北梭短吻鱼(*Albulichthys albulooides*)等240种鱼类, 仅出现在1个亚流域。

### 2.2 分类学多样性指数

根据物种名录计算得到澜沧江-湄公河中上游淡水鱼类平均分类差异指数( $\Delta^+$ )和分类差异变异指数( $\Lambda^+$ ) (表1)。平均分类差异指数( $\Delta^+$ )介于56.92–72.31之间, 在该范围内 $\Delta^+$ 值越大, 表明亚流域间的亲缘关系越远。从源头到中游,  $\Delta^+$ 整体趋势增大, 说明分类学等级水平越来越高, 亲缘关系也越来越远, 分类多样性越来越高。分类差异变异指数( $\Lambda^+$ )介于182.76–550.32之间, 在该范围内 $\Lambda^+$ 值越大, 表明亚流域间的分类地位关系越不均匀。相对来说, 阿东河的 $\Lambda^+$ 最大, 其次是扎曲、大中河、洱海、永春、通甸河和色曲, 说明源区附近的鱼类在分类阶元上是最不均匀的, 颂堪河的 $\Lambda^+$ 最小, 其次是锡河和颂堪河口至老挝与柬埔寨边界的干流段, 说明中游附近的鱼类在分类阶元上是最均匀的。

进一步做 $\Delta^+$ 和 $\Lambda^+$ 的95%置信漏斗图(图2), 置信漏斗中部的虚线是平均值曲线, 其上方为最大值曲线, 下方为最小值曲线。 $\Delta^+$ 的理论平均值为69.5, 源区和上游亚流域的 $\Delta^+$ 值均低于平均值曲线, 其中洱海、扎曲、色曲、沘江、小黑河、补远江、流沙河、南腊河、南乌江、塞公河低于最小值曲线, 意味着受到了扰动; 颂堪河、锡河、蒙河和颂堪河口至老挝柬埔寨边界的干流段高于最大值曲线, 说明流域

表1 澜沧江-湄公河中上游32个亚流域平均分类差异指数( $\Delta^+$ )和分类差异变异指数( $\Lambda^+$ ) (河流代号见图1)。

Table 1 Average taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ ) and variation in taxonomic distinctness ( $\Lambda^+$ ) of 32 sub-basins in the upper and middle Lancang-Mekong River. Sub-basin codes are shown in Fig. 1.

亚流域 Sub-basin	物种数 Species number	平均分类差异指数 Average taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ )	分类差异变异指数 Variation in taxonomic distinctness ( $\Lambda^+$ )	亚流域 Sub-basin	物种数 Species number	平均分类差异指数 Average taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ )	分类差异变异指数 variation in taxonomic distinctness ( $\Lambda^+$ )
ZQ	17	60.88	434.52	NL	116	65.78	221.76
SQ	24	61.45	348.62	MK-1	240	68.52	233.13
AD	10	60.89	550.32	MK-2	99	67.47	232.44
YC	21	63.05	379.28	NO	105	65.64	247.45
TD	26	62.95	370.35	NK	85	67.68	227.93
BJ	54	64.72	261.12	MK-3	223	70.52	223.58
HH	39	66.37	256.32	NN	157	67.92	224.96
EH	23	56.92	396.82	NNP	123	69.65	220.26
LZ	49	65.92	218.71	NC	104	69.47	226.98
XH	62	65.67	221.7	SG	70	72.31	182.76
MG	10	66.22	210.17	CHI	170	71.55	185.59
WY	32	67.06	242.95	MUN	294	71.68	198.2
HR	23	64.19	331.85	SBF	72	68.46	237.22
DZ	11	60.73	406.74	SBH	157	69.83	216.84
BY	100	66.5	247.27	SK	94	65.67	244.18
LS	109	66.14	226.43	MK-4	379	71.45	195.07

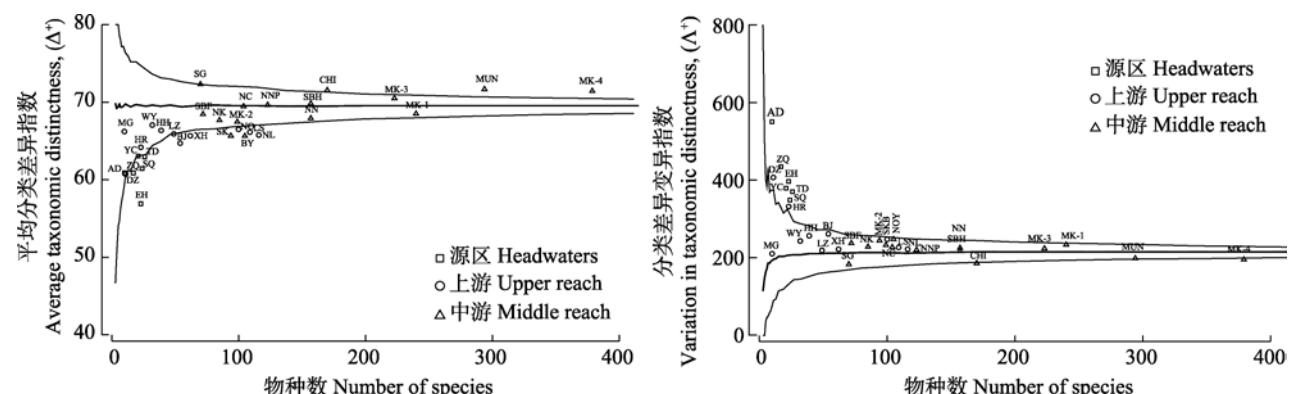


图2 澜沧江-湄公河中上游32个亚流域平均分类差异指数( $\Delta^+$ )和分类差异变异指数( $\Lambda^+$ )的95%的置信区间漏斗图(河流代号同图1)。

Fig. 2 The 95% probability funnels of average taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ ) and variation in taxonomic distinctness ( $\Lambda^+$ ) for 32 sub-basins of the upper and middle reaches of Lancang-Mekong River. Sub-basin codes are shown in Fig. 1.

环境十分适宜, 物种的分类等级较多。 $\Lambda^+$ 的理论平均值为210, 亚流域阿东河、扎曲、永春河和通甸河; 组2包括位于湄公河上游的沘江、威远江、小黑河、黑惠江、罗闸河、勐嘎河、大中河、黑河和洱海; 组3包括位于湄公河中游的流沙河、南腊河、补远江、中老边界至老挝博胶北塔区的干流段、北塔区至琅勃拉邦南乌江口的干流段、琅勃拉邦南乌江口至万象南俄河口的干流段、颂堪河至老挝与柬埔寨边界的干流段、南乌江、南卡丁河、锡河、南

### 2.3 亚流域相似度

根据Jaccard相似性系数对32个亚流域物种相似性进行聚类分析结果表明, 当相似性系数为8.69时, 整个中上游流域可以分为3组(图3): 组1包括位

于湄公河源区的扎曲、色曲、阿东河、永春河和通甸河; 组2包括位于湄公河上游的沘江、威远江、小黑河、黑惠江、罗闸河、勐嘎河、大中河、黑河和洱海; 组3包括位于湄公河中游的流沙河、南腊河、补远江、中老边界至老挝博胶北塔区的干流段、北塔区至琅勃拉邦南乌江口的干流段、琅勃拉邦南乌江口至万象南俄河口的干流段、颂堪河至老挝与柬埔寨边界的干流段、南乌江、南卡丁河、锡河、南

康河、蒙河、南俄河、南涅河、色邦非河、色邦亨河、塞公河、颂堪河。MDS排序图与聚类分析图一致, 压力系数(Stress)为0.09, 而且补远江、南腊河和流沙河三个亚流域鱼类组成重叠明显(图4)。

ANOSIM分析表明, 澜沧江-湄公河中上游流域淡水鱼类组成的组间差异极为显著( $R = 0.877$ ,

$P = 0.001$ ), 各个分组间的差异均达到了极为显著的水平( $R_{\text{源区}\&\text{上游}} = 0.782, P = 0.001; R_{\text{上游}\&\text{中游}} = 0.83, P = 0.001; R_{\text{源区}\&\text{中游}} = 1, P = 0.001$ ), 其中源区和中游的鱼类组成差异是最大的。

相似性百分比分析(similarity percentage analysis, SIMPER)表明源区与上游、上游与中游、源区

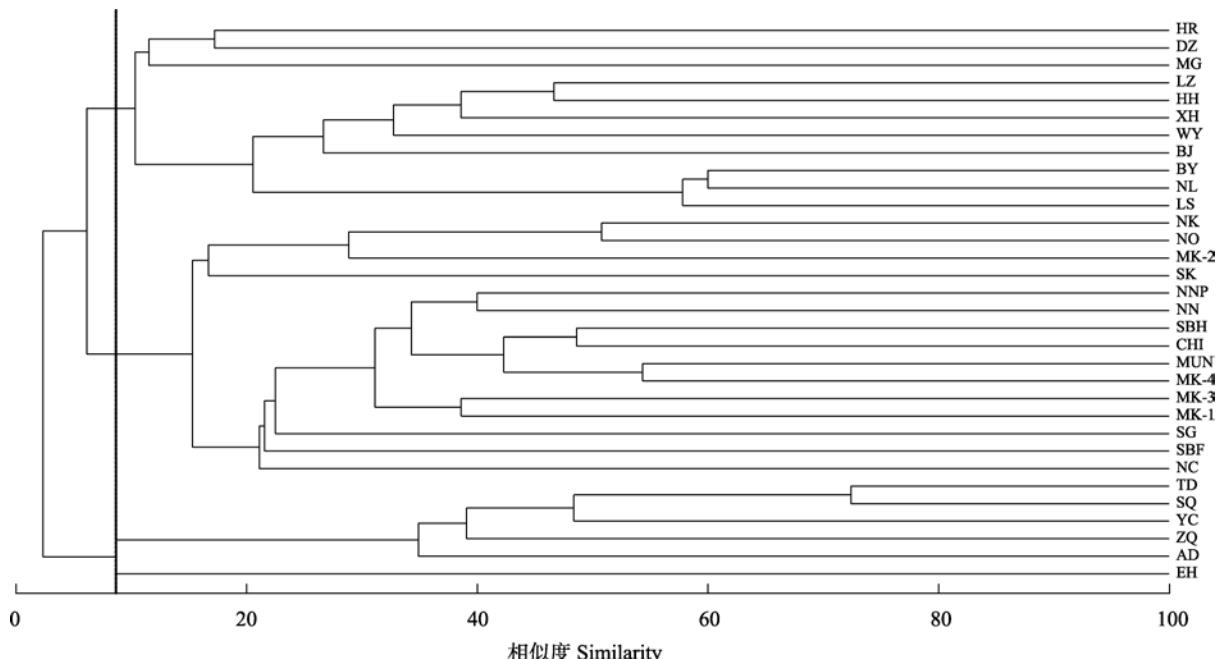


图3 基于Jaccard相似性矩阵和组平均聚类法构建的澜沧江-湄公河中上游32个亚流域淡水鱼类聚类树状图(河流代号见图1)  
Fig. 3 Cluster analysis of 32 sub-basins freshwater fish data for the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River based on Jaccard similarity matrix and group average clustering method. Sub-basin codes are shown in Fig. 1.

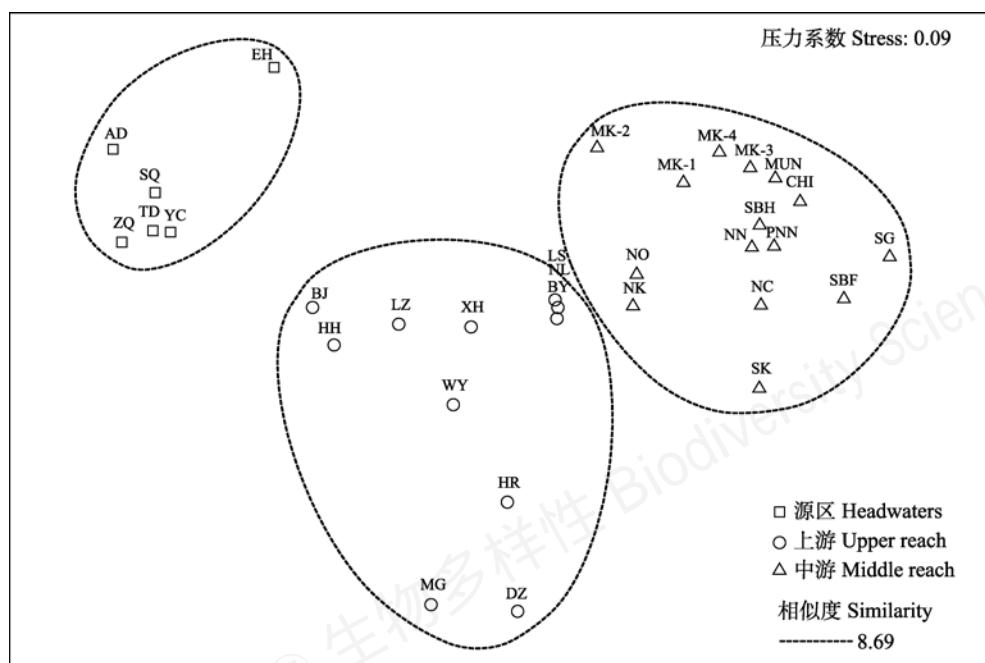


图4 基于Jaccard相似性矩阵的澜沧江-湄公河中上游32个亚流域淡水鱼类组成的多维尺度分析(MDS)排序图(河流代号见图1)

Fig. 4 Multi-dimensional scaling analysis of freshwater fish in 32 sub-basins in the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River based on Jaccard similarity matrix. Sub-basin codes are shown in Fig. 1.

表2 澜沧江-湄公河中上游3个生物地理区淡水鱼类组成相似的主要属及其贡献率

Table 2 The genera contributing to similarity of freshwater fish composition among three biogeographical regions in the upper and middle reaches of the Lancang-Mekong River.

关键属 Key genus	源区和上游 Headwaters & upper reach	上游和中游 Upper reach & middle reach	源区和中游 Headwaters & middle reach
高鲮属 <i>Altigena</i>	2.47	-	-
纹胸𬶐属 <i>Glyptothorax</i>	7.62	2.37	2.15
半鲿属 <i>Hemibagrus</i>	-	1.9	-
间吸鳅属 <i>Hemimyzon</i>	2.4	-	-
长臀鲃属 <i>Mystacoleucus</i>	-	1.97	2.15
鳠属 <i>Mystus</i>	-	1.95	2.07
纹唇鱼属 <i>Osteochilus</i>	-	1.83	1.97
无齿𩦑属 <i>Pangasianodon</i>	-	1.8	-
单孔鲀属 <i>Pao</i>	-	1.83	1.99
𬶐属 <i>Pareuchiloglanis</i>	3.11	-	-
吻孔鲃属 <i>Poropuntius</i>	2.97	2.39	2.02
褶𬶐属 <i>Pseudecheneis</i>	3.23	-	-
波鱼属 <i>Rasbora</i>	-	3.17	3.1
南鳅属 <i>Schistura</i>	2.83	3.92	2.79
裂腹鱼属 <i>Schizothorax</i>	6.25	-	2.61
结鱼属 <i>Tor</i>	2.68	-	-
高原鳅属 <i>Triplophysa</i>	6.18	-	2.27

与中游间的鱼类组成平均差异百分比分别为90.84%、88.87%和99.37%。导致源区与上游的鱼类组成差异的主要种属有：纹胸𬶐属、裂腹鱼属(*Schizothorax*)、高原鳅属(*Triplophysa*)、褶𬶐属(*Pseudecheneis*)、𬶐属(*Pareuchiloglanis*)、吻孔鲃属、南鳅属、结鱼属(*Tor*)、高鲮属(*Altigena*)和间吸鳅属(*Hemimyzon*)；引起上游与中游鱼类组成差异的主要种属有：南鳅属、波鱼属、吻孔鲃属、纹胸𬶐属、长臀鲃属(*Mystacoleucus*)、鳠属、半鲿属(*Hemibagrus*)、纹唇鱼属(*Osteochilus*)、单孔鲀属和无齿𩦑属(*Pangasianodon*)；波鱼属、南鳅属、裂腹鱼属、高原鳅属、纹胸𬶐属、长臀鲃属、鳠属、吻孔鲃属、单孔鲀属和纹唇鱼属是源区与中游鱼类组成差异的主要属(表2)。

### 3 讨论

澜沧江-湄公河鱼类组成的最大特点之一是物种多样性极高。由于独特的地理位置以及高度复杂的栖息地环境，澜沧江-湄公河鱼类物种的数量非

常惊人，国外曾有研究估计湄公河鱼类物种有1,200–1,300种(Rainboth, 1996; Dudgeon, 2011)，淡水鱼类约有850种(Hortle, 2009; Dudgeon, 2011)。由湄公河委员会开发的湄公河鱼类数据库(MFD)统计有924种鱼类，其中土著鱼类898种(包括河口鱼类)，但这个数据库所覆盖流域不包括中国境内澜沧江的物种数据信息(MRC, 2003)。关于澜沧江流域鱼类的系统记载，《云南鱼类志》中记录124种(褚新洛和陈银瑞, 1989, 1990)，随后的研究表明澜沧江流域记录了162种(Zhang et al, 2018)，与湄公河流域共有的鱼类有61种(Kang et al, 2009a, b)。本研究首次系统整理了澜沧江-湄公河中上游流域淡水鱼类物种名录及其分布，澜沧江-湄公河记录有淡水鱼类745种，如果考虑下游分布物种，整个澜沧江-湄公河流域淡水鱼类接近1,000种，物种数远超过我国长江的淡水鱼类。一般认为，物种多样性与河流的自然环境、河流长度以及鱼类演化历史等因素密切相关(MacArthur & Wilson, 1967; 唐志尧等, 2009)。澜沧江-湄公河作为一条自北向南纵向性河流，地

跨温带、亚热带和热带，而长江为自西向东横向性河流，下游河段地处亚热带。热带地区具有较高的气温和充沛的降雨以及极高的初级生产力，此外，在地质历史时期也具有相对稳定的气候环境，特别是未受到第四纪冰期气候的影响。二者共同决定了澜沧江-湄公河具有更高的鱼类多样性。

澜沧江-湄公河鱼类组成特点之二是鲇形目和鲈形目所占比例有所增加。虽然仍以鲤形目为主，占到物种总数的60.5%，但与我国其他大型河流相比，如长江(77.78%)、黄河(75.15%)和珠江(81.47%)等(未发表数据)，澜沧江-湄公河鲤形目所占比例有所下降，而鲇形目(占总数的19.3%)和鲈形目(占总数的9%)所占比例则上升。这与澜沧江-湄公河鱼类区系演化历史有关。澜沧江-湄公河地处东亚区与南亚区鱼类区系的过渡地带，区系组成包括了来自冈瓦纳古陆、新生代东亚起源以及东南亚起源鱼类。而我国东部水系则更多是东亚起源鱼类为主。

澜沧江-湄公河鱼类组成特点之三是大型淡水鱼类和洄游性鱼类丰富。全球最大的10种淡水鱼类中有4种分布于湄公河，包括巨赤魮(*Himantura chaophraya*)、巨无齿魮(*Pangasianodon gigas*)、长丝魮(*Pangasius sanitwongsei*)和暹罗巨鲤(*Catlocarpio siamensis*)，其中暹罗巨鲤是现存鲤科鱼类中个体最大的物种，体重可达300 kg，体长达300 cm。洄游鱼类有135种(Baran, 2006)，而且主要以大型鱼类为主(Poulsen et al, 2002; Ziv et al, 2012)。

从聚类分析(CA)结果来看，在Jaccard相似性系数为8.69时可以将32个亚流域分为源区、上游和中游3组，ANOSIM检验结果也验证了3组彼此之间的鱼类组成差异极其显著，这种差异与澜沧江-湄公河流域自然条件密切相关。根据SIMPER分析结果，源区的种类以裂腹鱼属和高原鳅属等高原鱼类为主，这些类群适应高海拔、低水温、流水和贫营养环境，属于典型的青藏高原区鱼类区系；而上游则以纹胸𬶐属和吻孔鲃属等过渡性鱼类为主，即青藏高原向云贵高原过渡的种类；中游主要是长臀鲃属和波鱼属等东洋区鱼类，该段流域河谷开阔、水流减缓、海拔较低、水温较高。虽然鲤形目和鲇形目鱼类在各个组中均占到很大比例，但随着地势阶梯的升高出现了科级、属级类群的替代，适应暖水性的类群如长臀鲃属、波鱼属、鳠属等逐渐减少，取

而代之的是适应冷水和激流的裂腹鱼属、高原鳅属和𬶐科鱼类(表3)。

分类学多样性指数是基于物种的进化和亲缘关系来评估生物多样性(Clarke & Warwick, 1998)，并且不受采样大小、采样方法和生境类型等因素的影响(Clarke & Warwick, 1998, 2001b)，已经被广泛研究证明在生物多样性研究方面较传统指数具有一定优势(Jiang et al, 2019)。本研究中平均分类差异指数( $\Delta^+$ )和分类差异变异指数( $\Lambda^+$ )的计算只考虑物种的出现与否，而不考虑种类的数量，这实际上是对群落中优势种与常见种权重的最简化处理(徐宾铎等, 2005)，因此，本研究中利用澜沧江-湄公河中上游流域淡水鱼类数据进行分类多样性分析是可行的和合理的。通常认为，在同等物种组成的群落中，物种归属于多个属的群落的生物多样性高于物种归属于一个属的群落。因此，从源头到中游，淡水鱼类的生物多样性逐渐升高，群落结构越来越稳定。本研究中，从源头到中游，淡水鱼类在分类阶元上的分布越来越均匀，亲缘关系越来越远，分类多样性越来越高，同样也体现了这一结果。

澜沧江-湄公河作为全球重要的国际河流和淡水鱼类多样性最高的河流之一，其生物多样性现状和面临的威胁长期受到学界关注(Kang et al, 2009a; Valbo-Jørgensen et al, 2009; Baran, 2010; Kano et al, 2016; Zhang et al, 2018)。湄公河分布有世界上最大的10种淡水鱼类中的4种，也是全球最重要的鱼类洄游栖息地之一，同时，该流域以自然捕捞为主的淡水渔业是东南亚人民最重要的动物蛋白来源。然而，近30年来，随着流域各国人口的增长和经济的快速发展，澜沧江-湄公河淡水生物多样性和渔业资源面临严重威胁(Ziv et al, 2012)。特别是近年来以水利工程建设和过度捕捞为主的人类活动，使得澜沧江-湄公河淡水生态系统正面临生境破碎化、栖息地丧失、鱼类洄游通道阻隔、生物入侵等生态环境问题(Dudgeon et al, 2006; Kang et al, 2009b; Zhang et al, 2018)。然而，由于澜沧江-湄公河流域特殊的地理位置和地缘特点以及极高的鱼类多样性，全面深入了解该流域鱼类多样性和分布，探索流域尺度上的多样性变动及其归因仍然是极大的挑战。今后，加强流域内国家间合作，实现数据共享，在流域尺度上制定保护计划迫在眉睫。

表3 河源、上游和中游鱼类组成相似性的主要属及其贡献率

Table 3 The genera contributing to similarity of fish composition within headwaters, upper and middle reaches

目 Order	科 Family	属 Genus	贡献率 Contribution (%)
源区 Headwaters	鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	裂腹鱼属 <i>Schizothorax</i> 34.43
			叶须鱼属 <i>Ptychobarbus</i> 2.04
			裸裂尻鱼属 <i>Schizopygopsis</i> 2.04
		条鳅科 Nemacheilidae	高原鳅属 <i>Triplophysa</i> 16.11
			荷马条鳅属 <i>Homatula</i> 2.13
		爬鳅科 Balitoridae	拟平鳅属 <i>Pseudohomaloptera</i> 2.13
	鲇形目 Siluriformes	𬶐科 Sisoridae	纹胸𬶐属 <i>Glyptothorax</i> 9.86
			𬶐属 <i>Pareuchiloglanis</i> 7.95
			褶𬶐属 <i>Pseudecheneis</i> 6.74
			异𬶐属 <i>Creteuchiloglanis</i> 4.61
上游 Upper reach	鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	吻孔鲃属 <i>Poropuntius</i> 7.07
			舟齿鱼属 <i>Scaphiodonichthys</i> 4.7
			结鱼属 <i>Torg</i> 4.13
			高鱊属 <i>Altigena</i> 3.42
			墨头鱼属 <i>Garra</i> 3.4
			东坡墨鱼属 <i>Ageneiogarра</i> 3.01
	鲇形目 Siluriformes	条鳅科 Nemacheilidae	南鳅属 <i>Schistura</i> 3.91
		𬶐科 Sisoridae	纹胸𬶐属 <i>Glyptothorax</i> 8.86
			褶𬶐属 <i>Pseudecheneis</i> 4.1
		锡伯鮀科 Ailiidae	鮀属 <i>Clarias</i> 2.98
中游 Middle reach	鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	长臀鲃属 <i>Mystacoleucus</i> 4
			圆唇鱼属 <i>Cyclocheilichthys</i> 2.66
			裂峡鲃属 <i>Hampala</i> 2.48
			纹唇鱼属 <i>Osteochilus</i> 2.7
		鮈科 Danionidae	波鱼属 <i>Rasbora</i> 3.91
			真马口波鱼属 <i>Opsarius</i> 3.74
	鲈形目 Perciformes	鳢科 Channidae	鳢属 <i>Channa</i> 3.36
		刺鳅科 Mastacembelidae	刺鳅属 <i>Mastacembelus</i> 2.3
	合鳃目 Synbranchiformes	鳢科 Bagridae	鳠属 <i>Mystus</i> 2.28
	鲇形目 Siluriformes	鲀科 Tetraodontidae	单孔鲀属 <i>Pao</i> 2.22

致谢：周卓诚博士、隋晓云博士、豪富华博士、刘光博士和张梦淇博士协助老挝调查，特此感谢！

## 参考文献

- Baran E (2006) Fish Migration Triggers in the Lower Mekong Basin and Other Tropical Freshwater Systems. MRC Technical Paper No. 14, Mekong River Commission, Vientiane.
- Baran E (2010) Mekong fisheries and mainstream dams. In: ICEM 2010, pp. 1–145. Mekong River Commission Strategic Environmental Assessment of Hydropower on the Mekong Mainstream, International Centre for Environmental Management, Hanoi, Vietnam.

Chen LH, He DM (2000) The ecological impacts of hydropower cascade development in Lancang-Mekong River. *Acta Geographica Sinica*, 67, 577–586. (in Chinese with English abstract) [陈丽晖, 何大明 (2000) 澜沧江—湄公河水电梯级开发的生态影响. 地理学报, 67, 577–586.]

Chu XL, Chen YR (1989) The Fishes of Yunnan, China Part I. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 陈银瑞(1989) 云南鱼类志(上册). 科学出版社, 北京.]

Chu XL, Chen YR (1990) The Fishes of Yunnan, China Part II. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 陈银瑞(1990) 云南鱼类志(下册). 科学出版社, 北京.]

Clarke KR, Warwick RM (1998) A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied*

- Ecology, 35, 523–531.
- Clarke KR, Warwick RM (2001a) A further biodiversity index applicable to species lists: Variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216, 265–278.
- Clarke KR, Warwick RM (2001b) Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edn. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Dudgeon D (2011) Asian river fishes in the Anthropocene: Threats and conservation challenges in an era of rapid environmental change. *Journal of Fish Biology*, 79, 1487–1524.
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata Z, Knöveler DJ, Leveque C, Naiman RJ, Prieur RAH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA (2006) Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163–182.
- Eschmeyer WN, Fricke R (2019) Catalog of Fishes: Genera, Species, References. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. (accessed on 2019-02-28)
- Ge F (2008) Modern Ecology, 2nd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [戈峰 (2008) 现代生态学, 第2版. 科学出版社, 北京.]
- He DM (1995) Analysis of hydrological characteristics in Lancang-Mekong River. *Yunnan Geographic Environment Research*, 7, 58–74. (in Chinese with English abstract) [何大明 (1995) 澜沧江-湄公河水文特征分析. 云南地理环境研究, 7, 58–74.]
- Hortle KG (2009) Chapter 9—Fisheries of the Mekong River Basin. In: The Mekong (ed. Campbell IC), pp.197–249. Academic Press, San Diego.
- Jiang XM, Ding CZ, Brosse S, Pan B, Lu Y, Xie ZC (2019) Local rise of phylogenetic diversity due to invasions and extirpations leads to a regional phylogenetic homogenization of fish fauna from Chinese isolated plateau lakes. *Ecological Indicators*, 101, 388–398.
- Jiang ZG, Ji LQ (1999) Avian-mammalian species diversity in nine representative sites in China. *Chinese Biodiversity*, 7, 220–225. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 纪力强 (1999) 鸟兽物种多样性测度的G-F指数方法. 生物多样性, 7, 220–225.]
- Kang B, He DM, Perrett L, Wang HY, Hu WX, Deng WD, Wu YF (2009a) Fish and fisheries in the upper Mekong: Current assessment of the fish community, threats and conservation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19, 465–480.
- Kang B, Perrett L, Li YG, He DM (2009b) Are the fish of the upper and lower Mekong interconnected. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27, 400–407.
- Kano Y, Dudgeon D, Nam S, Samejima H, Watanabe K, Grudpan C, Grudpan J, Magtoon W, Musikasinthorn P, Nguyen PT, Praxaysonbath B, Sato T, Shibukawa K, Shimatani Y, Suvarnaraksha A, Tanaka W, Thach P, Tran DD, Yamashita T, Utsugi K (2016) Impacts of dams and global warming on fish biodiversity in the Indo-Burma hotspot. *PLoS ONE*, 11, e0160151.
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- MRC (2003) Mekong Fish Database: A Taxonomic Fish Database for the Mekong Basin. Mekong River Commission, Phnom Penh.
- Poulsen AF, Poeu O, Viravong S, Suntornratana U, Tung NT (2002) Fish migrations of the Lower Mekong River Basin: Implications for Development, Planning and Environmental Management. MRC Technical Paper No.8, Mekong River Commission, Phnom Penh.
- Qu FY, Yu ZS (2010) The application of taxonomic diversity in macrobenthic ecology: Taking Yellow Sea for example. *Biodiversity Science*, 18, 150–155. (in Chinese with English abstract) [曲方圆, 于子山 (2010) 分类多样性在大型底栖动物生态学方面的应用: 以黄海底栖动物为例. 生物多样性, 18, 150–155.]
- Rainboth WJ (1996) Fishes of the Cambodian Mekong. FAO Species Identification Field Guide for Fishery Purposes, FAO, Rome.
- Rainboth WJ, Vidthayanon C, Mai DY (2012) Fishes of the Greater Mekong Ecosystem with Species List and Photographic Atlas. Miscellaneous Publications No. 201, University of Michigan, Museum of Zoology, Ann Arbor.
- Sun ZL, Liu YL, Liu J, Zhao ZX, Wang GX, Jin JL, Bao ZX, Liu CS (2018) Analysis on the present situation and demand of water utilization in the Lancang-Mekong River Basin. *Journal of Water Resources & Water Engineering*, 29(4), 70–76. (in Chinese with English abstract) [孙周亮, 刘艳丽, 刘冀, 赵志轩, 王高旭, 金君良, 鲍振鑫, 刘翠善 (2018) 澜沧江-湄公河流域水资源利用现状与需求分析. 水资源与水工程学报, 29(4), 70–76.]
- Tang ZY, Wang ZH, Fang JY (2009) Historical hypothesis in explaining spatial patterns of species richness. *Biodiversity Science*, 17, 635–643. (in Chinese with English abstract) [唐志尧, 王志恒, 方精云 (2009) 生物多样性分布格局的地史成因假说. 生物多样性, 17, 635–643.]
- Valbo-Jørgensen J, Coates D, Hortle KG (2009) Chapter 8—Fish diversity in the Mekong River basin. In: The Mekong (ed. Campbell IC), pp.161–196. Academic Press, San Diego.
- Warwick RM, Clarke KR (2001) Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 39, 207–231.
- Wei FW, Nie YG, Miao HX, Lu H, Hu YB (2014) Advancements of the researches on biodiversity loss mechanisms. *Chinese Science Bulletin*, 59, 430–437. (in Chinese with English abstract) [魏辅文, 聂永刚, 苗海霞, 路浩, 胡义波 (2014) 生物多样性丧失机制研究进展. 科学通报, 59,

- 430–437.]
- Xu BD, Jin XS, Liang ZL (2005) Calculation of hierarchical diversity of fish in the Huanghai and Bohai Seas. Periodical of Ocean University of China (Natural Science), 35, 25–28. (in Chinese with English abstract) [徐宾铎, 金显仕, 梁振林 (2005) 对黄、渤海鱼类等级多样性的推算. 中国海洋大学学报(自然科学版), 35, 25–28.]
- You Z, Feng ZM, Jiang LG, Yang YZ (2014) Population distribution and its spatial relationship with terrain elements in Lancang-Mekong River Basin. Mountain Research, 32, 21–29. (in Chinese with English abstract) [游珍, 封志明, 姜鲁光, 杨艳昭 (2014) 澜沧江–湄公河流域人口分布及其与地形的关系. 山地学报, 32, 21–29.]
- Zhang C, Ding L, Ding C, Chen L, Sun J, Jiang X (2018) Responses of species and phylogenetic diversity of fish communities in the Lancang River to hydropower development and exotic invasions. Ecological Indicators, 90, 261–279.
- Ziv G, Baran E, Nam S, Rodríguez-Iturbe I, Levin SA (2012) Trading-off fish biodiversity, food security, and hydropower in the Mekong River Basin. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 109, 5609–5614.

(责任编辑: 陈小勇 责任编辑: 时意专)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 本文用于整理淡水鱼类名录的文献、专著和调查报告

Appendix 1 Literatures, monographs and investigation reports for the compilation of freshwater fish list in this paper

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019195-1.pdf>

### 附录2 澜沧江–湄公河中上游32个亚流域淡水鱼类物种名录

Appendix 2 List of freshwater fish species in 32 sub-basins of the upper and middle reaches of Lancang-Mekong River

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019195-2.pdf>

## 附录1 本文用于整理淡水鱼类名录的文献、专著和调查报告

### Appendix 1 Literatures, monographs and investigation reports for the compilation of freshwater fish list in this paper

- Chen XY (2013) Checklist of fishes of Yunnan. *Zoological Research*, 34, 281–343. (in Chinese with English abstract) [陈小勇 (2013) 云南鱼类名录. 动物学研究, 34, 281–343.]
- Chu XL, Chen YR (1989) The Fishes of Yunnan, China Part I. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 陈银瑞(1989) 云南鱼类志(上册). 科学出版社, 北京.]
- Chu XL, Chen YR (1990) The Fishes of Yunnan, China Part II. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 陈银瑞 (1990) 云南鱼类志(下册). 科学出版社, 北京.]
- Doi A (1997) A review of taxonomic studies of Cypriniform fishes in southeast Asia. *Japanese Journal of Ichthyology*, 44(1), 1–33.
- He YM, Yang TL, Liu J, Yang ZZ (2010) The investigation of the fish current resources in Erhai Lake. *Journal of Chuxiong Normal University*, 25(3), 53–58. (in Chinese with English abstract) [何彦敏, 杨堂亮, 刘杰, 杨自忠 (2010) 洱海鱼类资源现状调查研究. 楚雄师范学院学报, 25(3), 53–58.]
- He SP, Wang W, Chen YR, Li ZY, Yang JX (1999) The preliminary investigation of fish biodiversity in middle and upper reach of Lancangjiang River. *Yunnan Geographic Environment Research*, 11, 26–29. (in Chinese with English abstract) [何舜平, 王伟, 陈银瑞, 李再云, 杨君兴 (1999) 澜沧江中上游鱼类生物多样性现状初报. 云南地理环境研究, 11, 26–29.]
- Kang B, He DM, Perrett L, Wang HY, Hu WX, Deng WD, Wu YF (2009) Fish and fisheries in the upper Mekong: Current assessment of the fish community, threats and conservation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19, 465–480.
- Kang B, He DM (2007) Research Progress of Biodiversity of Fish Species in the Lancangjiang River. *Resources Science*, 29(5), 195–200. (in Chinese with English abstract) [康斌, 何大明 (2007) 澜沧江鱼类生物多样性研究进展. 资源科学, 29(5), 195–200.]
- Kang B, Hu WX, Qi WL, Yang CM, Li JH (2010) Research on fish species diversity in the Buyuan River. *Progress in fishery sciences*, 31(3), 6–14. (in Chinese with English abstract) [康斌, 胡文娴, 邱文龙, 杨春明, 李江红 (2010) 补远江鱼类多样性研究. 渔业科学进展, 31(3), 6–14.]
- Kano Y, Dudgeon D, Nam S, Samejima H, Watanabe K, Grudpan C, Grudpan J, Magtoon W, Musikasinthorn P, Nguyen PT, Praxaysonbath B, Sato T, Shibukawa K, Shimatani Y, Suvarnaraksha A, Tanaka W, Thach P, Tran DD, Yamashita T, Utsugi K (2016) Impacts of dams and global warming on fish biodiversity in the Indo-Burma hotspot. *PLoS ONE*, 11, e0160151.
- Kottelat M (2000) Diagnoses of a new genus and 64 new species of fishes from Laos (Teleostei: Cyprinidae, Balitoridae, Bagridae, Syngnathidae, Chaudhuriidae and Tetraodontidae). *Journal of South Asian Natural History*, 5, 37–82.

- Kottelat M (2001) Fishes of Laos. Wildlife Heritage Trust Publications, pp. 1–198, Colombo.
- Kottelat M (2009) Fishes of the upper Nam Ou drainage in Laos. WWF-Community Fisheries: Supporting food security and aquatic biodiversity (ComFish Project), 1–27.
- Kottelat M (2016) The fishes of the Nam Theun and Xe Bangfai drainages, Laos. *Hydroécologie Appliquée*, 19, 271–320.
- Kottelat M, Baroche RDL (2011) Fishes of the Xe Kong drainage in Laos, especially from the Xe Kaman. Co-Management of freshwater biodiversity in the Sekong Basin. WWF & Critical Ecosystem Partnership Fund, 1–29.
- Liu MD, Chen DQ, Duan XB, Wang K, Liu SP (2011) Ichthyofauna composition and distribution of fishes in Yunnan section of Lancang River. *Journal of Fishery Sciences of China*, 18, 156–170. (in Chinese with English abstract) [刘明典, 陈大庆, 段辛斌, 王珂, 刘绍平 (2011) 澜沧江云南段鱼类区系组成与分布. 中国水产科学, 18, 156–170.]
- Liu ZH, He JC, Jiang WG (1987) A survey of fishes in the middle reaches of the Lancang River, Yunnan Province. *Journal of Yunnan University*, 9, 146–150. (in Chinese with English abstract) [刘振华, 何纪昌, 江望高 (1987) 云南澜沧江中游地区鱼类调查研究. 云南大学学报, 9, 146–150.]
- Ng NN, Kottelat M (2000) Descriptions of three new species of catfishes (Teleostei: Akysidae and Sisoridae) from Laos and Vietnam. *Journal of South Asian Natural History*, 5, 7–15.
- Phomikong P, Fukushima M, Sricharoendham B, Nohara S, Jutagate T (2015) Diversity and community structure of fishes in the regulated versus unregulated tributaries of the Mekong River. *River Research and Applications*, 31, 1262–1275.
- Valbo-Jørgensen J, Coates D, Horte K (2009) Chapter 8—Fish diversity in the Mekong River Basin. *The Mekong*, 161–196.
- Zheng LP, Chen XY, Yang XJ (2013) Status and conservation of fishes in the middle and lower Langcangjiang River. *Zoological Research*, 34, 680–686. (in Chinese with English abstract) [郑兰平, 陈小勇, 杨君兴 (2013) 澜沧江中下游鱼类现状及保护. 动物学研究, 34, 680–686.]
- Zhou W, Li MH, Li YL (2016) Fish diversity in four nature reserves in Southwest Yunnan, China and the evaluation indicators. *Biodiversity Science*, 24, 313–320. (in Chinese with English abstract) [周伟, 李明会, 李有兰 (2016) 滇西南四个自然保护区鱼类多样性及评价指标探究. 生物多样性, 24, 313–320.]
- Bureau of Aquatic Products, Tibet, China (1995) Fishes and Fish Resources in Xizang, China. China Agriculture Press, Beijing. [西藏自治区水产局 (1995) 西藏鱼类及其资源. 中国农业出版社, 北京.]

## 附录2 澜沧江-湄公河中上游32个亚流域淡水鱼类物种名录

## Appendix 2 List of freshwater fish species in 32 sub-basins of the upper and middle reaches of Lancang-Mekong River





















物种 Species	亚流域代码 Sub-basin codes																														
	MK-1	MK-2	MK-3	MK-4	NO	NC	CHI	NK	MUN	NN	NNP	SBF	SBH	SK	SG	LS	BJ	HH	SQ	ZQ	AD	YC	NL	BY	WY	MG	LZ	DZ	XH	HR	TD
<i>Pangasius larnaudii</i>					+					+																					
<i>Pangasius macronema</i>					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+													
<i>Pangasius mekongensis</i>					+					+																					
<i>Pangasius nasutus</i>				+																									+		
<i>Pangasius pangasius</i>				+																											
<i>Pangasius polyuranodon</i>									+																						
<i>Pangasius sanitwongsei</i>				+	+					+	+	+	+	+	+			+									+	+			
<i>Pangio anguillaris</i>	+			+	+	+		+	+	+	+								+	+											
<i>Pangio fusca</i>						+																									
<i>Pangio longimanus</i>																+															
<i>Pangio muraeniformis</i>	+	+	+	+	+																										
<i>Pangio myersi</i>						+																									
<i>Pangio oblonga</i>						+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
<i>Pangio pangia</i>	+	+	+	+	+																										
<i>Pangio piperata</i>																														+	
<i>Pao abei</i>						+	+									+														+	
<i>Pao baileyi</i>		+	+							+	+																				
<i>Pao barbatus</i>		+	+								+																				
<i>Pao brevirostris</i>			+	+																											
<i>Pao cochinchinensis</i>	+			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
<i>Pao fangi</i>									+	+																					
<i>Pao leiurus</i>	+			+	+	+		+	+	+	+	+						+	+	+	+	+	+					+			
<i>Pao palembangensis</i>	+	+	+	+	+																										
<i>Pao suvattii</i>			+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
<i>Pao turgidus</i>	+				+	+	+			+								+	+	+	+	+	+								
<i>Papuligobius ocellatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
<i>Paracanthocobitis botia</i>	+																														
<i>Parachela maculicauda</i>						+			+			+	+	+	+																
<i>Parachela oxygastrooides</i>	+					+			+			+																			
<i>Parachela siamensis</i>						+			+			+	+	+	+			+	+												
<i>Parachela williaminae</i>						+																									
<i>Paralaubuca barroni</i>	+			+	+	+			+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							+	+	+		
<i>Paralaubuca harmandi</i>					+	+						+																		+	+
<i>Paralaubuca riveroi</i>	+					+			+			+																			
<i>Paralaubuca typus</i>	+			+	+	+		+		+		+						+	+												
<i>Parambassis apogonoides</i>									+																						
<i>Parambassis ranga</i>									+		+		+	+	+																
<i>Parambassis siamensis</i>	+			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
<i>Parambassis wolffii</i>					+	+		+	+	+	+																				
<i>Pareuchiloglanis abbreviata</i>																													+	+	





物种 Species	亚流域代码 Sub-basin codes																														
	MK-1	MK-2	MK-3	MK-4	NO	NC	CHI	NK	MUN	NN	NNP	SBF	SBH	SK	SG	LS	BJ	HH	SQ	ZQ	AD	YC	NL	BY	WY	MG	LZ	DZ	XH	HR	TD
<i>Rasbora paucisqualis</i>	+	+	+	+																											
<i>Rasbora paviana</i>	+	+	+	+	+	+				+	+	+					+	+													
<i>Rasbora rasbora</i>	+																														
<i>Rasbora rubrodorsalis</i>			+	+				+		+	+	+	+																		
<i>Rasbora septentrionalis</i>	+				+	+																									
<i>Rasbora sumatrana</i>	+				+					+																					
<i>Rasbora tornieri</i>																															
<i>Rasbora trilineata</i>	+		+	+				+		+	+	+	+																		
<i>Rasbosoma spilocerca</i>					+			+		+	+	+	+																		
<i>Rhinogobius albimaculatus</i>	+									+																					
<i>Rhinogobius brunneus</i>																			+										+		
<i>Rhinogobius changjiangensis</i>	+																														
<i>Rhinogobius lineatus</i>										+																					
<i>Rhinogobius maculicervix</i>	+			+																											
<i>Rhinogobius mekongianus</i>	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+					+												
<i>Rhinogobius milleri</i>	+																														
<i>Rhinogobius taenigena</i>	+																														
<i>Rhodeus laoensis</i>									+																						
<i>Rhodeus ocellatus</i>																														+	
<i>Rhodeus spinalis</i>																														+	
<i>Scaphiodonichthys acanthopterus</i>	+	+				+				+		+						+	+	+										+	
<i>Scaphiodonichthys burmanicus</i>													+																		
<i>Scaphognathops bandanensis</i>					+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+											
<i>Scaphognathops stejnegeri</i>	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
<i>Scaphognathops theunensis</i>																															
<i>Schistura amplizona</i>	+								+																					+	
<i>Schistura aramis</i>										+																					
<i>Schistura athos</i>										+																					
<i>Schistura atra</i>											+																				
<i>Schistura bairdi</i>												+																			
<i>Schistura bannaensis</i>																														+	
<i>Schistura bolavenensis</i>																				+											
<i>Schistura breviceps</i>	+																														+
<i>Schistura bucculenta</i>	+																														+
<i>Schistura cataracta</i>																					+										
<i>Schistura caudofurca</i>																															
<i>Schistura clatrata</i>																					+										
<i>Schistura colossa</i>																						+									
<i>Schistura conirostris</i>																							+								
<i>Schistura coruscans</i>																								+							











•研究报告•

# 千岛湖陆桥岛屿地表蚂蚁群落物种多样性 空间格局及其影响因素

周浩楠 赵郁豪 曾 頤 刘 娟 金挺浩 丁 平\*

(浙江大学生命科学学院, 杭州 310058)

**摘要:** 为了探讨千岛湖岛屿景观参数对地表蚂蚁群落物种 $\alpha$ 和 $\beta$ 多样性空间格局的影响, 作者分别于2017和2018年的5–8月, 采用陷阱法、凋落物分拣法和手捡法调查了千岛湖33个岛屿上的地表蚂蚁群落, 并依据食性将其划分为捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁。利用回归模型分析了全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁群落 $\alpha$ 和 $\beta$ 多样性与岛屿景观参数的关系。结果表明, 岛屿面积对全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁的物种丰富度均有显著的正向影响, 而隔离度则无显著作用。蚂蚁群落的 $\beta$ 多样性由空间周转组分主导。岛屿面积差对全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁群落 $\beta$ 多样性的嵌套组分有正向影响, 隔离度差只对杂食性蚂蚁的总体 $\beta$ 多样性有正向影响。因此, 岛屿面积是影响千岛湖地表蚂蚁群落物种丰富度的主要因素, 并且岛屿面积通过嵌套组分来影响蚂蚁群落的 $\beta$ 多样性, 表现出选择性灭绝过程。此外, 不同食性蚂蚁可能因为扩散能力的差异对岛屿景观参数产生不同的响应。

**关键词:** 千岛湖; 生境片断化; 蚂蚁食性; 物种丰富度;  $\beta$ 多样性

## Spatial patterns and influencing factors of ground ant species diversity on the land-bridge islands in the Thousand Island Lake, China

Haonan Zhou, Yuhao Zhao, Di Zeng, Juan Liu, Tinghao Jin, Ping Ding\*

College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058

**Abstract:** To explore spatial patterns and environmental factors affecting ground ant species diversity in the Thousand Island Lake, China, we surveyed ground ants using pitfall traps, leaf litter extraction and hand collecting on 33 islands from May to August in 2017 and 2018. We divided all ground ants into predator or omnivore ants and then used the regression models to analyze relationships between ant species diversity and island attributes. Island area had positive effects on species richness of total ants, predator ants and omnivore ants; but isolation had no significant effects. The  $\beta$  diversity of ants was dominated by spatial turnover component. Difference in island area had positive effects on the nestedness-resultant component of total ants, predator ants and omnivore ants communities. Difference in isolation had significant positive effects on the total  $\beta$  diversity of omnivore ants. Island area was the main factor affecting spatial patterns of ant species richness. In addition, island area affected the  $\beta$  diversity of ants via changing nestedness-resultant component, which indicates a selective extinction process in ant community assembly. Different responses of predator ants and omnivore ants to island attributes may be due to variation of dispersal ability.

**Key words:** Thousand Island Lake; habitat fragmentation; ant diet; species richness;  $\beta$  diversity

城市化、人口扩张和农业发展等人类活动使大片连续的生境被分割, 形成大小不一的斑块, 导致生境片断化(Tilman et al, 2001)。生境片断化使得适宜生境面积减少, 且令各个生境斑块之间产生空间

上的隔离, 中心离边界的距离变小, 从而导致生物多样性大量丧失, 进而改变生物群落的组成与结构(Fahrig, 2003; Ewers & Didham, 2006; Wilson et al, 2016)。因此, 深入了解生境片断化对物种多样性和

群落的影响成为生态学和保护生物学的核心问题之一(Ewers & Didham, 2006; Laurance, 2008; Wilson et al, 2016)。其中生境片断化对生物多样性格局的影响(Horvath et al, 2019; Liu et al, 2019; Loke et al, 2019; Uroy et al, 2019), 以及物种 $\alpha$ 和 $\beta$ 多样性对生境片断化的响应及其机制(Filgueiras et al, 2019; Gavish et al, 2019; Hu et al, 2019; Souza et al, 2019)越来越受到人们的关注。

$\alpha$ 多样性是局域内的物种数量(Whittaker, 1960), 即物种丰富度。片断化生境中的 $\alpha$ 多样性即是各生境斑块的物种丰富度, 对其的研究可以为片断化生境中物种的保护提供重要参考。岛屿生物地理学理论(MacArthur & Wilson, 1967)被认为是预测片断化生境中物种丰富度格局的有效理论, 该理论认为岛屿内的物种丰富度取决于岛屿内物种的灭绝和迁入, 岛屿内物种的灭绝率随岛屿面积的增大而减小, 迁入率随隔离程度的增加而减小。一般来说, 面积大、隔离度小的岛屿拥有更高的物种丰富度(MacArthur & Wilson, 1967)。岛屿生物地理学理论目前已被应用于各种类型的生境斑块, 为解释片断化生境中的物种 $\alpha$ 多样性变化提供了有效的预测机制(Fattorini et al, 2018; Lawrence et al, 2018; MacDonald et al, 2018; Takkis et al, 2018)。然而物种 $\alpha$ 多样性只考虑物种数量的净增加或减少, 不能体现物种组成变化的格局(Lennon et al, 2001); 而 $\beta$ 多样性则可以衡量不同群落间物种组成的变化(Whittaker, 1960)。因此, 越来越多的研究开始关注物种 $\beta$ 多样性格局及其影响因素(Veech & Crist, 2007; Dobrovolski et al, 2012; Si et al, 2015; Wu et al, 2017)。

$\beta$ 多样性由两个潜在的生态学过程产生, 即物种替换和物种丧失(Baselga, 2012; Carvalho et al, 2012, 2013; Carvalho & Cardoso, 2014)。物种替换是由于环境或历史因素使得地点间一些物种被另外一些物种替换的过程(Gaston, 2000; Qian et al, 2005; Baselga, 2010, 2012)。物种丧失是由于选择性灭绝、迁入或扩散限制等机制使得地点间物种丰富度出现差异(Novotny & Weiblen, 2005; Urban et al, 2006; Ulrich et al, 2009; Carvalho et al, 2012)。当物种丰富度的差异表现为小群落的物种组成是大群落的子集时, 嵌套格局就出现了(Patterson & Atmar, 1986; Atmar & Patterson, 1993)。已有研究表明, 探求 $\beta$ 多样性格局的潜在机制应同时考虑物种替换和物种

丧失过程(Baselga, 2010; Carvalho et al, 2012; Si et al, 2015; Arcoverde et al, 2016), 这样才能更准确地理解驱动不同群落间物种组成差异的潜在过程。

虽然应用 $\beta$ 多样性及其分解组分探究群落物种组成变化的研究很多, 但主要集中在连续性的大陆生境中(Yaacobi et al, 2007; Svenning et al, 2011; Calderon et al, 2013; Wen et al, 2016)。在片断化生境, 尤其是像浙江千岛湖这类由大坝修建而形成的陆桥岛屿中, 应用 $\beta$ 多样性分解方法分析物种组成变化潜在机制及其影响因素的研究较少(Yong et al, 2012; Si et al, 2015; Wu et al, 2017)。此外, 现有研究较多关注外在因素(例如地理环境因子)的影响(Dorchin et al, 2018; Silva et al, 2018; Smith et al, 2018; Macedo et al, 2019), 对于物种生物学特性(例如物种扩散能力、食性、种间关系)等影响片断化生境中 $\beta$ 多样性格局的研究较少(Badano et al, 2005; Meyer & Kalko, 2008; Wu et al, 2017; González et al, 2018)。

蚂蚁是陆生无脊椎动物中的主要类群, 分布广泛, 对生境变化十分敏感(Andersen, 2018), 且易于采样, 是分析栖息地片断化对 $\beta$ 多样性影响的理想研究对象。此外, 食性是生物体的重要特性, 从食性角度解析物种丰富度和 $\beta$ 多样性格局可以为两类格局的形成提供食物资源利用、竞争等方面的解释(Badano et al, 2005; Meyer & Kalko, 2008)。蚂蚁的食性多样(Schultz & McGlynn, 2000), 为研究食性如何影响物种丰富度和 $\beta$ 多样性格局提供了机会。

本研究以千岛湖陆桥岛屿为研究平台, 调查了33个陆桥岛屿上的蚂蚁群落, 通过分析不同岛屿间蚂蚁群落 $\beta$ 多样性及其与岛屿地理参数的关系, 尝试探讨以下问题: (1)千岛湖陆桥岛屿上蚂蚁群落的物种丰富度和 $\beta$ 多样性格局以及岛屿地理因子(岛屿面积和隔离度)的影响。(2)不同食性蚂蚁的物种丰富度和 $\beta$ 多样性格局及岛屿地理因子的影响是否有差异?

## 1 研究地概况

千岛湖地处浙江省西部淳安县境内( $29^{\circ}22' - 29^{\circ}50' N$ ,  $118^{\circ}34' - 119^{\circ}15' E$ ), 因1959年建造新安江水力发电站, 拦河建坝, 湖水上涨, 从而形成人工湖泊。当水位达到108 m时, 水域面积为 $573 km^2$ , 同时形成1,078个面积大于0.25 ha的陆桥岛屿(Yu et al, 2012)。气候为典型的亚热带季风气候, 温暖湿润,

四季分明。年均温为17℃, 1月最低(-7.6℃), 7月最高(41.8℃)。年均降水量为1,430 mm, 主要集中在4—6月。湖区植被以次生马尾松(*Pinus massoniana*)林为主, 种类组成高度相似(张竞成等, 2008)。

## 2 研究方法

### 2.1 调查岛屿设置

2017和2018年的5—8月, 我们在千岛湖湖区选取33个人为干扰少的岛屿(图1), 使用ArcGIS 10.5基于1:10000的千岛湖地区遥感图像(水位高程为100 m)对它们的面积及隔离度进行测量与计算(附录1)。其中, 隔离度采用岛屿边缘距最近大陆最短距离(distance to the nearest mainland)。

### 2.2 蚂蚁群落调查

每个岛屿设置一到多条样线, 样线的数量与岛屿面积的对数呈正比(附录1)。采用陷阱法、凋落物分拣法和手捡法调查33个岛屿上地表层的蚂蚁(包含在地表层活动的树栖性蚂蚁)群落。(1)陷阱法: 每条样线放置20个陷阱(根据样线长度增减陷阱数量), 陷阱间相距10 m, 每个陷阱内倒入50 mL酒精和乙二醇混合液(1:1)作为陷阱液, 放置5 d后收集陷阱中的蚂蚁。(2)凋落物分拣法: 每条样线设置5个凋落物收集点(根据样线长度增减收集点数量), 收集点间距40 m, 收集后置于Winkler袋中静置48 h后收集蚂蚁标本。(3)手捡法: 每条样线安排3个人沿着样线搜寻蚂蚁并收集, 搜寻时间为1.5 h (根据样线

长度增减时间)。所有标本置于含有95%酒精的离心管中带回实验室。收集到的蚂蚁根据相关资料(周善义, 2001)鉴定到种, 不能鉴定到种, 但在形态上与其他种明显有区别的, 以“属名 + sp.”命名。

蚂蚁的生态功能与它们在营养级中的位置密切相关(Bluthgen et al, 2003; Gibb & Cunningham, 2011; Pfeiffer et al, 2014), 且有研究表明蚂蚁属级水平上的营养级较为稳定(Gibb & Cunningham, 2011)。根据已有文献(Pfeiffer et al, 2014; Gibb et al, 2018)以及野外观察, 将本研究中的蚂蚁划分为捕食性蚂蚁(predator ants)和杂食性蚂蚁(omnivore ants)2个功能群。捕食性蚂蚁只通过捕食无脊椎动物等动物性食物作为食物来源, 杂食性蚂蚁不仅捕食无脊椎动物, 也会取食植物来源的食物, 例如花蜜、种子等(Holldobler & Wilson, 1990; Brown, 2000; Bluthgen & Feldhaar, 2010)。

### 2.3 数据处理

#### 2.3.1 调查完全性分析

采用iNEXT (Hsieh et al, 2016)软件包中的`ggiNEXT`和`iNEXT`函数, 做取样完成度(sample coverage)曲线评估地表蚂蚁群落调查的完全性。

#### 2.3.2 物种丰富度

统计每个岛上收集到的全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁的物种数, 作为它们在每个岛上的物种丰富度。对物种丰富度和岛屿参数进行对数转换, 同时构建一元线性回归模型, 分析总体蚂蚁及不同食性蚂蚁物种丰富度与岛屿面积和隔离度的关系。

#### 2.3.3 $\beta$ 多样性

采用Andés Baselga提出的Sørensen成对相异性指数(pairwise Sørensen dissimilarity) $\beta_{\text{sor}}$ 计算所研究岛屿上蚂蚁群落的 $\beta$ 多样性指数并将其分解为空间周转组分(turnover component)( $\beta_{\text{sim}}$ )和嵌套组分(nestedness-resultant component)( $\beta_{\text{sne}}$ )。使用嵌套组分在总 $\beta$ 多样性中的占有比例来表示嵌套组分的比例, 即 $\beta_{\text{ratio}} = \beta_{\text{sne}}/\beta_{\text{sor}}$ 。如果 $\beta_{\text{ratio}} < 0.5$ , 则表示 $\beta$ 多样性主要由物种空间周转决定; 若 $\beta_{\text{ratio}} > 0.5$ , 则表示 $\beta$ 多样性主要由嵌套组分贡献。

在分析 $\beta$ 多样性及其分解组分与岛屿参数的关系时, 使用自变量基于距离矩阵的多重回归模型(multiple regression model, MRM), 即首先计算岛屿参数的欧几里得距离矩阵(Euclidean distance matrix), 然后使用MRM模型分别对岛屿参数距离矩阵进行

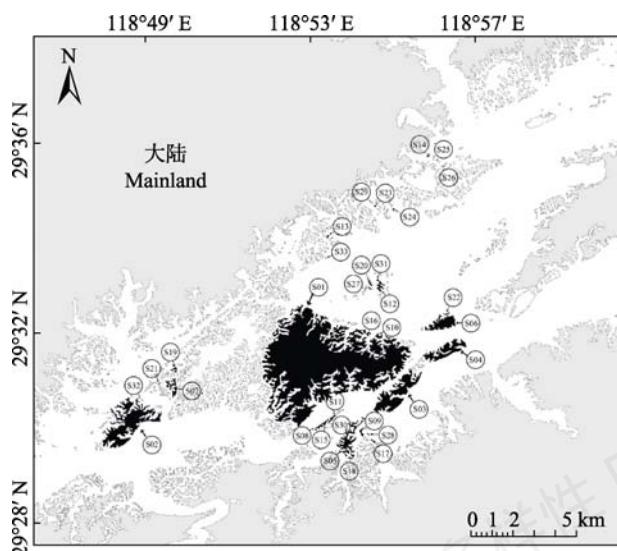


图1 千岛湖33个研究岛屿分布图

Fig. 1 Map of the 33 studied islands in the Thousand Island Lake, China

回归，获得回归斜率(regression slope,  $a$ )和截距(intercept,  $b$ )。由于两两岛屿间的成对观察并非完全独立，因此为了避免空间自相关对结果估计的影响，我们使用Mantel替代检验法(Mantel permutation test)校对统计推断时产生的偏差，并分别获得Pearson相关系数 $r$ 和 $p$ 值。所有 $p$ 值通过9,999次Mantel替代后得到。

本研究所有数据分析均在R 3.4.3 (R Core Team, 2016)中进行，所用的R软件包为：iNEXT、ggplot2、betapart、ecodist、vegan。

### 3 结果

本研究共采集蚂蚁91,011头，隶属于8亚科44属97种(附录2)，其中29种为捕食性蚂蚁(附录3)，占全部蚂蚁物种数的29.9%，68种为杂食性蚂蚁(附录3)，占全部蚂蚁物种数的70.1%。取样完成度曲线表明调查岛屿的蚂蚁物种取样充分(附录4)。

全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁的物种丰富度均随着岛屿面积的增大而显著增加(图2a)，三者Z值(斜率)从大到小为捕食性蚂蚁(0.27)、全部蚂蚁(0.18)和杂食性蚂蚁(0.15)。隔离度对蚂蚁的物种丰富度无显著影响(图2b)。

全部蚂蚁的 $\beta$ 多样性指数( $\beta_{sor}$ )为0.88，其中空间周转组分( $\beta_{sim}$ )为0.76，嵌套组分( $\beta_{sne}$ )为0.12，嵌套组占比( $\beta_{ratio}$ )为0.13。不同食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性指数接近，捕食性蚂蚁为0.90，杂食性蚂蚁为0.87。其中捕食性蚂蚁的嵌套组分高于杂食性蚂蚁，而空间周转组分则是捕食性蚂蚁低于杂食性蚂蚁。捕食性蚂蚁的嵌套组分占 $\beta$ 多样性的比例要高于杂食性蚂蚁(图3)。

岛屿面积和隔离度对全部蚂蚁及不同食性蚂蚁 $\beta$ 多样性、空间周转和嵌套组分的影响存在差异(图4, 5, 6)。岛屿面积差对全部蚂蚁和不同食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性( $\beta_{sor}$ )无显著影响(图4A, 5A, 6A)，而隔离度差只对杂食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性( $\beta_{sor}$ )有显著的正向作用(图6B)。 $\beta$ 多样性分解指数方面，岛屿面积差对全部蚂蚁和不同食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性嵌套组分( $\beta_{sne}$ )均存在显著的正向作用(图4E, 5E, 6E)，对空间周转组分( $\beta_{sim}$ )无显著影响(图4C, 5C, 6C)。隔离度差对全部蚂蚁和不同食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性分解组分均无显著影响(图4D, F, 5D, F, 6D, F)。

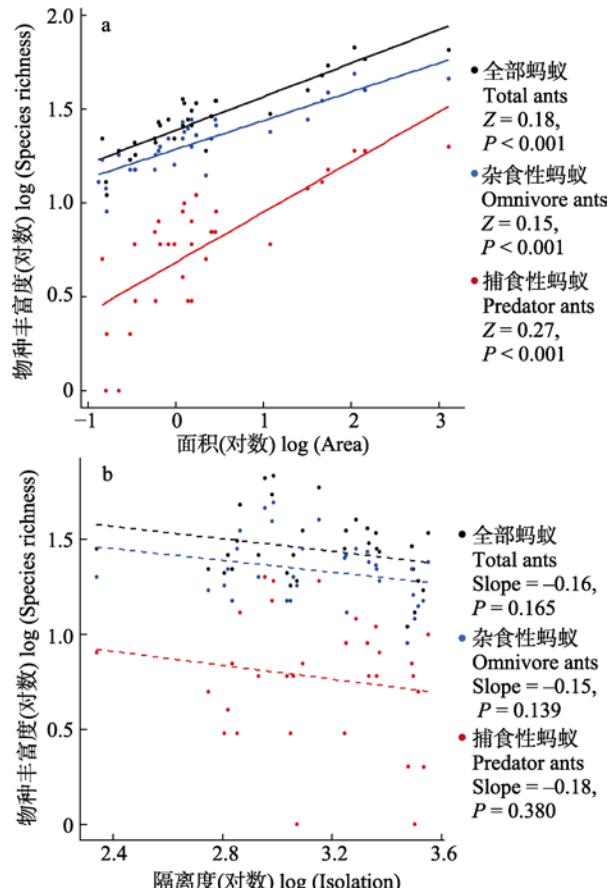


图2 全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁的物种丰富度与岛屿面积和隔离度的关系。有显著作用( $P < 0.05$ )以实线表示，无显著作用以虚线表示。Slope: 斜率。

Fig. 2 Relationship of island area and isolation with species richness of total ants, predator ants and omnivore ants. Solid line indicates significant relationship at  $P < 0.05$ . Dashed line indicates no significant relationship.

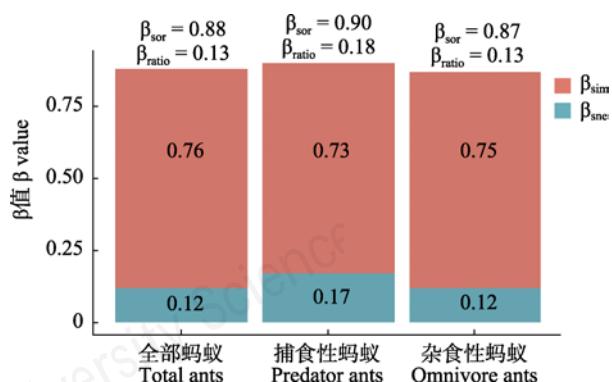


图3 千岛湖调查岛屿上全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁的总体 $\beta$ 多样性指数及其组分分解。 $\beta_{sor}$ 表示Sørensen多岛屿相异性指数， $\beta_{sne}$ 表示嵌套组分， $\beta_{sim}$ 表示空间周转组分， $\beta_{ratio}$ 表示嵌套组分占总体 $\beta$ 多样性指数的比例。

Fig. 3 The multiple-site Sørensen dissimilarity ( $\beta_{sor}$ ) and its components of turnover ( $\beta_{sim}$ ) and nestedness-resultant ( $\beta_{sne}$ ) of total ants, predator ants and omnivore ants on the study islands in the Thousand Island Lake.  $\beta_{ratio} = \beta_{sne}/\beta_{sor}$ .

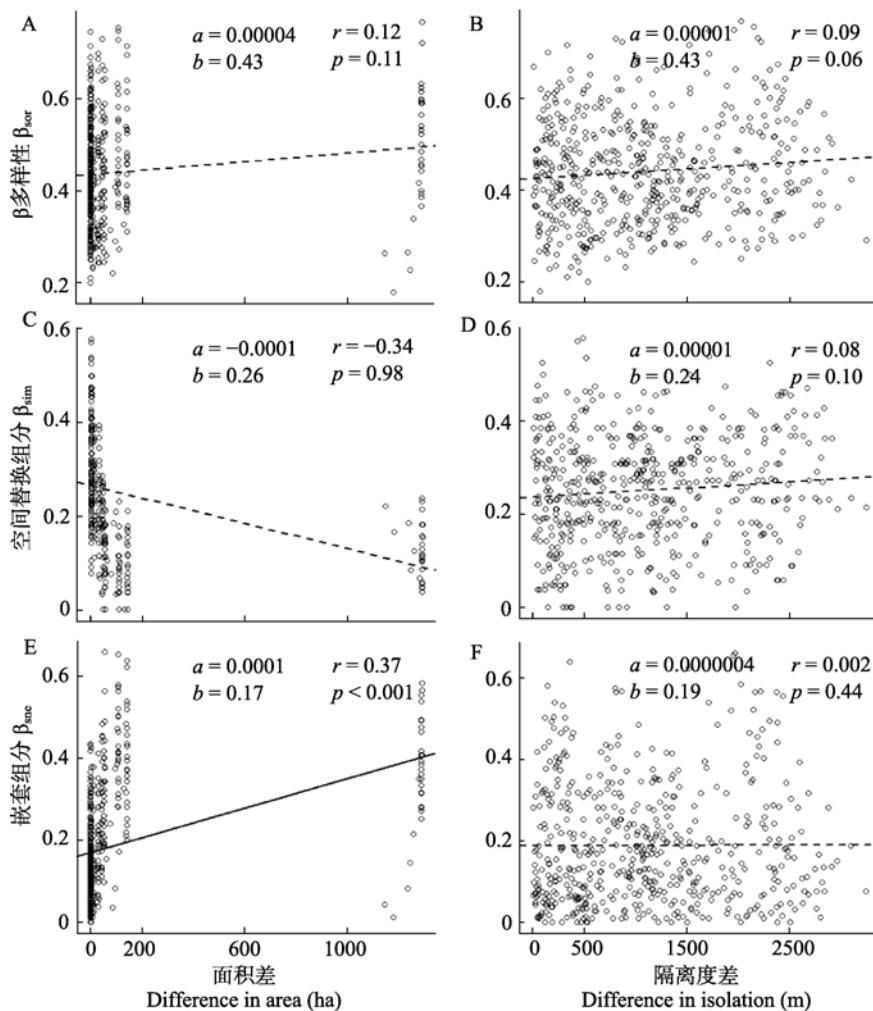


图4 岛屿参数对全部蚂蚁的 $\beta$ 多样性( $\beta_{\text{soi}}$ )、空间周转组分( $\beta_{\text{sim}}$ )和嵌套组分( $\beta_{\text{sne}}$ )的影响。显著性结果( $P < 0.05$ )以实线表示,无显著结果以虚线表示。**a:** 回归模型的斜率;**b:** 回归模型的截距;**r:** Pearson相关系数;**p:** mantel替代检验的p值。

Fig. 4 The relationship of overall beta diversity ( $\beta_{\text{soi}}$ ) and its components of turnover ( $\beta_{\text{sim}}$ ) and nestedness-resultant ( $\beta_{\text{sne}}$ ), with difference in island area and isolation of total ant communities on study islands in Thousand Island Lake. Solid line shows the significant relationship at  $P < 0.05$ , and dashed line shows no significant relationship. **a:** slope of multiple regression model; **b:** intercept of multiple regression model; **r:** Pearson correlation coefficient; **p:** p-value of Mantel permutation test.

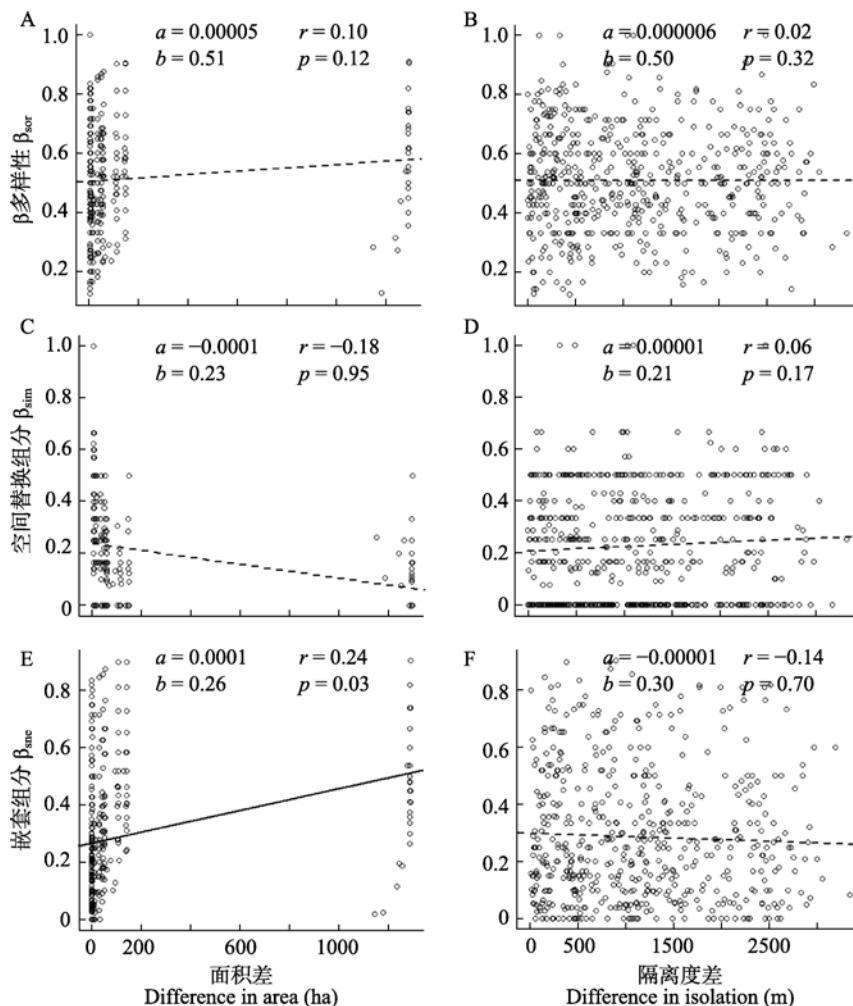
## 4 讨论

本研究探讨了千岛湖陆桥岛屿上蚂蚁群落物种丰富度和 $\beta$ 多样性格局以及岛屿参数对不同食性蚂蚁群落多样性空间格局的影响。结果表明岛屿上蚂蚁群落的物种丰富度及物种组成对岛屿参数的响应不同。

### 4.1 岛屿面积和隔离度对岛屿上蚂蚁物种丰富度的影响

本文结果表明,全部蚂蚁、捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁物种丰富度均随着岛屿面积增大而显著增加。岛屿面积对蚂蚁物种丰富度表现出明显的面积效应(MacArthur & Wilson, 1967)。随着岛屿面积的

增大,岛屿生境异质性增加,生存资源增多,从而使得面积大的岛屿可维持的物种数增加(Burgman et al, 1988; Carvalho & Cardoso, 2014; Warren et al, 2015),造成物种丰富度随岛屿面积增大而增加的格局。由于捕食性蚂蚁食物来源较窄,当岛屿面积减小,食物资源更加有限,捕食性蚂蚁的种间竞争更加激烈(Hardin, 1960; Gray et al, 2007),从而在小岛屿上可维持的物种数更低,导致捕食性蚂蚁的物种丰富度对岛屿面积的变动更加敏感,即种-面积曲线中的Z值较大。迄今,千岛湖地区已开展了对多种动物类群物种丰富度空间格局的研究。这些研究结果均表明随岛屿面积增大物种丰富度也随之增加,但是不同动物类群对岛屿面积的敏感程度(Z值)



**图5 岛屿参数对捕食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性( $\beta_{sor}$ )、空间周转组分( $\beta_{sim}$ )和嵌套组分( $\beta_{sne}$ )的影响。显著性结果( $P < 0.05$ )以实线表示，无显著结果以虚线表示。*a*: 回归模型的斜率；*b*: 回归模型的截距；*r*: Pearson相关系数；*p*: mantel替代检验的*p*值。**

Fig. 5 The relationship of overall beta diversity ( $\beta_{sor}$ ) and its components of turnover ( $\beta_{sim}$ ) and nestedness-resultant ( $\beta_{sne}$ ), with difference in island area and isolation of predator ant communities on study islands in Thousand Island Lake. Solid line shows the significant relationship at  $P < 0.05$ , and dashed line shows no significant relationship. *a*, slope of multiple regression model; *b*, intercept of multiple regression model; *r*, Pearson correlation coefficient; *p*, *p*-value of Mantel permutation test.

不同(王熙等, 2012; 徐爱春等, 2014; Si et al, 2015; Wu et al, 2017), 如繁殖鸟类(0.09)、结网蜘蛛(0.11)、地表蜘蛛(0.17)、地表蚂蚁(0.18)、蛙类(0.19)、蜥蜴类(0.24)、蛇类(0.26)、非鼠类地栖哺乳动物(0.27) (附录5)。可能的原因是: 繁殖鸟类、蜘蛛和蚂蚁通过飞行或者飞航(Wu et al, 2017)在岛屿间移动较为频繁, 从而对小岛屿上的物种有拯救作用(Devries et al, 1996; Forare & Solbreck, 1997; Menendez & Thomas, 2000), 使得在小岛屿上也能观测到较多物种, 从而Z值较低; 两栖爬行类和非鼠类地栖哺乳动物较少在岛屿间移动(Wang et al, 2010), 受到岛屿资源限制较高, 相对鸟类、蜘蛛和蚂蚁而言, 它们对岛屿面积的变动更加敏感。

隔离度在本研究中对全部蚂蚁及不同食性蚂蚁的物种丰富度格局均无显著影响。一般认为, 隔离度对物种丰富度差异的影响主要与物种的扩散能力有关(Ewers & Didham, 2006)。已有研究表明, 蚂蚁扩散距离大都在100 m以上(Helms, 2018), 而千岛湖的岛屿间距离较小(吴奕如等, 2016), 蚂蚁可以通过岛屿间的扩散到达离大陆较远的岛屿上, 所以隔离度对岛屿上蚂蚁群落的物种丰富度无显著影响。

#### 4.2 岛屿面积和隔离度对岛屿上蚂蚁 $\beta$ 多样性格局的影响

本研究中岛屿上蚂蚁物种的 $\beta$ 多样性较高, 且 $\beta$ 多样性分解结果表明空间替换组分在 $\beta$ 多样性格局

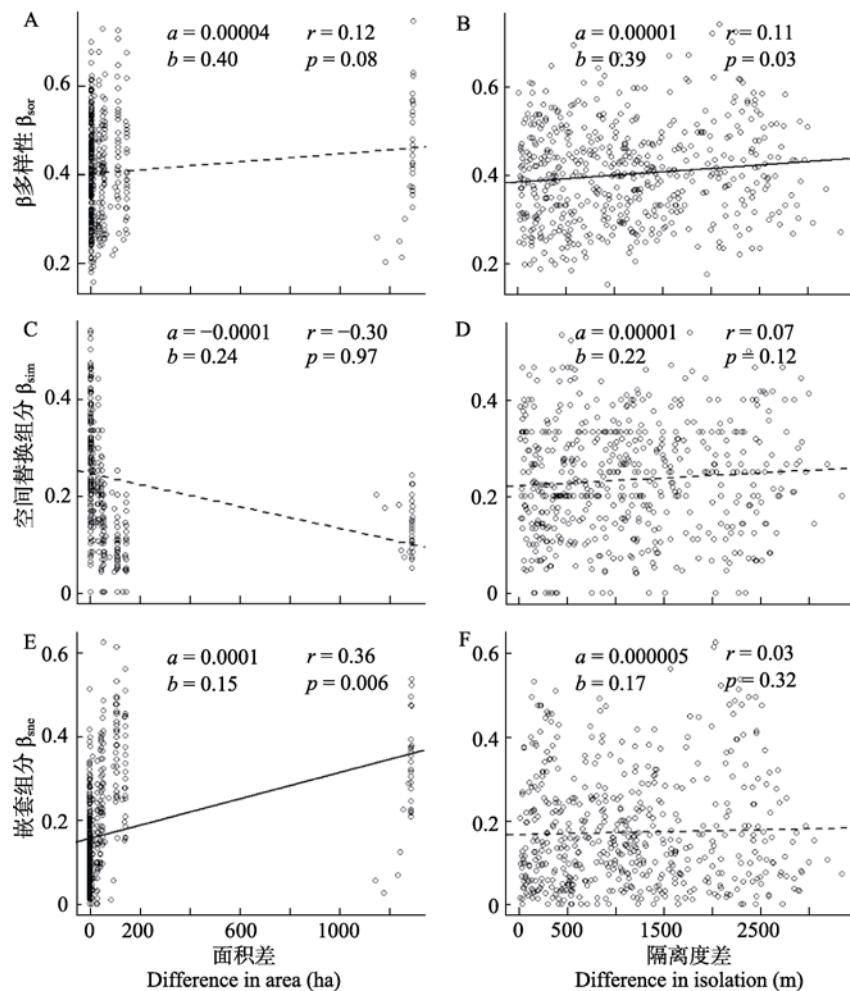


图6 岛屿参数对杂食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性( $\beta_{sor}$ )、空间周转组分( $\beta_{sim}$ )和嵌套组分( $\beta_{sne}$ )的影响。显著性结果( $P < 0.05$ )以实线表示,无显著结果以虚线表示。**a:** 回归模型的斜率;**b:** 回归模型的截距;**r:** Pearson相关系数;**p:** mantel替代检验的p值。

Fig. 6 The relationship of overall beta diversity ( $\beta_{sor}$ ) and its components of turnover ( $\beta_{sim}$ ) and nestedness-resultant ( $\beta_{sne}$ ), with difference in island area and isolation of omnivore ant communities on study islands in Thousand Island Lake. Solid line shows the significant relationship at  $P < 0.05$ , and dashed line shows no significant relationship. *a*, slope of multiple regression model; *b*, intercept of multiple regression model; *r*, Pearson correlation coefficient; *p*, *p*-value of Mantel permutation test.

中占主导地位,这与本研究地区关于鸟类、蜥蜴(Si et al, 2015)和蜘蛛(Wu et al, 2017)的 $\beta$ 多样性研究结果一致。空间替换过程在千岛湖蚂蚁群落 $\beta$ 多样性格局中占据主导地位可能与岛屿间的生境异质性有关。蚂蚁是一类对生境变化十分敏感的生物(Andersen, 2018),即使是小生境的变化也会改变蚂蚁群落的物种组成(Luque & Lopez, 2007),而岛屿上多种小生境的存在对岛屿上蚂蚁群落的分布有着重要影响(Wu et al, 2017)。此外,捕食性蚂蚁的嵌套组分占 $\beta$ 多样性的比例要高于杂食性蚂蚁,可能的原因是:食物资源的限制导致捕食性蚂蚁的种间竞争更加强烈(Hardin, 1960; Gray et al, 2007),在食物资源较少的小岛屿上,占据优势地位的捕食性蚂

蚁存留,不占优势的捕食性蚂蚁被淘汰。而在大岛屿上,因为食物资源更为充足,占据优势地位的捕食性蚂蚁和弱势的捕食性蚂蚁有更大的共存可能性,从而使得捕食性蚂蚁的嵌套组分在 $\beta$ 多样性中所占的比例高于杂食性蚂蚁。

本研究结果显示岛屿面积差对岛屿上蚂蚁群落的 $\beta$ 多样性指数( $\beta_{sor}$ )无显著影响,但对 $\beta$ 多样性中的嵌套组分有显著的正向影响。该结果表明千岛湖岛屿上蚂蚁群落 $\beta$ 多样性与岛屿面积差无显著关系,这可能是空间替换组分和嵌套组分相互抵消所带来的结果(Baselga, 2010),说明探讨环境参数对 $\beta$ 多样性格局的影响不能只关注总体的 $\beta$ 多样性,也应开展 $\beta$ 多样性分解组分与环境参数关系的分析,以

获得更为具体实际的结果(Baselga, 2012; Si et al, 2015)。岛屿面积差与岛屿上蚂蚁群落 $\beta$ 多样性分解组分的关系与千岛湖鸟类(Wang et al, 2010, 2011; Si et al, 2015)和蜘蛛(Wu et al, 2017)的研究结果一致, 均为随着岛屿面积差的增大, 空间周转组分减弱, 嵌套组分增强。岛屿面积差影响千岛湖地表蚂蚁群落组成的潜在机理可能为选择性灭绝(Wang et al, 2011; Angeler, 2013)。随着大坝建成, 水位迅速上涨, 在极短时间内使得原本连续的山顶被隔离成相互孤立的岛屿。而原本生存在山顶的物种中, 对生境和面积比较敏感的部分在小面积的岛屿上率先消失。而在较大岛屿上同类物种则更多地被保留了下来, 造成小岛屿上的物种组成大概率的成为大岛屿上物种的子集, 形成嵌套格局(Cutler, 1991; Wright & Reeves, 1992; Wang et al, 2010)。当岛屿面积差较小, 即调查岛屿面积相似时, 物种替换组分增加, 这表明各个岛屿均有各自的特有物种, 且随着岛屿面积的增大, 更多的特有物种被保存下来, 造成空间周转组分的增加(Wu et al, 2017)。

通常岛屿隔离度对 $\beta$ 多样性的影响主要表现为对迁入过程的影响(MacArthur & Wilson, 1967), 由于隔离度的差异, 导致不同的物种从大陆扩散到不同距离岛屿上的可能性不同, 从而造成岛屿间物种组成的差异。本研究中捕食性蚂蚁和杂食性蚂蚁的 $\beta$ 多样性格局与隔离度差的关系的可能解释是: 因食性带来的不同资源限制导致它们在从大陆向岛屿扩散的过程中表现不同(Tamburello et al, 2015)。相比于杂食性蚂蚁, 捕食性蚂蚁受食物资源的限制较大, 倾向于扩散到更大的范围以获取足够的食物。因此, 捕食性蚂蚁比杂食性蚂蚁可能扩散得更加频繁或扩散距离更远, 令捕食性蚂蚁的分布更加均匀, 导致隔离度对捕食性蚂蚁 $\beta$ 多样性的影响不大。

本研究结果表明, 岛屿面积是影响千岛湖地表蚂蚁群落物种丰富度的主要因素, 并且岛屿面积通过嵌套组分来影响蚂蚁群落的 $\beta$ 多样性, 表现出选择性灭绝过程。此外, 不同食性蚂蚁可能因为扩散能力的差异对岛屿景观参数产生不同的响应。但由于缺乏千岛湖成岛前的物种数据, 故而无法准确地估计岛屿上蚂蚁群落的局部灭绝及其程度, 未来可以在临近大陆上选择若干调查地点进行取样调查, 来深入研究千岛湖成岛后岛屿上蚂蚁物种的局域灭绝情况。

**致谢:** 浙江省淳安县林业局和千岛湖国家森林公园管理部门对研究给予支持, 广西师范大学周善义教授和陈志林博士帮助鉴定蚂蚁标本, 千岛湖当地渔民为本研究提供了合作与帮助, 特此致谢!

## 参考文献

- Andersen AN (2018) Responses of ant communities to disturbance: Five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. *Journal of Animal Ecology*, 88, 350–362.
- Angeler DG (2013) Revealing a conservation challenge through partitioned long-term beta diversity: Increasing turnover and decreasing nestedness of boreal lake metacommunities. *Diversity and Distributions*, 19, 772–781.
- Arcoverde GB, Andersen AN, Setterfield SA (2016) Is live-stock grazing compatible with biodiversity conservation? Impacts on savanna ant communities in the Australian seasonal tropics. *Biodiversity and Conservation*, 26, 1–15.
- Atmar W, Patterson BD (1993) The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia*, 96, 373–382.
- Badano EI, Regidor HA, Nunez HA, Acosta R, Gianoli E (2005) Species richness and structure of ant communities in a dynamic archipelago: Effects of island area and age. *Journal of Biogeography*, 32, 221–227.
- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134–143.
- Baselga A (2012) The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 1223–1232.
- Bluethgen N, Feldhaar H (2010) Food and shelter: How resources influence ant ecology. In: *Ant Ecology* (eds Lori L, Catherine LP, Kirsti LA), pp. 115–136. Oxford University Press, New York.
- Bluethgen N, Gebauer G, Fiedler K (2003) Disentangling a rainforest food web using stable isotopes: Dietary diversity in a species-rich ant community. *Oecologia*, 137, 426–435.
- Brown WL (2000) Diversity of ants. In: *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity* (eds Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR), pp. 45–79, 231–269. Smithsonian Institution Press, Washington DC and London.
- Burgman MA, Akcakaya HR, Loew SS (1988) The use of extinction models for species conservation. *Biological Conservation*, 43, 9–25.
- Calderon PJM, Moreno CE, Pineda LR, Sanchez RG, Zuria I (2013) Vertebrate dissimilarity due to turnover and richness differences in a highly beta-diverse region: The role of spatial grain size, dispersal ability and distance. *PLoS ONE*, 8, e82905.
- Carvalho JC, Cardoso P (2014) Drivers of beta diversity in

- Macaronesian spiders in relation to dispersal ability. *Journal of Biogeography*, 41, 1859–1870.
- Carvalho JC, Cardoso P, Borges PAV, Schmera D, Podani J (2013) Measuring fractions of beta diversity and their relationships to nestedness: A theoretical and empirical comparison of novel approaches. *Oikos*, 122, 825–834.
- Carvalho JC, Cardoso P, Gomes P (2012) Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 760–771.
- Cutler A (1991) Nested faunas and extinction in fragmented habitats. *Conservation Biology*, 5, 496–505.
- Devries HH, Denboer PJ, Vandijk TS (1996) Ground beetle species in heathland fragments in relation to survival, dispersal, and habitat preference. *Oecologia*, 107, 332–342.
- Dobrovolski R, Melo AS, Cassemiro FAS, Diniz JAF (2012) Climatic history and dispersal ability explain the relative importance of turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 191–197.
- Dorchin A, Dafni A, Izhaki I, Sapir Y, Vereecken NJ (2018) Patterns and drivers of wild bee community assembly in a Mediterranean IUCN important plant area. *Biodiversity and Conservation*, 27, 695–717.
- Ewers RM, Didham RK (2006) Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews*, 81, 117–142.
- Fahrig L (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515.
- Fattorini S, Mantoni C, De Simoni L, Galassi DMP (2018) Island biogeography of insect conservation in urban green spaces. *Environmental Conservation*, 45, 1–10.
- Filgueiras BKC, Melo DHA, Andersen AN, Tabarelli M, Leal IR (2019) Cross-taxon congruence in insect responses to fragmentation of Brazilian Atlantic forest. *Ecological Indicators*, 98, 523–530.
- Forare J, Solbreck C (1997) Population structure of a monophagous moth in a patchy landscape. *Ecological Entomology*, 22, 256–263.
- Gaston KJ (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405, 220–227.
- Gavish Y, Giladi I, Ziv Y (2019) Partitioning species and environmental diversity in fragmented landscapes: Do the alpha, beta and gamma components match? *Biodiversity and Conservation*, 28, 769–786.
- Gibb H, Cunningham SA (2011) Habitat contrasts reveal a shift in the trophic position of ant assemblages. *Journal of Animal Ecology*, 80, 119–127.
- Gibb H, Sanders NJ, Dunn RR, Arnan X, Vasconcelos HL, Donoso DA, Andersen AN, Silva RR, Bishop TR, Gomez C, Grossman BF, Yusah KM, Luke SH, Pacheco R, Pearce DJ, Retana J, Tista M, Parr CL (2018) Habitat disturbance selects against both small and large species across varying climates. *Ecography*, 41, 1184–1193.
- González E, Buffa L, Defagó MT, Molina SI, Salvo A, Valla-dares G (2018) Something is lost and something is gained: Loss and replacement of species and functional groups in ant communities at fragmented forests. *Landscape Ecology*, 33, 2089–2102.
- Gray MA, Baldauf SL, Mayhew PJ, Hill JK (2007) The response of avian feeding guilds to tropical forest disturbance. *Conservation Biology*, 21, 133–141.
- Hardin G (1960) Competitive exclusion principle. *Science*, 131, 1292–1297.
- Helms JA (2018) The flight ecology of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 26, 19–30.
- Holldobler B, Wilson EO (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge.
- Horvath Z, Ptacnik R, Vad CF, Chase JM (2019) Habitat loss over six decades accelerates regional and local biodiversity loss via changing landscape connectance. *Ecology Letters*, 22, 1019–1027.
- Hsieh TC, Ma KH, Chao A (2016) iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451–1456.
- Hu G, Wilson MC, Wu JG, Yu JJ, Yu MJ (2019) Decoupling species richness variation and spatial turnover in beta diversity across a fragmented landscape. *PeerJ*, 7, e6714.
- Laurance WF (2008) Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*, 141, 1731–1744.
- Lawrence A, O'Connor K, Haroutounian V, Swei A (2018) Patterns of diversity along a habitat size gradient in a biodiversity hotspot. *Ecosphere*, 9, e02183.
- Lennon JJ, Koleff P, Greenwood JJD, Gaston KJ (2001) The geographical structure of British bird distributions: Diversity, spatial turnover and scale. *Journal of Animal Ecology*, 70, 966–979.
- Liu JJ, Coomes DA, Gibson L, Hu G, Liu JL, Luo YQ, Wu CP, Yu MJ (2019) Forest fragmentation in China and its effect on biodiversity. *Biological Reviews*, 94, 1636–1657.
- Loke LHL, Chisholm RA, Todd PA (2019) Effects of habitat area and spatial configuration on biodiversity in an experimental intertidal community. *Ecology*, 100, e02757.
- Luque GM, Lopez JR (2007) Effect of experimental small-scale spatial heterogeneity on resource use of a Mediterranean ground-ant community. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 32, 42–49.
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- MacDonald ZG, Anderson ID, Acorn JH, Nielsen SE (2018) The theory of island biogeography, the sample-area effect, and the habitat diversity hypothesis: Complementarity in a naturally fragmented landscape of lake islands. *Journal of Biogeography*, 45, 2730–2743.
- Macedo RLE, Quesada M, Neves FS (2019) Forest cover

- drives insect guild diversity at different landscape scales in tropical dry forests. *Forest Ecology and Management*, 443, 36–42.
- Menendez R, Thomas CD (2000) Metapopulation structure depends on spatial scale in the host-specific moth *Wheeleria spilodactylus* (Lepidoptera: Pterophoridae). *Journal of Animal Ecology*, 69, 935–951.
- Meyer CFJ, Kalko EKV (2008) Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: Land-bridge islands as a model system. *Journal of Biogeography*, 35, 1711–1726.
- Novotny V, Weiblen GD (2005) From communities to continents: Beta diversity of herbivorous insects. *Annales Zoologici Fennici*, 42, 463–475.
- Patterson BD, Atmar W (1986) Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagoes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 28, 65–82.
- Pfeiffer M, Mezger D, Dyckmans J (2014) Trophic ecology of tropical leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae): A stable isotope study in four types of Bornean rain forest. *Myrmecological News*, 19, 31–41.
- Qian H, Ricklefs RE, White PS (2005) Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters*, 8, 15–22.
- R Core Team (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. <http://www.r-project.org>. (accessed on 2018-09-15)
- Schultz TR, McGlynn TP (2000) The interactions of ants with other organisms. In: *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity* (eds Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR), pp. 35–44, 231–269. Smithsonian Institution Press, Washington DC and London.
- Si XF, Baselga A, Ding P (2015) Revealing beta-diversity patterns of breeding bird and lizard communities on inundated land-bridge islands by separating the turnover and nestedness components. *PLoS ONE*, 10, e0127692.
- Silva DC, Vieira TB, Silva JM, Faria KC (2018) Biogeography and priority areas for the conservation of bats in the Brazilian Cerrado. *Biodiversity and Conservation*, 27, 815–828.
- Smith DAE, Si XF, Smith YCE, Kalle R, Ramesh T, Downs CT (2018) Patterns of avian diversity across a decreasing patch-size gradient in a critically endangered subtropical forest system. *Journal of Biogeography*, 45, 2118–2132.
- Souza DG, Sfair JC, Arroyo RV, Santos JC, Tabarelli M (2019) Depauperation and divergence of plant-specialist herbivore assemblages in a fragmented tropical landscape. *Ecological Entomology*, 44, 172–181.
- Svenning JC, Flojgaard C, Baselga A (2011) Climate, history and neutrality as drivers of mammal beta diversity in Europe: Insights from multiscale deconstruction. *Journal of Animal Ecology*, 80, 393–402.
- Takkis K, Kull T, Hallikma T, Jaksi P, Kaljund K, Kauer K, Kull T, Kurina O, Kulvik M, Lanno K, Leht M, Liira J, Melts I, Pehlak H, Raet J, Sammet K, Sepp K, Vali U, Laanisto L (2018) Drivers of species richness and community integrity of small forest patches in an agricultural landscape. *Journal of Vegetation Science*, 29, 978–988.
- Tamburello N, Cote IM, Dulvy NK (2015) Energy and the scaling of animal space use. *The American Naturalist*, 186, 196–211.
- Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger WH, Simberloff D, Swackhamer D (2001) Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292, 281–284.
- Ulrich W, Almeida NM, Gotelli NJ (2009) A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*, 118, 3–17.
- Urban MC, Skelly DK, Burchsted D, Price W, Lowry S (2006) Stream communities across a rural-urban landscape gradient. *Diversity and Distributions*, 12, 337–350.
- Uroy L, Ernoult A, Mony C (2019) Effect of landscape connectivity on plant communities: A review of response patterns. *Landscape Ecology*, 34, 203–225.
- Veech JA, Crist TO (2007) Habitat and climate heterogeneity maintain beta-diversity of birds among landscapes within ecoregions. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 650–656.
- Wang X, Wang YP, Ding P (2012) Nested species subsets of amphibians and reptiles in Thousand Island Lake. *Zoological Research*, 33, 439–446. (in Chinese with English abstract) [王熙, 王彦平, 丁平 (2012) 千岛湖两栖爬行类动物群落结构嵌套分析. *动物学研究*, 33, 439–446.]
- Wang YP, Bao YX, Yu MJ, Xu GF, Ding P (2010) Nestedness for different reasons: The distributions of birds, lizards and small mammals on islands of an inundated lake. *Diversity and Distributions*, 16, 862–873.
- Wang YP, Chen SH, Ding P (2011) Testing multiple assembly rule models in avian communities on islands of an inundated lake, Zhejiang Province, China. *Journal of Biogeography*, 38, 1330–1344.
- Warren BH, Simberloff D, Ricklefs RE, Aguilea R, Condamine FL, Gravel D, Morlon H, Mouquet N, Rosindell J, Casquet J, Conti E, Cornuault J, Fernandez-Palacios JM, Hengl T, Norder SJ, Rijsdijk KF, Sanmartin I, Strasberg D, Triantis KA, Valente LM, Whittaker RJ, Gillespie RG, Emerson BC, Thebaud C (2015) Islands as model systems in ecology and evolution: Prospects fifty years after MacArthur-Wilson. *Ecology Letters*, 18, 200–217.
- Wen ZX, Yang QS, Quan Q, Xia L, Ge DY, Lü X (2016) Multiscale partitioning of small mammal diversity provides novel insights into the Quaternary faunal history of Qinghai-Tibetan Plateau and Hengduan Mountains. *Journal of Biogeography*, 43, 1412–1424.
- Whittaker RH (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 280–338.
- Wilson MC, Chen XY, Corlett RT, Didham RK, Ding P, Holt RD, Holyoak M, Hu G, Hughes AC, Jiang L, Laurance WF, Liu JJ, Pimm SL, Robinson SK, Russo SE, Si XF, Wilcove

- DS, Wu JG, Yu MJ (2016) Habitat fragmentation and biodiversity conservation: Key findings and future challenges. *Landscape Ecology*, 31, 219–227.
- Wright DH, Reeves JH (1992) On the meaning and measurement of nestedness of species assemblages. *Oecologia*, 92, 416–428.
- Wu LB, Si XF, Didham RK, Ge DP, Ding P (2017) Dispersal modality determines the relative partitioning of beta diversity in spider assemblages on subtropical land-bridge islands. *Journal of Biogeography*, 44, 2121–2131.
- Wu YR, Si XF, Chen CW, Zeng D, Zhao YH, Li JQ, Ding P (2016) Effects of dispersal abilities on community dynamics of breeding birds on the land-bridge islands in the Thousand Island Lake, China. *Biodiversity Science*, 24, 1135–1145. (in Chinese with English abstract) [吴奕如, 斯幸峰, 陈传武, 曾頤, 赵郁豪, 李家琦, 丁平 (2016) 千岛湖陆桥岛屿繁殖鸟类的扩散能力差异对群落动态的影响. 生物多样性, 24, 1135–1145.]
- Xu AC, Si XF, Wang YP, Ding P (2014) Camera traps and the minimum trapping effort for ground-dwelling mammals in fragmented habitats in the Thousand Island Lake, Zhejiang Province. *Biodiversity Science*, 22, 764–772. (in Chinese with English abstract) [徐爱春, 斯幸峰, 王彦平, 丁平
- (2014) 千岛湖片段化栖息地地栖哺乳动物的红外相机监测及最小监测时长. 生物多样性, 22, 764–772.]
- Yaacobi G, Ziv Y, Rosenzweig ML (2007) Habitat fragmentation may not matter to species diversity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274, 2409–2412.
- Yong DL, Lohman DJ, Gan CW, Qie L, Lim SLH (2012) Tropical butterfly communities on land-bridge islands in Peninsular Malaysia. *Raffles Bulletin of Zoology*, 25, 161–172.
- Yu MJ, Hu G, Feeley KJ, Wu JG, Ding P (2012) Richness and composition of plants and birds on land-bridge islands: Effects of island attributes and differential responses of species groups. *Journal of Biogeography*, 39, 1124–1133.
- Zhang JC, Wang YP, Jiang PP, Li P, Yu MJ, Ding P (2008) Nested analysis of Passeriform bird assemblages in the Thousand Island Lake region. *Biodiversity Science*, 16, 321–331. (in Chinese with English abstract) [张竟成, 王彦平, 蒋萍萍, 李鹏, 于明坚, 丁平 (2008) 千岛湖雀形目鸟类群落嵌套结构分析. 生物多样性, 16, 321–331.]
- Zhou SY (2001) Ants of Guangxi. Guangxi Normal University Press, Guilin. (in Chinese) [周善义 (2001) 广西蚂蚁. 广西师范大学出版社, 桂林.]

(责任编辑: 陈圣宾 责任编辑: 闫文杰)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 千岛湖33个调查岛屿的景观参数、陷阱布设及蚂蚁物种丰富度

Appendix 1 Characteristics, ant traps and ant species richness of the 33 study islands in the Thousand Island Lake  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019213-1.pdf>

### 附录2 千岛湖研究岛屿上蚂蚁物种名录

Appendix 2 The list of ants in the Thousand Island Lake  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019213-2.pdf>

### 附录3 千岛湖研究岛屿上蚂蚁物种基于属水平的食性划分

Appendix 3 Diet of each ant genus on study islands in the Thousand Island Lake  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019213-3.pdf>

### 附录4 千岛湖6个大岛蚂蚁物种取样完成度

Appendix 4 The sample coverage of ant species in six large islands in the Thousand Island Lake  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019213-4.pdf>

### 附录5 千岛湖地表蚂蚁种-面积关系与其他类群比较

Appendix 5 Comparison of species-area relationship between ground ants and other animal groups in the Thousand Island Lake  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019213-5.pdf>

## 附录1 千岛湖33个调查岛屿的景观参数、陷阱布设及蚂蚁物种丰富度

Appendix 1 Characteristics, ant traps and ant species richness of the 33 study islands in the Thousand Island Lake

岛屿 编号 Island code	面积 Area (ha)	隔离度 (m)	样线数 Transect line	样线长度 Total transect length (m)	陷阱数 Number of total pitfall traps	凋落物样 本数 Number of leaflitter samples	蚂蚁物 种数 Number of ant species
S01	1,289.232	897.410	9	1,800	180	45	66
S02	143.193	1,415.090	5	1,000	100	25	59
S03	109.031	964.970	5	1,000	100	25	68
S04	55.082	953.950	4	800	80	20	54
S05	46.370	729.800	3	600	60	15	48
S06	32.293	1,936.950	3	600	60	15	40
S07	12.020	2,163.770	2	400	40	10	30
S08	2.900	1,785.300	1	200	20	5	35
S09	2.832	1,238.140	1	200	20	5	35
S10	2.553	3,097.018	1	200	20	5	29
S11	2.233	3,261.960	1	200	20	5	19
S12	1.738	2,293.250	1	200	20	5	34
S13	1.545	711.040	1	200	20	5	31
S14	1.535	219.075	1	200	20	5	28
S15	1.524	849.880	1	200	20	5	26
S16	1.399	1,760.340	1	200	20	5	28
S17	1.255	3,547.037	1	200	20	5	34
S18	1.202	657.720	1	190	19	5	26
S19	1.202	2,128.520	1	200	20	5	36
S20	0.965	3,133.960	1	170	17	5	22
S21	0.833	2,298.500	1	140	14	4	28
S22	0.666	1,139.870	1	130	13	4	26
S23	0.640	2,356.099	1	150	15	4	27
S24	0.591	640.530	1	120	12	4	21
S25	0.586	684.553	1	90	9	3	22
S26	0.348	1,116.417	1	80	8	3	18
S27	0.344	1,086.220	1	80	8	3	21
S28	0.305	3,399.597	1	90	9	3	17
S29	0.227	1,180.209	1	80	8	3	19
S30	0.165	2,975.908	1	50	5	2	11
S31	0.161	3,173.354	1	50	5	2	13
S32	0.145	558.727	1	50	5	2	22
S33	0.133	1,788.795	1	40	4	2	13

## 附录2 千岛湖研究岛屿上蚂蚁物种名录

Appendix 2 The list of ants in the Thousand Island Lake

物种	Species	属	Genus
日本尖尾蚁	<i>Acropyga nipponensis</i>	尖尾蚁属	<i>Acropyga</i>
富川双节行军蚁	<i>Aenictus fuchuanensis</i>	双节行军蚁属	<i>Aenictus</i>
苛氏双节行军蚁	<i>Aenictus hoelldobleri</i>	双节行军蚁属	<i>Aenictus</i>
光柄双节行军蚁	<i>Aenictus laeviceps</i>	双节行军蚁属	<i>Aenictus</i>
里氏钩猛蚁	<i>Anochetus risii</i>	钩猛蚁属	<i>Anochetus</i>
大吉盘腹蚁	<i>Aphaenogaster geei</i>	盘腹蚁属	<i>Aphaenogaster</i>
湖南盘腹蚁	<i>Aphaenogaster hunanensis</i>	盘腹蚁属	<i>Aphaenogaster</i>
*	<i>Bondroitia</i> sp.1	*	<i>Bondroitia</i>
穴臭蚁属一种	<i>Bothriomyrmex</i> sp.1	穴臭蚁属	<i>Bothriomyrmex</i>
中华短猛蚁	<i>Brachyponera chinensis</i>	短猛蚁属	<i>Brachyponera</i>
黄足短猛蚁	<i>Brachyponera luteipes</i>	短猛蚁属	<i>Brachyponera</i>
黄斑弓背蚁	<i>Camponotus albosparsus</i>	弓背蚁属	<i>Camponotus</i>
平和弓背蚁	<i>Camponotus mitis</i>	弓背蚁属	<i>Camponotus</i>
弓背蚁属一种	<i>Camponotus</i> sp.1	弓背蚁属	<i>Camponotus</i>
少毛弓背蚁	<i>Camponotus spanis</i>	弓背蚁属	<i>Camponotus</i>
东京弓背蚁	<i>Camponotus vitiosus</i>	弓背蚁属	<i>Camponotus</i>
裸心结蚁	<i>Cardiocondyla nuda</i>	心结蚁属	<i>Cardiocondyla</i>
网纹盲切叶蚁	<i>Carebara cibriceps</i>	盲切叶蚁属	<i>Carebara</i>
钝齿盲切叶蚁	<i>Carebara obtusidenta</i>	盲切叶蚁属	<i>Carebara</i>
拟亮盲切叶蚁	<i>Carebara pseudoluscosa</i>	盲切叶蚁属	<i>Carebara</i>
盲切叶蚁属一种	<i>Carebara</i> sp.1	盲切叶蚁属	<i>Carebara</i>
红盲切叶蚁	<i>Carebara vespillo</i>	盲切叶蚁属	<i>Carebara</i>
立毛举腹蚁	<i>Crematogaster ferrarii</i>	举腹蚁属	<i>Crematogaster</i>
大阪举腹蚁	<i>Crematogaster osakensis</i>	举腹蚁属	<i>Crematogaster</i>
游举腹蚁	<i>Crematogaster vagula</i>	举腹蚁属	<i>Crematogaster</i>
夫氏双凸切叶蚁	<i>Dilobocondyla fouqueti</i>	双凸切叶蚁属	<i>Dilobocondyla</i>
卡氏无齿猛蚁	<i>Discothyrea kamiteta</i>	无齿猛蚁属	<i>Discothyrea</i>
邵氏无齿猛蚁	<i>Discothyrea sauteri</i>	无齿猛蚁属	<i>Discothyrea</i>
西伯利亚臭蚁	<i>Dolichoderus sibiricus</i>	臭蚁属	<i>Dolichoderus</i>
爪哇扁头猛蚁	<i>Ectomomyrmex javanus</i>	扁头猛蚁属	<i>Ectomomyrmex</i>
多毛真猛蚁	<i>Euponera pilosior</i>	真猛蚁属	<i>Euponera</i>
棘棱结蚁	<i>Gauromyrmex acanthinus</i>	棱节蚁属	<i>Gauromyrmex</i>
邵氏姬猛蚁	<i>Hypoponera sauteri</i>	姬猛蚁属	<i>Hypoponera</i>
扁平虹臭蚁	<i>Iridomyrmex anceps</i>	虹臭蚁属	<i>Iridomyrmex</i>
西昌刺结蚁	<i>Lepisiota xichangensis</i>	刺结蚁属	<i>Lepisiota</i>
中华光胸臭蚁	<i>Liometopum sinense</i>	光胸臭蚁属	<i>Liometopum</i>
同色小家蚁	<i>Monomorium concolor</i>	小家蚁属	<i>Monomorium</i>
黑腹小家蚁	<i>Monomorium intrudens</i>	小家蚁属	<i>Monomorium</i>
食草切叶蚁	<i>Myrmecina graminicola</i>	切叶蚁属	<i>Myrmecina</i>
细纹切叶蚁	<i>Myrmecina strigis</i>	切叶蚁属	<i>Myrmecina</i>
布氏尼氏蚁	<i>Nylanderia bourbonica</i>	尼氏蚁属	<i>Nylanderia</i>

黄足尼氏蚁	<i>Nylanderia flavipes</i>	尼氏蚁属	<i>Nylanderia</i>
全唇尼氏蚁	<i>Nylanderia integera</i>	尼氏蚁属	<i>Nylanderia</i>
绣花尼氏蚁	<i>Nylanderia picta</i>	尼氏蚁属	<i>Nylanderia</i>
无毛凹臭蚁	<i>Ochetellus glaber</i>	凹臭蚁属	<i>Ochetellus</i>
山大齿猛蚁	<i>Odontomachus monticola</i>	大齿猛蚁属	<i>Odontomachus</i>
邵氏拟立毛蚁	<i>Paraparatrechina sauteri</i>	拟立毛蚁属	<i>Paraparatrechina</i>
长节大头蚁	<i>Pheidole fervens</i>	大头蚁属	<i>Pheidole</i>
香港大头蚁	<i>Pheidole hongkongensis</i>	大头蚁属	<i>Pheidole</i>
宽结大头蚁	<i>Pheidole nodus</i>	大头蚁属	<i>Pheidole</i>
皮氏大头蚁	<i>Pheidole pieli</i>	大头蚁属	<i>Pheidole</i>
大头蚁属一种	<i>Pheidole</i> sp.1	大头蚁属	<i>Pheidole</i>
大头蚁属一种	<i>Pheidole</i> sp.2	大头蚁属	<i>Pheidole</i>
阿禄斜结蚁	<i>Plagiolepis alluaudi</i>	斜结蚁属	<i>Plagiolepis</i>
双齿多刺蚁	<i>Polyrhachis dives</i>	多刺蚁属	<i>Polyrhachis</i>
梅氏多刺蚁	<i>Polyrhachis illaudata</i>	多刺蚁属	<i>Polyrhachis</i>
结多刺蚁	<i>Polyrhachis rastellata</i>	多刺蚁属	<i>Polyrhachis</i>
内氏前结蚁	<i>Prenolepis naoroji</i>	前结蚁属	<i>Prenolepis</i>
刻纹棱胸切叶蚁	<i>Pristomyrmex punctatus</i>	棱胸切叶蚁属	<i>Pristomyrmex</i>
伊藤卷尾猛蚁	<i>Proceratium itoi</i>	卷尾猛蚁属	<i>Proceratium</i>
双齿唇拟毛蚁	<i>Pseudolasius bidenticlypeus</i>	拟毛蚁属	<i>Pseudolasius</i>
污黄拟毛蚁	<i>Pseudolasius cibdelus</i>	拟毛蚁属	<i>Pseudolasius</i>
光亮角腹蚁	<i>Recurvidris glabriceps</i>	角腹蚁属	<i>Recurvidris</i>
弯刺角腹蚁	<i>Recurvidris recurvispinosa</i>	角腹蚁属	<i>Recurvidris</i>
贾氏火蚁	<i>Solenopsis jacoti</i>	火蚁属	<i>Solenopsis</i>
布农点猛蚁	<i>Stigmatomma bruni</i>	点猛蚁属	<i>Stigmatomma</i>
西氏点猛蚁	<i>Stigmatomma silvestrii</i>	点猛蚁属	<i>Stigmatomma</i>
犬齿瘤颚蚁	<i>Strumigenys canina</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
台湾瘤颚蚁	<i>Strumigenys formosa</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
六节瘤颚蚁	<i>Strumigenys hexamera</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
平岛瘤颚蚁	<i>Strumigenys hirashimai</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
细毛瘤颚蚁	<i>Strumigenys leptothrix</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
刘氏瘤颚蚁	<i>Strumigenys lewisi</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
截头瘤颚蚁	<i>Strumigenys mutica</i>	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
瘤颚蚁属一种	<i>Strumigenys</i> sp.1	瘤颚蚁属	<i>Strumigenys</i>
吉氏酸臭蚁	<i>Tapinoma geei</i>	酸臭蚁属	<i>Tapinoma</i>
印度酸臭蚁	<i>Tapinoma indicum</i>	酸臭蚁属	<i>Tapinoma</i>
黑头酸臭蚁	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	酸臭蚁属	<i>Tapinoma</i>
长角狡臭蚁	<i>Technomyrmex antennus</i>	狡臭蚁属	<i>Technomyrmex</i>
褐狡臭蚁	<i>Technomyrmex brunneus</i>	狡臭蚁属	<i>Technomyrmex</i>
角肩切胸蚁	<i>Temnothorax angulohumerus</i>	切胸蚁属	<i>Temnothorax</i>
韩切胸蚁	<i>Temnothorax koreanus</i>	切胸蚁属	<i>Temnothorax</i>
纳氏切胸蚁	<i>Temnothorax nassonovi</i>	切胸蚁属	<i>Temnothorax</i>
切胸蚁属一种	<i>Temnothorax</i> sp.1	切胸蚁属	<i>Temnothorax</i>
浙江切胸蚁	<i>Temnothorax zhejiangensis</i>	切胸蚁属	<i>Temnothorax</i>

草地铺道蚁	<i>Tetramorium caespitum</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
圆叶铺道蚁	<i>Tetramorium cyclolobium</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
广西铺道蚁	<i>Tetramorium guangxiense</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
光颚铺道蚁	<i>Tetramorium insolens</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
克氏铺道蚁	<i>Tetramorium kraepelini</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
茸毛铺道蚁	<i>Tetramorium lanuginosum</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
日本铺道蚁	<i>Tetramorium nipponense</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
史氏铺道蚁	<i>Tetramorium smithi</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
罗氏铺道蚁	<i>Tetramorium wroughtonii</i>	铺道蚁属	<i>Tetramorium</i>
叉唇细长蚁	<i>Tetraponera furcata</i>	细长蚁属	<i>Tetraponera</i>
榕细长蚁	<i>Tetraponera microcarpa</i>	细长蚁属	<i>Tetraponera</i>
埃氏扁胸切叶蚁	<i>Vollenhovia emeryi</i>	扁胸切叶蚁属	<i>Vollenhovia</i>

\* 无中文名 No Chinese name

### 附录3 千岛湖研究岛屿上蚂蚁物种基于属水平的食性划分

Appendix 3 Diet of each ant genus on study islands in the Thousand Island Lake

亚科 Subfamily	属 Genus	食性 Diet	参考文献 References
钝猛蚁亚科	点猛蚁属	捕食性*	Shattuck, 1999
Amblyoponinae	<i>Stigmatomma</i>	Predator*	
臭蚁亚科	穴臭蚁属	杂食性*	Shattuck, 1999
Dolichoderinae	<i>Bothriomyrmex</i>	Omnivore*	
	臭蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Dolichoderus</i>	Omnivore	
	虹臭蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Iridomyrmex</i>	Omnivore	
	光胸臭蚁属	杂食性*	Field observation
	<i>Liometopum</i>	Omnivore*	
	凹臭蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Ochetellus</i>	Omnivore	
	酸臭蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Tapinoma</i>	Omnivore	
	狡臭蚁属	杂食性	Staab et al, 2014
	<i>Technomyrmex</i>	Omnivore	
行军蚁亚科	双节行军蚁属	捕食性	Shattuck, 2008
Dorylinae	<i>Aenictus</i>	Predator	
蚁亚科	尖尾蚁属	杂食性	Johnson et al, 2001
Formicinae	<i>Acropyga</i>	Omnivore	
	弓背蚁属	杂食性	Gibb, 2012
	<i>Camponotus</i>	Omnivore	
	刺结蚁属	杂食性	Brown, 2000
	<i>Lepisiota</i>	Omnivore	
	尼氏蚁属	杂食性	La Polla et al, 2011
	<i>Nylanderia</i>	Omnivore	
	拟立毛蚁属	杂食性*	La Polla et al, 2011
	<i>Paraparatrechina</i>	Omnivore*	
	斜结蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Plagiolepis</i>	Omnivore	
	多刺蚁属	杂食性	Gibb, 2012
	<i>Polyrhachis</i>	Omnivore	
	前结蚁属	杂食性	Staab et al, 2014
	<i>Prenolepis</i>	Omnivore	
	拟毛蚁属	杂食性	Pfeiffer et al, 2014
	<i>Pseudolasius</i>	Omnivore	
切叶蚁亚科	盘腹蚁属	杂食性	Brown, 2000
Myrmicinae	<i>Aphaenogaster</i>	Omnivore	
	<i>Bondroitia</i>	杂食性*	Field observation
		Omnivore*	

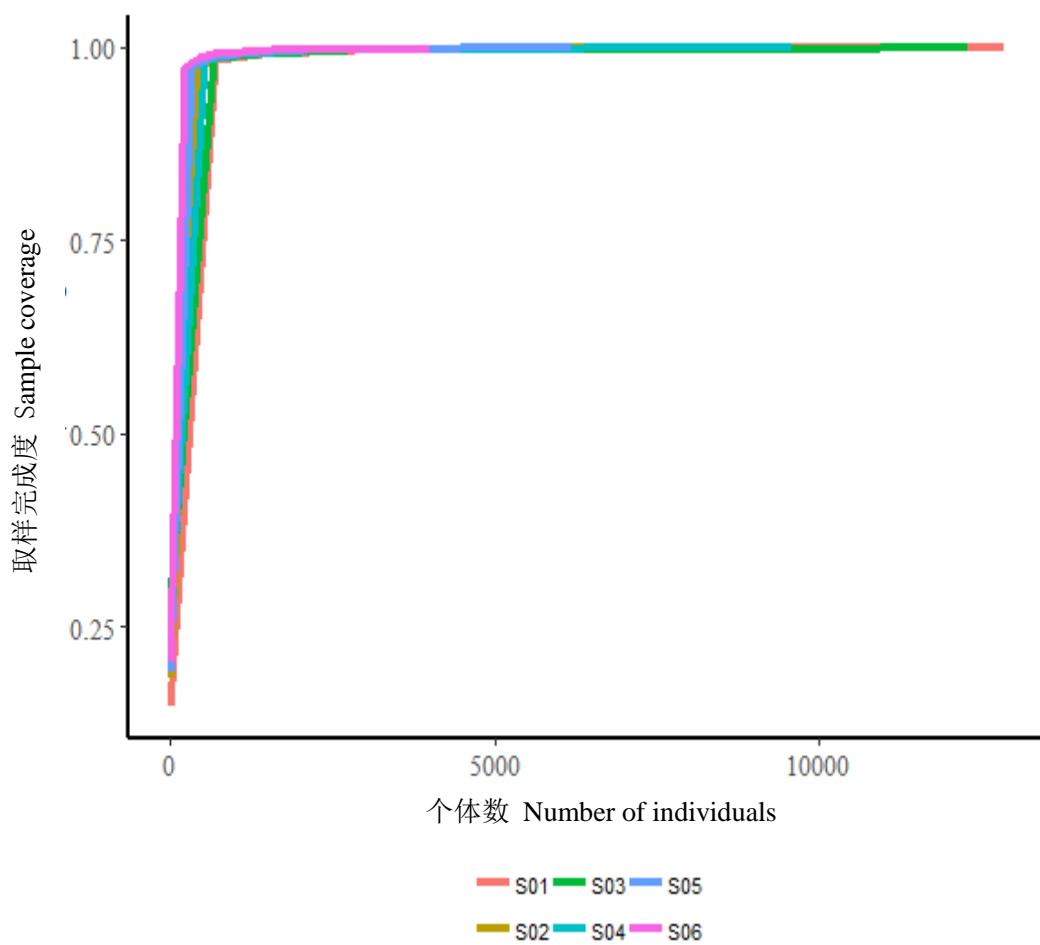
	心结蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Cardiocondyla</i>	Omnivore	
	盲切叶蚁属	捕食性	Shattuck, 1999
	<i>Carebara</i>	Predator	
	举腹蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Crematogaster</i>	Omnivore	
	双凸切叶蚁属	杂食性*	Shattuck, 1999
	<i>Dilobocondyla</i>	Omnivore*	
	棱结蚁属	杂食性*	Hölldobler & Wilson, 1990
	<i>Gauromyrmex</i>	Omnivore*	
	小家蚁属	杂食性	Brown, 2000
	<i>Monomorium</i>	Omnivore	
	切叶蚁属	捕食性	Shattuck, 2009
	<i>Myrmecina</i>	Predator	
	大头蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Pheidole</i>	Omnivore	
	棱胸切叶蚁属	杂食性	Staab et al, 2014
	<i>Pristomyrmex</i>	Omnivore	
	角腹蚁属	杂食性*	Field observation
	<i>Recurvidris</i>	Omnivore*	
	火蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Solenopsis</i>	Omnivore	
	瘤颚蚁属	捕食性	Hölldobler & Wilson, 1990
	<i>Strumigenys</i>	Predator	
	切胸蚁属	杂食性	Fiedler et al, 2007
	<i>Temnothorax</i>	Omnivore	
	铺道蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Tetramorium</i>	Omnivore	
	扁胸切叶蚁属	杂食性*	Shattuck, 1999
	<i>Vollenhovia</i>	Omnivore*	
猛蚁亚科	钩猛蚁属	捕食性	Shattuck, 1999
	<i>Anochetus</i>	Predator	
	短猛蚁属	捕食性	Suehiro et al, 2017
	<i>Brachyponera</i>	Predator	
	扁头猛蚁属	捕食性	Schmidt & Shattuck, 2014
	<i>Ectomomyrmex</i>	Predator	
	真猛蚁属	捕食性*	
	<i>Euponera</i>	Predator*	
	姬猛蚁属	杂食性	Shattuck, 1999
	<i>Hypoponera</i>	Omnivore	
	大齿猛蚁属	捕食性	Shattuck, 1999
	<i>Odontomachus</i>	Predator	
卷尾猛蚁亚科	无齿猛蚁属	捕食性	Brown, 1957
	<i>Discothyrea</i>	Predator	
Proceratiinae			

周浩楠, 赵郁豪, 曾頤, 刘娟, 金挺浩, 丁平. 千岛湖陆桥岛屿地表蚂蚁群落物种多样性空间格局及其影响因素. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1101–1111. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019213>

伪切叶蚁亚科	卷尾猛蚁属 <i>Proceratium</i>	捕食性* Predator*	Staab et al, 2018
Pseudomyrmecinae	细长蚁属 <i>Tetraponera</i>	杂食性* Omnivore*	Field observation

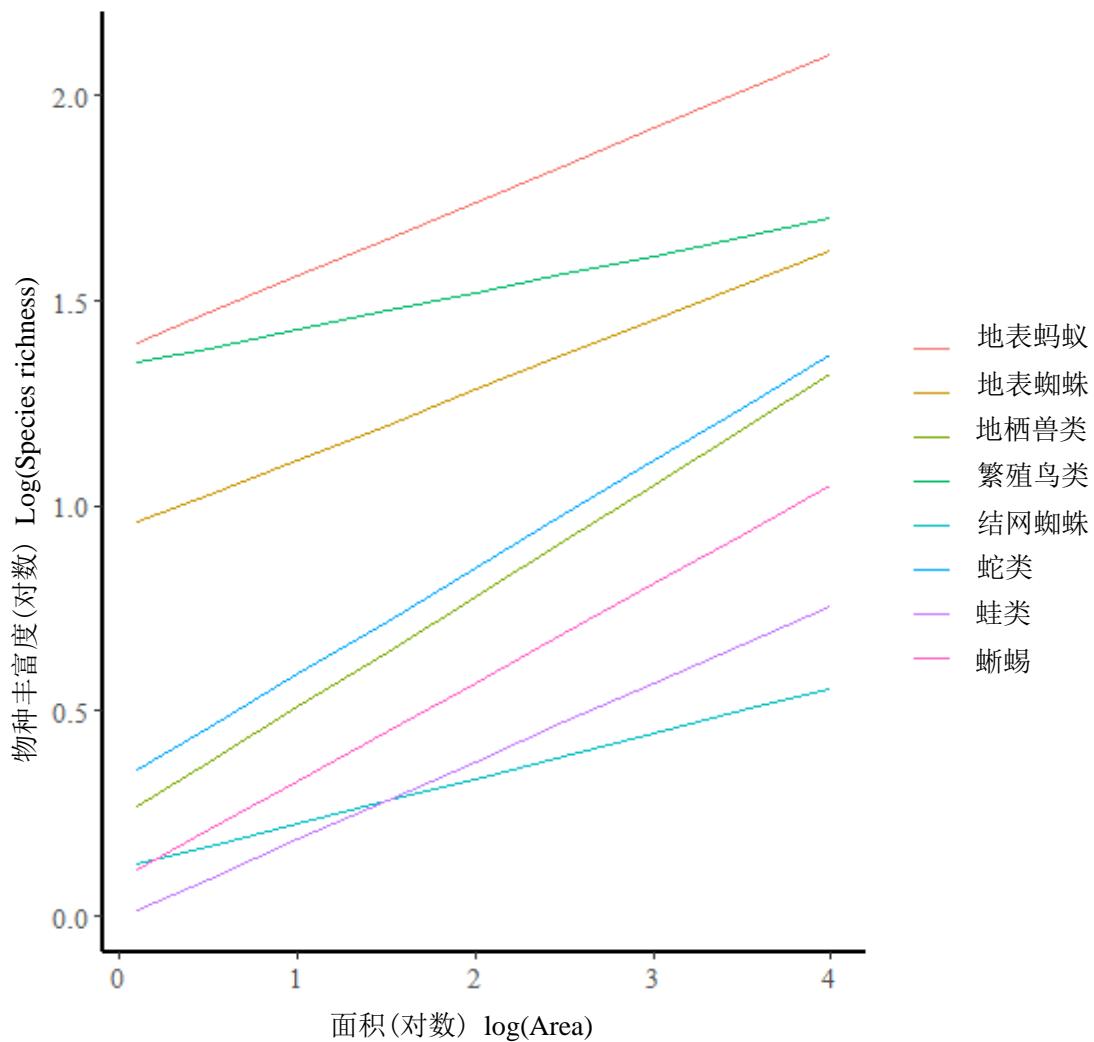
\*从亚科特性或野外观察推断

\*Infer from subfamily and/or field observation



#### 附录4 千岛湖6个大岛蚂蚁物种取样完成度

Appendix 4 The sample coverage of ant species in six large islands in the Thousand Island Lake



#### 附录5 千岛湖地表蚂蚁种-面积关系与其他类群比较

Appendix 5 Comparison of species-area relationship between ground ants and other animal groups in the Thousand Island Lake



•研究报告•

# 珠江河口区大型底栖动物群落结构

周细平<sup>1,2\*</sup> 李 贞<sup>1</sup> 吴培芳<sup>1</sup> 吴 苗<sup>1</sup> 陈逸欣<sup>1</sup>  
刘康格<sup>1</sup> 刘东艳<sup>3</sup> 王玉珏<sup>4</sup> 王跃启<sup>4</sup>

1 (厦门大学嘉庚学院环境科学与工程学院, 福建漳州 363105)

2 (厦门大学嘉庚学院河口生态安全与环境健康福建省高校重点实验室, 福建漳州 363105)

3 (华东师范大学河口与海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

4 (中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室, 山东烟台 264003)

**摘要:** 河口区大型底栖动物具有的重要群落特征往往可以反映群落所经历的环境污染。为更好地了解珠江河口区大型底栖动物群落结构, 作者于2014年11月至2015年8月进行了4个季度的大型底栖动物调查, 并利用PRIMER 6.0软件进行群落生物多样性指数计算、群落等级聚类(Cluster)和非度量多维标度排序(nMDS)分析。研究结果显示: 珠江河口区共获得大型底栖动物52种, 优势种包括光滑河篮蛤(*Potamocorbula laevis*)、中国绿螂(*Glaucomya chinensis*)、焦河篮蛤(*Potamocorbula ustulata*)和羽须鳃沙蚕(*Dendroneris pinnaticirrus*)。大型底栖动物年平均密度为269.3 ind./m<sup>2</sup>, 年平均生物量为129.61 g/m<sup>2</sup>。12个站次的丰富度指数(*D*)、均匀度指数(*J'*)和Shannon-Wiener多样性指数(*H'*)平均值分别为 $1.81 \pm 1.38$ 、 $0.50 \pm 0.27$ 和 $1.60 \pm 1.13$ 。该结果显示除P01断面的秋季和冬季环境质量为优良外, 其他站位在不同季度都显示出轻度到重度的污染。Cluster聚类分析和nMDS标序结果表明, P01断面与P02和P03断面群落相似度较低, 与断面地理分布情况一致; P02断面和P03断面存在交叉聚集, 群落相似度较高。结合环境因子结果可知, 沉积物理化因子与群落分布特征相关性较大, 其中最能解释珠江河口区群落多样性分布特征的环境因子为盐度和pH值。

**关键词:** 珠江口; 大型底栖动物; 群落结构

## The structure of macrobenthic community in Pearl River Estuary

Xiping Zhou<sup>1,2\*</sup>, Zhen Li<sup>1</sup>, Peifang Wu<sup>1</sup>, Xi Wu<sup>1</sup>, Yixin Chen<sup>1</sup>, Kangge Liu<sup>1</sup>, Dongyan Liu<sup>3</sup>, Yujue Wang<sup>4</sup>, Yueqi Wang<sup>4</sup>

1 School of Environmental Science and Engineering, Tan Kah Kee College, Xiamen University, Zhangzhou, Fujian 363105

2 Key Laboratory of Estuarine Ecological Security and Environmental Health, Tan Kah Kee College, Xiamen University, Zhangzhou, Fujian 363105

3 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062

4 Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong 264003

**Abstract:** The macrobenthic communities of estuaries are often indicative of important community traits, such as the environmental pollution a community may experience. To better understand the structure of Pearl River Estuary's macrobenthic community, macrobenthic species were identified based on investigations carried out from November 2014 to August 2015, and biodiversity analyses were performed. More specifically, biodiversity index calculations, cluster analysis, and nMDS (non-metric MDS) analysis were performed used PRIMER 6.0 software. While 52 macrobenthic species were identified in the Pearl River estuary, the dominant species in this study area were *Potamocorbula laevis*, *Glaucomya chinensis*, *Potamocorbula ustulata* and *Dendroneris pinnaticirrus*. The annual mean density of macrobenthos in the Pearl River Estuary was 269.3 ind./m<sup>2</sup> and the annual mean biomass was 129.61 g/m<sup>2</sup>. The mean values of richness index (*D*), evenness index (*J'*) and Shannon-Wiener diversity index (*H'*) of 12 samplings were  $1.81 \pm 1.38$ 、 $0.50 \pm 0.27$

收稿日期: 2019-09-20; 接受日期: 2019-10-13

基金项目: 国家自然科学基金(41606119)、福建省自然科学基金(2017J05068)和福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划(闽教科〔2017〕52号)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zoeyzhou@xujc.com

and  $1.60 \pm 1.13$ , respectively. The results showed a range of environmental quality from clean to severe pollution, in which only P01 section indicated clean environmental quality in autumn and winter. Cluster and nMDS results revealed that low community similarity were observed among P01 section and P02 together with P03 sections, potentially due to the geographical distribution factors. Additionally, the P02 section and P03 section gathered crosswise with higher community similarity. Our results suggested the combination of environmental factors with physical and chemical sediment factors were significantly correlated with the distribution characteristics of communities. Also to note, water salinity and pH can help explain the biodiversity distribution pattern of the microbenthic community in the Pearl River Estuary.

**Key words:** Pearl River Estuary; macrobenthos; community structure

珠江全长2,320 km, 流域面积453,690 km<sup>2</sup>, 是我国年径流量仅次于长江的第二大河流。珠江口直通南海, 是珠江的入海口, 也是广东最大的出海口, 与长江口、黄河口并称为中国的三大河口(王丽荣和赵焕庭, 2000), 其水域涵盖10种资源丰富和功能重要的滨海湿地类型(王迪等, 2015); 同时也是港澳地区重要的水产养殖区和渔场。因此生态环境质量对珠江河口区经济建设和资源的可持续发展有着重大影响(何桂芳等, 2002; 王晓明等, 2003), 开展珠江口生态环境质量的监测与健康评价工作具有十分重要的意义。

大型底栖动物是指不能通过孔径为0.5 mm网筛、生活史的全部或大部分时间生活于海洋沉积物以及海水中物体(包括生物体和非生物体)底内、底表的生物类群(袁兴中和陆健健, 2002; 蔡立哲, 2015), 是海洋生态系统中的重要组成成分。大型底栖动物由于活动能力较弱且受环境变化影响显著, 研究其种类组成、群落结构、时空变化以及物种多样性等特征, 一定程度上可以反映环境状况及其变化(马骏和付荣恕, 2010), 也可以在污染监测和环境质量评价中发挥作用(Taft & Haig, 2005)。在珠江口及邻近海域开展大型底栖动物研究已有部分报道, 但主要是利用底栖动物的部分类群如昆虫纲(王旭涛等, 2016)、寡毛纲(蒋万祥等, 2011)等进行水质评价; 在珠江口潮下带开展的大型底栖动物研究可以追溯到20世纪80年代末(杞桑等, 1982; 杞桑和林美心, 1985; 苏炳之等, 1989; 杞桑和黄伟建, 1993), 这些研究表明历史上珠江口流域大型底栖动物以水栖寡毛类、多毛类和软体类共同占优势, 节肢动物也有大量种类出现。但2006–2007年在珠江口潮下带的研究发现大型底栖动物各季度均以环节动物种类最多(张敬怀, 2014), 王迪等2007年秋季在珠江口潮间带湿地进行大型底栖动物群落研究则发

现甲壳类最多, 其次为多毛类和软体动物(王迪等, 2015), 与同期潮下带的底栖种类分布略有差别, 表明随着时间的推移, 珠江流域环境变化对大型底栖动物群落多样性造成显著影响。

鉴于珠江口潮间带大型底栖动物研究目前报道有限, 且历史数据表明群落结构已随环境变迁而变化, 因此有必要对该区域大型底栖动物的群落结构以及主要影响因素再次进行研究, 并对河口湿地环境质量进行生物学评价。通过2014年11月至2015年8月在珠江河口区开展的大型底栖动物定量调查, 本文对大型底栖动物群落结构进行分析, 结合环境因子数据, 以期反映珠江口生态环境的健康程度, 同时也为珠江口湿地的生态管理提供理论依据。

## 1 采样及数据处理

### 1.1 站位布设和样品采集

分别于2014年11月(秋季)、2015年2月(冬季)、2015年5月(春季)和2015年8月(夏季), 在珠江口进行4个季度大型底栖动物潮间带调查。本次调查布设P01、P02和P03共3条断面(图1), 每条断面按高、中、低潮区设3个取样站, 每个站位取3个平行样。4个季度共采得定量样品108份, 定性样品36份。所有生物的采集、处理、实验室生物挑选和称重方法及程序均按《海洋调查规范 第6部分: 海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)的要求进行。采样时, 用25 cm × 25 cm × 30 cm的样框和铲子采集泥样, 然后用0.5 mm孔径的筛网清洗, 将截留在筛网的生物和部分残留物用体积分数为95%的酒精固定后带回实验室, 进一步清洗、过筛、分选、鉴定和称重。

2014年11月另外采集沉积物样品进行有机碳、总氮和底质粒径的测定; 同时, 每个季度利用YSI环境监测系统(600QS-M-O, 美国)现场同步测量海水的pH值、盐度、水温等环境因子。其中温度、盐

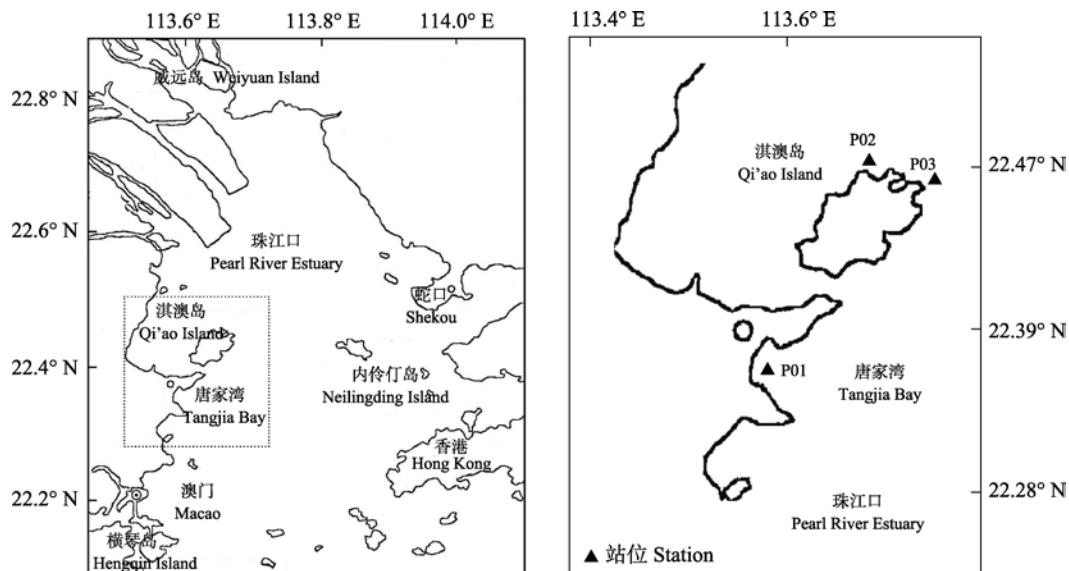


图1 珠江口大型底栖动物站位图(左图仿黄洪辉等, 2002)

Fig. 1 The sampling station of macrobenthos in the Pearl River Estuary. The left figure is an imitation from Huang et al, 2002.

度和pH值均为4个季度的平均值, 底质粒径、总氮和总有机碳为2014年秋季采集的沉积物测得。根据《海洋调查规范 第8部分: 海洋地质地球物理调查—沉积物粒度分析》(GB/T 12763.8-2007), 粒径小于4.00  $\mu\text{m}$ 的属于粘土, 4.00–63.00  $\mu\text{m}$ 的属于粉砂, 大于63.00  $\mu\text{m}$ 的属于极细砂。

## 1.2 数据处理

计算大型底栖动物群落的Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、均匀度指数( $J'$ )和丰富度指数( $D$ ), 公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

$$J' = H'/\log_2 N \quad (2)$$

$$D = S - 1/\log_2 N \quad (3)$$

式中,  $S$ 为采集样品中大型底栖动物的种类数,  $N$ 为样品中所有种类的总个体数,  $P_i$ 为样品中第*i*种的丰度比例( $n_i/N$ )。参考我国《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008), 以多样性指数计算结果进行环境质量评价。

采用底栖生物优势度指数来判断优势种(徐兆礼和陈亚瞿, 1989), 计算公式:  $Y = (n_i/N) \times f_i$ 。式中,  $n_i$ 为第*i*种的个体数;  $N$ 为所有站位采集的底栖生物总个体数;  $f_i$ 为该物种在各调查站位中出现的频率。 $Y \geq 0.02$ 时, 即认为该物种为优势种。

使用SPSS 22.0软件进行大型底栖动物的物种

数、密度、生物量、群落多样性指数与环境因子的Pearson相关性分析。对大型底栖动物丰度进行平方根转化, 以平衡优势种和稀有种对群落结构的影响, 并计算站位间的Bray-Curtis相似性系数, 构建相似性矩阵, 然后采用Cluster等级聚类和非度量多维标度排序(non-metric multi-dimensional scaling, nMDS)分析珠江河口区大型底栖动物的群落分布格局。

## 2 结果

### 2.1 珠江口环境因子测定结果

珠江河口区底质中极细砂和粉砂含量较多, 而粘土含量很少(表1)。P01断面的pH值高于P02和P03断面, P01高潮区的总氮和总有机碳最高, 温度和盐度的最低值都出现在P03断面。

### 2.2 珠江口大型底栖动物物种组成

珠江口4个季度共获得大型底栖动物52种。其中软体动物种类最多, 有19种, 占37%; 多毛动物有16种, 占29%; 甲壳动物有12种, 占23%; 其他动物有5种, 占11%。P01、P02和P03断面获得的大型底栖动物物种数分别为36种、21种和15种, 高潮区、中潮区和低潮区获得的大型底栖动物物种数依次为26、25和32种。

珠江口4个季度大型底栖动物优势种组成有所不同, 但均以软体动物为主(表2)。其中, 光滑河篮蛤(*Potamocorbula laevis*)和中国绿螺(*Glaucomya*

表1 珠江河口区各断面环境因素

Table 1 The environmental factors in different transects of Pearl River Estuary

	P01			P02			P03		
	高潮区 High tide	中潮区 Middle tide	低潮区 Low tide	高潮区 High tide	中潮区 Middle tide	低潮区 Low tide	高潮区 High tide	中潮区 Middle tide	低潮区 Low tide
粘土 Clay (%)	2.15	2.79	4.01	1.27	4.85	8.61	1.26	4.25	0.28
粉砂 Silt (%)	18.06	21.65	28.47	15.51	50.95	76.36	18.73	48.59	3.13
极细砂 Sand (%)	79.79	75.56	67.52	83.22	44.20	15.03	80.01	47.16	96.59
总氮 TN (%)	0.23	0.04	—	0.02	0.03	—	0.05	0.05	—
总有机碳 TOC (%)	1.83	0.37	—	0.22	0.21	—	0.60	0.70	—
温度 Temperature (°C)	24.23			24.50			23.87		
盐度 Salinity (‰)	10.13			10.43			9.47		
pH值	8.07			7.71			7.78		

— 该数据未检测 No data was detected

表2 珠江河口区4个季度优势种及其优势度值(Y)

Table 2 The dominant species and their dominant values (Y) of four seasons in Pearl River Estuary

种类 Species	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
环节动物 Annelida				
羽须鳃沙蚕 <i>Dendroneris pinnaticirrus</i>	—	—	—	0.022
软体动物 Mollusca				
光滑河篮蛤 <i>Potamocorbula laevis</i>	0.512	0.143	0.326	0.603
中国绿螺 <i>Glaucomya chinensis</i>	0.067	0.128	0.020	0.031
焦河篮蛤 <i>Potamocorbula ustulata</i>	—	—	—	0.020

— 该季度非优势种 The species was not dominant in this season

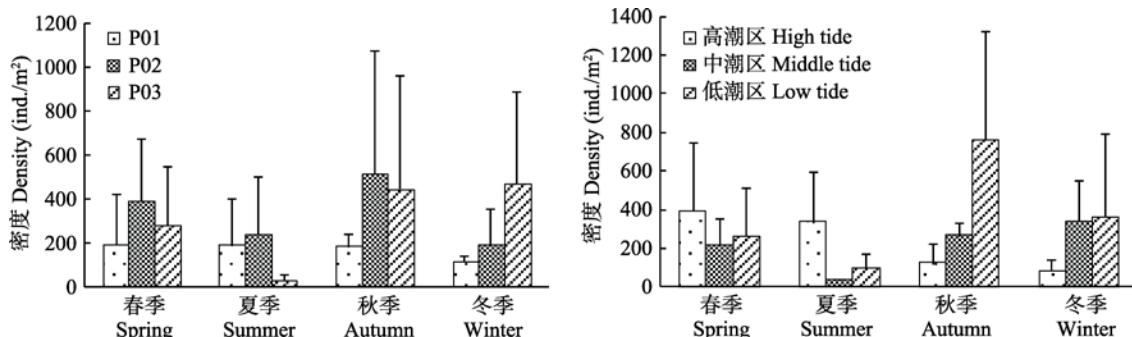


图2 珠江河口区大型底栖动物密度(平均值 + 标准差)的时空变化

Fig. 2 Spatial and temporal variation of macrobenthic density (mean + standard deviation) in Pearl River Estuary

*chinensis*)在4个季度均有大量出现。此外, 焦河篮蛤(*Potamocorbula ustulata*)和羽须鳃沙蚕(*Dendroneris pinnaticirrus*)在冬季也作为优势种出现。

### 2.3 珠江口大型底栖动物密度和生物量

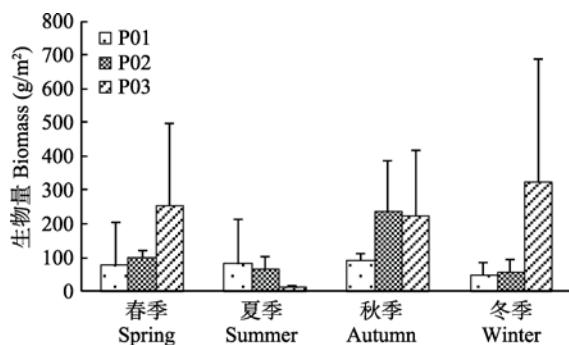
珠江河口区大型底栖动物年平均密度为269.3 ind./m<sup>2</sup>, 时空变化如图2所示。P01断面平均密度最低, 为169.8 ind./m<sup>2</sup>; P03断面平均密度居中, 为304.9 ind./m<sup>2</sup>; P02断面平均密度最高, 为334.2 ind./m<sup>2</sup>。从季节分布来看, 密度由高到低分别为秋

季 > 冬季 > 春季 > 夏季, 其中平均密度最高出现在P02断面秋季, 为515.6 ind./m<sup>2</sup>, 远高于秋季年平均密度; 最低出现在P03断面夏季, 为24.9 ind./m<sup>2</sup>, 远低于夏季平均密度。在垂直分布方面, 中潮区平均密度最低, 为211.1 ind./m<sup>2</sup>, 高潮区居中, 为229.3 ind./m<sup>2</sup>, 低潮区最高, 为367.6 ind./m<sup>2</sup>。在不同潮区中平均密度随着季节变化不尽相同, 其中高潮区平均密度最大值出现于春季, 而后呈下降趋势, 在冬季有最低值。中潮区和低潮区则是春、夏两季

生物密度下降, 秋、冬两季生物密度上升。

在密度组成方面, 软体动物的贡献最大, 年平均密度达 245.8 ind./m<sup>2</sup>, 占总密度的 91%, 其中仅 P03 断面秋季和冬季的光滑河篮蛤的密度就分别高达 334.22 ind./m<sup>2</sup> 和 433.8 ind./m<sup>2</sup>。

珠江口大型底栖动物的年平均生物量为 129.61 g/m<sup>2</sup>, 时空分布如图 3 所示。P01 断面年平均生物量最低, 为 73.06 g/m<sup>2</sup>, P02 断面年平均生物量居中, 为 113.32 g/m<sup>2</sup>, P03 断面年平均生物量最高, 为 202.43 g/m<sup>2</sup>。其中 P01 断面生物量变化幅度较小, 秋季达最大值 89.47 g/m<sup>2</sup>, 冬季有最小值为 45.69 g/m<sup>2</sup>。而 P02 和 P03 断面的生物量随季节变化较大, P02 断面生物量由春季到夏季逐渐下降, 秋季上升而冬季又呈下降趋势, 而 P03 断面的生物量则是春夏呈下降趋势, 秋冬回升。生物量的垂直分布规律表现为



低潮区 (192.73 g/m<sup>2</sup>) > 中潮区 (111.06 g/m<sup>2</sup>) > 高潮区 (85.07 g/m<sup>2</sup>)。低潮区平均生物量最高, 做出最大贡献的是秋季, 远高于年平均生物量。

在生物量组成方面, 软体动物的贡献也最大, 年平均生物量达 128.40 g/m<sup>2</sup>, 占总生物量的 99%, 其中仅 P03 断面秋季和冬季光滑河篮蛤的生物量就分别高达 126.71 g/m<sup>2</sup> 和 270.21 g/m<sup>2</sup>。

#### 2.4 珠江口大型底栖动物群落多样性

珠江口 12 个站次的丰富度指数 ( $D$ ) 平均为  $1.81 \pm 1.38$ , 最高出现在 P01 秋季 (3.92), 最低出现在 P03 春季 (0.20); 均匀度指数 ( $J'$ ) 平均为  $0.50 \pm 0.27$ , 最高出现在 P01 冬季 (0.81), 最低出现在 P03 春季 (0.06); Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 平均为  $1.60 \pm 1.13$ , 最高出现在 P01 秋季 (3.39), 最低出现在 P03 春季 (0.06) (表 3)。珠江口区域大型底栖动物生物多样性

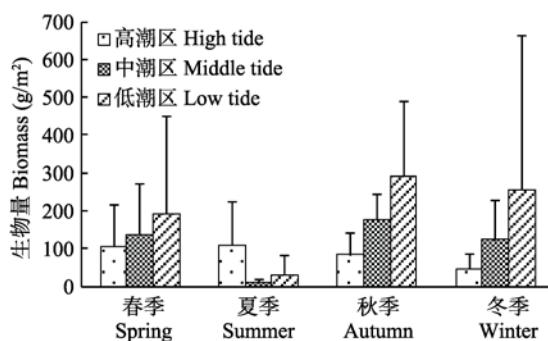


图 3 大型底栖动物生物量(平均值 + 标准差)的时空变化

Fig. 3 Spatial and temporal variation of the biomass (mean + standard deviation) of macrobenthos

表 3 珠江河口区 4 个季度大型底栖动物群落的物种多样性指数

Table 3 Biodiversity indices of macrobenthic communities in four seasons in Pearl River Estuary

站次 Samplings	物种数 Species number	密度 Density (ind./m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	丰富度指数 Richness index ( $D$ )	均匀度指数 Evenness index ( $J'$ )	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ )
<b>P01</b>						
秋季 Autumn	19	183.1	89.47	3.92	0.80	3.39
冬季 Winter	14	113.8	45.69	3.18	0.81	3.09
春季 Spring	17	193.8	78.05	3.41	0.64	2.60
夏季 Summer	10	188.4	79.04	1.95	0.62	2.06
<b>P02</b>						
秋季 Autumn	19	515.6	236.83	3.17	0.31	1.30
冬季 Winter	4	190.2	53.15	0.64	0.21	0.42
春季 Spring	4	391.1	100.12	0.56	0.54	1.08
夏季 Summer	4	236.4	63.18	0.61	0.51	1.02
<b>P03</b>						
秋季 Autumn	7	446.2	222.87	0.92	0.40	1.03
冬季 Winter	4	469.3	323.93	0.54	0.22	0.45
春季 Spring	2	279.1	254.66	0.20	0.06	0.06
夏季 Summer	8	24.9	8.27	2.65	0.90	2.69
平均值 ± 标准差 Mean ± SD	9.3 ± 6.3	269.3 ± 153.1	129.61 ± 101.49	1.81 ± 1.38	0.50 ± 0.27	1.60 ± 1.13

水平波动较大, 指示环境质量在极差( $H' < 1.0$ )和优良( $H' \geq 3.0$ )之间。其中P01断面秋季和冬季的环境质量为优良, P01断面春季和夏季、P03断面夏季的环境质量为一般, 而P02断面冬季、P03断面夏季和秋季的环境质量极差, 且物种均匀度和丰富度水平极低, 可见该区域环境不适合大多数底栖生物生存。

将各个站位的物种数、密度、生物量和生物多样性指数与环境因子进行Pearson相关性分析。结果表明, 物种数、丰富度指数( $D$ )与盐度相关性显著, 物种数与pH值相关性极显著; 其他因子之间相关性均不显著(表4)。

## 2.5 珠江口大型底栖动物群落结构相似性分析

Cluster等级聚类分析结果显示(图4), 在相似性为45.57%时, 可将珠江河口区大型底栖动物分为3

组, 第一组包括P01断面的4个季度; 第二组包括P02断面和P03断面的春季、秋季和冬季; 且P02断面的春季和夏季群落相似性更高; 第三组为P03断面夏季。nMDS分析结果表明, Stress = 0.09, 表明图中站位间的相互关系是可以信任的(图5)。nMDS结果与聚类分析结果一致, P01断面聚集为一组且与P02断面和P03断面相隔较远, P02断面4个季度和P03断面4个季度存在交叉聚集, 表明P02断面与P03断面群落更为相似, 而两者与P01断面相似度较低。

## 3 讨论

### 3.1 珠江口大型底栖动物群落特征分析

大型底栖动物中很多种类在发育完成时, 由于活动能力不强, 只能生活在固定场所或者有限的范

表4 生物多样性指数与环境因子的Pearson相关分析

Table 4 Pearson correlation between species biodiversity indices and environmental factors

	物种数 Species number	密度 Density	生物量 Biomass	丰富度指数 Richness index ( $D$ )	均匀度指数 Evenness index ( $J'$ )	Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener index ( $H'$ )
总有机碳 Total organic carbon (%)	0.703	0.233	0.486	0.716	0.447	0.682
总氮 Total nitrogen (%)	0.757	0.285	0.440	0.803	0.352	0.720
粘土 Clay (%)	-0.247	0.215	0.496	-0.053	-0.459	-0.104
粉砂 Silt (%)	-0.502	0.207	0.494	-0.317	-0.482	-0.369
极细砂 Sand (%)	0.483	-0.208	-0.496	0.296	0.482	0.347
温度 Temperature (°C)	0.080	0.504	-0.053	0.119	0.305	0.185
盐度 Salinity (‰)	0.623*	0.483	-0.051	0.577*	0.163	0.366
pH	0.958**	-0.179	0.015	0.272	0.023	0.144

\*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ .

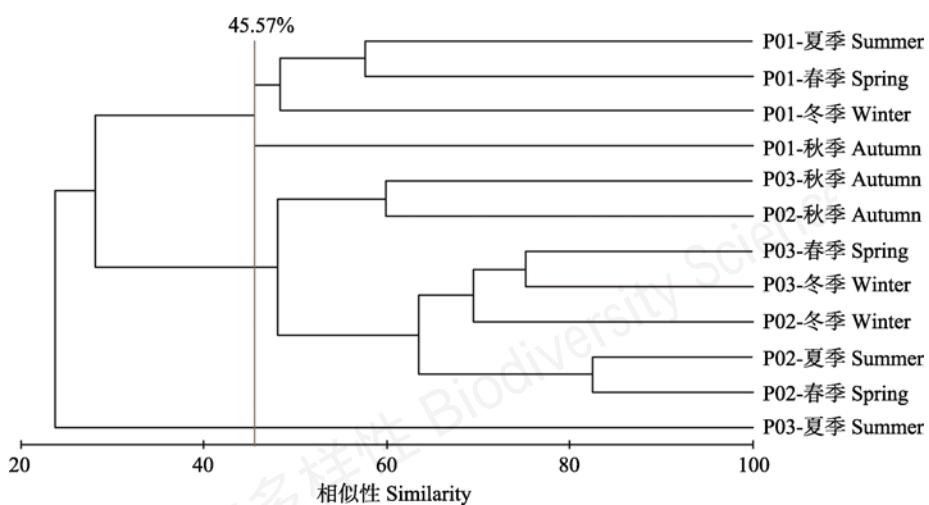
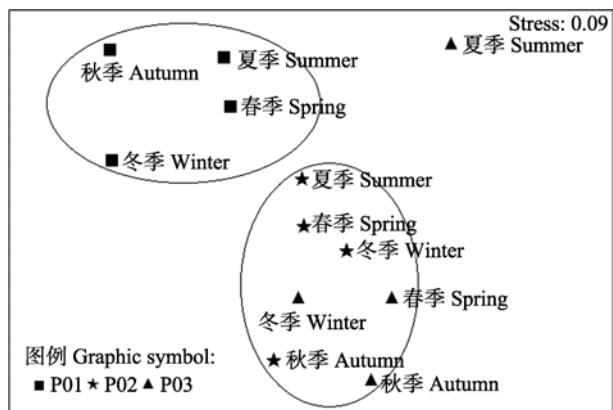


图4 珠江口区4个季度大型底栖动物的聚类分析

Fig. 4 Cluster analysis of macrobenthic community in four seasons in Pearl River Estuary



**图5 珠江河口区4个季度大型底栖动物nMDS标序分析**  
Fig. 5 nMDS analysis of macrobenthic community in four seasons in Pearl River Estuary

围内(李乃成等, 2015), 因此常被用于反映一个生境中长期的环境变化。本研究中, P01断面的物种数和多样性指数明显高于P02和P03断面, 而生物量和密度却明显低于P02和P03断面, 我们推测这与3条断面环境因子的差异有关。P02和P03断面皆位于淇澳岛, 环境因子更为接近, 沉积物中粉砂比例明显高于P01断面, 但pH值却小于P01断面(表1)。而P01断面总碳和总氮平均值高于P02和P03断面, 表明P01断面有更多来自陆源的有机污染物但仍未达到污染水平。由此可见, 中等程度的干扰更有利于维持较高的物种多样性, 但不利于维持较高的物种密度。

在潮区分布方面, 低潮区物种数、密度和生物量最高, 而中潮区和高潮区则相对较低, 与大型底栖动物研究的一般规律一致。不同潮区被海水淹没的时间不一样, 而大型底栖动物对海水的耐受性不同, 所以不同潮区大型底栖动物分布不同。中潮区和高潮区需要面临更长时间的裸露与暴晒, 对于大多数大型底栖动物都是不利的环境, 因此物种数、密度和生物量都较低。

在季节变化方面, 大型底栖动物物种数、密度、生物量和多样性指数随季节有明显变化, 其中最能解释群落多样性分布特征的环境因子为盐度和pH值。盐度差异大是河口区显著的宏观特征, 潮汐日变化和降水量的季节变化对河口区的海水盐度造成显著影响。此外, 河口区是海陆作用最为剧烈、生态结构最为复杂的区域, 同时当前人为因素影响呈现超过自然因素的趋势(赖廷和等, 2019), 这些不可控又难以量化的因素叠加并进一步影响了大型底栖动物群落的变化。

### 3.2 大型底栖动物群落结构分析

珠江河口区大型底栖动物Cluster聚类分析和nMDS分析结果一致: P01断面与P02、P03断面群落相似度较低; P02断面和P03断面4个季度群落相似度较高。从采样的地理位置来看, P01断面靠近珠江口西侧, 而P02断面与P03断面位于珠江口的淇澳岛东北侧, 空间距离上P02、P03断面与P01断面距离较远。其次, P03断面夏季与其他断面的群落相似度最低, 与P03断面夏季软体动物的密度和生物量急剧下降有关。再者, P01断面有互花米草(*Spartina alterniflora*)入侵, 而P02、P03断面附近有牡蛎养殖活动, 物种入侵和渔业养殖活动对大型底栖动物群落结构也将造成影响。影响海洋生物多样性的因素多而复杂, 从大范围的全球气候变化至区域性的人类活动, 如沿海区域富营养化、物种入侵、渔业(Smith et al, 2000)等。

### 3.3 珠江口大型底栖动物群落的时间变化

历史上在珠江口进行的大型底栖动物研究主要在潮下带开展(彭松耀等, 2010, 2019; 毛婕昕等, 2011; 张敬怀, 2014), 在潮间带仅有少数报道(黄少峰等, 2011; 王迪等, 2015)。本研究2014–2015年4个季度获得的珠江口潮间带大型底栖动物以软体动物、多毛动物和甲壳动物为主体, 与王迪等(2015)获得的物种组成结果一致。在物种多样性方面, 本研究获得的大型底栖动物物种数(52种)高于黄洪辉等(2002)(32种)、王迪等(2015)(43种)和黄少峰等(2011)(40种)的调查结果, 而低于其他潮下带的调查结果(表5)。王迪等在珠江口潮间带湿地获得的物种数最接近本研究, 黄洪辉等和黄少峰等分别在潮下带和潮间带进行了两个季度的珠江口大型底栖动物调查, 取样频次的减少降低了物种数的获得, 但总体上同样在潮间带开展调查的研究获得的物种数更接近, 可见潮间带和潮下带的大型底栖动物多样性有明显差异。

根据本文的研究结果, 盐度和pH值是最能解释群落多样性分布特征的环境因子。河口区大型底栖动物的物种分布随着盐度梯度而变化(Ysebaert et al, 2003), 且处于30‰–34‰盐度范围内的底栖生物群落物种丰富度较高, 若处在5‰–8‰盐度范围内, 群落的物种丰富度较低(Gaston et al, 1998)。河口区潮间带和潮下带的盐度差异显著, 本文涉及研究区域不大, 盐度在9.5‰–10.5‰之间, 与表5中其他在

表5 珠江河口区大型底栖动物物种数、密度和生物量的历史与现状比较

Table 5 Historical and current status of the species number, density and biomass of macrobenthos in Pearl River Estuary

调查年份 Investigation year	物种数 Species number	春季密度 Density in spring (ind./m <sup>2</sup> )	夏季密度 Density in summer (ind./m <sup>2</sup> )	春季生物量 Biomass in spring (g/m <sup>2</sup> )	夏季生物量 Biomass in summer (g/m <sup>2</sup> )	参考文献 Reference
1999–2000	32	591.7	—	26.70	—	Huang et al, 2002
2004	223	2,011.0	859.3	439.69	189.06	Mao et al, 2011
2005	240	183.0	138.5	127.17	25.36	Mao et al, 2011
2006	209	94.0	28.5	31.14	13.53	Mao et al, 2011
2008	293	251.7	215.0	27.15	38.91	Mao et al, 2011
2006	245	—	205.3	—	14.31	Zhang, 2014
2009	40	**	**	**	**	Huang et al, 2011
2015	67	215.0	212.0	11.79	3.32	Peng et al, 2019
2015	52	288.0	149.9	144.28	50.16	本研究 This study

—未采集该季度数据; \*\*所参考文献中未显示该数据

—No data was collected in the season; \*\* No specific data was shown from the reference.

潮下带开展的研究相比处于较低的水平,因而物种数更低。

历年数据显示珠江河口区春、夏两季底栖动物种群密度和生物量均随着时间的变化而逐渐减小,并且趋势非常明显。季节变换带来的水温差异通过影响大型底栖动物的产卵和繁殖,进一步影响其密度。本文中光滑河篮蛤和中国绿螂在春季的优势度值远高于夏季。这类喜好近岸泥沙混合底质、个体生物量大、喜群居的双壳类,在珠江口潮下带调查当中也大量出现在春、秋两季(黄洪辉等,2002;彭松耀等,2019)。此外,杨洁等(2007)在厦门海域也发现光滑河篮蛤密度在春季最高,并认为其密度和生物量与有机质、硫化物含量之间均无显著相关关系,但降雨量增加引起的海水盐度降低更有利光滑河篮蛤的生长。光滑河篮蛤能忍受一定盐度变化,它可以分布在淡水和海水之间,繁殖和发育更合适的盐度是5‰–25‰之间(Soemodinoto et al, 1995),珠江口的盐度范围适宜光滑河篮蛤的繁殖与生长,使其在近些年的调查中始终处于优势地位。

珠江河口区在近20年内生态环境经历了一定的变化,这些因素造成了本次调查与之前调查之间获取大型底栖动物种类、数量和生物量的不同。这也说明了潮间带特别是河口湿地大型底栖生物调查中影响因素的偶然性和复杂性,生态系统的脆弱性叠加人类活动的干扰,经过几年的变迁,珠江口大型底栖动物群落已经发生了较大变化。

## 参考文献

- Cai LZ (2015) Zoobenthic Ecology in Shenzhen Bay. Xiamen University Press, Xiamen. (in Chinese) [蔡立哲 (2015) 深圳湾底栖动物生态学. 厦门大学出版社, 厦门.]
- Gaston GR, Rakocinski CF, Brown SS, Cleveland CM (1998) Trophic function in estuaries: Response of macrobenthos to natural and contaminant gradients. Marine & Freshwater Research, 49, 833–846.
- He GF, Yuan GM, Li FQ (2002) Effect of economic development on water quality in Zhujiang Estuary. Marine Environmental Science, 23(4), 50–52. (in Chinese with English abstract) [何桂芳, 袁国明, 李凤岐 (2002) 珠江口沿岸城市发展对珠江口水水质的影响. 海洋环境科学, 23(4), 50–52.]
- Huang HH, Lin YT, Li CH, Lin Q, Cai WG, Gao DY, Jia XP (2002) Ecology study on the benthic animals of Pearl River Estuary. Acta Ecologica Sinica, 22, 603–607. (in Chinese with English abstract) [黄洪辉, 林燕棠, 李纯厚, 林钦, 蔡文贵, 高东阳, 贾晓平 (2002) 珠江口底栖动物生态学研究. 生态学报, 22, 603–607.]
- Huang SF, Liu Y, Li C, Huang JM (2011) Influence of reclamation on macrobenthic community in the Pearl River Estuary. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 17, 499–503. (in Chinese with English abstract) [黄少峰, 刘玉, 李策, 黄晋沐 (2011) 珠江口滩涂围垦对大型底栖动物群落的影响. 应用与环境生物学报, 17, 499–503.]
- Jiang WX, Lai ZN, Peng SY, Gao Y, Yang WL, Pang SX (2011) Primary study of macroinvertebrate community structure in the Pearl River Guangzhou portion. Environmental Monitoring in China, 27(5), 69–72. (in Chinese with English abstract)

- 研究报告
- abstract) [蒋万祥, 赖子尼, 彭松耀, 高原, 杨婉玲, 庞世勋 (2011) 珠江广州段底栖动物群落结构初步研究. 中国环境监测, 27(5), 69–72.]
- Lai TH, He BY, Huang ZJ, Tang Q, Qin LY, Zhu T, Mo ZN, Liu L, Zhong YX (2019) Study on the macrozoobenthic community structure in intertidal zone of Fangchenghe Estuary of Guangxi, China. *Journal of Tropical Oceanography*, 38(2), 70–80. (in Chinese with English abstract) [赖廷和, 何斌源, 黄中坚, 汤乔, 覃灝雁, 朱婷, 莫珍妮, 刘俐, 钟云旭 (2019) 防城河口湾潮间带大型底栖动物群落结构研究. *热带海洋学报*, 38(2), 70–80.]
- Li NC, Liu XS, Xu ZD, Zhao R, Shi HH (2015) Biodiversity of macrofauna in the southern waters of Miaodao Archipelago. *Biodiversity Science*, 23, 41–49. (in Chinese with English abstract) [李乃成, 刘晓收, 徐兆东, 赵瑞, 石洪华 (2015) 庙岛群岛南部海域大型底栖动物多样性. 生物多样性, 23, 41–49.]
- Ma J, Fu RS (2010) Progress of ecology research on macrobenthos. *Shandong Agricultural Sciences*, (2), 78–81. (in Chinese with English abstract) [马骏, 付荣恕 (2010) 大型底栖动物生态学研究进展. 山东农业科学, (2), 78–81.]
- Mao JX, Yan QL, Wang LJ (2011) Changes trend of species number, biomass and density of zoobenthos in typical estuaries of China. *Marine Environmental Science*, 30, 37–40. (in Chinese with English abstract) [毛婕昕, 闫启伦, 王立俊 (2011) 典型河口底栖动物种类数、生物量及种群密度变化趋势的研究. 海洋环境科学, 30, 37–40.]
- Peng SY, Lai ZN, Mai YZ (2019) Distribution of quantity and diversity of macrobenthos in the Pearl River Estuary. *Marine Fisheries*, 41, 266–277. (in Chinese with English abstract) [彭松耀, 赖子尼, 麦永湛 (2019) 珠江口大型底栖动物数量与生物多样性的分布特征. 海洋渔业, 41, 266–277.]
- Peng SY, Lai ZN, Jiang WX, Gao Y, Pang SX, Yang WL (2010) Study on community structure of macrozoobenthos and impact factors in Pearl River estuary. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 34, 1179–1189. (in Chinese with English abstract) [彭松耀, 赖子尼, 蒋万祥, 高原, 庞世勋, 杨婉玲 (2010) 珠江口大型底栖动物的群落结构及影响因子研究. 水生生物学报, 34, 1179–1189.]
- Qi S, Lin MX, Li KH (1982) Water pollution assessment of Pearl River, Guangzhou, by using benthic macroinvertebrates. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2, 181–189. (in Chinese with English abstract) [杞桑, 林美心, 黎康汉 (1982) 用大型底栖动物对珠江广州河段进行污染评价. 环境科学学报, 2, 181–189.]
- Qi S, Lin MX (1985) Further assessment of pollution status of Pearl River, Guangzhou, by using benthic macroinvertebrates. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 5, 354–359. (in Chinese with English abstract) [杞桑, 林美心 (1985) 用大型底栖动物再次对珠江广州河段污染的评价. 环境科学学报, 5, 354–359.]
- Qi S, Huang WJ (1993) The benthic macroinvertebrate community relating to the water quality in lower Zhujiang (Pearl River). *Acta Scientiae Circumstantiae*, 13, 80–86. (in Chinese with English abstract) [杞桑, 黄伟建 (1993) 珠江三角洲底栖动物群落与水质关系. 环境科学学报, 13, 80–86.]
- Smith CR, Austen MC, Boucher G, Heip C, Hutchings PA, King GM, Koike I, Lambshead PJD, Snelgrove P (2000) Global change and biodiversity of marine sediments: Impacts and linkages across the sediment–water interface. *BioScience*, 50, 1108–1120.
- Soemodinoto A, Oey BL, Ibkar-Kramadibrata H (1995) Effect of salinity decline on macrozoobenthos community of Cibeureum River Estuary, Java, Indonesia. *Oceanographic Literature Review*, 42, 1116–1120.
- Su BZ, Li WX, Lai ZX (1989) Investigation of benthic fauna in the Pearl River system (Guangdong river section). *Chinese Journal of Zoology*, 24(3), 15–19. (in Chinese) [苏炳之, 黎伟新, 赖泽兴 (1989) 珠江水系(广东江段)底栖动物调查. 动物学杂志, 24(3), 15–19.]
- Taft OW, Haig SM (2005) The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110, 249–256.
- Wang D, Lin ZJ, Peng YC, Li TJ, Ma Y (2015) Macrobenthos community status of the Pearl River Delta coastal wetland in autumn 2007. *Marine Science*, 39, 70–78. (in Chinese with English abstract) [王迪, 林昭进, 彭艳超, 李团结, 马玉 (2015) 2007年秋季珠江三角洲典型滨海湿地大型底栖动物群落现状. 海洋科学, 39, 70–78.]
- Wang LR, Zhao HT (2000) Common features of the estuarine wetland in China. *Marine Science Bulletin*, 19(5), 47–54. (in Chinese with English abstract) [王丽荣, 赵焕庭 (2000) 中国河口湿地的一般特点. 海洋通报, 19(5), 47–54.]
- Wang XM, Zhong MJ, Liao WB, Lan CY (2003) The sustainable development strategy on resources and environment in Zhujiang Estuary and adjacent islands. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatsen*, 42(6), 73–77. (in Chinese with English abstract) [王晓明, 仲铭锦, 廖文波, 蓝崇钰 (2003) 珠江口沿岸地区资源环境及其可持续发展措施. 中山大学学报(自然科学版), 42(6), 73–77.]
- Wang XT, Xie Z, Liu W, Xu S (2016) Bioassessment of water quality using benthic macroinvertebrates in major rivers of Pearl River Basin. *Water Resources Protection*, 32(3), 94–98, 136. (in Chinese with English abstract) [王旭涛, 谢昭, 刘威, 徐盛 (2016) 珠江重要河流底栖动物水质生物评价. 水资源保护, 32(3), 94–98, 136.]
- Xu ZL, Chen YQ (1989) Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. *Chinese Journal of Ecology*, 8(4), 13–15. (in Chinese)

- Chinese with English abstract) [徐兆礼, 陈亚瞿 (1989) 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲐鲹渔场的关系. 生态学杂志, 8(4), 13–15.]
- Yang J, Cai LZ, Liang JY, Zhou XP, Jin L, Chen ZH (2007) Quantitative analysis of two new dominant species of macrozoobenthos in Xiamen Harbour, China. *Marine Sciences*, 31(9), 44–49. (in Chinese with English abstract) [杨洁, 蔡立哲, 梁俊彦, 周细平, 金亮, 陈志鸿 (2007) 厦门海域大型底栖动物两个优势种的发现及其数量分析. *海洋科学*, 31(9), 44–49.]
- Ysebaert T, Herman PMJ, Meire P, Craeymeersch J, Verbeek H, Heip CHR (2003) Large-scale spatial patterns in estuaries: Estuarine macrobenthic communities in the Schelde Estuary, NW Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 335–355.
- Yuan XZ, Lu JJ (2002) Ecological characteristics of macrozoobenthic community of tidal flat wetland in the Changjiang Estuary. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 11, 414–420. (in Chinese with English abstract) [袁兴中, 陆健健 (2002) 长江口潮滩湿地大型底栖动物群落的生态学特征. *长江流域资源与环境*, 11, 414–420.]
- Zhang JH (2014) The variation of biodiversity of macrobenthic fauna with salinity and water depth near the Pearl Estuary of the northern South China Sea. *Biodiversity Science*, 22, 302–310. (in Chinese with English abstract) [张敬怀 (2014) 珠江口及邻近海域大型底栖动物多样性随盐度、水深的变化趋势. *生物多样性*, 22, 302–310.]

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)



•研究报告•

# 新疆不同来源金黄壳囊孢的多样性

赵 颖<sup>1#</sup> 马 荣<sup>1#</sup> 尹永香<sup>2</sup> 张志东<sup>3</sup> 田呈明<sup>4\*</sup>

1 (新疆农业大学林学与园艺学院, 乌鲁木齐 830052)

2 (新疆农业大学林业研究所, 乌鲁木齐 830052)

3 (新疆农业科学院微生物应用研究所, 乌鲁木齐 830091)

4 (北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 为明确新疆不同寄主及地理来源的金黄壳囊孢(*Cytospora chrysosperma*)的多样性, 探讨种内亲缘关系和多样性差异。作者通过记录菌株在PDA培养基上的菌落颜色、形状、子实体形态等特征, 并应用Biolog-FF技术及ISSR分子标记技术, 比较了来自新疆5个地区5种寄主上的47株金黄壳囊孢的培养特征、生理生化特征及遗传多样性。结果表明47株金黄壳囊孢依据培养特征可划分为15种类型。不同类型菌株在碳源利用及代谢能力上存在差异, 各菌株对碳源的利用数量随着培养时间的增长逐渐增多。菌株882利用的碳源数量最多, 培养120 h可利用28种不同碳源, 碳源代谢能力中等; 菌株812-1利用的碳源数量最少, 培养120 h仅利用7种碳源, 代谢能力较低; 菌株1074-2、847、934、891-1、896、740具有单独利用碳源的能力。基于遗传相似性系数进行聚类分析, 结果显示遗传相似性系数为0.58时, 47个菌株被划分为两大类群, 其中第二类群菌株的培养特征为: 菌落白色、子实体较小且分布密集。供试金黄壳囊孢的多样性主要受自身遗传结构的影响, 不同寄主种类和地理来源对多样性的影响不显著。

**关键词:** 金黄壳囊孢; 培养性状; Biolog-FF技术; ISSR分子标记

## Diversity of *Cytospora chrysosperma* from different hosts in Xinjiang

Ying Zhao<sup>1#</sup>, Rong Ma<sup>1#</sup>, Yongxiang Yin<sup>2</sup>, Zhidong Zhang<sup>3</sup>, Chengming Tian<sup>4\*</sup>

1 College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052

2 Forestry Research Institute, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052

3 Institute of Microbiology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091

4 Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education College of Forestry, Beijing 100083

**Abstract:** *Cytospora chrysosperma* is a very important pathogenic fungus that can infect many different trees. Currently, the diversity, phylogenetic and genetic relationships of *C. chrysosperma* remain unclear as host differences could cause substantial genetic and diverse differences among *C. chrysosperma* strains. To analyze the genetic, phylogenetic, and current diversity of *C. chrysosperma*, physiological and biochemical characteristics and genetic tests were performed from different hosts in Xinjiang. Using molecular markings Biolog-FF and ISSR, 47 strains of *C. chrysosperma* have been divided into 15 types. Strains were cultured and displayed varying culture characteristics and carbon source utilization and metabolic capacity traits. Each strain tended to utilize more carbon over time, however, strains varied in their carbon source preferences and metabolic capacities. Using cluster analysis, 47 strains of *C. chrysosperma* divided into two clusters based on genetic similarity (0.58), suggesting genetic structure is essential to understanding *C. chrysosperma* diversity, as host species and geographical origins were not significant.

**Key words:** *Cytospora chrysosperma*; cultural characteristics; Biolog-FF; ISSR

金黄壳囊孢(*Cytospora chrysosperma*)隶属于囊菌门间座壳目黑腐皮壳科壳囊孢属(Kirk et al, 2008),

是全球范围内重要的林木病原菌之一。在我国广泛分布于东北、华北以及西北地区(向玉英, 1987; 范

收稿日期: 2019-05-29; 接受日期: 2019-08-09

基金项目: 国家自然科学基金(31460198)和中央高校基本科研业务费专项资金(2019GJZL01)

# 共同第一作者 Co-first authors

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: chengmt@bjfu.edu.cn

鑫磊, 2016), 能够危害多种植物, 尤其在杨、柳、榆、槐、核桃、苹果、梨等树种上发生普遍, 严重时会造成树木死亡(臧睿等, 2012)。树木受金黄壳囊孢危害后发病初期树皮变色, 后期在死亡枝条或受害的树皮下形成突出的埋生子实体, 树皮上可见明显的小黑点, 在潮湿的环境下常有红色、橘黄色或淡黄色的卷须状分生孢子角溢出(周仲民, 1990)。同时研究发现不同来源的金黄壳囊孢的培养性状也存在差异。国内外关于金黄壳囊孢的多样性开展过一些研究, Abbasi等(2011, 2015)利用RAPD和ISSR标记分析, 认为金黄壳囊孢的遗传分化与地理来源不相关。不同派系杨树上金黄壳囊孢的遗传变异与地理来源有一定的关系(杨明秀, 2014)。

新疆特殊的地理环境和气候条件孕育着种类多样的壳囊孢属真菌, 其中以金黄壳囊孢分布最为广泛, 在前期的研究过程中发现新疆不同来源的金黄壳囊孢的菌落颜色主要有白色、黄色、红色和深灰色, 菌落的形状和分子孢子器的类型存在分化现象, 不同类型金黄壳囊孢的致病性存在显著差异(马荣, 2017; 马荣等, 2018), 而不同培养性状的金黄壳囊孢的碳源代谢特征、培养性状分化现象与该菌的来源及其在生长过程中的代谢水平是否具有相关性, 尚未开展过相关研究。针对这一科学问题, 本研究在全疆范围内收集壳囊孢属真菌, 用形态学和分子生物学方法从5个地区5种不同寄主上收集到47株金黄壳囊孢菌株, 通过形态标记结合生理生化标记及ISSR分子标记技术探讨新疆不同来源金黄壳囊孢的种内遗传差异, 以期为该菌种类的准确鉴定及田间症状的准确诊断提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验菌株

通过前期研究共筛选出采自新疆塔城、吐鲁番、昌吉、喀什、哈密等5个地区的杨树、柳树、苹果树、榆树和红瑞木等新疆地区广泛栽培的5种植物上的47株金黄壳囊孢菌株, 所有菌株保存于新疆农业大学林木保护实验室, 详细信息见表1。

### 1.2 菌株的活化及培养特征的观察

用直径为5 mm的打孔器在活化培养3 d后的平板上选取生长一致的菌饼, 转接至新的PDA平板中央, 25℃恒温培养, 每个菌株设置3个重复(刘晓琳

等, 2015), 每天观察记录菌落的颜色、形状、表面形态、有无子实体产生及子实体的分布等特征。

以菌落颜色、形状、表面形态、有无子实体产生及子实体的分布, 采用NTSYS Version 2.10软件对供试菌株进行模糊聚类(Rohlf, 1987; 杨华, 2008<sup>①</sup>)。

### 1.3 Biolog FF测定

空白接种液: 将2.5 g结冷胶和0.3 g吐温40加入到1,000 mL沸水中, 随后停止加热, 继续搅拌至完全溶解直至溶液呈透明状。分装到直径20 mm、长150 mm的试管中, 每管装16 mL, 121℃灭菌30 min备用。

接种液的制备: 收集定量纯化培养5 d的菌丝至1.5 mL无菌Eppendorf管中, 用灭菌玻璃棒研磨菌丝至完全溶解, 以空白接种液调整浓度, 利用浊度仪校准后使供试菌株的浊度值界于75% ± 3%范围内, 最后用八道电动移液器将接种液注入FF微平板, 28℃恒温培养(贾夏等, 2013; 吴照祥等, 2015)。

在FF微平板上培养72 h、96 h、120 h后分别置于Biolog菌种鉴定仪上, 分别读取不同孔的OD<sub>590</sub>和OD<sub>750</sub>值, 利用SPSS软件基于公式计算碳源的利用数量及代谢能力。碳源利用数量为[(OD<sub>590</sub> - OD<sub>750</sub>) - R]<sup>①</sup>的值大于0.25的孔的数量, 其中R是对照孔的吸光度值(杜萍等, 2012)。通过方差分析分析不同时间点样本的平均颜色变化率(AWCD)差异, AWCD = [Σ(C<sub>i</sub> - R)]/n (其中, C<sub>i</sub>即C<sub>590</sub> - C<sub>750</sub>, n为碳源数 = 95) (Khalil et al, 2009)。比较不同菌株吸光度值的变化幅度, 变化幅度越大其具有的碳源利用能力越强(王强等, 2010)。

FF-IF板上95种碳源按化学基团性质被分成8类: 碳水化合物、羧酸及其衍生物、氨基酸、聚合物、醇类、胺类、磷酸盐类、油脂类(张惠艳等, 2015)。

### 1.4 供试菌株的遗传多样性研究

#### 1.4.1 基因组DNA的提取及供试引物

从普洛麦格生物技术有限公司购置了基因组提取试剂盒完成了菌株的基因组DNA提取。从28条ISSR引物中筛选出条带清晰、重复性好且多态性较丰富的10条引物(张俊娥等, 2017), 对金黄壳囊孢遗传多样性进行分析。引物由上海生工生物工程有限公司合成(表2)。

<sup>①</sup> 杨华 (2008) 不结球白菜的收集、保存与遗传多样性分析. 硕士学位论文, 华中农业大学, 武汉.

表1 本研究中供试菌株的相关信息

Table 1 Related information of the isolates in this study

菌株 Isolate	寄主 Host	采集时间 Collecting time	采集地点 Location
319-1	苹果 <i>Malus</i> sp.	2011/8/7	昌吉吉木萨尔县 Jimusar County, Changji Prefecture
790-2	苹果 <i>Malus</i> sp.	2015/6/28	塔城地区塔城市 Tacheng, Tacheng Prefecture
908	苹果 <i>Malus</i> sp.	2015/7/17	塔城地区乌苏市 Wusu, Tacheng Prefecture
936	苹果 <i>Malus</i> sp.	2015/8/4	塔城地区塔城市 Tacheng, Tacheng Prefecture
701	榆树 <i>Ulmus</i> sp.	2015/4/18	吐鲁番市鄯善县 Shanshan County, Turpan City
1155	榆树 <i>Ulmus</i> sp.	2015/8/20	昌吉州奇台县 Qitai County, Changji Prefecture
600-2	胡杨 <i>Populus euphratica</i>	2012/8/20	喀什地区泽普县 Zepu County, Kashgar Prefecture
626	新疆杨 <i>Populus alba</i>	2012/8/20	喀什地区喀什市 Kashgar City, Kashgar Prefecture
686-1	山杨 <i>Populus davidiana</i>	2014/8/31	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
686-2	山杨 <i>Populus davidiana</i>	2014/9/1	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
702	小叶杨 <i>Populus simonii</i>	2015/4/18	吐鲁番市鄯善县 Shanshan County, Turpan City
737	钻天杨 <i>Populus nigra</i>	2015/6/4	哈密地区哈密市 Hami City, Hami Prefecture
739	钻天杨 <i>Populus nigra</i>	2015/6/4	哈密地区哈密市 Hami City, Hami Prefecture
740	钻天杨 <i>Populus nigra</i>	2015/6/4	哈密地区哈密市 Hami City, Hami Prefecture
742	钻天杨 <i>Populus nigra</i>	2015/6/4	哈密地区哈密市 Hami City, Hami Prefecture
793	俄罗斯杨 <i>Populus russkii</i>	2015/6/29	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
882	北京杨 <i>Populus beijingensis</i>	2015/7/22	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
891-1	俄罗斯杨 <i>Populus russkii</i>	2015/7/17	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
891-3	俄罗斯杨 <i>Populus russkii</i>	2015/7/17	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
904	大叶杨 <i>Populus lasiocarpa</i>	2015/7/16	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
914-1	杨树 <i>Populus</i> sp.	2015/7/21	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
934	新疆杨 <i>Populus alba</i>	2015/8/3	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
1074-2	胡杨 <i>Populus euphratica</i>	2015/8/26	吐鲁番市托克逊县 Toxon County, Turpan City
1076	胡杨 <i>Populus euphratica</i>	2015/8/26	吐鲁番市托克逊县 Toxon County, Turpan City
812-1	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/1	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
835-1	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/11	塔城地区托里县 Tori County, Tacheng Prefecture
839-2	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/2	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
839-3	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/2	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
847	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/6	塔城地区裕民县 Yumin County, Tacheng Prefecture
856-1	疏锯齿柳 <i>Salix serratifolia</i>	2015/7/29	塔城地区沙湾县 Shawan County, Tacheng Prefecture
755-2	红瑞木 <i>Swida alba</i>	2015/6/4	哈密地区哈密市 Hami City, Hami Prefecture
874-2	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	2015/7/26	塔城地区沙湾县 Shawan County, Tacheng Prefecture
895-2	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/17	塔城地区乌苏市 Wusu City, Tacheng Prefecture
896	灰柳 <i>Salix cinerea</i>	2015/7/14	塔城地区托里县 Tori County, Tacheng Prefecture
897	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/14	塔城地区托里县 Tori County, Tacheng Prefecture
901	疏锯齿柳 <i>Salix serratifolia</i>	2015/7/14	塔城地区托里县 Tori County, Tacheng Prefecture
919-1	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	2015/7/22	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
933	金丝垂柳 <i>Salix × aureo-pendula</i>	2015/8/3	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
935	金丝垂柳 <i>Salix × aureo-pendula</i>	2015/8/3	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
942	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	2015/8/4	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
944-2	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/8/10	哈密地区哈密市 Hami City, Hami Prefecture
976-1	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/8/10	五家渠市 Wujiaqu City
976-2	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/8/10	五家渠市 Wujiaqu City
863	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	2015/7/29	塔城地区沙湾县 Shawan County, Tacheng Prefecture
921	柳树 <i>Salix</i> sp.	2015/7/31	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
922	疏锯齿柳 <i>Salix serratifolia</i>	2015/7/31	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture
930-1	疏锯齿柳 <i>Salix serratifolia</i>	2015/8/3	塔城地区塔城市 Tacheng City, Tacheng Prefecture

### 1.4.2 ISSR-PCR反应体系及程序

ISSR-PCR反应体系40 μL: 10 × Buffer 4 μL, dNTP 3.2 μL, 上游引物(Primer 1): 2 μL (10 μM), 下游引物(Primer 2): 2 μL (10 μM), DNA (50 ng/μL) 2 μL, Taq酶(5 U/mL) 0.2 μL, ddH<sub>2</sub>O 26.6 μL。PCR扩增程序为: 94℃预变性5 min, 94℃变性30 s, 退火1 min, 72℃延伸2 min, 变性–退火–延伸循环35次; 最后72℃延伸10 min。退火温度设定见表2。

### 1.4.3 数据的统计分析

对ISSR-PCR电泳图谱上重复出现的清晰条带记为“1”, 相同位置上没有出现条带的记为“0”, 建立[0,1]矩阵。应用PopGen3.20软件进行遗传多样性分析, 使用NTSYSpc 2.10软件进行加权聚类分析。分析金黄壳囊孢的总基因多样性(Ht)、种群内遗传多样性(Hs)和遗传分化系数(Nei, 1973)。

## 2 结果

### 2.1 不同来源金黄壳囊孢的培养性状及聚类分析

金黄壳囊孢的菌落颜色主要有: 白色、米黄色、菌落颜色主要有: 白色、米黄色、土黄色、灰色、深灰色和橘红色; 菌落形状均为绒毛状; 菌落的表面形态分别是菌丝稠密且无同心轮纹、菌丝稠密且有同心轮纹和菌丝稀疏且无同心轮纹等3种类型; 子实体的大小可分为大(直径2~5 mm)和小(直径<2 mm)两类; 子实体的分布主要有: 稀疏型(<20个/皿)、密集型(>100个/皿)和聚生型(表3)。

表3 本研究中PDA平板上金黄壳囊孢形态性状观测项目及赋值

Table 3 Observation items and assignment of morphological characteristics of *Cytospora chrysosperma* on PDA in this study.

观察项 Item	代表值 Value						
		0	1	2	3	4	5
菌落颜色 Colony color	白色 White	米黄色 Light yellow	土黄色 Khaki	灰色 Gray	深灰色 Dark gray	桔红色 Orange	
菌落形状 Colony shape	圆形生长 Circular growth	辐射状生长 Radial growth	–	–	–	–	
表面形态 Surface morphology	菌丝稠密 Hyphae dense	菌丝稠密 Hyphae dense	菌丝稠密 Hyphae dense	菌丝稠密 Hyphae dense	菌丝稠密 Hyphae dense	菌丝稀疏 Hyphae sparse	
	平伏 Flat exhibition	轻微凸起 Slight raised	轻微凸起 Slight raised	凸起 Raised	凸起 Raised	轻微凸起 Slight raised	
	无轮纹 No concentric ring	无轮纹 No concentric ring	有轮纹 Concentric ring	无轮纹 No concentric ring	有轮纹 Concentric ring	无轮纹 No concentric ring	
有/无子实体 Sporulation	子实体小 Small sporophore	子实体小 Small sporophore	子实体大 Larger sporophore	子实体大 Larger sporophore	–	–	
	密集型 Intensive	稀疏型 Sparse	稀疏型 Sparse	聚生型 Concentrated	–	–	
色素分泌 Pigment secretion	米白色 Creamy-white	米黄色 Light yellow	土黄色 Khaki	灰色 Gray	黑色 Black	桔红色 Orange	

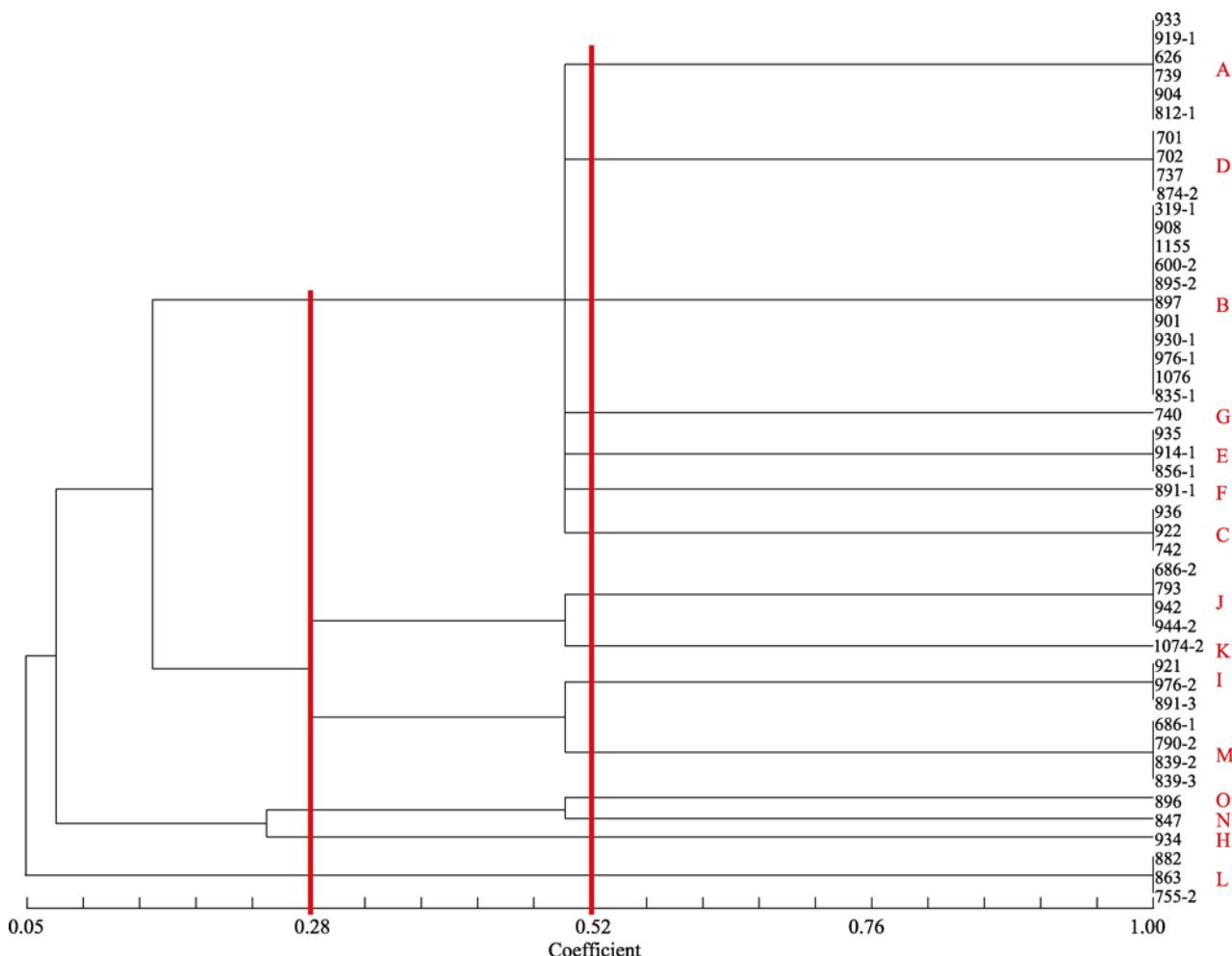
表2 本研究中ISSR引物序列

Table 2 The sequence of ISSR primers used in this study

编号 No.	引物 Primer	引物序列(5'-3') Primer sequence (5'-3')	退火温度 Annealing temp. (℃)
1	IJ-5	GAGAGAGAGAGAGATG	52
2	IL-7	ACAACACACACACACAC	52
3	IJ-7	GGGTGGGGTGGGGTG	52
4	IJ-9	AGATGTGTGTGTGTGTG	52
5	II-8	ATAAGAGAGAGAGAGAG	52
6	ID-8	GTGCGTGCCTGCCTGC	52
7	IL-3	CACGAGAGAGAGAGAGA	52
8	IQ-2	CCAAACCACCAACCACCA	53
9	II-3	AGAGAGAGAGAGAGAGTC	53
10	IJ-4	GAGAGAGAGAGAGAGATC	53

将菌落特征的非数值型培养性状转化为数值型, 使用NTSYSpc2.10软件进行UPGMA聚类分析后得出, 当遗传相似性系数为0.28时, 47株金黄壳囊孢依据菌落颜色被分为6个类群: 白色(分支A、D、B、G、E、F、C); 灰色(分支J、K); 黄色或灰黄色且子实体较大(分支I、M); 深灰色(分支O、N); 红色(分支H); 黄色子实体较小(分支L)(图1)。

当遗传相似性系数为0.52时, 47株菌株被划分为15个类群, 其中类群一(分支A)的表型特征为: 菌落白色, 子实体较小且分布密集, 包含菌株933、919-1、626、739、904、812-1; 类群二(分支D)的表型特征为: 菌落白色, 子实体较小且分布稀疏, 包



**图1 47株金黄壳囊孢培养性状聚类图。A–O表示具有不同培养性状特征的分支；数字代表菌株编号，菌株信息见表1。**

Fig. 1 The UPGMA dendrogram of 47 *Cytospora chrysosperma* isolates based on morphological characteristics. A–O, Branches with different culture traits. The numbers represent strain numbers, which correspond to those in Table 1.

含菌株: 701、702、737、874-2; 类群三(分支B)的表型特征为: 菌落白色, 子实体较大且分布稀疏, 包含菌株: 319-1、908、1155、600-2、895-2、897、901、930-1、976-1、1076、835-1; 类群四(分支G)的表型特征为: 菌落白色, 子实体聚生, 包含菌株: 740; 类群五(分支E)的表型特征为: 菌落白色, 菌丝绒毛状, 无子实体产生, 包含菌株: 935、914-1、856-1; 类群六(分支F)的表型特征为: 菌落白色, 无子实体产生, 包含菌株: 891-1; 类群七(分支C)的表型特征为: 菌落白色, 菌丝棉絮状, 无子实体产生, 包含菌株: 936、922、742; 类群八(分支J)的表型特征为: 菌落灰色, 子实体较小且分布密集, 包含菌株: 686-2、793、942、944-2; 类群九(分支K)的表型特征为: 菌落灰色, 无子实体产生, 包含菌株: 1074-2; 类群十(分支I)的表型特征为: 菌落黄色,

子实体较大且分布稀疏, 包含菌株: 921、976-2、891-3; 类群十一(分支M)的表型特征为: 菌落灰色, 子实体较大且分布稀疏, 包含菌株: 686-1、790-2、839-2、839-3; 类群十二(分支O)的表型特征为: 菌落深灰色, 子实体较小且分布密集, 包含菌株: 896; 类群十三(分支N)的表型特征为: 菌落深灰色, 无子实体产生, 包含菌株: 847; 类群十四(分支H)的表型特征为: 菌落红色, 无子实体产生, 包含菌株: 934; 类群十五(分支L)的表型特征为: 菌落黄色, 子实体较小且分布稀疏, 包含菌株: 882、863、755-2。这表明各菌株亲缘关系的远近与菌株的培养性状密切相关。

## 2.2 不同类型金黄壳囊孢对95种碳源的利用数量及代谢活性

供试菌株在3个不同的培养时间即72 h、96 h和

120 h后,对碳源的利用数量随着培养时间的增长逐渐增多(图2)。在培养120 h后,各菌株的碳源利用总数分别为: 28种(菌株882) > 26种(菌株1074-2) > 25种(菌株935) > 23种(菌株686-2、921、702、740) > 22种(菌株922、847) > 21种(菌株934、891-1、896) > 19种(菌株839-2) > 15种(菌株897) > 7种(菌株812-1),供试菌株平均利用碳源数量约为21种;不同菌株的碳源代谢能力分别为: 847 > 896 > 935 > 702 > 1074-2 > 882 > 740 > 934 > 891-1 > 922 > 921 > 897 > 839-2 > 812-1 > 686-2(图2)。

不同菌株在碳源利用数量及代谢能力上存在较大差异。菌株882利用的碳源数量最多,在培养120 h后可利用28种不同碳源,其碳源代谢能力中等;菌株812-1利用的碳源数量最少,在培养120 h后仅可利用7种碳源,其代谢能力较低。菌株847和686-2可利用的碳源数量分别为22种和23种,接近不同类型菌株碳源利用平均值,但二者在碳源代谢能力上明显不同:菌株847在三个不同培养时间内的吸光度值变化幅度最大,其代谢能力最强;菌株686-2的变化幅度最小,代谢能力最弱。

### 2.3 15种不同类型金黄壳囊孢对碳源利用情况的分析

将15种不同类型菌株对95种碳源中主要利用的15种碳源进行了分析(表4)。其中,菌株897、686-2、891-1、1074-2、922、935对15种碳源的平均利用率较高。812-1利用碳源数量最少,仅能利用7种碳源。15种不同表型的金黄壳囊孢菌对吐温80、D-阿拉伯糖、L-阿拉伯糖、糊精、D-果糖、 $\alpha$ -D-葡萄

糖、D-甘露糖、D-核糖、D-木糖的平均利用率均较高。

### 2.4 存在单独利用碳源的菌株

当遗传相似性系数为0.52时,在培养性状聚类图中呈现单独分支的6株菌株具有单独利用碳源的能力(表5)。其中,分支K的菌株1074-2能利用L-谷氨酸和L-丙氨酸;菌株分支N的菌株847能利用溴代丁二酸;分支H的菌株934能利用腺苷;分支F的菌株891-1能利用L-乳酸和L-苯丙氨酸;分支O的菌株896能利用L-海藻糖;分支G的菌株740能利用P-羟基苯乙酸、琥珀酰胺酸和L-天门冬氨酸。

### 2.5 47株不同来源金黄壳囊孢遗传结构和亲缘关系聚类分析

金黄壳囊孢总的基因多样性( $H_t$ )为0.3652,种群内的基因多样性( $H_s$ )为0.2429,遗传分化系数为0.3349,表明种群内的遗传变异占66.41%,说明金黄壳囊孢的遗传变异主要存在于种内。5个地区的金黄壳囊孢间的基因流为0.9929。

47份金黄壳囊孢依据遗传相似性系数矩阵,使用NTSYSpc2.10软件进行UPGMA聚类分析(图3)。当遗传相似性系数为0.58时,来自于5个地区的47株金黄壳囊孢可分为两个不同的类群:第一个类群包含了来源于北疆的40个菌株(菌株908、702、891-1、740、1074-2、882、914-1、891-3、936、863、921、922、942、856-1、901、874-2、319-1、935、835-1、847、839-3、839-2、934、737、976-2、896、930-1、895-2、701、742、793、944-2、1155、755-2、897、790-2、1076、976-1、686-2、686-1)和1个南疆喀什地区的菌株600-2,其中存在单独利用碳源

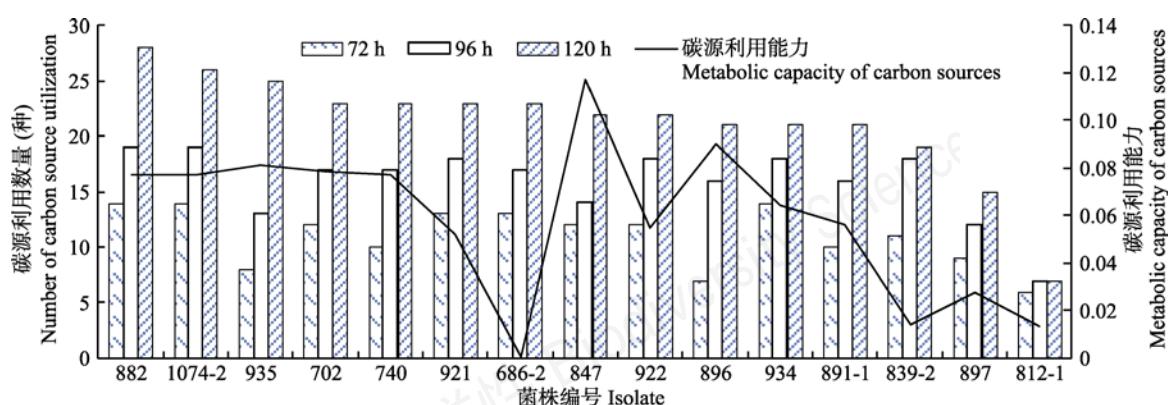


图2 不同类型金黄壳囊孢碳源利用数量及代谢活性随时间变化图(菌株编号含义见表1)

Fig. 2 Changes in the amount of *Cytospora chersopera* carbon source utilization and metabolic activity over time. The strain numbers are the same to Table 1.

表4 本研究中不同类型金黄壳囊孢对主要碳源的利用情况(菌株编号含义见表1)

Table 4 The utilization of carbon type by *Cytospora chrysosperma* in this study. The strain numbers are the same to Table 1.

碳源种类 Carbon source type	吸光度值 Absorbance value (Ci-R)													平均吸光度值 Average absorbance value		
	812-1	897	1074-2	686-2	921	922	839-2	847	934	882	702	891-1	896	740	935	
吐温80 Tween 80	0.735	0.715	0.296	0.525	0.334	0.472	0.332	0.305	0.349	0.290	0.598	0.458	0.401	0.812	0.700	0.488
苦杏仁苷 Amygdalin	-	0.282	0.274	0.322	0.276	0.583	0.653	0.254	0.418	0.284	0.396	0.475	0.493	0.313	0.330	0.357
D-阿拉伯糖 D-Arabinose	0.685	0.632	0.821	0.521	0.266	0.709	0.624	0.250	0.419	0.272	0.499	0.557	0.425	0.426	0.307	0.494
L-阿拉伯糖 L-Arabinose	0.688	0.627	0.670	0.568	0.285	0.724	0.453	0.375	0.582	0.266	0.629	0.496	0.285	0.259	0.304	0.481
糊精 Dextrin	0.392	0.686	0.661	0.782	0.503	0.447	0.438	0.345	0.414	0.264	0.543	0.522	0.469	0.479	0.369	0.488
D-果糖 D-Fructose	-	0.678	0.891	0.669	0.401	0.404	0.471	0.303	0.503	0.282	0.616	0.578	0.406	0.259	0.726	0.479
$\alpha$ -D-葡萄糖 $\alpha$ -D-glucose	0.385	0.669	0.500	0.766	0.334	0.379	0.572	0.301	0.347	0.464	0.618	0.689	0.535	0.287	0.551	0.493
D-甘露糖 D-Mannitol	-	0.899	0.563	0.741	0.336	0.312	0.314	0.510	0.992	0.610	0.297	0.508	0.314	0.251	0.416	0.471
D-核糖 D-ribose	0.658	0.691	0.451	0.613	0.541	0.892	0.562	0.510	0.349	0.554	0.432	0.401	0.526	0.276	0.353	0.521
水杨苷 Salicin	-	0.394	0.534	0.323	0.342	0.359	0.335	0.523	0.318	0.282	0.463	0.579	0.551	0.331	0.334	0.378
蔗糖 Sucrose	-	0.28	0.430	0.255	0.349	0.498	-	0.305	0.349	-	0.356	0.252	-	0.343	0.518	0.262
D-木糖 D-xylose	0.756	0.686	0.270	0.592	0.336	0.518	0.423	0.347	0.319	0.666	0.293	0.592	0.406	0.356	0.514	0.472
富马酸 Fumaric acid	-	0.354	0.361	0.378	0.436	0.381	-	1.522	0.314	0.595	0.280	0.625	-	0.294	0.517	0.404
琥珀酸 Butanedioic acid	-	0.371	0.360	0.255	0.348	0.331	-	0.400	0.279	0.346	0.649	0.535	-	0.284	0.326	0.299
L-天门冬酰 L-asparagine	-	1.246	0.460	0.578	0.436	0.304	0.306	0.453	0.258	0.329	0.284	0.410	0.260	0.265	0.954	0.436
平均吸光度值 Average absorbance value	0.287	0.614	0.503	0.526	0.368	0.488	0.366	0.447	0.414	0.367	0.464	0.512	0.338	0.349	0.481	

表中为处理120 h后的数据 Data in the Table are those having been processed for 120 h

表5 本研究中存在单独利用碳源的菌株及利用种类

Table 5 Strains and types of carbon sources that used carbon sources alone in this study

菌株 Strain	碳水化合物 Carbohydrate	羧酸及其衍生物 Carboxylic acids and derivatives	氨基酸 Amino acid	磷酸盐类 Phosphates	胺类 Amine
1074-2	-	-	L-谷氨酸 L- glutamate	L-丙胺酰胺 L-alamide	-
847	-	溴代丁二酸 Bromosuccinic acid	-	-	-
934	-	-	-	-	腺苷 Adenosin
891-1	-	L-乳酸 L-lactic acid	L-苯丙氨酸 L- phenylalanine	-	-
896	L-海藻糖 L-trehalose	-	-	-	-
740	-	$\rho$ -羟基苯乙酸 $\rho$ -hydroxy acid	琥珀酰胺酸 Succinamic acid	-	-
			L-天门冬氨酸 L-aspartic acid		

的6个菌株均来自第一类群;第二个类群包含了来自于北疆的5个菌株(菌株919-1、904、933、739、812-1)和南疆的1个菌株626,表明金黄壳囊孢的亲缘关系与地理来源无明显相关性。

此外,22株来源于柳树的金黄壳囊孢中有19株位于第一大类群,3株(919-1、933、812-1)位于第二大类群;18株来自杨树的菌株中有15株位于第一大类群,3株(菌株626、739、904)位于第二大类群,表明

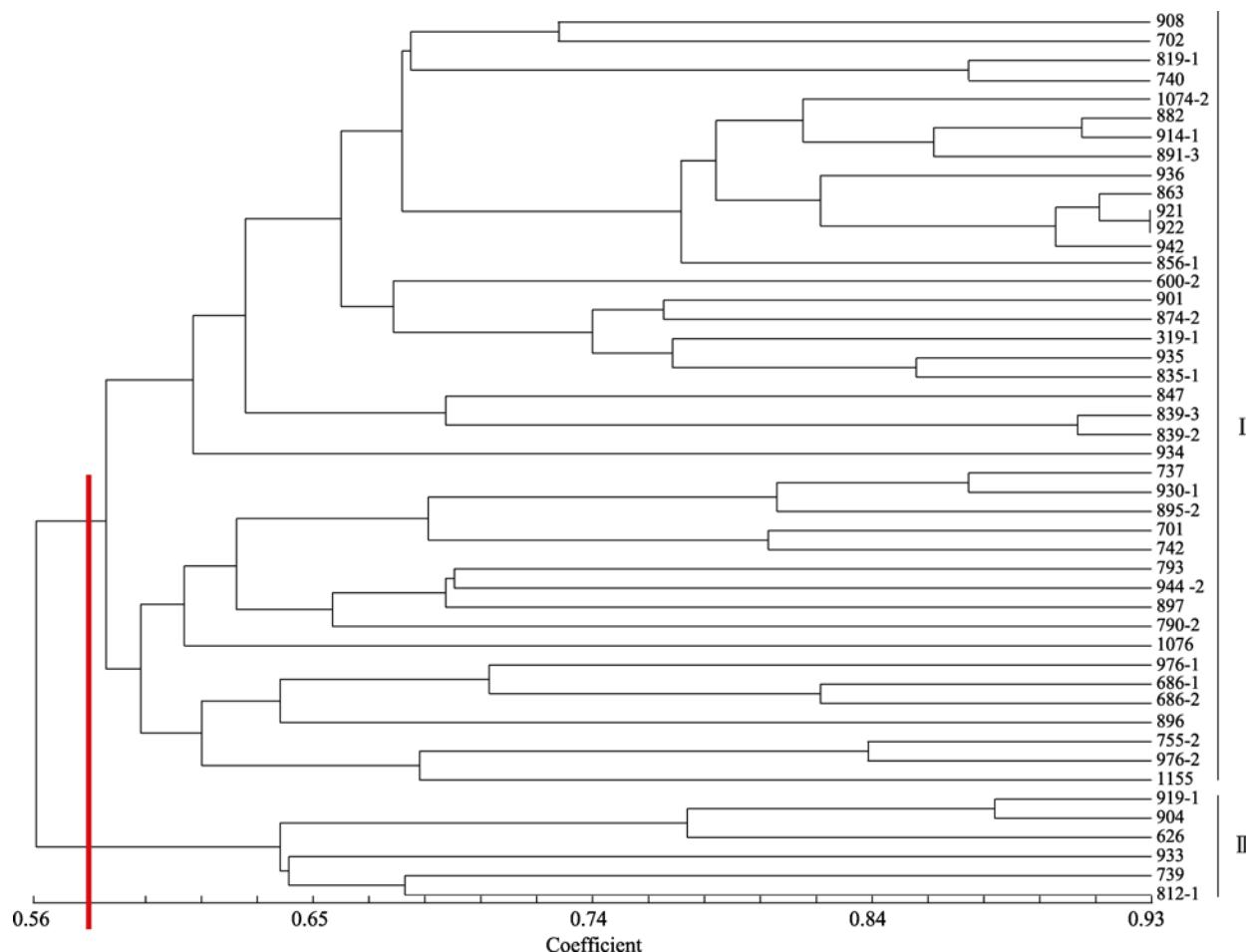


图3 47株金黄壳囊孢的ISSR聚类分析图(当遗传相似性系数为0.58时, 47个菌株被分为类群I和类群II; 菌株编号同表1)

Fig. 3 The UPGMA dendrogram of 47 *Crtospora chrysosperma* isolates with PCR-ISSR. The 47 strains were divided into group II and group I when genetic similarity coefficient was 0.58. Strain numbers see Table 1.

金黄壳囊孢的亲缘关系与寄主来源无显著相关性。

### 3 讨论

国内关于金黄壳囊孢多样性的研究中菌株主要来自于杨树和柳树, 本研究的供试菌株来自全疆的5个地区5种寄主, 为开展新疆金黄壳囊孢的多样性提供了较为丰富的标本来源。研究表明47株金黄壳囊孢在培养性状上存在明显的类群分化, 这与张星耀等(2007)的研究结果一致。依据培养特征将供试的47个菌株划分为15个类群, 各类群中菌落颜色及孢子分布相同的菌株聚为一个类群, 表明金黄壳囊孢表型丰富且存在变异。

金黄壳囊孢的遗传分化系数( $Gst$ )为0.3349, 表明金黄壳囊孢遗传变异主要存在于居群内部, 居群间基因交流频繁, 与臧睿等(2012)的研究结果较为相近, 其认为陕西省苹果树腐烂病菌(*Valsa mali*)基

因多态性的遗传变异主要存在于群体内部(89.1%), 居群间存在广泛的基因交流。

冀瑞卿等(2010)通过rDNA-ITS序列测定及生理学特性分析得出金黄壳囊孢对葡萄糖和蔗糖的利用率相对较高, 本研究首次通过Biolog-FF技术从碳源代谢水平上分析金黄壳囊孢的多样性。研究发现各菌株在碳源利用数量及碳源代谢水平上存在较大差异, 菌株882利用的碳源数量最多, 代谢碳源的能力较高; 812-1利用的碳源数量最少, 代谢碳源能力最低。本研究还发现在形态聚类图中具有独立分支的6个菌株具有独立利用碳源的能力, 这种现象的原因有待进一步研究。

本研究将来自新疆5个地区5种寄主的47株金黄壳囊孢在亲缘关系上划分为两大类群, 聚类结果与菌株的地理来源和寄主种类无明显相关性, 这与现有的研究结果较为一致(田呈明等, 2000; 李正力

等, 2011; 刘钰娇等, 2014), 而杨明秀(2014)利用RAPD、SRAP技术分析了不同省份金黄壳囊孢的遗传多样性, 认为*C. chrysosperma*的遗传多样性与地理来源有一定关系。本研究中的第二大类群在培养性状聚类中均属于类型A(白色, 子实体小密集型), 在生理生化特性中属于碳源利用数量最少、代谢活性最低的类群, 利用独立碳源的6株菌株在培养性状亲缘聚类中各自单独聚为一个类群, 这表明金黄壳囊孢的遗传多样性、培养性状及生理生化特性之间存在明显相关性, 杨明秀(2014)研究中国10省金黄壳囊孢的菌落特征和遗传多样性时也得出了相近的结论。

综上所述, 新疆不同地理来源和不同寄主上金黄壳囊孢从表型上划分为15个类群, 为新疆不同类型金黄壳囊孢的准确鉴定提供了依据; 不同表型的菌株在对碳源的利用数量和利用能力方面存在差异; 新疆金黄壳囊孢个体的划分与寄主和地理来源无显著相关性, 但是与表型特征和理化特征具有相关性。

## 参考文献

- Abbasi K, Abbasi S, Fotouhifar KB, Zebarjabi AR (2015) Study of genetic diversity in *Cytospora chrysosperma* isolates obtained from walnut trees in Iran using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48, 327–335.
- Abbasi K, Abbasi S, Fotouhifar KB, Zebarjabi AR, Cheghamirza K (2011) Genetic diversity of *Cytospora chrysosperma* isolates obtained from Iranian walnut trees using molecular markers. *African Journal of Biotechnology*, 10, 15710–15716.
- Du P, Liu JJ, Shen LD, Hu BL, Zeng JN, Chen QZ, Shou L, Liao YB (2012) Diversity of microorganisms in sediments of the Jiaojiang estuary as estimated by Biolog and PCR-DGGE. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 32, 1436–1444. (in Chinese with English abstract) [杜萍, 刘晶晶, 沈李东, 胡宝兰, 曾江宁, 陈全震, 寿鹿, 廖一波 (2012) Biolog和PCR-DGGE技术解析椒江口沉积物微生物多样性. 环境科学学报, 32, 1436–1444.]
- Fan XL (2016) Phylogeny and Taxonomy of *Cytospora* in Yellow River Region of China. PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese with English abstract) [范鑫磊 (2016) 中国黄河流域壳囊孢属的分类和系统学研究. 博士学位论文, 北京林业大学, 北京.]
- Ji RQ, Li Y, Song RQ, Wang YJ (2010) Cultural characteristics and rDNA ITS sequence analysis of *Cytospora chrysosperma*. *Journal of Jilin Agricultural University*, 32, 483–487. (in Chinese with English abstract) [冀瑞卿, 李玉, 宋瑞清, (2010) *Cytospora chrysosperma* 的生物学特性和ITS序列分析. 吉林农业大学学报, 32, 483–487.]
- Jia X, Dong SM, Zhou CJ (2013) Effects of Biolog Eco-plates incubation time on analysis results in microbial ecology researches. *Journal of Basic Science and Engineering*, 21, 10–19. (in Chinese with English abstract) [贾夏, 董岁明, 周春娟 (2013) 微生物生态研究中Biolog Eco微平板培养时间对分析结果的影响. 应用基础与工程科学学报, 21, 10–19.]
- Khalil S, Alsanius BW (2009) Utilisation of carbon sources by *Pythium*, *Phytophthora* and *Fusarium* species as determined by Biolog® microplate assay. *Open Microbiology Journal*, 3, 9.
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW (2008) Dictionary of the Fungi. CABI, Wallingford.
- Li ZL, Huang LL, Kang ZS, Zang R (2011) Polymorphism of *Valsa mali* collected in Yangling Shaanxi using SRAP markers. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 20, 190–195. (in Chinese with English abstract) [李正力, 黄丽丽, 康振生, 铢睿 (2011) 陕西杨凌地区苹果树腐烂病菌(*Valsa mali*)基因多态性的SRAP分析. 西北农业学报, 20, 190–195.]
- Liu XL, Liu Y, Ma R, Liang YM, Chen BJ, Yan J (2015) Identification and biological characteristics of the pathogen causing *Jujube* black spot in Xinjiang. *Journal of Northwest Forestry*, 30, 132–138. (in Chinese with English abstract) [刘晓琳, 刘玉, 马荣, 梁英梅, 陈宝军, 闫军 (2015) 新疆枣果黑斑病病原菌鉴定及生物学特性. 西北林学院学报, 30, 132–138.]
- Liu YJ, Wang J, Wang ST, Wang YN, Hu TL, Cao KQ (2014) RAPD analysis of genetic diversity of apple tree rot pathogens in Hebei Province. *China Fruits*, (5), 20–24. (in Chinese) [刘钰娇, 王娟, 王树桐, 王亚南, 胡同乐, 曹克强 (2014) 河北省苹果树腐烂病病菌遗传多样性的RAPD分析. 中国果树, (5), 20–24.]
- Ma R (2017) Taxonomy and Phylogeny of *Cytospora* in Xinjiang, Northwest of China. PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese with English abstract) [马荣 (2017) 新疆壳囊孢属真菌的分类及系统学研究. 博士学位论文, 北京林业大学, 北京.]
- Ma R, Zhao Y, Yin YX, Li Y, Tian CM (2018) Study on the culture characteristics of *Cytospora chrysosperma* from different sources and the pathogenicity to three poplar species. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 41, 339–345. (in Chinese with English abstract) [马荣, 赵颖, 尹永香, 李瑜, 田呈明 (2018) 不同来源金黄壳囊孢菌的培养性状及对3个品种杨树的致病性研究. 新疆农业大学学报, 41, 339–345.]
- Nei M (1973) Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 70, 3321–3323.
- Rohlf FJ (1987) NTSYS-pc: Microcomputer Programs for Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis. American

- Statistician, 41, 330.
- Tian CM, Kang ZS, Li ZQ, Zhao YX, Zhang H (2000) Analysis of the genetic specialization of *Melampsora larici-Pulina* with RAPD markers. *Scientia Silvae Sinicae*, 36(5), 54–58. (in Chinese with English abstract) [田呈明, 康振生, 李振岐, 赵彦修, 张慧 (2000) 落叶松-杨栅锈菌遗传分化的RAPD分析. 林业科学, 36(5), 54–58.]
- Wang Q, Dai JL, Wu DQ, Yu Y, Shen TL, Wang RQ (2010) Statistical analysis of data from BIOLOG method in the study of microbial ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 817–823. (in Chinese with English abstract) [王强, 戴九兰, 吴大千, 余悦, 申天琳, 王仁卿 (2010) 微生物生态研究中基于BIOLOG方法的数据分析. 生态学报, 30, 817–823]
- Wu ZX, Hao ZP, Chen YL, Zeng Y, Guo LP, Huang LQ, Wang Y, Chen BD (2015) Characterization of fungal community composition and carbon source utilization in the rhizosphere soil of *Panax notoginseng* suffering from root-rot disease. *Mycosistema*, 34, 65–74. (in Chinese with English abstract) [吴照祥, 郝志鹏, 陈永亮, 曾燕, 郭兰萍, 黄璐琦, 王勇, 陈保冬 (2015) 三七根腐病株根际土壤真菌群落组成与碳源利用特征研究. 菌物学报, 34, 65–74.]
- Xiang YY (1987) *The Disease and Prevention of Poplar*. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [向玉英 (1987) 杨树病害及其防治. 中国林业出版社, 北京.]
- Yang MX (2014) The Genetic Diversity of *Cytospora chrysosperma* and the Defense Mechanisms of Poplar. PhD dissertation, Northeast Forestry University, Harbin. (in Chinese with English abstract) [杨明秀 (2014) 中国金黄壳囊孢菌遗传多样性及杨树防御机制研究. 博士学位论文, 东北林业大学, 哈尔滨.]
- Zang R, Huang LL, Li ZL, Gao XN, Kang ZS (2012) Polymorphism analysis of *Valsa mali* isolated from Shaanxi Province using ISSR markers. *Acta Phytophylacica Sinica*, 39, 51–57. (in Chinese with English abstract) [臧睿, 黄丽丽, 李正力, 高小宁, 康振生 (2012) 陕西省苹果树腐烂病菌基因多态性的ISSR分析. 植物保护学报, 39, 51–57.]
- Zhang HY, Li YJ, Gu JG, Dong XX, Shang P (2015) On carbon metabolism of fungi in chlortetracycline degradation based on Biolog-FF system. *Microbiology China*, 42, 1241–1247. (in Chinese with English abstract) [张惠艳, 李艳菊, 顾金刚, 董晓霞, 尚攀 (2015) 基于Biolog-FF技术的金霉素降解真菌的碳代谢特征研究. 微生物学通报, 42, 1241–1247.]
- Zhang JE, Fan XL, Liang YM, Tian CM (2017) Analysis of appearance features and genetic diversity of *Cytospora chrysosperma* causing poplar canker. *Journal of Beijing Forestry University*, 39, 76–86. (in Chinese with English abstract) [张俊娥, 范鑫磊, 梁英梅, 田呈明 (2017) 杨树腐烂病菌表观特征及遗传多样性分析. 北京林业大学学报, 39, 76–86.]
- Zhang XY, Chen HY, Liang J, Tian CM, Lü Q (2007) Cultural morphology and vegetative compatibility of *Cytospora chrysosperma* isolate. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 35, 99–105. (in Chinese with English abstract) [张星耀, 陈海燕, 梁军, 田呈明, 吕全 (2007) 金黄壳囊孢菌(*Cytospora chrysosperma*)的培养性状和营养体亲和性. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 35, 99–105.]
- Zhou ZM (1990) *Forest Pathology*. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [周仲民 (1990) 林木病理学. 中国林业出版社, 北京.]

(责任编辑: 郭良栋 责任编辑: 时意专)



•研究报告•

# 食物网关键种的判定及其对稳健性的影响

王凤珍<sup>1</sup> 唐毅<sup>1,2\*</sup>

1 (辽宁大学生命科学院, 沈阳 110036)

2 (辽宁大学统计学与数据科学研究院, 沈阳 110036)

**摘要:** 食物网关键种的定量判定方法不仅有助于揭示食物网中的物种关系, 而且有利于对关键物种进行优先保护。本研究以包含49个物种的河流生态系统食物网为对象, 计算网络中表征度性质的指标(点度中心度、中介中心度、紧密中心度), 并根据指标对物种进行聚类, 分析不同类物种影响食物网连接稳健性程度的差异, 探讨不同节点去除方式下节点数量对食物网连接稳健性的影响。结果发现, 聚类将食物网中物种分成三类。I类物种具有相对较高的点度中心度、中介中心度、紧密中心度; II类物种具有相对更低的点度中心度、中介中心度、紧密中心度; III类物种的点度中心度、中介中心度、紧密中心度介于前两者之间。I类物种处于更为重要的地位, 可认为是关键种。本研究为如何判定关键种贡献了新的思路。另外, 升序去除方式下, 连接稳健性呈降低趋势; 降序去除与随机去除方式下, 连接稳健性在持续降低后又有小幅度增加, 这表明去除方式对食物网连接稳健性有影响。三种去除方式下, 食物网连接稳健性发生显著变化对应着几乎相同的去除节点数量, 表明关键种在维持食物网稳健性方面发挥着重要作用。

**关键词:** 聚类分析; 复杂网络; 生态网络; 节点度; 连接稳健性

## Determination of key species in the food web and their impact on the robustness

Fengzhen Wang<sup>1</sup>, Yi Tang<sup>1,2\*</sup>

1 School of Life Sciences, Liaoning University, Shenyang 110036

2 Institute of Statistics and Data Science, Liaoning University, Shenyang 110036

**Abstract:** Understanding key species and their roles and impacts within communities plays a vital role in protecting key species within communities. Species relationship indicators, i.e., betweenness centrality (BC), closeness centrality (CC), and degree centrality (DC) measured food web connectivity among a community of 49 species. Once indicators were calculated, a clustering analysis analyzed species influences on connectivity robustness among different species classes. In addition to clustering analysis, node removal was tested to measure connectivity robustness under removal modes. Based off of clustering results, species were divided into three food web classes: (1) Class I species have relatively higher BC, CC, and DC values. (2) Class II species have relatively lower BC, CC, and DC values while (3) Class III species are intermediate between Class I and Class II species. In our analyses, it appeared that Class I species are more important for food web processes and are therefore considered key species, contributing to our understanding of how to quantify key food web species. Besides, the connectivity robustness decreased along with the increase in removed nodes under the ascending order removal mode. In the descending order and random removal modes, the connectivity robustness slightly increased after a continuous decrease along with the increase in removed nodes. It indicates that removal modes significantly affect the connectivity robustness. Moreover, under the three removal methods, the significant change in the connectivity robustness corresponds to almost the same number of removed nodes. It suggests key species play an essential role in maintaining the connectivity robustness of the food web.

**Key words:** cluster analysis; complex network; ecological network; node degree; connectivity robustness

收稿日期: 2019-07-01; 接受日期: 2019-09-29

基金项目: 国家自然科学基金(31870709)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: tangyi@lnu.edu.cn

20世纪50年代以来,围绕着多样性与稳定性之间的关系展开了激烈的争论。早期曾有多样性导致稳定性的论点(MacArthur, 1955; Elton, 1958)。近期研究发现多样性与稳定性之间的关系较为复杂(Wang & Loreau, 2016; Liao et al, 2017),大致可分为正相关、不相关和负相关三类。亦有研究报道稳定性与多样性的非线性关系,如Taffi等(2015)以平均路径长度为指标研究了网络的稳定性,发现在不同作用条件下物种移除与网络稳定性均呈现非线性的关系。多样性与稳定性之间的关系可能与稳定性的定义有关。稳定性是多层次概念,包括持久性(persistence, 在一定边界范围内保持恒定或维持某一特定状态的持续时间)、抵抗性(resistance, 在外部扰动下维持其原状态的能力)、恢复性(resilience, 被干扰改变状态后回到其原状态的能力)和稳健性(robustness, 在受到干扰后抵抗灭绝的能力)(Saint-Béat et al, 2015)。其中,稳健性侧重考虑生态系统抵御灭绝的能力。在人类活动导致全球生境破碎化进而增加物种灭绝风险的背景下,这一性质显得尤为重要(Aguilar et al, 2006; Stone, 2010)。

稳健性是存在内外部干扰时,系统抵抗灭绝、维持功能的能力(Stelling et al, 2004; Kitano, 2007),对于反映物种间营养相互作用,理解群落结构与动态具有重要意义(Hastings et al, 2016)。稳健性研究主要依靠野外实验与模型模拟方法。野外实验主要是物种去除实验,即去除某个或几个物种后观察食物网的变化(孙刚和盛连喜,2000)。模型模拟则是利用计算机去除食物网某个或几个节点以及它们之间的联系,通过计算食物网节点间连通情况得到稳健性(Zhao et al, 2016)。

野外去除实验与模型模拟研究均发现,在维持食物网结构稳定方面某些物种可能发挥更重要的作用。这些物种的活动与多度对群落组成与结构有决定性影响,被称为关键种(Paine, 1969; 韩兴国等, 1995)。后续研究中关键种的概念被泛化和模糊。有研究将移除后导致次生灭绝最快发生的物种当作关键种(Dunne et al, 2002);有研究将在低营养级中发挥重要作用的物种称为关键种(孙龙启等, 2016);亦有研究将去除后导致食物网急剧变化的物种作为关键种(Kadoya et al, 2018)。鉴于此,有必要给出关键种的定量依据。食物网关键种的判定方法不仅有助于揭示食物网中物种关系,而且有利于对

关键物种进行优先保护。

网络里的性质反映网络结构,去除某些节点可影响网络中其他节点的连通。网络连通的能力与食物网连接稳健性概念类似。连接稳健性是指食物网在节点去除后仍能够保持连通的能力(杜巍等, 2010)。因此,可通过计算连接稳健性,判断物种在食物网中的重要程度。关键种与非关键种在维持食物网连接稳健性方面的表现可能有差异,即关键种丧失导致的食物网连接稳健性降低程度可能高于非关键种丧失导致的食物网连接稳健性降低程度。这一差异可作为检验关键种与非关键种划分的依据。

利用度的性质研究网络稳健性已有报道。Sole 和Montoya (2001)通过分析网络中节点间的连接数量研究了陆地与淡水生态系统食物网的稳健性。Zhang等(2016)研究了节点连接数是否可作为反映网络稳定性的可靠指标。网络里的性质可体现在多个方面,常用指标有点度中心度(degree centrality, DC)、紧密中心度(closeness centrality, CC)、中介中心度(betweenness centrality, BC)。点度中心度表示与节点直接相连的节点数目,点度中心度越大,表明与该节点直接相连的节点越多。紧密中心度表示节点到其他所有节点的距离,紧密中心度越大,说明节点越处于靠近中心的位置。中介中心度表示节点位于两两连通节点的最短路径的比例。本研究尝试从多个度的指标角度开展食物网稳健性研究。

本研究首先通过计算网络中表征度性质的多个指标对物种进行分类,进而利用不同类物种对食物网连接稳健性影响程度的差异,区分关键种与非关键种,最后分析不同节点去除方式下,节点数量对食物网连接稳健性的影响,以期为如何判定关键种贡献新的思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究所用食物网数据来源于Interaction Web DataBase (<https://www.nceas.ucsb.edu/interactionweb/resources.html>),该数据来自Thompson和Townsend在新西兰南岛Catlins河流调查的水生昆虫、藻类和鱼类共49个物种构成的食物网(Thompson & Townsend, 2005)。不同物种间相互作用通过邻接矩阵表示。当矩阵元素为1时,表示物种*i*和物种*j*之间存在

直接相互作用,当矩阵元素为0时,表示物种*i*和物种*j*之间不存在直接相互作用。

## 1.2 节点中心性

本研究计算了表征节点度的性质的三个指标,即点度中心度(DC)、紧密中心度(CC)、中介中心度(BC)。计算公式如下:

$$DC_v = \sum_i l_{iv} \quad (1)$$

$$CC_v = \frac{1}{\sum_{i \neq v} d_{vi}} \quad (2)$$

$$BC_v = \sum_{i \neq j} \sum_{i \neq v} \sum_{j \neq v} \frac{g_{ij}}{g_{ij}} \quad (3)$$

其中,  $l_{iv}$  表示节点*i*和节点*v*之间的边的条数,  $d_{vi}$  表示点*v*和点*i*之间的最短距离,  $g_{ij}$  表示联系点*i*和点*j*之间最短距离边的数目,  $g_{ivj}$  表示联系点*i*和*j*最短距离边中经过点*v*的边的数目(唐毅, 2017)。以上计算过程利用Python实现。

## 1.3 节点分类

本研究采用基于模型的聚类方法。该方法利用混合高斯模型(GMM),认为数据服从正态分布,每个正态分布由K个高斯分布组成,每个高斯分布称为一个组成部分,这些组成部分线性加成在一起就组成了GMM的概率密度函数。在不指定聚类数的情况下,根据数据推出概率密度分布,自动选择最优聚类数。本部分的计算利用R语言中的mclust包完成(Scrucca et al, 2016)。

## 1.4 食物网稳健性

自然界中通过去除实验确定关键种的方法可通过模拟实现,存在随机去除和确定性去除两种方式(Memmott et al, 2004)。随机去除主要是模拟自然界中物种随机消失,而确定性去除主要是根据物种重要程度有针对性地去除某些物种。本文中随机去除是首先对节点编号,利用生成随机数的方式确定待去除节点编号,根据节点编号出现顺序依次确定要去除的节点。本研究中的确定性去除考虑了两种情况,即按重要程度从大到小去除(降序去除)与从小到大去除(升序去除)。这里的重要程度指对节点按其中心度性质排序,中心度高的节点被认为更重要。

去除节点后,计算食物网的连接稳健性。连接稳健性衡量食物网在节点去除后仍能够保持连通的能力。其计算公式为:

$$R = \frac{C}{N - N_r} \quad (4)$$

式中,  $N$  表示初始网络的规模,  $N_r$  表示从网络中去除的生态节点个数,  $C$  表示当生态节点被去除后生态网络中最大连通子图中的节点个数(于强等, 2018)。为避免随机去除节点对网络稳定性的影响,随机去除方式下,计算过程重复进行10,000次,取平均值作为连接稳健性结果。不同去除方式对网络稳健性影响的计算利用Python实现。

## 2 结果

### 2.1 节点分类

本研究以点度中心度、中介中心度、紧密中心度为指标,对食物网各节点进行聚类,以贝叶斯信息量(BIC)作为聚类依据。结果表明,节点可聚为3类( $n = 49$ ,  $BIC = 648.069$ ), I、II、III类包含的节点数目分别为4个、30个、15个(图1)。I类节点具有相对较高的点度中心度、中介中心度、紧密中心度; II类节点上述3个指标的值相对更低; III类节点相对应指标的值介于前两者之间。每个类的点度中心度、中介中心度、紧密中心度的均值、方差、中位数、最大值、最小值见表1。I类节点包含物种为碎屑、植物材料、弯楔藻和南乳鱼类,其余两类节点包含的物种有碎屑、藻类、水母、海胆、昆虫、虾、鱼等。三类物种在营养级上的区别不大。

### 2.2 节点性质与连接稳健性关系

去除这三类节点对连接稳健性下降具有不同程度的影响。去除I类节点,食物网的连接稳健性迅

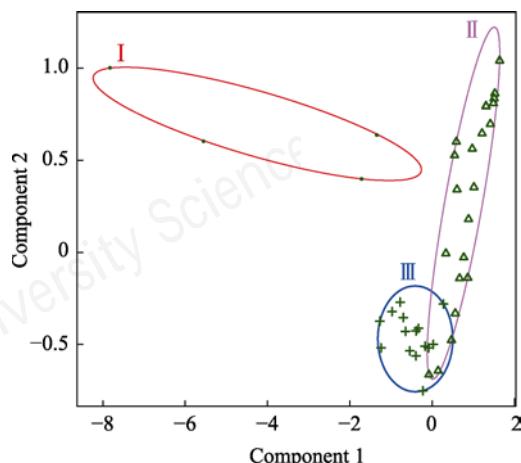


图1 节点聚类可视化图

Fig. 1 Nodes clustering visualization

**表1 节点的点度中心度、中介中心度、紧密中心度的汇总统计量**

Table 1 The summary of degree centrality (DC), betweenness centrality (BC) and closeness centrality (CC) of nodes in classes

类别 Cluster	指标 Indices	均值 Mean	方差 Variance	中位数 Median	最大值 Maximum	最小值 Minimum
I类	点度中心度 DC	0.394	0.027	0.383	0.575	0.234
	中介中心度 BC	0.216	0.028	0.180	0.428	0.078
	紧密中心度 CC	0.538	0.012	0.528	0.662	0.435
II类	点度中心度 DC	0.047	0.001	0.043	0.106	0.021
	中介中心度 BC	0.003	0.000	0.001	0.011	0.000
	紧密中心度 CC	0.386	0.002	0.398	0.465	0.305
III类	点度中心度 DC	0.116	0.001	0.106	0.170	0.064
	中介中心度 BC	0.036	0.001	0.031	0.083	0.003
	紧密中心度 CC	0.469	0.000	0.470	0.500	0.431

速降低; 去除II类节点, 随着去除节点数量增加, 连接稳健性变化较小, 去除III类节点, 随着去除节点个数的增加, 食物网连接稳健性逐渐降低, 降低的速率小于I类节点, 大于II类节点(图2)。

### 2.3 节点数量与连接稳健性

随机去除方式下, 去除节点数量增加时, 连接稳健性呈先降后增的趋势, 最小值为0.38, 对应的去除节点数量为44。降序去除方式下, 连接稳健性先波动式下降, 当去除节点数量为43时, 连接稳健性达到最小值; 其后, 连接稳健性逐渐增加。升序去除方式下, 去除节点数量为44时, 连接稳健性出现显著变化。此前, 连接稳健性基本呈缓慢降低趋势; 此后, 连接稳健性急剧降低(图3)。

## 3 讨论

本研究表明, 食物网中节点度的性质存在明显差异。根据聚类结果, 可将Catlins河流的食物网中物种分成三类: I类节点个数较少且具有相对较高的中心度, II类节点个数最多且具有相对较低的中心度, III类节点个数和中心度介于其余两类节点之间。其中I类与其他两类物种相比, 具有较高的点度中心度、中介中心度和紧密中心度。较高的点度中心度、中介中心度和紧密中心度表明I类节点在网络中处于较为核心的地位, 可认为是更加重要的物种。通过模拟随机去除实验发现, 不同物种在维持稳健性方面的重要程度确有差异。去除I类物种, 食物网稳健性迅速降低; 去除II类物种, 食物网稳健性变化较小; 去除III类物种, 食物网稳健性有所降低, 但降低速率介于二者之间。这表明, I类物种对食物网稳健性影响最大, II类物种对食物网稳健性影响最小, III类物种对食物网稳健性的影响介于二

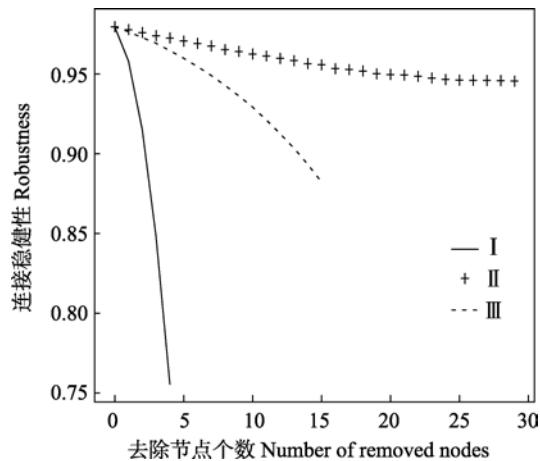
**图2 分类去除节点数目与连接稳健性的关系**

Fig. 2 The relationship between the connectivity robustness and the number of removed nodes

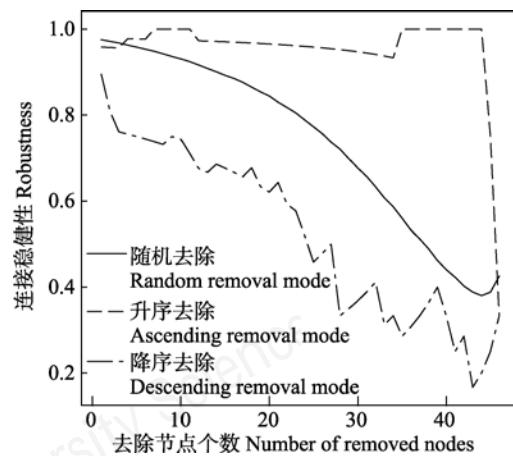
**图3 不同去除方式下的节点数量与连接稳健性的关系**

Fig. 3 The relationship between the robustness and the number of removed nodes under different removal modes

者之间。这意味着I类物种即为食物网中的关键种。

本研究计算食物网中节点度的性质, 以此为指标进行聚类分析, 根据聚类分析结果判定关键种。

这一方法定量确定了食物网中的关键种，为关键种的判定提供了新的思路。值得指出的是，本研究中的I、II、III类物种在营养级上并无明显区分。这意味着关键种并不总是处于营养级顶端。这一结果与早期研究认为的关键种应处于食物网顶端营养级的结论不同(Paine, 1966)，支持关键种的概念可用于不同营养级中的物种。

去除方式对食物网连接稳健性也有影响。第一，随机去除方式下，食物网连接稳健性的值高于降序去除方式下的食物网连接稳健性。这一结果与Solé等(2001)的结果一致。他们发现，随机去除节点比降序去除节点方式下的食物网能维持更高的稳健性。可能的原因在于降序去除方式可能导致更大程度的次生灭绝。第二，随机去除与降序去除方式下，食物网连接稳健性均呈先减小后增加的抛物线趋势，其极小值点出现的位置比较接近(去除节点数量分别为43、44)。升序去除方式下，连接稳健性小幅波动，待去除节点数量为44时，连接稳健性急剧减小。三种去除方式下，该食物网连接稳健性发生显著变化对应的去除节点数量均为43或44，这可能与关键种完全丧失有关。这意味着关键种在维持食物网稳健性方面发挥了重要作用。第三，升序去除方式下，连接稳健性呈降低趋势；降序去除与随机去除方式下，连接稳健性在持续减小后又有小幅度增加。这一结果与Taffi等(2015)的结果不同。Taffi等(2015)发现，降序去除方式下食物网稳健性逐渐降低。本研究发现，降序去除方式下稳健性呈抛物线式变化，即先减后增。一种可能的解释为，食物网中物种丧失导致食物网结构重构，即单个节点消失，使得食物网其他物种间可能构建新联系或者改变原有连接路径。如食物网中某物种灭绝将导致其捕食者加大对其他被捕食者的捕食强度(李医民等，2014)。第四，升序去除方式下的食物网连接稳健性减小速率低于随机去除与降序去除方式下的连接稳健性减小速率。这可能与物种丧失的先后顺序有关。升序去除方式下，重要程度低的物种先丧失；降序去除方式下，重要程度高的物种先丧失；随机去除方式下，每个物种丧失的概率相同。丧失的物种数量相等时，重要程度高的物种对食物网影响高于重要程度低的物种。

选择网络中表征度性质的不同指标可能影响食物网稳健性研究结果。Zhang等(2015)比较物种去

除数量变化与中介中心度、卡茨中心度的关系，发现两种中心度对物种去除数量的响应存在差异。本研究利用多个表征度性质的指标，可反映食物网中节点性质的不同方面。本研究中对物种重要程度的排序依据中心度大小，并且将点度中心度、紧密中心度、中介中心度看作具有相同权重的指标。但三种中心度指标在测量网络结构时有侧重。点度中心度衡量与节点直接相连的节点数目，紧密中心度衡量每个结点到其他结点的最短路径的平均长度，中介中心度衡量经过某个节点的最短路径数目。在不同的网络结构中，三种中心度的重要程度可能有差异。因此计算物种重要程度时，存在根据网络结构特点调整中心度权重的可能性。

## 4 结论

本研究发现不同类的物种在维持食物网稳健性方面有差异。I类物种对食物网连接稳健性影响最大，II类物种对食物网稳健性影响最小，III类物种对食物网稳健性影响介于二者之间。其中I类物种对应该食物网中的关键种。本研究为如何判定关键种贡献了新的思路。

去除方式对食物网连接稳健性有影响。升序去除方式下，连接稳健性呈降低趋势；降序去除与随机去除方式下，连接稳健性在持续减小后又有小幅度增加。可能在于物种丧失导致食物网物种间建立新联系或改变原有连接路径。三种去除方式下，食物网连接稳健性发生显著变化对应着几乎相同的去除物种数量，可能与关键种完全丧失有关，表明关键种在维持食物网稳健性方面发挥重要作用。

**致谢：**感谢责任编委与审稿专家提出的修改建议。

## 参考文献

- Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen MA (2006) Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: Review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9, 968–980.
- Du W, Cai M, Du HF (2010) Study on indices of network structure robustness and their application. *Journal of Xi'an Jiaotong University*, 44(4), 93–97. (in Chinese with English abstract) [杜巍, 蔡萌, 杜海峰 (2010) 网络结构鲁棒性指标及应用研究. 西安交通大学学报, 44(4), 93–97.]
- Dunne JA, Williams RJ, Martinez ND (2002) Network structure and biodiversity loss in food webs: Robustness increa-

- ses with connectance. *Ecology Letters*, 5, 558–567.
- Elton CS (1958) *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Chapman and Hall, London.
- Han XG, Huang JH, Lou ZP (1995) The significance and problems of key concepts in biodiversity conservation. *Chinese Bulletin of Botany*, 12(S2), 168–184. (in Chinese) [韩兴国, 黄建辉, 娄治平 (1995) 关键种概念在生物多样性保护中的意义与存在的问题. 植物学通报, 12(S2), 168–184.]
- Hastings A, Mccann KS, De Ruiter PC (2016) Introduction to the special issue: Theory of food webs. *Theoretical Ecology*, 9, 1–2.
- Kadoya T, Gellner G, McCann KS (2018) Potential oscillators and keystone modules in food webs. *Ecology Letters*, 21, 1330–1340.
- Kitano H (2007) Towards a theory of biological robustness. *Molecular Systems Biology*, 3, 137.
- Li YM, Li X, Hua J (2014) Ecosystem stability and ecological diversity based on complex networks. *Chinese Journal of Ecology*, 33, 1700–1706. (in Chinese with English abstract) [李医民, 李鑫, 华静 (2014) 基于复杂网络的生态系统稳定性与生态多样性. 生态学杂志, 33, 1700–1706.]
- Liao J, Bearup D, Wang Y, Nijs I, Bonte D, Li Y, Brose U, Wang S, Blasius B (2017) Robustness of metacommunities with omnivory to habitat destruction: Disentangling patch fragmentation from patch loss. *Ecology*, 98, 1631–1639.
- MacArthur R (1955) Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 36, 533–536.
- Memmott J, Waser NM, Price MV (2004) Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271, 2605–2611.
- Paine RT (1966) Food web complexity and species diversity. *The American Naturalist*, 100, 65–75.
- Paine RT (1969) A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist*, 103, 91–93.
- Saint-Béat B, Baird D, Asmus H, Asmus R, Bacher C, Pacella SR, Johnson GA, David V, Vézina AF, Niquil N (2015) Trophic networks: How do theories link ecosystem structure and functioning to stability properties? A review. *Ecological Indicators*, 52, 458–471.
- Scrucca L, Fop M, Murphy TB, Raftery AE (2016) mclust 5: Clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models. *The R Journal*, 8, 289–317.
- Solé RV, Montoya JM (2001) Complexity and fragility in ecological networks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268, 2039–2045.
- Stelling J, Sauer U, Szallasi Z, Doyle FJ, Doyle J (2004) Robustness of cellular functions. *Cell*, 118, 675–685.
- Stone R (2010) Home, home outside the range? *Science*, 329, 1592–1594.
- Sun G, Sheng LX (2000) Key species theory of ecosystem: New ideas, new mechanisms, new ways. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 32(3), 73–77. (in Chinese with English abstract) [孙刚, 盛连喜 (2000) 生态系统关键种理论: 新思想、新机制、新途径. 东北师大学报(自然科学版), 32(3), 73–77.]
- Sun LQ, Lin YS, Chen LX, Cao WQ, Zheng LM (2016) Study on the structure and function of ecosystem in Northern Beibu Gulf VII: Nutrition structure construction and key screening based on ecopath model. *Journal of Tropical Oceanography*, 35(4), 51–62. (in Chinese with English abstract) [孙龙启, 林元烧, 陈俐骁, 曹文清, 郑连明 (2016) 北部湾北部生态系统结构与功能研究VII: 基于Ecopath模型的营养结构构建和关键种筛选. 热带海洋学报, 35(4), 51–62.]
- Taffi M, Paoletti N, Liò P, Pucciarelli S, Marini M (2015) Bioaccumulation modelling and sensitivity analysis for discovering key players in contaminated food webs: The case study of PCBs in the Adriatic Sea. *Ecological Modelling*, 306, 205–215.
- Tang Y (2017) Research on traffic node setting in Northeast China under the background of “Belt and Road”. *Economy Forum*, (7), 4–9. (in Chinese) [唐毅 (2017) “一带一路”背景下东北地区交通节点设置研究. 经济论坛, (7), 4–9.]
- Thompson RM, Townsend CR (2005) Energy availability, spatial heterogeneity and ecosystem size predict food-web structure in streams. *Oikos*, 108, 137–148.
- Wang S, Loreau M (2016) Biodiversity and ecosystem stability across scales in metacommunities. *Ecology Letters*, 19, 510–518.
- Yu Q, Yang L, Yue DP, Wang YH, Su K, Zhang QB (2018) Research on spatial ecological network structure based on complex network analysis. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 49(3), 214–224. (in Chinese with English abstract) [于强, 杨斓, 岳德鹏, 王宇航, 苏凯, 张启斌 (2018) 基于复杂网络分析法的空间生态网络结构研究. 农业机械学报, 49(3), 214–224.]
- Zhang HY, Zhao L, Tian W, Huang H (2016) Stability of food webs to biodiversity loss: Comparing the roles of biomass and node degree. *Ecological Indicators*, 67, 723–729.
- Zhang Y, Bao Y, Zhao S, Chen J, Tang J (2015) Identifying node importance by combining betweenness centrality and Katz centrality. In: 2015 International Conference on Cloud Computing & Big Data, IEEE, pp. 354–357.
- Zhao L, Zhang H, O’Gorman EJ, Tian W, Ma A, Moore JC, Borrett SR, Woodward G (2016) Weighting and indirect effects identify keystone species in food webs. *Ecology Letters*, 19, 1032–1040.

(责任编辑: 张全国 责任编辑: 时意专)



•数据论文•

# 1:100万中国植被图森林和灌丛群系类型的补充资料

王璇<sup>1,2</sup> 陈国科<sup>1</sup> 郭柯<sup>1</sup> 马克平<sup>1\*</sup>

1(中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室,北京 100093)

2(中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**《中华人民共和国植被图(1:1,000,000)》是我国植被研究的最重要数据。受当时研究基础和制图技术限制,部分植被群系未能体现在中国植被图上。为了给新一代中国植被图的编研提供基础数据,本文在搜集从20世纪50年代至今的中国植被研究的相关文献的基础上,提取其中的植被群系名称和分布信息,采用植物群落学-生态学原则,以优势种相同作为依据,合并部分相近的群系类型。与《中华人民共和国植被图(1:1,000,000)》中的森林和灌丛群系进行对比,本文新增了1,475个森林和灌丛群系。

**关键词:**中国植被图;森林和灌丛群系;数据收集

## A supplemental dataset to the *Vegetation Map of the People's Republic China (1:1,000,000): Forest and scrub formations*

Xuan Wang<sup>1,2</sup>, Guoke Chen<sup>1</sup>, Ke Guo<sup>1</sup>, Keping Ma<sup>1\*</sup>

1 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

**Abstract:** The *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1,000,000)* is the most important dataset for vegetation studies in China. However, some vegetation formations were not included in the *Vegetation Map of China* due to limitations of data and mapping techniques in the last century. In order to update the dataset, we collected data of vegetation formations and their distributions from the literature (1950–present). Based on the phytocoenology–ecology principle, formations with the same dominant species were classified as the same formation. Compared to formations in the *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1,000,000)*, we added 1,475 new vegetation formations of forests and scrubs.

**Key words:** Vegetation Map of China; forest and shrub formations; data collection

《中华人民共和国植被图(1:1,000,000)》(以下简称为《1:100万中国植被图》)(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007)是由中国科学院植物研究所为主编单位,经三届编辑委员会、全国70个单位260余位科研人员,耗时30多年艰辛工作才得以完成的专著,是我国植物学工作者继1980年出版的《中国植被》等专著后的又一项总结性重大基础研究成果。该专著详细记载了我国11个植被类型组、55个植被型、960个植被群系和亚群系(包括自然植被和

栽培植被)及其地理分布,反映了中国植被主要类型的水平地带性和垂直地带性分布规律。同时在该专著的说明书《中国植被及其地理格局》(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007)中,详细描述了不同植被分类单元的基本特征和保护利用,介绍了我国2,000多个优势种、主要农作物和经济作物的实际分布状况,并在电子植被图中阐明了植被与气候、土壤和地面基质等的密切关系(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007)。《1:100万中国植被图》及

其数据集是我国农林牧业发展与规划、生态和经济建设规划、环境保护与监测等必不可少的科学资料和重要依据, 已在我国国土资源部、农业农村部、水利部、生态环境部、国家气象局等多个国家单位的多项重大研究项目中得到了广泛应用。

《1:100万中国植被图》制图所利用的资料主要是新中国成立至20世纪80年代前的资料, 是通过大规模区域资源考察的路线调查获取的植被资料, 制图过程主要依靠人工勾绘方式完成(马克平等, 2018)。但是在过去的30多年里, 我国社会经济发展迅速, 土地覆被已经发生了翻天覆地的变化。另外, 在当前比例尺(1:100万)下, 一部分面积较小的群系无法体现在植被图中。因此, 由于调查范围、技术条件、制图要求等的限制及植被的时空变化, 现有的《1:100万中国植被图》在使用过程中存在现实性差、斑块边界不明确、小面积群系未能上图等问题, 这对于应用植被图进行科学研究、规划建设有较大影响。为了得到更全面的植被信息, 我们通过搜集各省的植被志书、森林志书以及与植被分类、地理分布相关的各类出版物, 对中国植被图中的森林和灌丛群系类型和分布状况进行了补充。

## 1 研究方法

### 1.1 数据来源

以“植被”、“植物区系地理”、“森林”、“科学考察报告”等为关键词, 通过中国科学院植物研究所图书馆、中国科学院文献情报中心、国家图书馆、北京大学图书馆、清华大学图书馆的官方网站以及中国知网进行搜索、借阅或下载, 共收集和整理植被方面的书籍252本, 主要包括各省已出版的植被志书、森林志书、区域植被图书、自然保护区科学

考察报告等, 如《陕西植被》、《四川植被》、《云南植被》、《台湾植被》、《西藏植被》、《宁夏植被》、《山东森林》、《陕西森林》、《内蒙古森林》、《四川森林》、《云南森林》、《江西森林》、《贡嘎山植被》等, 以及60余篇植被分类相关的博硕士学位论文和期刊论文, 从这些书籍资料中来提取植被信息。

### 1.2 数据整理与分析

不同书籍中采用的植被分类系统和命名规则不尽相同, 主要用到的分类方法如表1所示。

基于这些搜集的书籍, 选取植被分类原则、系统、命名方法相同或相似, 且植被信息描述详细的90多本书籍和文献优先进行整理录入。本文录入的书籍文献目录见附录1。从这些资料中提取森林和灌丛群系的中文名称、拉丁名、分布地点及分布海拔等信息, 对提取的群系名称和分布点进行校正。主要依据书上记载的植物群系的拉丁名, 在*Flora of China*官方网站(<http://foc.iplant.cn/>)和中国自然标本馆网站(<http://www.cfh.ac.cn/>)上进行检索, 以这两个网站上发布的植物学名和拉丁名为准, 对录入的植物群系名称进行校正。在此基础上, 将优势种相同的群系合并为一个群系, 并以优势种来命名合并后的群系。群系分布的行政区划名称以中华人民共和国民政部全国行政区划信息查询平台(<http://xzqh.mca.gov.cn/map/>)上的信息为准。在群系名称和分布地点都校正完成后, 统计森林和灌丛群系在全国的分布情况。

## 2 结果

### 2.1 补充群系名录

通过书籍资料录入森林和灌丛群系信息23,730条, 经过植物名称校准统计后, 森林和灌丛群系类

**表1 文献中的植被分类原则和系统**

Table 1 Vegetation classification principles and systems in literatures

分类原则 Classification principle	分类系统 Classification system	示例 Examples
植物群落学—生态学原则 Phytocoenology—ecology principle	植被型—群系—群丛 Vegetation type—formation—association	《中国植被》、《宁夏植被》、《云南植被》、《湖南森林》 <i>Vegetation of China; Vegetation of Ningxia; Vegetation of Yunnan; Forest of Hunan</i>
植物群落学—生态学原则 Phytocoenology—ecology principle	林纲—林系—林型 Forest class—forest formation—forest type	《中国森林》、《江西森林》、《陕西森林》 <i>Forest of China; Forest of Jiangxi; Forest of Shaanxi</i>
植物群落学—生态学原则 Phytocoenology—ecology principle	植被型—群系—林型 Vegetation type—formation—forest type	《四川森林》、《甘肃森林》、《河南森林》 <i>Forest of Sichuan; Forest of Gansu; Forest of Henan</i>
Braun-Blanquet植物群落学原则 Braun-Blanquet plant community principle	群纲—群目—群属—群丛 Class—order—alliance—association	《元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被》 <i>The Vegetation of Dry Hot Valley of Yuanjiang River, Nujiang River, Jinsha River, and Lancang River</i>

型总共2,452个，分布范围涵盖全国除上海、香港和澳门之外的31个省级行政区。补充录入的群系信息中，省级分布信息数据23,452条，占总数据量的98.8%；县级分布信息数据12,976条，占总数据量的54.7%；县级以下分布信息数据5,562条，占总数据量的23.4%；海拔范围信息数据15,579条，占总数据量的65.7%。

将补充录入的森林和灌丛群系去除纯人工林、异名标准化后，与《1:100万中国植被图》中的森林和灌丛群系进行匹配，发现其中有228个群系相同，新增群系1,475个。其中，新增森林群系1,047个，灌丛群系428个。新补充的群系名录见附录2，按照《1:100万中国植被图》的分类系统排列。

## 2.2 补充群系的分布

通过资料信息提取得到的2,452个森林和灌丛群系其分布极不均匀，绝大部分仅分布于一个省（1,861个）。各群系在省级的分布频率如图1所示。仅分布在一个省的群系与植被图中重复的有70个。分布在一个省以上的群系共591个，其中与植被图中重复的群系有158个。

各省的森林和灌丛群系丰富度如图2所示。从图中可以看出，从书籍资料提取的数据中，广西、湖南、四川等省的森林和灌丛群系数量较多，而天津、北京等省份森林和灌丛群系数量比较少。部分森林和灌丛群系仅分布在一个省，这种群系类似于

物种的特有种。为了解各个省的这些特有群系的丰富度，对其进行统计，结果如图3所示。从图中可以看出，特有群系较多的省份是广西、湖南、四川等省，较少的是天津、江苏等省。

## 3 讨论

中国植被图是反映我国自然资源条件及生态地理环境的重要基础图件，广泛应用于各类科学的研究工作中。例如，利用基于植被图的植被信息进行区域植被制图(张晓龙等, 2018)、生态系统受威胁状况评估(Tan et al, 2017)、植被变化分布研究(王丹云等, 2018)和生物量碳库等的估算(王穗子等, 2017;

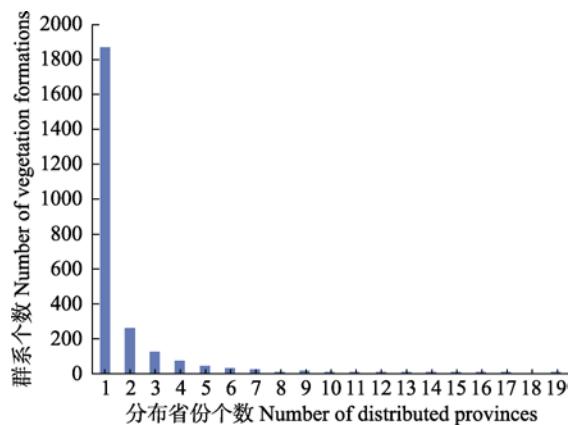


图1 森林和灌丛群系省级分布数量

Fig. 1 Provincial distribution number of vegetation formations of forests and scrubs

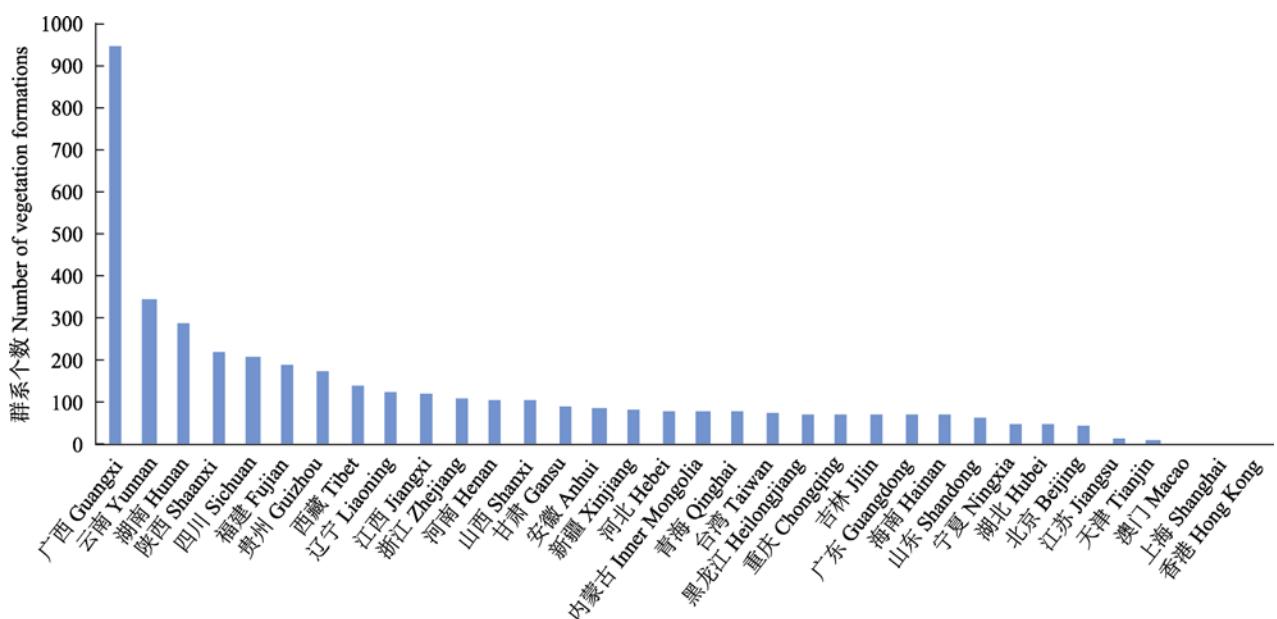


图2 中国各省的森林和灌丛群系数量

Fig. 2 The number of vegetation formations of forests and scrubs in each province of China

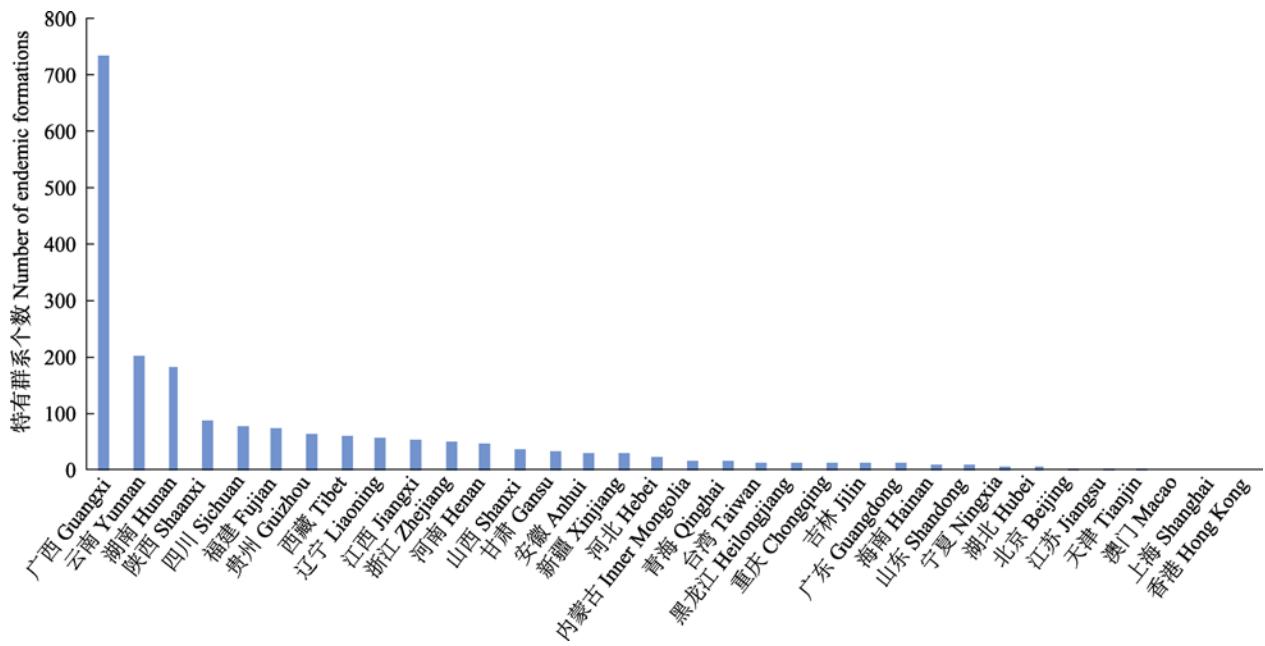


图3 中国各省特有森林和灌丛群系数量

Fig. 3 The number of endemic vegetation formations of forests and scrubs in each province of China

谢宗强和唐志尧, 2017)等。因此, 对现有植被图的信息进行更新和补充尤为必要。

本研究通过提取相关植被书籍中关于森林和灌丛群系的信息, 对《1:100万中国植被图》中的森林和灌丛群系类型进行补充, 新增了1,475个森林和灌丛群系。这些新补充的群系是完善中国植被志的重要参考资料。对这些新增群系分布的简单统计发现, 全国各省新增群系分布极不均匀, 西南地区数量最多, 这可能是由于西南地区本身植被类型非常丰富, 相关的书籍资料也比较充足。

在研究过程中我们发现, 由于研究和编写人员以及出版年代不一致, 不同书籍中森林和灌丛植被的分类和命名存在一定差异, 大部分书籍采用1980年出版的《中国植被》(吴征镒, 1980)一书中制定的植被分类原则和系统, 少量书籍采用了不同的分类系统, 如《元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被》(金振洲和欧晓昆, 2000)使用的是Braun-Blanquet的植物群落学的分类原则和方法。这种分类和命名差异导致我们不能对不同来源的群系名称进行标准化, 无法确定相对完善的全国森林和灌丛群系名录。植被分类是植被生态学研究中的复杂问题之一(宋永昌, 2011), 建立一个能被广泛接受的、统一的植被分类标准和原则极为必要。

另外, 由于全国关于植被的书籍数量庞大, 本

文未能整理所有中国森林植被的相关资料; 搜集到的各省出版的植被相关书籍的比例不等, 西南地区较多, 而华东、华北、华中和东北地区的资料相对较少。这导致了提取的森林和灌丛群系空间分布有偏差, 也使我们难以得到较全面的群系名录。后续进行群系类型补充时, 还需要搜集更多关于这些地区的植被信息资料。同时, 各省的植被分类专家更多参与植被群系的补充和完善, 也是一条重要途径。

近年来, 随着3S技术的发展, 遥感(RS)和地理信息系统(GIS)等技术被广泛应用于植被的分类和制图方面(张晓龙等, 2018)。遥感和地理信息系统技术为植被信息的获取、分析和管理提供了极大的便利(高峻等, 2002)。在野外调查、资料搜集的基础上, 结合遥感数据和GPS、GIS软件, 可得到精度较高的植被图, 如1:20万神农架地区植被类型图(田自强等, 2004)、黑河流域1:10万植被图(张晓龙等, 2018)等。将地面植被信息收集和遥感技术相结合, 能有效促进植被分布信息的完善和更新, 可为未来绘制新一代植被图提供数据支持。

植被图只包含960个群系, 并非当时仅仅认识到这些群系, 有相当部分群系是因为当时的制图限制而舍去。本文的目的不是指出《1:100万中国植被图》的不足, 我们的出发点是进一步搜集、整理植物群系资料, 为建立更加完善的植被分类体系和更

新“中国植被图”提供详实的数据基础。本文搜集的植被数据来自不同文献和不同地理区域,这些资料所依据的植物群落分类标准和体系、数据基础与可靠性不尽相同。未来的迫切任务是在进一步搜集其他文献资料的基础上,结合定性和定量的植被分析方法,进一步完善中国的植被分类体系。

## 参考文献

- Gao J, Song YC, Zhang QF (2002) Analysis on the characteristics of urban vegetation and its mapping based on remote sensing and geographic information system. *Acta Phytocologica Sinica*, 26, 1–9. (in Chinese with English abstract) [高峻, 宋永昌, 张庆费 (2002) 遥感和GIS支持下的城市植被制图及其特征分析. 植物生态学报, 26, 1–9.]
- Jin ZZ, Ou XK (2000) *The Vegetation of Dry Hot Valley of Yuanjiang River, Nujiang River, Jinsha River, Lancang River*. Yunnan Science and Technology Press, Kunming. (in Chinese) [金振洲, 欧晓昆 (2000) 元江、怒江、金沙江、澜沧江干热河谷植被. 云南科技出版社, 昆明.]
- Ma KP, Zhu M, Ji LQ, Ma JC, Guo QH, Ouyang ZY, Zhu L (2018) Establishing China infrastructure for big biodiversity data. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 33, 838–845. (in Chinese with English abstract) [马克平, 朱敏, 纪力强, 马俊才, 郭庆华, 欧阳志云, 朱丽 (2018) 中国生物多样性大数据平台建设. 中国科学院院刊, 33, 838–845.]
- Song YC (2011) Recognition and proposal on the vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35, 882–892. (in Chinese with English abstract) [宋永昌 (2011) 对中国植被分类系统的认识和建议. 植物生态学报, 35, 882–892.]
- Tan JB, Li AN, Lei GB, Bian JH, Chen GK, Ma KP (2017) Preliminary assessment of ecosystem risk based on IUCN criteria in a hierarchy of spatial domains: A case study in Southwestern China. *Biological Conservation*, 215, 152–161.
- The Editorial Committee of Vegetation Map of China, Chinese Academy of Sciences (2007) *The Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1000000)*. Geological Publishing House, Beijing. (in Chinese) [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007) 中华人民共和国植被图(1:1000000). 地质出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Vegetation Map of China, Chinese Academy of Sciences (2007) *Vegetation of China and its Geographical Pattern—Illustration of the Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1000000)*. Geological Publishing House, Beijing. (in Chinese) [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007) 中国植被及其地理格局——中华人民共和国植被图(1:1000000)说明书. 地质出版社, 北京.]
- Tian ZQ, Chen Y, Zhao CM, Xie ZQ, Chen WL (2004) Mapping of vegetation and analysis on its biodiversity in Shennongjia region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 24, 1611–1621. (in Chinese with English abstract) [田自强, 陈玥, 赵常明, 谢宗强, 陈伟烈 (2004) 中国神农架地区的植被制图及植物群落物种多样性. 生态学报, 24, 1611–1621.]
- Wang DY, Lü SH, Han B, Meng XH, Li ZG, Zhang JW (2018) The characteristics of spring vegetation cover and its response to spring drought over the Loess Plateau. *Plateau Meteorology*, 37, 1208–1219. (in Chinese with English abstract) [王丹云, 吕世华, 韩博, 孟宪红, 李照国, 张静唯 (2018) 黄土高原春季植被变化分布与变化特征及其对春旱的响应研究. 高原气象, 37, 1208–1219.]
- Wang SZ, Fan JW, Liu S (2017) A comprehensive analysis of difference in carbon stock estimation in the grasslands of China. *Acta Agrestia Sinica*, 25, 905–913. (in Chinese with English abstract) [王穗子, 樊江文, 刘帅 (2017) 中国草地碳库估算差异性综合分析. 草地学报, 25, 905–913.]
- Wu ZY (1980) *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒 (1980) 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Xie ZQ, Tang ZY (2017) Studies on carbon storage of shrubland ecosystems in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 41, 1–4. (in Chinese) [谢宗强, 唐志尧 (2017) 中国灌丛生态系统碳储量的研究. 植物生态学报, 41, 1–4.]
- Zhang XL, Zhou JH, Cai WT, Gao NN, Zheng YR (2018) Vegetation mapping (1:100000) in Heihe River basin using 3S technology. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 54(2), 95–101. (in Chinese with English abstract) [张晓龙, 周继华, 蔡文涛, 高楠楠, 郑元润 (2018) 基于3S技术的黑河流域1:100000植被制图. 西北师范大学学报(自然科学版), 54(2), 95–101.]

(责任编辑: 沈泽昊 责任编辑: 黄祥忠)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 新增森林和灌丛群系录入参考文献

Appendix 1 The checklist of literatures for newly added formations of forests and scrubs  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019147-1.pdf>

### 附录2 对《中华人民共和国植被图(1:1,000,000)》的森林和灌丛群系的补充名录

Appendix 2 The checklist of formations of forests and scrubs supplemented to the *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1,000,000)*  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019147-2.pdf>

王璇, 陈国科, 郭柯, 马克平. 1:100 万中国植被图森林和灌丛群系类型的补充资料. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1138–1142. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019147>

#### 附录1 新增森林和灌丛群系录入参考文献

Appendix 1 The checklist of literatures for newly added formations of forests and scrubs

编号 Code	文献 Literature	作者 Author(s)	年代 Year	出版社 Press
1	中国植被	中国植被编辑委员会	1980	科学出版社
2	安徽植被	安徽植被协作组	1983	安徽科学技术出版社
3	福建植被	林鹏	1990	福建科学技术出版社
4	广东植被	广东省植物研究所	1976	科学出版社
5	广西植被 第一卷	苏宗明等	2014	中国林业出版社
6	广西植被志要(上)	王献溥, 郭柯, 温远光	2014	高等教育出版社
7	广西植被志要(下)	王献溥, 郭柯, 温远光	2014	高等教育出版社
8	贵州植被	黄威廉, 屠玉麟, 杨龙	1988	贵州人民出版社
9	河北植被	河北植被编委会, 河北省农业区划委员会办公室	1996	科学出版社
10	湖南植被	祁承经	1990	湖南科学技术出版社
11	吉林植被	李建东, 吴榜华, 盛连喜	2001	吉林科学技术出版社
12	辽宁植被与植被区划	董厚德	2011	辽宁大学出版社
13	内蒙古植被	中国科学院内蒙古宁夏综合考察队	1985	科学出版社
14	宁夏植被	宁夏农业勘查设计院, 宁夏畜牧局, 宁夏农学院	1988	宁夏人民出版社
15	青海植被	周兴民, 王质彬, 杜庆	1986	青海人民出版社
16	山东植被	王仁卿, 周光裕	2000	山东科学技术出版社
17	山西植被	马子清	2001	中国科学技术出版社
18	陕西植被	雷明德等	1999	科学出版社
19	四川植被	四川植被协作组	1980	四川人民出版社
20	台湾植被	黄威廉	1993	中国环境科学出版社
21	天津植被	天津市农业区划委员会植被专业组	1984	天津市农业区划委员会植被专业组
22	西藏植被	中国科学院青藏高原综合科学考察队	1988	科学出版社
23	新疆植被及其利用	中国科学院新疆综合考察队, 中国科学院植物研究所	1978	科学出版社
24	云南植被	云南植被编写组	1987	科学出版社
25	中国森林.第1卷, 总论	《中国森林》编辑委员会	1997	中国林业出版社
26	中国森林.第2卷, 针叶林	《中国森林》编辑委员会	1998	中国林业出版社
27	中国森林.第3卷, 阔叶林	《中国森林》编辑委员会	1999	中国林业出版社
28	中国森林.第4卷, 竹林、灌木林、经济林	《中国森林》编辑委员会	2000	中国林业出版社

王璇, 陈国科, 郭柯, 马克平. 1:100 万中国植被图森林和灌丛群系类型的补充资料. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1138–1142. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019147>

29	安徽森林	《安徽森林》编辑委员会	1990	中国林业出版社; 安徽科学技术出版社
30	福建森林	《福建森林》编辑委员会	1993	中国林业出版社
31	甘肃森林	《甘肃森林》编辑委员会	1998	甘肃省林业厅
32	广西森林	《广西森林》编辑委员会	2001	中国林业出版社
33	贵州森林	《贵州森林》编辑委员会	1992	贵州科技出版社; 中国林业出版社
34	河北森林	《河北森林》编辑委员会	1988	中国林业出版社
35	河南森林	《河南森林》编辑委员会	1999	中国林业出版社
36	湖南森林	《湖南森林》编辑委员会	1991	湖南科学技术出版社; 中国林业出版社
37	吉林森林	《吉林森林》编辑委员会	1988	吉林科学技术出版社; 中国林业出版社
38	江西森林	《江西森林》编委会	1986	江西科学技术出版社; 中国林业出版社
39	辽宁森林	《辽宁森林》编辑委员会	1990	中国林业出版社; 辽宁科学技术出版社
40	内蒙古森林	《内蒙古森林》编辑委员会	1989	中国林业出版社
41	宁夏森林	《宁夏森林》编辑委员会	1990	中国林业出版社
42	青海森林	《青海森林》编辑委员会	1993	中国林业出版社
43	山东森林	《山东森林》编辑委员会	1986	中国林业出版社
44	山西森林	《山西森林》编辑委员会	1992	中国林业出版社
45	陕西森林	《陕西森林》编辑委员会	1989	陕西科学技术出版社; 中国林业出版社
46	四川森林	《四川森林》编辑委员会	1992	中国林业出版社
47	西藏森林	中国科学院青藏高原综合科学考察队	1985	科学出版社
48	新疆森林	《新疆森林》编辑委员会	1990	新疆人民出版社; 中国林业出版社
49	云南森林	《云南森林》编辑委员会	1986	云南科技出版社; 中国林业出版社
50	浙江森林	《浙江森林》编辑委员会	1993	中国林业出版社
51	北疆森林植被生态特征	臧润国, 井学辉等	2011	现代教育出版社
52	北京山地植物和植被保护研究	崔国发, 刑韶华, 赵勃	2008	中国林业出版社
53	柴达木地区植被及其利用	杜庆, 孙世洲	1990	科学出版社
54	独龙江流域及邻近区域植被与植物研究	王崇云等	2013	科学出版社

王璇, 陈国科, 郭柯, 马克平. 1:100 万中国植被图森林和灌丛群系类型的补充资料. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1138–1142. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019147>

55	贡嘎山植被	刘照光	1985	四川科学技术出版社
56	孤岛采油厂植被	赵善伦, 叶景敏	1995	山东省地图出版社
57	广西临桂雁山附近的植物群落	王献溥	1956	科学出版社
58	广西龙津西南部及其邻近地区的植物群落	李世英	1956	科学出版社
59	河南植物地理研究	张金泉	2013	河南大学出版社
60	华北植物区系地理	王荷生	1997	科学出版社
61	黄土高原地区植被资源及其合理利用	中国科学院黄土高原综合科学考察队	1991	中国科学技术出版社
62	科尔沁沙地风沙环境与植被	刘新民, 赵哈林, 赵爱芬	1996	科学出版社
63	陆地生态系统样带研究的方法与实践——中国东北样带植被-环境关系研究	唐海萍	2003	科学出版社
64	梅里雪山植被研究	欧晓昆等	2006	科学出版社
65	内蒙古西部沙区荒漠灌丛植被及沙区生态建设	徐恒刚	2005	中国农业科学技术出版社
66	宁波森林植被	陆志敏	2013	浙江科学技术出版社
67	暖温带森林生态系统结构与功能的研究	陈灵芝	1997	科学出版社
68	秦巴山区森林植被对环境变化的响应	白红英	2014	科学出版社
69	秦皇岛植物区系地理	曾宪锋	2004	中国农业科学技术出版社
70	秦岭大熊猫栖息地植物	任毅	1998	陕西科学技术出版社
71	三江平原地区植被与植物资源	周志强	2005	东北林业大学出版社
72	三峡库区谷地的植物与植被	陈伟烈等	2008	中国水利水电出版社
73	山东植物区系地理	赵善伦, 吴志芬, 张伟	1997	山东省地图出版社
74	神农架植物	中国科学院武汉植物研究所	1980	湖北人民出版社
75	沈阳城市森林	何兴元	2004	科学出版社
76	四川省武隆县火炉区植被调查报告	四川大学生物系植物专业1955级学生	1959	高等教育出版社
77	我国沙漠中部地区植被	丘明新	2000	甘肃文化出版社
78	我国西沙群岛的植物与植被	广东省植物研究所西沙群岛植物调查队	1977	科学出版社
79	西藏中部的植被	中国科学院西藏综合考察队	1966	科学出版社
80	新宁植物	罗仲春, 罗毅波	2008	中国林业出版社
81	云南植被生态景观	中国科学院昆明生态研究所, 云南省农业区划委员会办公室	1994	中国林业出版社

王璇, 陈国科, 郭柯, 马克平. 1:100 万中国植被图森林和灌丛群系类型的补充资料. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1138–1142. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019147>

82	中国大兴安岭森林	徐化成	1998	科学出版社
83	中国大兴安岭植被	周以良等	1991	科学出版社
84	中国东北植被地理	周以良等	1997	科学出版社
85	中国华北天然林	徐化成	2003	中国科学技术出版社
86	中国沙地森林生态系统	徐文铎, 邹春静等	1998	中国林业出版社
87	中国山地森林	林业部调查规划院	1981	中国林业出版社
88	中国小兴安岭植被	周以良等	1994	科学出版社
89	中国植被地理及优势植物化学成分	侯学煜	1982	科学出版社
90	中国植物区系与植被地理	陈灵芝	2015	科学出版社
91	中国亚热带植被研究综论	祁承经等	2012	中国林业出版社
92	云南热带森林植被分类纲要	朱华	2018	广西植物
93	广西植被类型及其分类系统	温远光, 李治基, 李信贤等	2014	广西科学

附录2 对《中华人民共和国植被图(1:1,000,000)》的森林和灌丛群系的补充名录

Appendix 2 The checklist of formations of forests and scrubs supplemented to the *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1,000,000)*

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
<b>I 针叶林 Needleleaf Forest</b>				
寒温带和温带山地针叶林	<i>Abies nephrolepis, Picea koraiensis</i> forest	臭冷杉、红皮云杉林	臭冷杉、红皮云杉林	84
寒温带和温带山地针叶林	<i>Abies sibirica</i> forest	西伯利亚冷杉林	西伯利亚冷杉林	1, 23, 26, 48, 51, 90
寒温带和温带山地针叶林	<i>Juniperus centrasiatica</i> forest	昆仑方枝柏林	昆仑方枝柏林	23, 26
寒温带和温带山地针叶林	<i>Juniperus semiglobosa</i> forest	昆仑多子柏林	昆仑多子柏林	23, 26
寒温带和温带山地针叶林	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>principis-rupprechtii</i> , <i>Picea meyeri</i> forest	华北落叶松、白扦林	华北落叶松、白扦林	17
寒温带和温带山地针叶林	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>principis-rupprechtii</i> , <i>Picea meyeri</i> , <i>Picea wilsonii</i> , <i>Abies nephrolepis</i>	华北落叶松、白扦、青扦、臭冷杉林	华北落叶松、白扦林	17
寒温带和温带山地针叶林	<i>Larix olgensis</i> forest	黄花落叶松林	黄花落叶松林	90
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea crassifolia, Pinus tabuliformis</i> forest	青海云杉、油松林	青海云杉、油松林	14
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea jezoensis, Abies nephrolepis</i> forest	鱼鳞云杉、臭冷杉林	鱼鳞云杉、臭冷杉林	1, 12, 37, 84, 89
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea jezoensis, Larix gmelinii</i> forest	鱼鳞云杉、落叶松林	鱼鳞云杉、落叶松林	89
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea koraiensis</i> forest	红皮云杉林	红皮云杉林	1, 11, 13, 26, 60, 82, 83, 84
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea meyeri, Picea wilsonii</i> forest	白扦、青扦林	白扦、青扦林	17, 87
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea meyeri, Picea wilsonii, Larix gmelinii</i> var. <i>principis-rupprechtii</i> forest	白扦、青扦、华北落叶松林	白扦、青扦林	17, 89
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea neoveitchii</i> forest	大果青扦林	大果青扦林	45, 61
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea obovata</i> forest	西伯利亚云杉林	西伯利亚云杉林	1, 23, 26, 48, 51, 87
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea obovata, Abies sibirica</i> forest	西伯利亚云杉、西伯利亚冷杉林	西伯利亚云杉、西伯利亚冷杉林	89
寒温带和温带山地针叶林	<i>Picea wilsonii, Pinus tabuliformis</i> forest	青扦、油松林	青扦、油松林	17
寒温带和温带山地针叶林	<i>Pinus koraiensis</i> forest	红松林	红松林	1, 11, 12, 16, 26, 34, 37, 43, 63, 87, 89
寒温带和温带山地针叶林	<i>Pinus koraiensis, Picea jezoensis, Abies nephrolepis</i> forest	红松、鱼鳞云杉、臭冷杉林	红松林	39, 84

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
寒温带和温带山地针叶林	<i>Pinus koraiensis, Picea jezoensis, Picea koraiensis, Abies nephrolepis</i> forest	红松、鱼鳞云杉、红皮云杉、臭冷杉林	红松林	1, 11, 71, 84
寒温带和温带山地针叶林	<i>Pinus koraiensis, Picea koraiensis, Abies nephrolepis</i> forest	红松、红皮云杉、臭冷杉林	红松林	84
寒温带和温带山地针叶林	<i>Pinus koraiensis, Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> forest	红松、樟子松林	红松林	84, 88
寒温带和温带山地针叶林	<i>Pinus sibirica</i> forest	西伯利亚五针松林	西伯利亚五针松林	89
寒温带和温带山地针叶林	<i>Taxus cuspidata</i> forest	东北红豆杉林	东北红豆杉林	11
温带针叶林	<i>Juniperus formosana</i> forest	刺柏林	刺柏林	30, 81
温带针叶林	<i>Juniperus rigida, Quercus mongolica</i> forest	杜松、蒙古栎林	杜松、蒙古栎林	18
温带针叶林	<i>Juniperus rigida, Quercus mongolica, Populus davidiana</i> forest	杜松、蒙古栎、山杨林	杜松、蒙古栎林	18
温带针叶林	<i>Juniperus rigida, Quercus mongolica, Quercus aliena</i> forest	杜松、蒙古栎、槲栎林	杜松、蒙古栎林	18
温带针叶林	<i>Pinus bungeana, Platycladus orientalis</i> forest	白皮松、侧柏林	白皮松林	17
温带针叶林	<i>Pinus bungeana, Quercus mongolica</i> forest	白皮松、蒙古栎林	白皮松林	18
温带针叶林	<i>Pinus bungeana, Quercus variabilis</i> forest	白皮松、栓皮栎林	白皮松林	18
温带针叶林	<i>Pinus densiflora</i> var. <i>ussuriensis</i> forest	兴凯赤松林	兴凯赤松林	26, 71, 84
温带针叶林	<i>Pinus densiflora, Quercus</i> spp. forest	赤松、栎林	赤松、栎林	12, 39
温带针叶林	<i>Pinus sylvestris</i> var. <i>sylvestriformis</i> forest	长白松林	长白松林	11, 26, 37, 84
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Juniperus rigida, Quercus mongolica, Quercus aliena</i> forest	油松、杜松、蒙古栎、槲栎林	油松林	18
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Pinus bungeana</i> forest	油松、白皮松林	油松林	17
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Platycladus orientalis</i> forest	油松、侧柏林	油松林	17
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Populus davidiana</i> forest	油松、山杨林	油松林	18, 77
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Populus davidiana, Betula platyphylla</i> forest	油松、山杨、白桦林	油松林	17
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Quercus aliena</i> forest	油松、槲栎林	油松林	18, 21
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Quercus aliena</i> var. <i>acutiserrata</i> forest	油松、锐齿槲栎林	油松林	59
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Quercus mongolica</i> forest	油松、蒙古栎林	油松林	17, 18, 62, 87

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Quercus mongolica, Quercus aliena</i> forest	油松、蒙古栎、槲栎林	油松林	18
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Quercus oxyphylla</i> forest	油松、尖叶栎林	油松林	18
温带针叶林	<i>Pinus tabuliformis, Quercus variabilis</i> forest	油松、栓皮栎林	油松林	21
温带针叶林	<i>Platycladus orientalis, Juniperus rigida</i> forest	侧柏、杜松林	侧柏林	17
温带针叶林	<i>Platycladus orientalis, Quercus</i> spp. forest	侧柏、栎林	侧柏林	18
温带针叶林	<i>Platycladus orientalis, Robinia pseudoacacia, Pistacia chinensis</i> forest	侧柏、刺槐、黄连木林	侧柏林	2
温带针叶林	<i>Thuja koraiensis</i> forest	朝鲜崖柏林	朝鲜崖柏林	11, 26, 37
亚热带针叶林	<i>Calocedrus macrolepis</i> forest	翠柏林	翠柏林	7, 24, 49, 81
亚热带针叶林	<i>Calocedrus macrolepis</i> var. <i>formosana</i> , <i>Pseudotsuga sinensis</i> var. <i>wilsoniana</i> forest	台湾翠柏、台湾黄杉林	台湾翠柏、台湾黄杉林	20
亚热带针叶林	<i>Calocedrus rupestris</i> forest	岩生翠柏林	岩生翠柏林	5, 93
亚热带针叶林	<i>Cephalotaxus oliveri, Cephalotaxus fortunei, Cephalotaxus sinensis</i> forest	篦子三尖杉、三尖杉、粗榧林	篦子三尖杉、三尖杉、粗榧林	80
亚热带针叶林	<i>Chamaecyparis formosensis</i> forest	红桧林	红桧林	26
亚热带针叶林	<i>Chamaecyparis formosensis, Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i> forest	红桧、台湾扁柏林	红桧、台湾扁柏林	20
亚热带针叶林	<i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i> forest	台湾扁柏林	台湾扁柏林	26
亚热带针叶林	<i>Chamaecyparis pisifera</i> forest	日本花柏林	日本花柏林	16, 38, 43
亚热带针叶林	<i>Cryptomeria japonica</i> forest	日本柳杉林	日本柳杉林	26, 38
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata'Glauca'</i> forest	灰叶杉木林	灰叶杉木林	19
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Castanopsis eyrei</i> forest	杉木、甜槠林	杉木林	93
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Cinnamomum camphora</i> forest	杉木、樟树林	杉木林	38
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Erythrophleum fordii</i> forest	杉木、格木林	杉木林	93
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Keteleeria fortunei</i> forest	杉木、油杉林	杉木林	93
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Michelia macclurei</i> forest	杉木、醉香含笑林	杉木林	93
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Mytilaria laosensis</i> forest	杉木、壳菜果林	杉木林	93
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Paulownia fortunei</i> forest	杉木、白花泡桐林	杉木林	38
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Phyllostachys edulis</i> forest	杉木、毛竹林	杉木林	91
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Pinus massoniana</i> forest	杉木、马尾松林	杉木林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Sassafras tzumu</i> forest	杉木、檫木林	杉木林	2, 38
亚热带针叶林	<i>Cunninghamia lanceolata, Vernicia fordii</i> forest	杉木、油桐林	杉木林	2, 38
亚热带针叶林	<i>Cupressus chengiana</i> forest	岷江柏木林	岷江柏木林	19, 26, 46
亚热带针叶林	<i>Cupressus duclouxiana</i> forest	干香柏林	干香柏林	1, 19, 24, 26, 49, 81, 89
亚热带针叶林	<i>Cupressus gigantea</i> forest	巨柏林	巨柏林	1, 22, 26, 47
亚热带针叶林	<i>Cupressus torulosa</i> forest	西藏柏木林	西藏柏木林	22, 26, 47
亚热带针叶林	<i>Fokienia hodginsii</i> forest	福建柏林	福建柏林	3, 5, 8, 10, 26, 30, 33, 36, 91
亚热带针叶林	<i>Fokienia hodginsii, Castanopsis fargesii</i> forest	福建柏、栲树林	福建柏林	93
亚热带针叶林	<i>Fokienia hodginsii, Podocarpus wangii</i> forest	福建柏、小叶罗汉松林	福建柏林	93
亚热带针叶林	<i>Fokienia hodginsii, Schima argentea, Manglietia fordiana</i> forest	福建柏、银木荷、木莲林	福建柏林	91
亚热带针叶林	<i>Glyptostrobus pensilis</i> forest	水松林	水松林	1, 26, 30, 93
亚热带针叶林	<i>Keteleeria davidiana</i> forest	铁坚杉林	铁坚杉林	1, 7, 18, 19, 26, 45, 46
亚热带针叶林	<i>Keteleeria davidiana</i> var. <i>calcarea</i> forest	黄枝油杉林	黄枝油杉林	5, 7, 32, 93
亚热带针叶林	<i>Keteleeria davidiana</i> var. <i>chien-peii</i> forest	青岩油杉林	青岩油杉林	33
亚热带针叶林	<i>Keteleeria davidiana, Keteleeria davidiana</i> var. <i>chien-peii</i> forest	铁坚杉、青岩油杉林	铁坚杉、青岩油杉林	8
亚热带针叶林	<i>Keteleeria evelyniana</i> forest	云南油杉林	云南油杉林	1, 8, 19, 24, 33, 46, 49, 55, 81, 91
亚热带针叶林	<i>Keteleeria fortunei</i> forest	油杉林	油杉林	1, 5, 7, 30, 32, 93
亚热带针叶林	<i>Keteleeria fortunei</i> var. <i>cyclolepis</i> forest	江南油杉林	江南油杉林	5, 7, 8, 32, 91, 93
亚热带针叶林	<i>Keteleeria fortunei</i> var. <i>oblonga</i> forest	矩鳞油杉林	矩鳞油杉林	93
亚热带针叶林	<i>Keteleeria pubescens</i> forest	柔毛油杉林	柔毛油杉林	8
亚热带针叶林	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> forest	水杉林	水杉林	1, 16, 26, 35, 38, 43, 90, 91, 93
亚热带针叶林	<i>Nageia fleuryi</i> forest	长叶竹柏林	长叶竹柏林	26
亚热带针叶林	<i>Nageia nagi</i> forest	竹柏林	竹柏林	26, 30, 93
亚热带针叶林	<i>Pinus armandii</i> var. <i>mastensisana</i> forest	台湾果松林	台湾果松林	26
亚热带针叶林	<i>Pinus armandii, Quercus aliena</i> var. <i>acutiserrata</i> forest	华山松、锐齿槲栎林	华山松林	59
亚热带针叶林	<i>Pinus armandii, Quercus mongolica, Carpinus cordata</i> forest	华山松、蒙古栎、千金榆林	华山松林	18
亚热带针叶林	<i>Pinus armandii, Quercus oxyphylla, Populus purdomii</i> forest	华山松、尖叶栎、冬瓜杨林	华山松林	18
亚热带针叶林	<i>Pinus fenzeliana</i> forest	海南五针松林	海南五针松林	5, 7, 32, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带针叶林	<i>Pinus fenzeliana</i> var. <i>dabeshanensis</i> forest	大别五针松林	大别五针松林	29
亚热带针叶林	<i>Pinus fenzeliana, Polyspora</i> <i>axillaris</i> forest	海南五针松、大头茶林	海南五针松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus gerardiana</i> forest	喜马拉雅白皮松林	喜马拉雅白皮松林	26, 47
亚热带针叶林	<i>Pinus kwangtungensis</i> forest	华南五针松林	华南五针松林	5, 7, 8, 10, 26, 32, 33, 36, 91, 93
亚热带针叶林	<i>Pinus kwangtungensis,</i> <i>Lithocarpus chrysocomus</i> forest	华南五针松、金毛柯林	华南五针松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus kwangtungensis, Pinus</i> <i>taiwanensis, Tsuga</i> <i>longibracteata</i> forest	华南五针松、黄山松、长苞铁杉林	华南五针松林	80, 91
亚热带针叶林	<i>Pinus kwangtungensis, Schima</i> <i>argentea</i> forest	华南五针松、银木荷林	华南五针松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus kwangtungensis, Schima</i> <i>remotiserrata</i> forest	华南五针松、疏齿木荷林	华南五针松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus kwangtungensis, Tsuga</i> <i>longibracteata, Cathaya</i> <i>argyrophylla</i> forest	华南五针松、长苞铁杉、银杉林	华南五针松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Acacia</i> <i>auriculiformis</i> forest	马尾松、大叶相思林	马尾松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Acacia</i> <i>confusa</i> forest	马尾松、台湾相思林	马尾松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Albizia</i> <i>kalkora, Dalbergia hupeana,</i> <i>Liquidambar formosana</i> forest	马尾松、山槐、黄檀、枫香树林	马尾松林	2
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Camellia</i> <i>oleifera</i> forest	马尾松、油茶林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Castanopsis</i> <i>eyrei</i> forest	马尾松、甜槠林	马尾松林	50, 66, 93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Castanopsis</i> <i>fissa</i> forest	马尾松、黧蒴锥林	马尾松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana,</i> <i>Cunninghamia lanceolata,</i> <i>Castanopsis eyrei, Schima</i> <i>argentea</i> forest	马尾松、杉木、甜槠、银木荷林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Cupressus</i> <i>funebris</i> forest	马尾松、柏木林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Cupressus</i> <i>funebris, Camellia oleifera</i> forest	马尾松、柏木、油茶林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana,</i> <i>Erythrophleum fordii</i> forest	马尾松、格木林	马尾松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Keteleeria</i> <i>fortunei</i> forest	马尾松、油杉林	马尾松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Lespedeza</i> <i>bicolor</i> forest	马尾松、胡枝子林	马尾松林	38
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Lithocarpus</i> <i>glaber</i> forest	马尾松、柯林	马尾松林	93
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Michelia</i> <i>macclurei</i> forest	马尾松、醉香含笑林	马尾松林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Pinus fenzeliana</i> forest	马尾松、海南五针松林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Pseudotsuga sinensis</i> forest	马尾松、黄杉林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Quercus acutissima, Quercus variabilis</i> forest	马尾松、麻栎、栓皮栎林	马尾松林	2
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Quercus fabri, Loropetalum chinense</i> forest	马尾松、白栎、櫟木林	马尾松林	91
亚热带针叶林	<i>Pinus massoniana, Schima superba</i> forest	马尾松、木荷林	马尾松林	38, 50, 66, 93
亚热带针叶林	<i>Pinus morrisonicola</i> forest	台湾五针松林	台湾五针松林	20
亚热带针叶林	<i>Pinus taiwanensis</i> forest	黄山松林	黄山松林	8, 26, 33, 93
亚热带针叶林	<i>Pinus taiwanensis, Castanea seguini</i> forest	黄山松、茅栗林	黄山松林	50
亚热带针叶林	<i>Pinus taiwanensis, Castanopsis eyrei, Schima superba</i> forest	黄山松、甜槠、木荷林	黄山松林	50
亚热带针叶林	<i>Pinus taiwanensis, Lespedeza bicolor, Rhododendron simsii</i> forest	黄山松、胡枝子、杜鹃林	黄山松林	87
亚热带针叶林	<i>Pinus taiwanensis, Quercus serrata</i> forest	黄山松、枹栎林	黄山松林	50
亚热带针叶林	<i>Pinus taiwanensis, Schima superba</i> forest	黄山松、木荷林	黄山松林	50
亚热带针叶林	<i>Pinus yunnanensis, Castanopsis or Lithocarpus, Schima wallichii</i> forest	云南松、栲类、红木荷林	云南松林	24
亚热带针叶林	<i>Pinus yunnanensis, Fagaceae, Keteleeria evelyniana, Alnus nepalensis</i> forest	云南松、栎类、云南油杉、尼泊尔桤木林	云南松林	24
亚热带针叶林	<i>Pinus yunnanensis, Pinus kesiya</i> forest	云南松、思茅松林	云南松林	89
亚热带针叶林	<i>Pinus yunnanensis, Quercus semecarpifolia</i> forest	云南松、高山栎林	云南松林	24
亚热带针叶林	<i>Podocarpus nerifolius</i> forest	百日青林	百日青林	5
亚热带针叶林	<i>Podocarpus nerifolius, Camellia pitardii</i> forest	百日青、西南山茶林	百日青林	93
亚热带针叶林	<i>Podocarpus wangii</i> forest	小叶罗汉松林	小叶罗汉松林	5, 7
亚热带针叶林	<i>Podocarpus wangii, Rhododendron haofui</i> forest	小叶罗汉松、光枝杜鹃林	小叶罗汉松林	93
亚热带针叶林	<i>Pseudolarix amabilis</i> forest	金钱松林	金钱松林	2, 26, 38, 43, 50, 66, 90, 91
亚热带针叶林	<i>Pseudotsuga brevifolia</i> forest	短叶黄杉林	短叶黄杉林	5, 7, 93
亚热带针叶林	<i>Pseudotsuga brevifolia, Calocedrus macrolepis</i> forest	短叶黄杉、翠柏林	短叶黄杉林	8
亚热带针叶林	<i>Taiwania cryptomerioides</i> forest	台湾杉林	台湾杉林	7, 8, 24, 26, 33, 49, 81, 93
亚热带针叶林	<i>Torreya grandis</i> forest	榧树林	榧树林	28, 30, 50, 66
亚热带针叶林	<i>Torreya jackii</i> forest	长叶榧树林	长叶榧树林	30
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuanensis</i> forest	资源冷杉林	资源冷杉林	5, 10, 26, 32, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuanensis</i> , <i>Tsuga chinensis</i> forest	资源冷杉、铁杉林	资源冷杉林	80
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies chensiensis</i> forest	秦岭冷杉林	秦岭冷杉林	18, 26, 45, 68, 70, 74, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies ernestii</i> forest	黄果冷杉林	黄果冷杉林	1, 19, 22, 26, 46, 47
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies ernestii</i> var. <i>salouenensis</i> forest	云南黄果冷杉林	云南黄果冷杉林	26
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies fanjingshanensis</i> forest	梵净山冷杉林	梵净山冷杉林	8, 26
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies fanjingshanensis</i> , <i>Tsuga chinensis</i> forest	梵净山冷杉、铁杉林	梵净山冷杉林	33
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies firma</i> forest	日本冷杉林	日本冷杉林	38
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies georgei</i> , <i>Abies forrestii</i> , <i>Picea likiangensis</i> forest	长苞冷杉、川滇冷杉、丽江云杉林	长苞冷杉、川滇冷杉、丽江云杉林	89
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies kawakamii</i> forest	台湾冷杉林	台湾冷杉林	20, 26, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies nukiangensis</i> forest	怒江冷杉林	怒江冷杉林	26, 49, 54
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies spectabilis</i> forest	西藏冷杉林	西藏冷杉林	26
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies spectabilis</i> , <i>Picea spinulosa</i> forest	西藏冷杉、喜马拉雅云杉林	西藏冷杉林	89
亚热带和热带山地针叶林	<i>Abies yuanbaoshanensis</i> forest	元宝山冷杉林	元宝山冷杉林	5, 26, 32, 93
亚热带和热带山地针叶林	<i>Amentotaxus argotaenia</i> forest	穗花杉林	穗花杉林	10
亚热带和热带山地针叶林	<i>Cathaya argyrophylla</i> forest	银杉林	银杉林	1, 5, 7, 8, 10, 26, 32, 33, 36, 46, 93
亚热带和热带山地针叶林	<i>Cathaya argyrophylla</i> , <i>Fokienia hodginsii</i> forest	银杉、福建柏林	银杉林	91
亚热带和热带山地针叶林	<i>Cathaya argyrophylla</i> , <i>Pinus kwangtungensis</i> forest	银杉、华南五针松林	银杉林	91
亚热带和热带山地针叶林	<i>Cathaya argyrophylla</i> , <i>Tsuga chinensis</i> forest	银杉、铁杉林	银杉林	91
亚热带和热带山地针叶林	<i>Cathaya argyrophylla</i> , <i>Tsuga longibracteata</i> forest	银杉、长苞铁杉林	银杉林	91
亚热带和热带山地针叶林	<i>Juniperus indica</i> forest	滇藏方枝柏林	滇藏方枝柏林	22, 24, 79, 81
亚热带和热带山地针叶林	<i>Juniperus pingii</i> forest	垂枝香柏林	垂枝香柏林	1, 19, 26, 46
亚热带和热带山地针叶林	<i>Juniperus recurva</i> forest	垂枝柏林	垂枝柏林	1, 22, 24, 49
亚热带和热带山地针叶林	<i>Juniperus squamata</i> forest	高山柏林	高山柏林	20

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带和热带山地针叶林	<i>Larix griffithii</i> forest	藏红杉林	藏红杉林	1, 22, 26, 47, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Larix himalaica</i> forest	喜马拉雅红杉林	喜马拉雅红杉林	22, 26, 47, 79, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Larix mastersiana</i> forest	四川红杉林	四川红杉林	1, 46, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Larix speciosa</i> forest	怒江红杉林	怒江红杉林	22, 47, 64, 81, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea asperata</i> , <i>Picea purpurea</i> , <i>Abies fargesii</i> var. <i>faxoniana</i> forest	云杉、紫果云杉、岷江冷杉林	云杉、紫果云杉、岷江冷杉林	89
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea brachytyla</i> forest	麦吊云杉林	麦吊云杉林	1, 19, 26, 45, 55
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea likiangensis</i> var. <i>hirtella</i> forest	黄果云杉林	黄果云杉林	55
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea likiangensis</i> , <i>Abies georgei</i> forest	丽江云杉、长苞冷杉林	丽江云杉、长苞冷杉林	87
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea morrisonicola</i> forest	台湾云杉林	台湾云杉林	20, 26, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea morrisonicola</i> , <i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i> forest	台湾云杉、台湾铁杉林	台湾云杉林	20
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea smithiana</i> forest	长叶云杉林	长叶云杉林	22, 26, 47
亚热带和热带山地针叶林	<i>Picea spinulosa</i> forest	喜马拉雅云杉林	喜马拉雅云杉林	22, 26, 47, 79
亚热带和热带山地针叶林	<i>Pinus roxburghii</i> forest	喜马拉雅长叶松林	喜马拉雅长叶松林	26, 47, 90
亚热带和热带山地针叶林	<i>Pseudotsuga sinensis</i> forest	黄杉林	黄杉林	8, 10, 26, 29, 33, 36, 81, 91
亚热带和热带山地针叶林	<i>Taxus wallichiana</i> var. <i>chinensis</i> forest	红豆杉林	红豆杉林	93
亚热带和热带山地针叶林	<i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i> forest	南方红豆杉林	南方红豆杉林	5, 17
亚热带和热带山地针叶林	<i>Tsuga chinensis</i> forest	铁杉林	铁杉林	3, 5, 8, 10, 18, 19, 26, 30, 32, 33, 36, 38, 45, 46, 59, 68, 74, 87, 91, 93
亚热带和热带山地针叶林	<i>Tsuga chinensis</i> , <i>Pinus kwangtungensis</i> forest	铁杉、华南五针松林	铁杉林	91
亚热带和热带山地针叶林	<i>Tsuga longibracteata</i> forest	长苞铁杉林	长苞铁杉林	3, 5, 8, 10, 26, 30, 32, 33, 36, 91, 93
亚热带和热带山地针叶林	<i>Tsuga longibracteata</i> , <i>Pinus kwangtungensis</i> forest	长苞铁杉、华南五针松林	长苞铁杉林	91
<b>II 针阔混交林 Mixed needleleaf and broadleaf forest</b>				
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies holophylla</i> , <i>Pinus koraiensis</i> , broadleaf deciduous trees mixed forest	杉松、红松、落叶阔叶树混交林	杉松、红松、落叶阔叶树混交林	12, 71
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies holophylla</i> , <i>Tilia amurensis</i> forest	杉松、紫椴林	杉松、紫椴林	12

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies nephrolepis, Picea jezoensis, Betula costata</i> forest	臭冷杉、鱼鳞云杉、硕桦林	臭冷杉、鱼鳞云杉、硕桦林	12
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>principis-rupprechtii</i> , <i>Betula platyphylla</i> forest	华北落叶松、白桦林	华北落叶松、白桦林	17
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Picea crassifolia, Populus davidiana</i> forest	青海云杉、山杨林	青海云杉、山杨林	14
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Pinus koraiensis, Tilia amurensis, Betula costata</i> forest	红松、紫椴、硕桦林	红松、紫椴林	1, 11, 84
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Pinus koraiensis, Tilia amurensis, Fraxinus mandshurica</i> forest	红松、紫椴、水曲柳林	红松、紫椴林	11
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Pinus koraiensis, Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> forest	红松、春榆林	红松、春榆林	11
温带针叶、落叶阔叶混交林	<i>Pinus pumila, Betula ermanii</i> forest	偃松、岳桦林	偃松、岳桦林	87
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuensis</i> , <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> forest	资源冷杉、褐叶青冈林	资源冷杉、褐叶青冈林	6
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuensis</i> , <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> forest	资源冷杉、褐叶青冈、多脉青冈林	资源冷杉、褐叶青冈林	36
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuensis</i> , <i>Fagaceae</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	资源冷杉、椆类、水青冈林	资源冷杉、椆类、水青冈林	36
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuensis</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	资源冷杉、亮叶水青冈林	资源冷杉、亮叶水青冈林	36
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies beshanzuensis</i> var. <i>ziyuensis</i> , <i>Phyllostachys edulis</i> , <i>Schima argentea</i> forest	资源冷杉、毛竹、银木荷林	资源冷杉、毛竹、银木荷林	36
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies fargesii, Betula albosinensis</i> forest	巴山冷杉、红桦林	巴山冷杉、红桦林	74
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Abies yuanbaoshanensis, Lithocarpus cleistocarpus</i> forest	元宝山冷杉、包槲柯林	元宝山冷杉、包槲柯林	6
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Amentotaxus argotaenia, Machilus thunbergii</i> forest	穗花杉、红楠林	穗花杉、红楠林	93
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Cathaya argyrophylla, Tsuga chinensis</i> , <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> forest	银杉、铁杉、小叶青冈林	银杉、铁杉、小叶青冈林	91
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Cathaya argyrophylla, Tsuga longibracteata</i> , <i>Anneslea fragrans</i> forest	银杉、长苞铁杉、茶梨林	银杉、长苞铁杉、茶梨林	80
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Chamaecyparis formosensis</i> , <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> , <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i> , <i>Acer morrisonense</i> forest	红桧、云山青冈、台湾窄叶青冈、玉山枫林	红桧、云山青冈、台湾窄叶青冈、玉山枫林	20

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i> , <i>Cyclobalanopsis morii</i> , <i>Trochodendron aralioides</i> , <i>Acer caudatifolium</i> forest	台湾扁柏、台湾青冈、昆栏树、尖尾枫林	台湾扁柏、台湾青冈、昆栏树、尖尾枫林	20
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	Mixed <i>Torreya grandis</i> 'Merrillii', needleleaf and broadleaf forest	香榧针阔叶混交林	香榧针阔叶混交林	80
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	Mixed <i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i> , needleleaf and broadleaf forest	台湾铁杉针阔叶混交林	台湾铁杉针阔叶混交林	90
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	Mixed <i>Tsuga chinensis</i> , needleleaf and broadleaf forest	铁杉针阔叶混交林	铁杉针阔叶混交林	1, 38, 50, 70, 90, 91
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Picea morrisonicola</i> , <i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i> , <i>Trochodendron aralioides</i> , <i>Lithocarpus amygdalifolius</i> forest	台湾云杉、台湾铁杉、昆栏树、杏叶柯林	台湾云杉、台湾铁杉、昆栏树、杏叶柯林	20
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Pseudotsuga forrestii</i> , <i>Corylus chinensis</i> , <i>Betula</i> spp. forest	澜沧黄杉、华榛、桦木林	澜沧黄杉、华榛、桦木林	64
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Taxus wallichiana</i> var. <i>chinensis</i> , <i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i> , broadleaf deciduous trees mixed forest	红豆杉、南方红豆杉、阔叶树种混交林	红豆杉、南方红豆杉、阔叶树种混交林	80
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i> , <i>Illicium majus</i> forest	南方红豆杉、大八角林	南方红豆杉、大八角林	93
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Taxus wallichiana</i> , <i>Photinia serratifolia</i> forest	喜马拉雅红豆杉、石楠林	云南红豆杉、石楠林	64
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga chinensis</i> , <i>Cleyera pachyphylla</i> forest	铁杉、厚叶红淡比林	铁杉、厚叶红淡比林	6
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga chinensis</i> , <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> forest	铁杉、褐叶青冈林	铁杉、褐叶青冈林	6
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga longibracteata</i> , <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> , <i>Schima remotiserrata</i> forest	长苞铁杉、小叶青冈、疏齿木荷林	长苞铁杉、小叶青冈、疏齿木荷林	91
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga longibracteata</i> , <i>Fokienia hodginsii</i> , <i>Schima argentea</i> forest	长苞铁杉、福建柏、银木荷林	长苞铁杉、福建柏、银木荷林	91
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga longibracteata</i> , <i>Lithocarpus chrysocomus</i> forest	长苞铁杉、金毛柯林	长苞铁杉、金毛柯林	6, 93
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga longibracteata</i> , <i>Rhodoleia parvipetala</i> forest	长苞铁杉、小花红花荷林	长苞铁杉、小花红花荷林	93
亚热带山地针叶、常绿阔叶、落叶阔叶混交林	<i>Tsuga longibracteata</i> , <i>Schima argentea</i> forest	长苞铁杉、银木荷林	长苞铁杉、银木荷林	6
<b>III 阔叶林 Broadleaf Forest</b>				
温带落叶阔叶林	<i>Acer mandshuricum</i> forest	东北枫林	东北枫林	12
温带落叶阔叶林	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> forest	五角枫林	五角枫林	12, 37, 52, 85

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶林	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Acer truncatum</i> , <i>Carpinus cordata</i> forest	五角枫、元宝枫、千金榆林	五角枫林	59
温带落叶阔叶林	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Betula albosinensis</i> , <i>Pterocarya stenoptera</i> forest	五角枫、红桦、枫杨林	五角枫林	70
温带落叶阔叶林	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Fraxinus chinensis</i> subsp. <i>rhynchophylla</i> , <i>Ulmus laciniata</i> forest	五角枫、花曲柳、裂叶榆林	五角枫林	12
温带落叶阔叶林	<i>Acer truncatum</i> forest	元宝枫林	元宝枫林	12
温带落叶阔叶林	<i>Ailanthus altissima</i> forest	臭椿林	臭椿林	9, 27, 34, 44
温带落叶阔叶林	<i>Alnus hirsuta</i> forest	辽东桤木林	辽东桤木林	27, 71, 83, 84, 88
温带落叶阔叶林	<i>Alnus japonica</i> forest	日本桤木林	日本桤木林	1, 11, 12, 16, 27, 37, 39, 43, 84
温带落叶阔叶林	<i>Armeniaca sibirica</i> forest	山杏林	山杏林	62, 84, 87
温带落叶阔叶林	<i>Armeniaca vulgaris</i> forest	杏林	杏林	12, 23, 27, 48, 51
温带落叶阔叶林	<i>Armeniaca vulgaris</i> var. <i>ansu</i> forest	野杏林	野杏林	21
温带落叶阔叶林	<i>Betula albosinensis</i> , <i>Salix caprea</i> forest	红桦、黄花柳林	红桦、黄花柳林	87
温带落叶阔叶林	<i>Betula chinensis</i> forest	坚桦林	坚桦林	1, 9, 18, 34, 39, 59, 67, 84, 85
温带落叶阔叶林	<i>Betula costata</i> forest	硕桦林	硕桦林	9, 12, 34, 37, 39, 52, 67, 84, 85, 88
温带落叶阔叶林	<i>Betula costata</i> , <i>Ulmus laciniata</i> forest	硕桦、裂叶榆林	硕桦林	87
温带落叶阔叶林	<i>Betula dahurica</i> forest	黑桦林	黑桦林	1, 9, 12, 13, 27, 39, 40, 52, 67, 82, 83, 84, 85, 87, 88
温带落叶阔叶林	<i>Betula pendula</i> forest	垂枝桦林	垂枝桦林	23, 27, 48, 51
温带落叶阔叶林	<i>Betula tianschanica</i> forest	天山桦林	天山桦林	23, 27, 48
温带落叶阔叶林	<i>Carpinus cordata</i> forest	千金榆林	千金榆林	5, 59
温带落叶阔叶林	<i>Carpinus cordata</i> , <i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Tilia amurensis</i> forest	千金榆、五角枫、紫椴林	千金榆林	71, 84
温带落叶阔叶林	<i>Carpinus turczaninowii</i> forest	鹅耳枥林	鹅耳枥林	9, 12, 16, 33, 34, 44, 59, 67, 70, 84, 85
温带落叶阔叶林	<i>Carpinus turczaninowii</i> , <i>Acer</i> sp., <i>Ulmus</i> sp. forest	鹅耳枥、槭、榆林	鹅耳枥林	17
温带落叶阔叶林	<i>Carpinus turczaninowii</i> , <i>Idesia polycarpa</i> , <i>Acer</i> spp. forest	鹅耳枥、山桐子、槭树林	鹅耳枥林	18, 45
温带落叶阔叶林	<i>Castanea mollissima</i> forest	板栗林	板栗林	7, 17, 18, 28, 30, 38, 49, 50, 70, 93
温带落叶阔叶林	<i>Catalpa bungei</i> forest	楸树林	楸树林	16, 27, 35, 43
温带落叶阔叶林	<i>Catalpa fargesii</i> forest	灰楸林	灰楸林	24, 49
温带落叶阔叶林	<i>Catalpa ovata</i> forest	梓树林	梓树林	12
温带落叶阔叶林	<i>Celtis bungeana</i> coppicewood	黑弹树矮林	黑弹树矮林	12, 84
温带落叶阔叶林	<i>Celtis bungeana</i> , <i>Ulmus pumila</i> forest	黑弹树、榆树林	黑弹树、榆树林	86
温带落叶阔叶林	<i>Celtis jessoensis</i> forest	狭叶朴林	狭叶朴林	12

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶林	<i>Celtis koraiensis</i> forest	大叶朴林	大叶朴林	12
温带落叶阔叶林	<i>Chosenia arbutifolia</i> forest	钻天柳林	钻天柳林	1, 11, 12, 27, 37, 71, 82, 83, 84
温带落叶阔叶林	<i>Cornus officinalis</i> forest	山茱萸林	山茱萸林	17, 28, 50
温带落叶阔叶林	<i>Dipteronia sinensis, Euptelea pleiosperma, Fraxinus mandshurica</i> forest	金钱枫、领春木、水曲柳林	金钱枫、领春木、水曲柳林	59
温带落叶阔叶林	<i>Elaeagnus angustifolia</i> forest	沙枣林	沙枣林	31, 40
温带落叶阔叶林	<i>Elaeagnus oxycarpa</i> forest	尖果沙枣林	尖果沙枣林	1, 27, 48, 77
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus bungeana</i> coppicewood	小叶白蜡树矮林	小叶白蜡树矮林	12
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus chinensis</i> subsp. <i>rhynchophylla</i> forest	花曲柳林	花曲柳林	12, 39, 67, 84
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus chinensis</i> subsp. <i>rhynchophylla</i> , <i>Tetraodium daniellii</i> , <i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> forest	花曲柳、臭檀吴萸、五角枫林	花曲柳林	9
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus mandshurica</i> forest	水曲柳林	水曲柳林	12, 27, 39, 62, 84, 86
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus mandshurica, Betula platyphylla</i> forest	水曲柳、白桦林	水曲柳林	11, 18
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus mandshurica, Juglans mandshurica</i> forest	水曲柳、胡桃楸林	水曲柳林	11, 37, 71, 84, 88
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus mandshurica, Juglans mandshurica, Populus davidiana, Betula platyphylla</i> forest	水曲柳、胡桃楸、山杨、白桦林	水曲柳林	11
温带落叶阔叶林	<i>Fraxinus sogdiana</i> forest	天山桦林	天山桦林	27, 48
温带落叶阔叶林	<i>Juglans hopeiensis</i> forest	麻核桃林	麻核桃林	23
温带落叶阔叶林	<i>Juglans mandshurica</i> forest	胡桃楸林	胡桃楸林	9, 12, 27, 39, 52, 67, 74
温带落叶阔叶林	<i>Juglans mandshurica, Acer</i> spp. forest	胡桃楸、槭树林	胡桃楸林	18, 45
温带落叶阔叶林	<i>Juglans mandshurica, Fraxinus chinensis</i> subsp. <i>rhynchophylla</i> forest	胡桃楸、花曲柳林	胡桃楸林	71
温带落叶阔叶林	<i>Juglans mandshurica, Tilia mandshurica</i> forest	胡桃楸、糠椴林	胡桃楸林	11
温带落叶阔叶林	<i>Juglans regia</i> forest	胡桃林	胡桃林	7, 28, 31, 33, 42, 48, 49, 51, 54, 93
温带落叶阔叶林	<i>Kalopanax Septemlobus</i> forest	刺楸林	刺楸林	37, 84
温带落叶阔叶林	<i>Koelreuteria paniculata</i> coppicewood	栾树矮林	栾树矮林	12, 84
温带落叶阔叶林	<i>Maackia amurensis</i> forest	朝鲜槐林	朝鲜槐林	12
温带落叶阔叶林	<i>Oyama sieboldii</i> forest	天女花林	天女花林	69
温带落叶阔叶林	<i>Padus avium</i> forest	稠李林	稠李林	12
温带落叶阔叶林	<i>Paulownia catalpifolia</i> forest	楸叶泡桐林	楸叶泡桐林	34
温带落叶阔叶林	<i>Paulownia elongata</i> forest	兰考泡桐林	兰考泡桐林	27, 34
温带落叶阔叶林	<i>Paulownia tomentosa</i> forest	毛泡桐林	毛泡桐林	27, 34
温带落叶阔叶林	<i>Phellodendron amurense</i> forest	黄檗林	黄檗林	12, 27
温带落叶阔叶林	<i>Pistacia chinensis, Koelreuteria paniculata</i> forest	黄连木、栾树林	黄连木、栾树林	16

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶林	<i>Platycarya strobilacea, Acer cappadocicum, Cercis chinensis</i> forest	化香树、青皮枫、紫荆林	化香树、青皮枫、紫荆林	18
温带落叶阔叶林	<i>Populus afghanica</i> forest	阿富汗杨林	阿富汗杨林	48
温带落叶阔叶林	<i>Populus alba</i> forest	银白杨林	银白杨林	1, 23, 27, 48, 51
温带落叶阔叶林	<i>Populus canescens</i> forest	银灰杨林	银灰杨林	27, 48, 51
温带落叶阔叶林	<i>Populus davidiana, Quercus aliena</i> var. <i>acutiserrata</i> , <i>Juglans mandshurica</i> forest	山杨、锐齿槲栎、胡桃楸林	山杨、锐齿槲栎、胡桃楸林	59
温带落叶阔叶林	<i>Populus koreana</i> forest	香杨林	香杨林	11, 34, 84
温带落叶阔叶林	<i>Populus laurifolia</i> forest	苦杨林	苦杨林	27, 48, 51
温带落叶阔叶林	<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> forest	钻天杨林	钻天杨林	35
温带落叶阔叶林	<i>Populus pamirica</i> forest	帕米杨林	帕米杨林	27, 48
温带落叶阔叶林	<i>Populus pseudosimonii</i> forest	小青杨林	小青杨林	12, 84
温带落叶阔叶林	<i>Populus purdomii</i> forest	冬瓜杨林	冬瓜杨林	15, 18, 27, 42, 70
温带落叶阔叶林	<i>Populus purdomii, Betula albosinensis, Betula luminifera</i> forest	冬瓜杨、红桦、亮叶桦林	冬瓜杨林	18
温带落叶阔叶林	<i>Populus purdomii, Betula luminifera, Toxicodendron vernicifluum</i> forest	冬瓜杨、亮叶桦、漆树林	冬瓜杨林	18
温带落叶阔叶林	<i>Populus purdomii, Poliothyrsis sinensis, Toxicodendron vernicifluum</i> forest	冬瓜杨、山拐枣、漆树林	冬瓜杨林	70
温带落叶阔叶林	<i>Populus purdomii, Toxicodendron vernicifluum, Carpinus turczaninowii</i> forest	冬瓜杨、漆树、鹅耳枥林	冬瓜杨林	18
温带落叶阔叶林	<i>Populus suaveolens</i> forest	甜杨林	甜杨林	27, 82, 83, 84
温带落叶阔叶林	<i>Populus talassica</i> forest	密叶杨林	密叶杨林	1, 27, 48
温带落叶阔叶林	<i>Populus talassica, Populus pilosa</i> forest	密叶杨、柔毛杨林	密叶杨林	23
温带落叶阔叶林	<i>Populus ussuriensis</i> forest	大青杨林	大青杨林	11, 27, 37, 84
温带落叶阔叶林	<i>Pterocarya macroptera</i> var. <i>insignis</i> , <i>Aesculus chinensis</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> forest	华西枫杨、七叶树、鹅耳枥林	华西枫杨、七叶树、鹅耳枥林	70
温带落叶阔叶林	<i>Pterocarya stenoptera, Toxicodendron vernicifluum, Acer spp.</i> forest	枫杨、漆、槭树林	枫杨、漆、槭树林	18, 45
温带落叶阔叶林	<i>Quercus acutissima, Platycarya strobilacea, Quercus variabilis</i> forest	麻栎、化香树、栓皮栎林	麻栎、化香树、栓皮栎林	18
温带落叶阔叶林	<i>Quercus aliena, Quercus mongolica, Acer truncatum</i> forest	槲栎、蒙古栎、元宝枫林	槲栎、蒙古栎、元宝枫林	12
温带落叶阔叶林	<i>Quercus aliena, Quercus mongolica, Quercus oxyphylla</i> forest	槲栎、蒙古栎、尖叶栎林	槲栎、蒙古栎、尖叶栎林	18
温带落叶阔叶林	<i>Quercus baronii, Carpinus turczaninowii</i> forest	榧子栎、鹅耳枥林	榧子栎、鹅耳枥林	18
温带落叶阔叶林	<i>Quercus mongolica, Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Tilia mongolica</i> forest	蒙古栎、五角枫、蒙椴林	蒙古栎、五角枫、蒙椴林	9

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶林	<i>Quercus mongolica, Populus davidiana</i> forest	蒙古栎、山杨林	蒙古栎、山杨林	18
温带落叶阔叶林	<i>Quercus mongolica, Quercus aliena</i> forest	蒙古栎、槲栎林	蒙古栎、槲栎林	18
温带落叶阔叶林	<i>Quercus mongolica, Quercus aliena, Populus davidiana</i> forest	蒙古栎、槲栎、山杨林	蒙古栎、槲栎林	18
温带落叶阔叶林	<i>Quercus mongolica, Quercus dentata, Quercus aliena</i> forest	蒙古栎、柞栎、槲栎林	蒙古栎、槲栎林	89
温带落叶阔叶林	<i>Quercus variabilis, Quercus aliena</i> forest	栓皮栎、槲栎林	栓皮栎、槲栎林	72
温带落叶阔叶林	<i>Salix alba</i> forest	白柳林	白柳林	27, 48, 51
温带落叶阔叶林	<i>Salix caprea, Populus purdomii</i> forest	黄花柳、冬瓜杨林	黄花柳、冬瓜杨林	18
温带落叶阔叶林	<i>Salix floderusii</i> forest	崖柳林	崖柳林	23
温带落叶阔叶林	<i>Salix maximowiczii</i> forest	大白柳林	大白柳林	12
温带落叶阔叶林	<i>Sophora japonica</i> forest	槐树林	槐树林	44
温带落叶阔叶林	<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>pekinensis</i> coppicewood	北京丁香矮林	北京丁香矮林	12
温带落叶阔叶林	<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>pekinensis, Fraxinus chinensis, Juglans mandshurica</i> forest	北京丁香、白蜡树、胡桃楸林	北京丁香、白蜡树、胡桃楸林	9
温带落叶阔叶林	<i>Tetradium ruticarpum, Betula chinensis, Fraxinus chinensis</i> subsp. <i>rhynchophylla</i> forest	吴茱萸、坚桦、花曲柳林	吴茱萸、坚桦、花曲柳林	21
温带落叶阔叶林	<i>Tilia amurensis</i> forest	紫椴林	紫椴林	12, 34, 52
温带落叶阔叶林	<i>Tilia amurensis, Betula costata</i> forest	紫椴、硕桦林	紫椴林	71
温带落叶阔叶林	<i>Tilia amurensis, Tilia mandshurica</i> forest	紫椴、糠椴林	紫椴林	16, 37
温带落叶阔叶林	<i>Tilia chinensis</i> forest	华椴林	华椴林	61
温带落叶阔叶林	<i>Tilia mandshurica</i> forest	糠椴林	糠椴林	12, 34, 52, 85
温带落叶阔叶林	<i>Tilia mandshurica, Acer truncatum, Juglans mandshurica</i> forest	糠椴、元宝枫、胡桃楸林	糠椴林	9
温带落叶阔叶林	<i>Tilia mongolica</i> forest	蒙椴林	蒙椴林	27, 34, 85
温带落叶阔叶林	<i>Tilia mongolica, Acer truncatum, Quercus mongolica</i> forest	蒙椴、元宝枫、蒙古栎林	蒙椴林	12
温带落叶阔叶林	<i>Tilia paucicostata</i> forest	少脉椴林	少脉椴林	61
温带落叶阔叶林	<i>Toxicodendron vernicifluum, Rhus potaninii</i> forest	漆树、青麸杨林	漆树、青麸杨林	17
温带落叶阔叶林	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> forest	春榆林	春榆林	27, 37, 84, 86
温带落叶阔叶林	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica, Fraxinus mandshurica</i> forest	春榆、水曲柳林	春榆林	1, 60, 71, 84
温带落叶阔叶林	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica, Populus</i> spp. forest	春榆、杨树林	春榆林	71
温带落叶小叶疏林	<i>Populus euphratica, Elaeagnus angustifolia</i> woodland	胡杨、沙枣疏林	胡杨、沙枣疏林	89

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带落叶阔叶林	<i>Acer amplum, Pyrus calleryana, Styrox japonicus</i> crawl forest	阔叶枫、豆梨、野茉莉矮曲林	阔叶枫、豆梨、野茉莉矮曲林	3
亚热带落叶阔叶林	<i>Acer caudatifolium, Acer morrisonense</i> forest	尖尾枫、玉山枫林	尖尾枫、玉山枫林	20
亚热带落叶阔叶林	<i>Acer flabellatum</i> forest	扇叶枫林	扇叶枫林	5, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Acer flabellatum, Cerasus serrulata, Tetracentron sinense</i> forest	扇叶枫、山樱花、水青树林	扇叶枫林	8
亚热带落叶阔叶林	<i>Acer tonkinense</i> forest	粗柄枫林	粗柄枫林	7
亚热带落叶阔叶林	<i>Aesculus chinensis</i> var. <i>wilsonii</i> forest	天师栗林	天师栗林	91
亚热带落叶阔叶林	<i>Albizia kalkora</i> forest	山槐林	山槐林	5, 7, 34
亚热带落叶阔叶林	<i>Albizia kalkora, Phyllanthus emblica, Alangium chinense</i> forest	山槐、余甘子、八角枫林	山槐林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Alniphyllum fortunei</i> forest	赤杨叶林	赤杨叶林	5, 7, 27, 30, 32, 38, 91, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Alnus cremastogyne</i> forest	桤木林	桤木林	18, 19
亚热带落叶阔叶林	<i>Alnus ferdinandi-coburgii</i> forest	川滇桤木林	川滇桤木林	55
亚热带落叶阔叶林	<i>Alnus formosana</i> forest	台湾桤木林	台湾桤木林	20
亚热带落叶阔叶林	<i>Alnus nepalensis, Betula luminifera</i> forest	尼泊尔桤木、亮叶桦林	尼泊尔桤木、亮叶桦林	8
亚热带落叶阔叶林	<i>Alnus trabeculosa</i> forest	江南桤木林	江南桤木林	2, 10, 27, 38, 59, 80
亚热带落叶阔叶林	<i>Betula alnoides</i> forest	西桦林	西桦林	5, 7, 27, 32, 49, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Betula austrosinensis</i> forest	华南桦林	华南桦林	5, 7, 32, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Betula cylindrostachya</i> forest	长穗桦林	长穗桦林	27, 47, 55
亚热带落叶阔叶林	<i>Betula luminifera</i> forest	亮叶桦林	亮叶桦林	2, 7, 10, 18, 27, 32, 36, 45, 68, 70, 76, 85, 91, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Boniodendron minus</i> forest	黄梨木林	黄梨木林	5, 7
亚热带落叶阔叶林	<i>Boniodendron minus, Pistacia chinensis</i> forest	黄梨木、黄连木林	黄梨木林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Boniodendron minus, Sinoadina racemosa</i> forest	黄梨木、鸡仔木林	黄梨木林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Boniodendron minus, Triadica rotundifolia</i> forest	黄梨木、圆叶乌桕林	黄梨木林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Burretiodendron esquirolii, Pteroceltis tatarinowii</i> forest	柄翅果、青檀林	柄翅果、青檀林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Carpinus pubescens</i> forest	云贵鹅耳枥林	云贵鹅耳枥林	8
亚热带落叶阔叶林	<i>Carpinus pubescens, Platycarya strobilacea</i> forest	云贵鹅耳枥、化香树林	云贵鹅耳枥林	8
亚热带落叶阔叶林	<i>Carpinus viminea</i> forest	雷公鹅耳枥林	雷公鹅耳枥林	5, 7
亚热带落叶阔叶林	<i>Carpinus viminea, Flex macropoda</i> forest	雷公鹅耳枥、大柄冬青林	雷公鹅耳枥林	50
亚热带落叶阔叶林	<i>Castanea henryi</i> forest	锥栗林	锥栗林	10, 30, 36, 38
亚热带落叶阔叶林	<i>Castanea henryi, Quercus variabilis</i> forest	锥栗、栓皮栎林	锥栗林	91
亚热带落叶阔叶林	<i>Castanea seguinitii</i> forest	茅栗林	茅栗林	2, 3, 29, 30, 59

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带落叶阔叶林	<i>Castanea seguinii, Quercus serrata, Fagus longipetiolata</i> forest	茅栗、枹栎、水青冈林	茅栗林	50
亚热带落叶阔叶林	<i>Celtis biondii</i> forest	紫弹树林	紫弹树林	5, 7, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Celtis sinensis</i> forest	朴树林	朴树林	3, 5, 7
亚热带落叶阔叶林	<i>Celtis sinensis, Kalopanax septemlobus</i> forest	朴树、刺楸林	朴树林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Celtis sinensis, Pteroceltis tatarinowii</i> forest	朴树、青檀林	朴树林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> forest	连香树林	连香树林	74
亚热带落叶阔叶林	<i>Choerospondias axillaris</i> forest	南酸枣林	南酸枣林	38, 66
亚热带落叶阔叶林	<i>Cladrastis platycarpa</i> forest	翅荚香槐林	翅荚香槐林	5, 7
亚热带落叶阔叶林	<i>Cladrastis platycarpa, Pistacia chinensis</i> forest	翅荚香槐、黄连木林	翅荚香槐林	8
亚热带落叶阔叶林	<i>Cladrastis platycarpa, Triadica rotundifolia</i> forest	翅荚香槐、圆叶乌桕林	翅荚香槐林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Clethra delavayi</i> forest	云南桤叶树林	云南桤叶树林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Clethra delavayi, Symplocos lucida, Eurya saxicola</i> crawl forest	云南桤叶树、光亮山矾、岩柃矮曲林	云南桤叶树林	3
亚热带落叶阔叶林	<i>Clethra kaipoensis</i> forest	贵州桤叶树林	贵州桤叶树林	5, 7, 33, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Cornus controversa, Liquidambar formosana</i> forest	灯台树、枫香树林	灯台树、枫香树林	91
亚热带落叶阔叶林	<i>Cornus controversa, Litsea cubeba, Fraxinus chinensis</i> crawl forest	灯台树、山鸡椒、白蜡树矮曲林	灯台树、山鸡椒、白蜡树矮曲林	3
亚热带落叶阔叶林	<i>Cornus wilsoniana</i> forest	光皮梾木林	光皮梾木林	7, 10, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Corylus chinensis</i> forest	华榛林	华榛林	91
亚热带落叶阔叶林	<i>Cyclocarya paliurus</i> forest	青钱柳林	青钱柳林	5
亚热带落叶阔叶林	<i>Cyclocarya paliurus, Litsea auriculata</i> forest	青钱柳、天目木姜子林	青钱柳林	50
亚热带落叶阔叶林	<i>Dalbergia hupeana</i> forest	黄檀林	黄檀林	2, 7, 27, 59
亚热带落叶阔叶林	<i>Davidia involucrata</i> forest	珙桐林	珙桐林	8, 27, 33, 36
亚热带落叶阔叶林	<i>Davidia involucrata</i> var. <i>vilmoriniana</i> forest	光叶珙桐林	光叶珙桐林	81
亚热带落叶阔叶林	<i>Diospyros lotus</i> forest	君迁子林	君迁子林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Fagus engleriana</i> forest	米心水青冈林	米心水青冈林	27, 33, 46, 74
亚热带落叶阔叶林	<i>Fagus hayatae</i> forest	台湾水青冈林	台湾水青冈林	20, 27, 46
亚热带落叶阔叶林	<i>Fagus hayatae, Fagus engleriana</i> forest	台湾水青冈、米心水青冈林	台湾水青冈林	19, 91
亚热带落叶阔叶林	<i>Fagus longipetiolata</i> forest	水青冈林	水青冈林	5, 8, 27, 29, 30, 33, 38, 46, 50, 74, 87, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Fagus lucida</i> forest	亮叶水青冈林	亮叶水青冈林	5, 8, 10, 27, 33, 36, 38, 46, 87, 91, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Fagus lucida, Fagus longipetiolata</i> forest	亮叶水青冈、水青冈林	亮叶水青冈林	19
亚热带落叶阔叶林	<i>Ficus virens</i> forest	黄葛树林	黄葛树林	7

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带落叶阔叶林	<i>Gmelina arborea</i> forest	云南石梓林	云南石梓林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Hovenia acerba, Aphananthe aspera</i> forest	枳椇、糙叶树林	枳椇、糙叶树林	3
亚热带落叶阔叶林	<i>Juglans mandshurica, Platycarya strobilacea</i> forest	胡桃楸、化香树林	胡桃楸林	20
亚热带落叶阔叶林	<i>Liquidambar acalycina</i> forest	缺萼枫香树林	缺萼枫香树林	5, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Liquidambar formosana, Alniphyllum fortunei</i> forest	枫香树、赤杨叶林	枫香树、赤杨叶林	3, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Liquidambar formosana, Catalpa fargesii</i> forest	枫香树、灰楸林	枫香树、灰楸林	81
亚热带落叶阔叶林	<i>Liquidambar formosana, Platycarya strobilacea</i> forest	枫香树、化香树林	枫香树、化香树林	66, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Liriodendron chinense</i> forest	鹅掌楸林	鹅掌楸林	5, 8, 33, 38, 50, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Litsea cubeba</i> forest	山鸡椒林	山鸡椒林	5, 10, 30, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Litsea cubeba, Salix heterochroma</i> forest	山鸡椒、紫枝柳林	山鸡椒林	55
亚热带落叶阔叶林	<i>Litsea mollis</i> forest	毛叶木姜子林	毛叶木姜子林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Macaranga denticulata</i> forest	中平树林	中平树林	5
亚热带落叶阔叶林	<i>Mallotus lianus</i> forest	东南野桐林	东南野桐林	5, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Mallotus paniculatus</i> forest	白楸林	白楸林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Melia azedarach</i> forest	棟林	棟林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Meliosma oldhamii</i> forest	红柴枝林	红柴枝林	54
亚热带落叶阔叶林	<i>Paulownia fortunei</i> forest	白花泡桐林	白花泡桐林	27, 30, 38, 43, 44
亚热带落叶阔叶林	<i>Pistacia chinensis</i> forest	黄连木林	黄连木林	5, 7, 59, 72, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Pistacia chinensis, Triadica rotundifolia</i> forest	黄连木、圆叶乌柏林	黄连木林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>platycarya strobilacea</i> forest	化香树林	化香树林	2, 5, 7, 27, 38, 49, 59, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus adenopoda</i> forest	响叶杨林	响叶杨林	5, 7, 10, 27, 32, 36, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus adenopoda, Betula luminifera</i> forest	响叶杨、亮叶桦林	响叶杨林	8
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus ciliata</i> var. <i>gyirongensis</i> forest	吉隆缘毛杨林	吉隆缘毛杨林	27, 47
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus haoana</i> forest	德钦杨林	德钦杨林	64
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus lasiocarpa</i> forest	大叶杨林	大叶杨林	33, 91
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus pseudoglaucra</i> forest	长序杨林	长序杨林	27, 47
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus rotundifolia</i> var. <i>bonati</i> forest	滇南山杨林	滇南山杨林	24, 81
亚热带落叶阔叶林	<i>Populus szechuanica, Betula platyphylla</i> forest	川杨、白桦林	川杨、白桦林	24
亚热带落叶阔叶林	<i>Pterocarya stenoptera</i> forest	枫杨林	枫杨林	2, 5, 7, 10, 12, 16, 30, 33, 38, 43, 59, 72, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Pterostyrax psilophyllus</i> forest	白辛树林	白辛树林	5, 33, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus chenii</i> forest	小叶栎林	小叶栎林	2, 27, 29, 38
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus fabri</i> forest	白栎林	白栎林	3, 5, 7, 10, 30, 87
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus fabri, Quercus variabilis</i> forest	白栎、栓皮栎林	白栎林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus griffithii</i> forest	大叶栎林	大叶栎林	5

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus serrata</i> forest	枹栎林	枹栎林	1, 10, 16, 18, 27, 30, 36, 38, 50, 59, 61, 70, 74, 85, 91
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus stewardii</i> forest	黄山栎林	黄山栎林	2, 27, 29, 50
亚热带落叶阔叶林	<i>Quercus variabilis</i> , <i>Quercus griffithii</i> forest	栓皮栎、大叶栎林	栓皮栎、大叶栎林	55
亚热带落叶阔叶林	<i>Radermachera sinica</i> forest	菜豆树林	菜豆树林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Rehderodendron kwangtungense</i> forest	广东木瓜红林	广东木瓜红林	5, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Rhoiptelea chiliantha</i> forest	马尾树林	马尾树林	5, 7, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Salix luctuosa</i> forest	丝毛柳林	丝毛柳林	64
亚热带落叶阔叶林	<i>Salix luctuosa</i> , <i>Populus adenopoda</i> forest	丝毛柳、响叶杨林	丝毛柳林	76
亚热带落叶阔叶林	<i>Sassafras randaiense</i> forest	台湾檫木林	台湾檫木林	20
亚热带落叶阔叶林	<i>Sassafras tzumu</i> forest	檫木林	檫木林	2, 27, 38, 50
亚热带落叶阔叶林	<i>Sinoadina racemosa</i> forest	鸡仔木林	鸡仔木林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Sorbus folgneri</i> forest	石灰花楸林	石灰花楸林	5, 7
亚热带落叶阔叶林	<i>Stewartia sinensis</i> forest	紫茎林	紫茎林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Styrax japonicus</i> , <i>Buxus sinica</i> var. <i>parvifolia</i> crawl forest	野茉莉、小叶黄杨矮曲林	野茉莉、小叶黄杨矮曲林	3
亚热带落叶阔叶林	<i>Styrax tonkinensis</i> forest	越南安息香林	越南安息香林	5, 7, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Symplocos paniculata</i> , <i>Stephanandra chinensis</i> forest	白檀、华空木林	白檀、华空木林	38
亚热带落叶阔叶林	<i>Tapiscia sinensis</i> , <i>Emmenopterys henryi</i> , <i>Meliosma alba</i> forest	瘿椒树、香果树、珂南树林	瘿椒树、香果树、珂南树林	50
亚热带落叶阔叶林	<i>Tilia chingiana</i> forest	短毛椴林	短毛椴林	38
亚热带落叶阔叶林	<i>Toona sinensis</i> forest	香椿林	香椿林	28, 54, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Toxicodendron vernicifluum</i> forest	漆树林	漆树林	18, 28, 30, 31, 33, 38, 49, 50, 74
亚热带落叶阔叶林	<i>Triadica cochinchinensis</i> forest	山乌柏林	山乌柏林	5
亚热带落叶阔叶林	<i>Triadica rotundifolia</i> forest	圆叶乌柏林	圆叶乌柏林	5, 7
亚热带落叶阔叶林	<i>Triadica rotundifolia</i> , <i>Choerospindias axillaris</i> forest	圆叶乌柏、南酸枣林	圆叶乌柏林	93
亚热带落叶阔叶林	<i>Triadica sebifera</i> forest	乌柏林	乌柏林	18, 28, 30, 33, 38, 49, 50, 91, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Ulmus parvifolia</i> forest	榔榆林	榔榆林	7
亚热带落叶阔叶林	<i>Ulmus parvifolia</i> , <i>Celtis sinensis</i> forest	榔榆、朴树林	榔榆林	66, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Ulmus parvifolia</i> , <i>Cornus controversa</i> forest	榔榆、灯台树林	榔榆林	5, 93
亚热带落叶阔叶林	<i>Zelkova schneideriana</i> , <i>Pteroceltis tatarinowii</i> forest	大叶榉树、青檀林	大叶榉树、青檀林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Acer davidii</i> , <i>Rhododendron westlandii</i> forest	青榨枫、凯里杜鹃林	青榨枫、凯里杜鹃林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Acer davidii</i> , <i>Symplocos anomala</i> forest	青榨枫、薄叶山矾林	青榨枫、薄叶山矾林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Acer oblongum</i> , <i>Pistacia chinensis</i> forest	飞蛾树、黄连木林	飞蛾树、黄连木林	10, 36

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Archidendron turgidum</i> , <i>Pterospermum heterophyllum</i> forest	大叶合欢、翻白叶树林	大叶合欢、翻白叶树林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Beilschmiedia kweichowensis</i> , <i>Bridelia retusa</i> forest	贵州琼楠、大叶土蜜树林	贵州琼楠、大叶土蜜树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Betula alnoides</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	西桦、甜槠林	西桦、甜槠林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Boniodendron minus</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Mallotus philippensis</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	黄梨木、化香树、粗糠柴、青冈林	黄梨木、化香树、粗糠柴、青冈林	8
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Boniodendron minus</i> , <i>Sinosideroxylon pedunculatum</i> forest	黄梨木、铁榄林	黄梨木、铁榄林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Buxus sinica</i> , <i>Weigela japonica</i> var. <i>sinica</i> forest	黄杨、水马桑林	黄杨、水马桑林	38
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Canthium parvifolium</i> , <i>Boniodendron minus</i> forest	铁屎米、黄梨木林	铁屎米、黄梨木林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Carpinus viminea</i> , <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> forest	雷公鹅耳枥、褐叶青冈林	雷公鹅耳枥、褐叶青冈林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Carpinus viminea</i> , <i>Lithocarpus harlandii</i> forest	雷公鹅耳枥、港柯林	雷公鹅耳枥、港柯林	66
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanea henryi</i> , <i>Nyssa sinensis</i> , <i>Schima superba</i> , <i>Itea chinensis</i> forest	锥栗、蓝果树、木荷、鼠刺林	锥栗、蓝果树、木荷、鼠刺林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> forest	米槠、鹅耳枥林	米槠、鹅耳枥林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	米槠、硬斗柯、水青冈林	米槠、硬斗柯、水青冈林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis delavayi</i> , <i>Fraxinus floribunda</i> forest	高山栲、多花櫟林	高山栲、多花櫟林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Beilschmiedia yunnanensis</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> forest	甜槠、滇琼楠、缺萼枫香树林	甜槠、缺萼枫香树林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Betula austrosinensis</i> forest	甜槠、华南桦林	甜槠、华南桦林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Castanea henryi</i> forest	甜槠、锥栗林	甜槠、锥栗林	38
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Castanea henryi</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	甜槠、锥栗、水青冈林	甜槠、锥栗林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	甜槠、水青冈林	甜槠、水青冈林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	甜槠、亮叶水青冈林	甜槠、亮叶水青冈林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> forest	甜槠、缺萼枫香树林	甜槠、缺萼枫香树林	6, 27, 32, 91, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	甜槠、缺萼枫香树、水青冈林	甜槠、缺萼枫香树林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> forest	甜槠、白辛树林	甜槠、白辛树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis hainanensis</i> , <i>Triadica rotundifolia</i> forest	海南栲、圆叶乌柏林	海南栲、圆叶乌柏林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Acer sinense</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	红勾栲、中华枫、甜槠林	红勾栲、中华枫、甜槠林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	红勾栲、水青冈林	红勾栲、水青冈林	5, 32, 91, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	红勾栲、亮叶水青冈林	红勾栲、亮叶水青冈林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> forest	红勾栲、缺萼枫香树林	红勾栲、缺萼枫香树林	6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	红勾栲、硬斗柯、水青冈林	红勾栲、硬斗柯、水青冈林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Manglietia conifera</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	红勾栲、桂南木莲、亮叶水青冈林	红勾栲、桂南木莲、亮叶水青冈林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Manglietia conifera</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> forest	红勾栲、桂南木莲、白辛树林	红勾栲、桂南木莲、白辛树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> forest	红勾栲、白辛树林	红勾栲、白辛树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Tilia tuan</i> forest	红勾栲、椴树林	红勾栲、椴树林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Castanea henryi</i> , <i>Rhododendron simsii</i> forest	苦槠、锥栗、杜鹃林	苦槠、锥栗、杜鹃林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Quercus acutissima</i> forest	苦槠、化香树、麻栎林	苦槠、化香树、麻栎林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Quercus fabri</i> forest	苦槠、白栎林	苦槠、白栎林	27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Photinia benthamiana</i> forest	钩栲、栲树、闽粤石楠林	钩栲、栲树、闽粤石楠林	4
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	钩栲、水青冈林	钩栲、水青冈林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Meliiodendron xylocarpum</i> forest	钩栲、陀螺果林	钩栲、陀螺果林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Celtis sinensis</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	朴树、青冈林	朴树、青冈林	2, 29
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cerasus serrulata</i> , <i>Symplocos sumuntia</i> coppicewood	山樱花、山矾矮林	山樱花、山矾矮林	33

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cinnamomum bodinieri</i> , <i>Catalpa fargesii</i> forest	猴樟、灰楸林	猴樟、灰楸林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cinnamomum camphora</i> , <i>Toona sinensis</i> forest	樟树、香椿林	樟树、香椿林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cinnamomum glanduliferum</i> , <i>Carpinus pubescens</i> forest	云南樟、云贵鹅耳枥林	云南樟、云贵鹅耳枥林	8
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cleidion bracteosum</i> , <i>Handeliodendron bodinieri</i> forest	灰岩棒柄花、掌叶木林	灰岩棒柄花、掌叶木林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Clethra delavayi</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	云南桤叶树、桂南木莲林	云南桤叶树、桂南木莲林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Clethra kaipoensis</i> , <i>Daphniphyllum oldhamii</i> forest	贵州桤叶树、虎皮楠林	贵州桤叶树、虎皮楠林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Clethra kaipoensis</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	贵州桤叶树、桂南木莲林	贵州桤叶树、桂南木莲林	5
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Clethra kaipoensis</i> , <i>Rhododendron ovatum</i> forest	贵州桤叶树、马银花林	贵州桤叶树、马银花林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis chungii</i> , <i>Acer cordatum</i> , <i>Alniphyllum fortunei</i> , <i>Lindera aggregata</i> forest	福建青冈、紫果枫、赤杨叶、乌药林	福建青冈、紫果枫、赤杨叶、乌药林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis disciformis</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Betula austrosinensis</i> forest	蝶斗青冈、多脉青冈、华南桦林	蝶斗青冈、多脉青冈、华南桦林	5
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis disciformis</i> , <i>Rhododendron haofui</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	蝶斗青冈、光枝杜鹃、水青冈林	蝶斗青冈、光枝杜鹃、水青冈林	5
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Albizia kalkora</i> forest	青冈、山槐林	青冈、山槐林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Aphanamixis polystachya</i> forest	青冈、山棟林	青冈、山棟林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Boniodendron minus</i> forest	青冈、黄梨木林	青冈、黄梨木林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Bridelia balansae</i> forest	青冈、禾串树林	青冈、禾串树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Bridelia retusa</i> forest	青冈、大叶土蜜树林	青冈、大叶土蜜树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Celtis biondii</i> forest	青冈、紫弹树林	青冈、紫弹树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Choerospondias axillaris</i> forest	青冈、南酸枣林	青冈、南酸枣林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Cladrastis platycarpa</i> , <i>Osmanthus fragrans</i> , <i>Triadica rotundifolia</i> forest	青冈、翅荚香槐、木犀、圆叶乌柏林	青冈、翅荚香槐、木犀、圆叶乌柏林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Cornus controversa</i> forest	青冈、灯台树林	青冈、灯台树林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> ,	青冈、细叶青冈、鹅耳枥、化香树林	青冈、细叶青冈、卵叶鹅耳枥、化香树林	1

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
	<i>Carpinus turczaninowii</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> forest			
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Loropetalum chinense</i> forest	青冈、櫟木林	青冈、櫟木林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Machilus calcicola</i> , <i>Cornus austrosinensis</i> forest	青冈、灰岩润楠、华南梾木林	青冈、灰岩润楠、华南梾木林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Machilus calcicola</i> , <i>Pistacia chinensis</i> forest	青冈、灰岩润楠、黄连木林	青冈、灰岩润楠、黄连木林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Paliurus hemsleyanus</i> forest	青冈、铜钱树林	青冈、铜钱树林	1, 18, 27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Pistacia chinensis</i> forest	青冈、黄连木林	青冈、黄连木林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Pistacia chinensis</i> , <i>Albizia kalkora</i> forest	青冈、黄连木、山槐林	青冈、黄连木、山槐林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Platycarya glandulosa</i> forest	青冈、小化香树林	青冈、小化香树林	6, 32, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> forest	青冈、化香树林	青冈、化香树林	4, 5, 6, 55, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Pteroceltis tatarinowii</i> forest	青冈、青檀林	青冈、青檀林	1, 6, 36, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Quercus chenii</i> , <i>Triadica sebifera</i> forest	青冈、小叶栎、乌柏林	青冈、小叶栎、乌柏林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Quercus fabri</i> forest	青冈、白栎林	青冈、白栎林	10, 36
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Quercus serrata</i> forest	青冈、枹栎林	青冈、枹栎林	2, 27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Radermachera sinica</i> forest	青冈、菜豆树林	青冈、菜豆树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Triadica rotundifolia</i> forest	青冈、圆叶乌柏林	青冈、圆叶乌柏林	5, 6, 7, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Zenia insignis</i> forest	青冈、任豆林	青冈、任豆林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glaucooides</i> , <i>Platycarya glandulosa</i> forest	滇青冈、小化香树林	滇青冈、小化香树林	6, 32, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis glaucooides</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Juglans mandshurica</i> forest	滇青冈、化香树、胡桃楸林	滇青冈、化香树、胡桃楸林	19
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i> , <i>Carpinus viminea</i> forest	细叶青冈、雷公鹅耳枥林	细叶青冈、雷公鹅耳枥林	1
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i> , <i>Neoshirakia japonica</i> forest	细叶青冈、白木乌柏林	细叶青冈、白木乌柏林	27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Acer sinense</i> forest	多脉青冈、中华枫林	多脉青冈、中华枫林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> forest	多脉青冈、鹅耳枥林	多脉青冈、鹅耳枥林	91

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> , <i>Acer sinense</i> forest	多脉青冈、甜槠、缺萼枫香树、中华枫林	多脉青冈、甜槠、缺萼枫香树、中华枫林	1
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Cleyera pachyphylla</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> forest	多脉青冈、厚叶红淡比、鹅耳枥、缺萼枫香树林	多脉青冈、厚叶红淡比、鹅耳枥、缺萼枫香树林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Davida involucrata</i> , <i>Pterostyrax corymbosus</i> forest	多脉青冈、珙桐、小叶白辛树林	多脉青冈、珙桐、小叶白辛树林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Fagus lucida</i> , <i>Carpinus fargesiana</i> forest	多脉青冈、亮叶水青冈、川陕鹅耳枥林	多脉青冈、亮叶水青冈林	10, 36
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Fagus lucida</i> , <i>Illicium jiadifengpi</i> forest	多脉青冈、亮叶水青冈、假地枫皮林	多脉青冈、亮叶水青冈林	10, 36
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Fagus lucida</i> , <i>Lithocarpus cleistocarpus</i> forest	多脉青冈、亮叶水青冈、包槲柯林	多脉青冈、亮叶水青冈林	10, 36, 80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Fagus lucida</i> , <i>Schima argentea</i> forest	多脉青冈、亮叶水青冈、银木荷林	多脉青冈、亮叶水青冈林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> forest	小叶青冈、鹅耳枥林	小叶青冈、鹅耳枥林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i> , <i>Castanea mollissima</i> , <i>Carpinus fargesiana</i> forest	曼青冈、板栗、川陕鹅耳枥林	曼青冈、板栗、川陕鹅耳枥林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i> , <i>Meliosma glandulosa</i> forest	曼青冈、腺毛泡花树林	曼青冈、腺毛泡花树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Celtis bungeana</i> forest	曼青冈、化香树、黑弹树林	曼青冈、化香树、黑弹树林	18, 19
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	云山青冈、亮叶水青冈林	云山青冈、亮叶水青冈林	5, 6, 27, 32, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> , <i>Trochodendron aralioides</i> , <i>Acer caudatifolium</i> , <i>Acer morrisonense</i> forest	云山青冈、昆栏树、尖尾枫、玉山枫林	云山青冈、昆栏树、尖尾枫、玉山枫林	20
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> , <i>Cerasus serrulata</i> , <i>Acer flabellatum</i> forest	褐叶青冈、山樱花、扇叶枫林	褐叶青冈、山樱花、扇叶枫林	8
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> , <i>Enkianthus quinqueflorus</i> forest	褐叶青冈、吊钟花林	褐叶青冈、吊钟花林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	褐叶青冈、亮叶水青冈林	褐叶青冈、亮叶水青冈林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Daphniphyllum macropodum</i> , <i>Clethra kaipoensis</i> forest	交让木、贵州桤叶树林	交让木、贵州桤叶树林	5, 6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Daphniphyllum macropodum</i> , <i>Toxicodendron succedaneum</i> forest	交让木、野漆林	交让木、野漆林	7

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Diospyros cathayensis, Pistacia chinensis, Celtis julianae, Vitex canescens</i> forest	乌柿、黄连木、珊瑚朴、灰毛牡荆林	乌柿、黄连木、珊瑚朴、灰毛牡荆林	8
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Disanthus cercidifolius</i> subsp. <i>longipes</i> , <i>Camellia pitardii</i> forest	长柄双花木、西南山茶林	长柄双花木、西南山茶林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Distylium elaeagnoides, Celtis sinensis</i> forest	鳞毛蚊母树、朴树林	鳞毛蚊母树、朴树林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Distylium myricoides, Carpinus viminea</i> forest	杨梅蚊母树、雷公鹅耳枥林	杨梅蚊母树、雷公鹅耳枥林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Emmenopterys henryi</i> forest	香果树林	香果树林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Engelhardia roxburghiana, Celtis sinensis</i> forest	黄杞、朴树林	黄杞、朴树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Engelhardia roxburghiana, Choerospondias axillaris</i> forest	黄杞、南酸枣林	黄杞、南酸枣林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Enkianthus chinensis, Rhododendron fortunei</i> forest	灯笼吊钟花、云锦杜鹃林	灯笼吊钟花、云锦杜鹃林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Enkianthus quinqueflorus, Rhododendron fortunei</i> forest	吊钟花、云锦杜鹃林	吊钟花、云锦杜鹃林	1, 38
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus engleriana, Cyclobalanopsis glauca, Daphniphyllum macropodium</i> forest	米心水青冈、青冈、交让木林	米心水青冈、青冈、交让木林	1, 27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus longipetiolata, Castanopsis carlesii</i> var. <i>spinulosa</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> forest	水青冈、短刺米槠、缺萼枫香树林	水青冈、短刺米槠、缺萼枫香树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus longipetiolata, Cyclobalanopsis oxyodon, Distylium myricoides</i> forest	水青冈、曼青冈、杨梅蚊母树林	水青冈、曼青冈、杨梅蚊母树林	1, 27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus longipetiolata, Cyclobalanopsis sessilifolia</i> forest	水青冈、云山青冈林	水青冈、云山青冈林	66
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus longipetiolata, Manglietia fordiana, Cyclobalanopsis sessilifolia</i> forest	水青冈、木莲、云山青冈林	水青冈、木莲、云山青冈林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus lucida, Cyclobalanopsis glauca</i> forest	亮叶水青冈、青冈林	亮叶水青冈、青冈林	1
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus lucida, Illicium dunnianum, Cyclobalanopsis multinervi</i> forest	亮叶水青冈、红花八角、多脉青冈林	亮叶水青冈、红花八角、多脉青冈林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fagus lucida, Lithocarpus cleistocarpus</i> forest	亮叶水青冈、包槲柯林	亮叶水青冈、包槲柯林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Ficus microcarpa, Boniodendron minus</i> forest	榕树、黄梨木林	榕树、黄梨木林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Ficus microcarpa, Cyclobalanopsis glauca, Gleditsia fera</i> forest	榕树、青冈、华南皂莢林	榕树、青冈、华南皂莢林	5, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Ficus virens</i> , <i>Ficus microcarpa</i> , <i>Triadica rotundifolia</i> , <i>Sterculia lanceolata</i> forest	黄葛树、榕树、圆叶乌桕、假苹婆林	黄葛树、榕树、圆叶乌桕、假苹婆林	4
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Fortunearia sinensis</i> , <i>Phoebe sheareri</i> forest	牛鼻栓、紫楠林	牛鼻栓、紫楠林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Halesia macgregorii</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	银钟花、甜槠林	银钟花、甜槠林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Indosasa shibataeoides</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Sorbus folgneri</i> forest	摆竹、多脉青冈、石灰花楸林	摆竹、多脉青冈、石灰花楸林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Indosasa shibataeoides</i> , <i>Daphniphyllum macropodium</i> , <i>Clethra kaipoensis</i> forest	摆竹、交让木、贵州桤叶树林	摆竹、交让木、贵州桤叶树林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar acalycina</i> , <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> forest	缺萼枫香树、褐叶青冈林	缺萼枫香树、褐叶青冈林	29
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Castanopsis sclerophylla</i> forest	枫香树、苦槠林	枫香树、苦槠林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Loropetalum chinense</i> forest	枫香树、苦槠、櫟木林	枫香树、苦槠林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	枫香树、青冈林	枫香树、青冈林	2, 66
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Cyclobalanopsis myrsianefolia</i> , <i>Castanopsis sclerophylla</i> forest	枫香树、青冈、小叶青冈、苦槠林	枫香树、青冈林	29
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> forest	枫香树、细叶青冈林	枫香树、细叶青冈林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> forest	枫香树、小叶青冈林	枫香树、小叶青冈林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Lithocarpus glaber</i> forest	枫香树、柯林	枫香树、柯林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Schima superba</i> forest	枫香树、木荷林	枫香树、木荷林	58
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Betula austrosinensis</i> forest	包槲柯、华南桦林	包槲柯、华南桦林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Betula insignis</i> , <i>Acer flabellatum</i> forest	包槲柯、香桦、扇叶枫林	包槲柯、香桦、扇叶枫林	55
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Castanopsis platyacantha</i> , <i>Davidia involucrata</i> , <i>Betula insignis</i> forest	包槲柯、扁刺栲、珙桐、香桦林	包槲柯、扁刺栲、珙桐、香桦林	1, 19
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Davidia involucrata</i> var. <i>vilmoriniana</i> forest	包槲柯、青冈、光叶珙桐林	包槲柯、青冈、光叶珙桐林	31

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Betula austrosinensis</i> forest	包槲柯、多脉青冈、华南桦林	包槲柯、多脉青冈、华南桦林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Davidia involucrata</i> forest	包槲柯、珙桐林	包槲柯、珙桐林	27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	包槲柯、硬斗柯、亮叶水青冈林	包槲柯、硬斗柯、亮叶水青冈林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Lithocarpus variolosus</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> , <i>Tetracentron sinense</i> forest	包槲柯、多变柯、白辛树、水青树林	包槲柯、多变柯、白辛树、水青树林	19
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Rhododendron haofui</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	包槲柯、光枝杜鹃、水青冈林	包槲柯、光枝杜鹃、水青冈林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Tapiscia sinensis</i> forest	包槲柯、瘿椒树林	包槲柯、瘿椒树林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus fenzlatus</i> , <i>Acer sinense</i> forest	泥椎柯、中华枫林	泥椎柯、中华枫林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus fenzlatus</i> , <i>Liquidambar acalycina</i> forest	泥椎柯、缺萼枫香树林	泥椎柯、缺萼枫香树林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus glaber</i> , <i>Davidia involucrata</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	柯、珙桐、水青冈林	柯、珙桐、水青冈林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	硬斗柯、亮叶水青冈林	硬斗柯、亮叶水青冈林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus mairei</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	光叶柯、水青冈林	光叶柯、水青冈林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus polystachyus</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> forest	多穗石栎、鹅耳枥、化香树林	多穗石栎、鹅耳枥、化香树林	33
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lithocarpus variolosus</i> , <i>Tetracentron sinense</i> forest	多变柯、水青树林	多变柯、水青树林	1, 27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Loropetalum chinense</i> , <i>Viburnum cinnamomifolium</i> forest	櫟木、樟叶莢蒾林	櫟木、樟叶莢蒾林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lysidice rhodostegia</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	仪花、青冈林	仪花、青冈林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Lysidice rhodostegia</i> , <i>Pistacia chinensis</i> forest	仪花、黄连木林	仪花、黄连木林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus ichangensis</i> var. <i>leiophylla</i> , <i>Clethra kaipoensis</i> forest	滑叶润楠、贵州桤叶树林	滑叶润楠、贵州桤叶树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus ichangensis</i> var. <i>leiophylla</i> , <i>Mallotus barbatus</i> forest	滑叶润楠、毛桐林	滑叶润楠、毛桐林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus kwangtungensis</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> forest	广东润楠、鹅耳枥林	广东润楠、鹅耳枥林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus kwangtungensis</i> , <i>Cornus quinquenervis</i> forest	广东润楠、小梾木林	广东润楠、小梾木林	5, 6, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus kwangtungensis</i> , <i>Platycarya glandulosa</i> forest	广东润楠、小化香树林	广东润楠、小化香树林	6
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus pauhoi</i> , <i>Eurycorymbus cavaleriei</i> forest	刨花润楠、伞花木林	刨花润楠、伞花木林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Machilus pauhoi</i> , <i>Itoa orientalis</i> forest	刨花润楠、梔子皮林	刨花润楠、梔子皮林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Manglietia conifera</i> , <i>Clethra delavayi</i> forest	桂南木莲、云南桤叶树林	桂南木莲、云南桤叶树林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Meliosma myriantha</i> var. <i>discolor</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> forest	异色泡花树、白辛树、硬斗柯林	异色泡花树、白辛树、硬斗柯林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Nyssa sinensis</i> , <i>Castanopsis lamontii</i> forest	蓝果树、红勾栲林	蓝果树、红勾栲林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Phoebe bournei</i> , <i>Gymnocladus chinensis</i> , <i>Pleioblastus amarus</i> forest	闽楠、肥皂荚、苦竹林	闽楠、肥皂荚、苦竹林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Photinia chihsiniana</i> , <i>Acer tonkinense</i> , <i>Triadica rotundifolia</i> forest	临桂石楠、粗柄枫、圆叶乌柏林	临桂石楠、粗柄枫、圆叶乌柏林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Picrasma quassoides</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> , <i>Stewartia rubiginosa</i> forest	苦树、多脉青冈、白辛树、红皮紫茎林	苦树、多脉青冈、白辛树、红皮紫茎林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Picrasma quassoides</i> , <i>Manglietia insignis</i> , <i>Michelia floribunda</i> forest	苦树、红花木莲、多花含笑林	苦树、红花木莲、多花含笑林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Acer laevigatum</i> forest	化香树、光叶枫林	化香树、光叶枫林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Liquidambar formosana</i> forest	化香树、苦槠、枫香树林	化香树、苦槠、枫香树林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Cinnamomum glanduliferum</i> , <i>Ampelocalamus calcareus</i> forest	化香树、云南樟、贵州悬竹林	化香树、云南樟、贵州悬竹林	33
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Psydrax dicocca</i> , <i>Boniodendron minus</i> forest	假鱼骨木、黄梨木林	假鱼骨木、黄梨木林	1, 27, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Pteroceltis tatarinowii</i> , <i>Myrsine kwangsiensis</i> forest	青檀、广西密花树林	青檀、广西密花树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Pterospermum heterophyllum</i> , <i>Terminalia nigrovenulosa</i> , <i>Wrightia laevis</i> , <i>Ficus microcarpa</i> forest	翻白叶树、海南榄仁、蓝树、榕树林	翻白叶树、海南榄仁、蓝树、榕树林	4
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus acrodonta</i> , <i>Quercus oxyphylla</i> , <i>Quercus variabilis</i> forest	岩栎、尖叶栎、栓皮栎林	岩栎、尖叶栎、栓皮栎林	18
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus acutissima</i> , <i>Lithocarpus cleistocarpus</i> forest	麻栎、包槲柯林	麻栎、包槲柯林	31
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus oxyphylla</i> forest	麻栎、尖叶栎林	麻栎、尖叶栎林	1, 18, 27, 45

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus aliena</i> var. <i>acutiserrata</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Carpinus turczaninowii</i> forest	锐齿槲栎、青冈、鹅耳枥林	锐齿槲栎、青冈、鹅耳枥林	70
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus aliena</i> var. <i>acutiserrata</i> , <i>Quercus spinosa</i> forest	锐齿槲栎、刺叶栎林	锐齿槲栎、刺叶栎林	70
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus chenii</i> , <i>Castanopsis sclerophylla</i> forest	小叶栎、苦槠林	小叶栎、苦槠林	2
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus lanata</i> , broadleaf deciduous trees mixed forest	通麦栎、落叶阔叶树混交林	通麦栎、落叶阔叶树混交林	47
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus oxyphylla</i> , <i>Toxicodendron vernicifluum</i> forest	尖叶栎、漆树林	尖叶栎、漆树林	18
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus phillyreoides</i> , <i>Celtis sinensis</i> forest	乌冈栎、朴树林	乌冈栎、朴树林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus serrata</i> , <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> forest	枹栎、小叶青冈林	枹栎、小叶青冈林	29
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus serrata</i> , <i>Liquidambar formosana</i> , <i>Castanopsis carlesii</i> forest	枹栎、枫香树、米槠林	枹栎、枫香树、米槠林	91
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus serrata</i> , <i>Schima superba</i> , <i>Itea chinensis</i> forest	枹栎、木荷、鼠刺林	枹栎、木荷、鼠刺林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus tarokoensis</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Zelkova serrata</i> forest	太鲁阁栎、青冈、榉树林	太鲁阁栎、青冈、榉树林	20
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus variabilis</i> , <i>Quercus acrodonta</i> forest	栓皮栎、岩栎林	栓皮栎、岩栎林	1, 18, 27, 45
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Quercus variabilis</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	栓皮栎、枹栎、青冈林	栓皮栎、枹栎、青冈林	18
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Rhododendron chihsinianum</i> , <i>Enkianthus quinqueflorus</i> forest	红滩杜鹃、吊钟花林	红滩杜鹃、吊钟花林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Rhododendron moumainense</i> , <i>Acer davidii</i> forest	毛棉杜鹃、青榨枫林	毛棉杜鹃、青榨枫林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Rhododendron stamineum</i> , <i>Disanthus cercidifolius</i> subsp. <i>longipes</i> forest	长蕊杜鹃、长柄双花木林	长蕊杜鹃、长柄双花木林	10
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Sassafras tzumu</i> , <i>Liquidambar formosana</i> forest	檫木、枫香树林	檫木、枫香树林	87
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima argentea</i> , <i>Fagus longipetiolata</i> forest	银木荷、水青冈林	银木荷、水青冈林	93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima argentea</i> , <i>Fagus lucida</i> forest	银木荷、亮叶水青冈林	银木荷、亮叶水青冈林	5, 6, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima argentea</i> , <i>Pterostyrax psilophyllus</i> forest	银木荷、白辛树林	银木荷、白辛树林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima argentea</i> , <i>Toxicodendron succedaneum</i> forest	银木荷、野漆林	银木荷、野漆林	5, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima superba, Acer cordatum, Toxicodendron succedaneum</i> forest	木荷、紫果枫、野漆林	木荷、紫果枫、野漆林	1
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima superba, Castanea seguinii, Acer davidi, Pieris japonica</i> forest	木荷、茅栗、青榨枫、马醉木林	木荷、茅栗、青榨枫、马醉木林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima superba, Castanopsis eyrei, Fagus longipetiolata, Rhododendron simiarum</i> forest	木荷、甜槠、水青冈、猴头杜鹃林	木荷、甜槠、水青冈、猴头杜鹃林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Schima superba, Lithocarpus grandifolius, Carpinus viminea</i> forest	木荷、耳叶柯、雷公鹅耳枥林	木荷、耳叶柯、雷公鹅耳枥林	1, 27
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Sorbus dacica, Rhododendron spp. coppicewood</i>	花楸、杜鹃矮林	花楸、杜鹃矮林	33
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Stewartia sinensis, Castanopsis eyrei</i> forest	紫茎、甜槠林	紫茎、甜槠林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Syccopsis sinensis, Cyclobalanopsis sessilifolia, Bretschneidera sinensis</i> forest	水丝梨、云山青冈、伯乐树林	水丝梨、云山青冈、伯乐树林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Syccopsis sinensis, Styrax odoratissimus</i> forest	水丝梨、芬芳安息香林	水丝梨、芬芳安息香林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Symplocos sumuntia, Styrax odoratissimus</i> forest	山矾、芬芳安息香林	山矾、芬芳安息香林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Symplocos sumuntia, Viburnum corylifolium</i> forest	山矾、榛叶莢蒾林	山矾、榛叶莢蒾林	7
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Tapiscia sinensis</i> forest	檫树林	檫树林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Toona ciliata, Aesculus chinensis</i> var. <i>wilsonii</i> forest	红椿、天师栗林	红椿、天师栗林	80
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Toona ciliata, Choerospondias axillaris, Castanopsis tibetana, Rhododendron latoucheae</i> forest	红椿、南酸枣、钩栲、西施花林	红椿、南酸枣、钩栲、西施花林	30
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Toona ciliata, Phoebe sheareri, Cyclobalanopsis glauca</i> forest	红椿、紫楠、青冈林	红椿、紫楠、青冈林	29
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Toxicodendron succedaneum, Sorbus folgneri, Castanopsis eyrei</i> forest	野漆、石灰花楸、甜槠林	野漆、石灰花楸、甜槠林	5, 93
亚热带常绿、落叶阔叶混交林	<i>Zelkova serrata, Manglietia conifera, Cercidiphyllum japonicum</i> forest	榉树、桂南木莲、连香树林	榉树、桂南木莲、连香树林	80
亚热带常绿阔叶林	<i>Acer fabri</i> forest	罗浮枫林	罗浮枫林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Acer laevigatum</i> forest	光叶枫林	光叶枫林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Adinandra bockiana</i> forest	川杨桐林	川杨桐林	38
亚热带常绿阔叶林	<i>Adinandra millettii</i> forest	杨桐林	杨桐林	27, 38
亚热带常绿阔叶林	<i>Alsophila spinulosa</i> forest	桫椤林	桫椤林	46
亚热带常绿阔叶林	<i>Altingia chinensis</i> forest	蕈树林	蕈树林	3, 5, 6, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Altingia chinensis, Castanopsis hystrix, Castanopsis carlesii</i> forest	蕈树、刺栲、米槠林	蕈树	3

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Altingia chinensis</i> , <i>Cyclobalanopsis fleuryi</i> , <i>Castanopsis tibetana</i> forest	蕈树、饭甑青冈、钩栲林	蕈树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Altingia gracilipes</i> forest	细柄蕈树林	细柄蕈树林	27, 30, 50
亚热带常绿阔叶林	<i>Beilschmiedia fordii</i> forest	广东琼楠林	广东琼楠林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Beilschmiedia tsangii</i> forest	网脉琼楠林	网脉琼楠林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Buxus sinica</i> forest	黄杨林	黄杨林	27, 30, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Buxus sinica</i> var. <i>aemulans</i> forest	尖叶黄杨林	尖叶黄杨林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Camellia chekiangoleosa</i> forest	浙江山茶林	浙江山茶林	28, 50
亚热带常绿阔叶林	<i>Camellia cordifolia</i> , <i>Rhododendron ovatum</i> forest	心叶毛蕊茶、马银花林	心叶毛蕊茶、马银花林	38
亚热带常绿阔叶林	<i>Camellia polyodonta</i> , <i>Machilus thunbergii</i> forest	多齿山茶、红楠林	多齿山茶林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Canthium parvifolium</i> forest	铁屎米林	铁屎米林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> forest	米槠林	米槠林	3, 5, 6, 10, 30, 32, 36, 38, 46, 50, 80, 91, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> var. <i>spinulosa</i> forest	短刺米槠林	短刺米槠林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> var. <i>spinulosa</i> , <i>Polyspora speciosa</i> , <i>Schima sinensis</i> forest	短刺米槠、四川大头茶、华木荷林	短刺米槠林	19
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Archidendron robinsonii</i> forest	米槠、棋子豆林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Beilschmiedia yunnanensis</i> forest	米槠、滇琼楠林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Machilus thunbergii</i> forest	米槠、甜槠、红楠林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Rhodoleia championii</i> forest	米槠、甜槠、红花荷林	米槠林	4
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Daphniphyllum oldhamii</i> forest	米槠、虎皮楠林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Engelhardia roxburghiana</i> forest	米槠、黄杞林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Exbucklandia populnea</i> forest	米槠、马蹄荷林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	米槠、桂南木莲林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Pentaphylax euryoides</i> forest	米槠、五列木林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Rhododendron bachii</i> forest	米槠、腺萼马银花林	米槠林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Schima superba</i> forest	米槠、木荷林	米槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Schima superba</i> , <i>Exbucklandia populnea</i> forest	米槠、木荷、马蹄荷林	米槠林	91

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis ceratacantha</i> forest	瓦山锥林	瓦山锥林	5, 6, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis ceratacantha</i> , <i>Castanopsis calathiformis</i> , <i>Manglietia fordiana</i> forest	瓦山锥、抱丝锥、木莲林	瓦山锥林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis chinensis</i> forest	桂林栲林	桂林栲林	5, 6
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis chunii</i> forest	厚皮栲林	厚皮栲林	33, 46
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis delavayi</i> forest	高山栲林	高山栲林	5, 6, 7, 19, 24, 27, 32, 46, 49, 54, 81, 90, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis delavayi</i> , <i>Cyclobalanopsis delavayi</i> forest	高山栲、黄毛青冈林	高山栲林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> forest	甜槠林	甜槠林	2, 3, 5, 6, 10, 19, 27, 29, 30, 32, 36, 38, 50, 80, 90, 91, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Adinandra nitida</i> forest	甜槠、亮叶杨桐林	甜槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Altingia chinensis</i> forest	甜槠、蕈树林	甜槠林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Castanopsis chunii</i> , <i>Lithocarpus cleistocarpus</i> forest	甜槠、厚皮栲、包槲柯林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Schima argentea</i> forest	甜槠、钩栲、银木荷林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Cornus hongkongensis</i> forest	甜槠、香港四照花林	甜槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Daphniphyllum oldhamii</i> forest	甜槠、虎皮楠林	甜槠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Engelhardia roxburghiana</i> forest	甜槠、黄杞林	甜槠林	3, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Exbucklandia populnea</i> , <i>Schima superba</i> forest	甜槠、马蹄荷、木荷林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Anneslea fragrans</i> forest	甜槠、包槲柯、茶梨林	甜槠林	80
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> forest	甜槠、硬斗柯林	甜槠林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Lithocarpus harlandii</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> forest	甜槠、港柯、栲树林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Rhododendron mariae</i> forest	甜槠、岭南杜鹃林	甜槠林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Schima argentea</i> forest	甜槠、银木荷林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Schima argentea</i> , <i>Castanopsis carlesii</i> forest	甜槠、银木荷、米槠林	甜槠林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei, Schima argentea, Lithocarpus litseifolius</i> forest	甜槠、银木荷、木姜叶柯林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei, Schima remotiserrata</i> forest	甜槠、疏齿木荷林	甜槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis eyrei, Schima superba</i> forest	甜槠、木荷林	甜槠林	66, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fabri</i> forest	罗浮栲林	罗浮栲林	3, 5, 6, 10, 27, 30, 32, 36, 38, 91, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fabri, Castanopsis carlesii</i> forest	罗浮栲、米槠林	罗浮栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fabri, Lithocarpus truncatus</i> forest	罗浮栲、截果柯林	罗浮栲林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fabri, Litsea mollis</i> forest	罗浮栲、毛叶木姜子林	罗浮栲林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fabri, Machilus leptophylla, Manglietia conifera</i> forest	罗浮栲、薄叶润楠、桂南木莲林	罗浮栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fabri, Machilus versicolora</i> forest	罗浮栲、黄枝润楠林	罗浮栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> forest	栲树林	栲树林	3, 5, 6, 10, 19, 27, 30, 32, 36, 38, 50, 72, 87, 91, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Castanopsis armata, Schima superba</i> forest	栲树、刺椎、木荷林	栲树林	4
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Castanopsis eyrei</i> forest	栲树、甜槠林	栲树林	8, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Castanopsis fabri</i> forest	栲树、罗浮栲林	栲树林	1, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Castanopsis fabri, Castanopsis carlesii</i> forest	栲树、罗浮栲、米槠林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Castanopsis lamontii</i> forest	栲树、红勾栲林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Exbucklandia populnea</i> forest	栲树、马蹄荷林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Exbucklandia tonkinensis, Altingia chinensis</i> forest	栲树、大果马蹄荷、蕈树林	栲树林	4
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Itea chinensis</i> forest	栲树、鼠刺林	栲树林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Lithocarpus fenestratus</i> forest	栲树、泥椎柯林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Machilus thunbergii</i> forest	栲树、红楠林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Manglietia conifera, Rhododendron cavaleriei</i> forest	栲树、桂南木莲、多花杜鹃林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii, Rhodoleia championii, Schima superba</i> forest	栲树、红花荷、木荷林	栲树林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Schima argentea</i> , <i>Engelhardia roxburghiana</i> forest	栲树、银木荷、黄杞林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Schima superba</i> forest	栲树、木荷林	栲树林	66, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Woonyoungia septentrionalis</i> forest	栲树、煥镛木林	栲树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis fordii</i> forest	南岭栲林	南岭栲林	3, 5, 6, 27, 30, 38, 50, 91, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis hupehensis</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	湖北锥、青冈林	湖北锥、青冈林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Pleioblastus amarus</i> forest	刺栲、苦竹林	刺栲、苦竹林	58
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis jucunda</i> forest	乌楣栲林	乌楣栲林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis kweichowensis</i> forest	贵州锥林	贵州锥林	5, 32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis kweichowensis</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> forest	贵州锥、刺栲林	贵州锥林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis lamontii</i> forest	红勾栲林	红勾栲林	3, 5, 10, 27, 36, 38, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Altingia chinensis</i> forest	红勾栲、蕈树林	红勾栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Castanopsis fordii</i> forest	红勾栲、南岭栲林	红勾栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Exbucklandia tonkinensis</i> forest	红勾栲、大果马蹄荷林	红勾栲林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Lithocarpus glaber</i> forest	红勾栲、柯林	红勾栲林	30
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> forest	红勾栲、硬斗柯林	红勾栲林	1, 33
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis orthacantha</i> , <i>Cyclobalanopsis glaucooides</i> , <i>Lithocarpus dealbatus</i> forest	毛果栲、滇青冈、白皮柯林	毛果栲林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis orthacantha</i> , <i>Lithocarpus echinotholus</i> , <i>Schima argentea</i> forest	毛果栲、刺壳柯、银木荷林	毛果栲林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis orthacantha</i> , <i>Machilus nanmu</i> forest	毛果栲、润楠林	毛果栲林	87
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis platyacantha</i> , <i>Schima sinensis</i> forest	扁刺栲、华木荷林	扁刺栲林	19, 46
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis platyacantha</i> , <i>Schima superba</i> forest	扁刺栲、木荷林	扁刺栲林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis sclerophylla</i> forest	苦槠林	苦槠林	2, 3, 5, 10, 27, 29, 30, 36, 38, 50
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Castanopsis hupehensis</i> forest	苦槠、湖北锥林	苦槠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i> , <i>Lithocarpus glaber</i> forest	苦槠、豹皮樟、柯林	苦槠林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> forest	钩栲林	钩栲林	3, 5, 6, 10, 27, 30, 36, 38, 50, 80, 91

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	钩栲、米槠、甜槠林	钩栲林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> forest	钩栲、栲树林	钩栲林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Castanopsis lamontii</i> forest	钩栲、红勾栲林	钩栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Exbucklandia tonkinensis</i> forest	钩栲、大果马蹄荷林	钩栲林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Exbucklandia tonkinensis</i> , <i>Machilus thunbergii</i> forest	钩栲、大果马蹄荷、 红楠林	钩栲林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Machilus pauhoi</i> forest	钩栲、刨花润楠林	钩栲林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Castanopsis tibetana</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	钩栲、桂南木莲林	钩栲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cibotium barometz</i> , <i>Castanopsis lamontii</i> forest	金毛狗蕨、红勾栲林	金毛狗蕨、红勾 栲林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum appelianum</i> , <i>Cinnamomum parthenoxylon</i> forest	毛桂、黄樟林	毛桂、黄樟林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum burmannii</i> forest	阴香林	阴香林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum Camphora</i> forest	樟树林	樟树林	5, 6, 7, 27, 29, 30, 38, 50, 66, 72, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum camphora</i> , <i>Cinnamomum micranthum</i> forest	樟树、沉水樟林	樟树林	20
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum glanduliferum</i> , <i>Photinia bodinieri</i> , <i>Meliosma henryi</i> forest	云南樟、贵州石楠、 贵州泡花树林	云南樟、贵州石 楠、贵州泡花树 林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum japonicum</i> forest	天竺桂林	天竺桂林	2
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum longepaniculatum</i> , <i>Phoebe chinensis</i> forest	油樟、山楠林	油樟、山楠林	55
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum micranthum</i> forest	沉水樟林	沉水樟林	30
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum osmophloeum</i> forest	土肉桂林	土肉桂林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum saxatile</i> forest	岩樟林	岩樟林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum tsangii</i> forest	辣汁树林	辣汁树林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Cinnamomum wilsonii</i> forest	川桂林	川桂林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Cornus hongkongensis</i> forest	香港四照花林	香港四照花林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis annulata</i> forest	环青冈林	环青冈林	22, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis bella</i> forest	槟榔青冈林	槟榔青冈林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis bella</i> , <i>Schima superba</i> forest	槟榔青冈、木荷林	槟榔青冈林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis blakei</i> forest	栎子青冈林	栎子青冈林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis chungii</i> forest	福建青冈林	福建青冈林	3, 27, 30, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis delavayi</i> forest	黄毛青冈林	黄毛青冈林	1, 5, 8, 24, 27, 32, 49, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis delicatula</i> , <i>Machilus leptophylla</i> forest	上思青冈、薄叶润楠林	上思青冈、薄叶润楠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis disciformis</i> forest	碟斗青冈林	碟斗青冈林	5, 6, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis edithiae</i> forest	华南青冈林	华南青冈林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis gilva</i> forest	赤皮青冈林	赤皮青冈林	80, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis gilva</i> , <i>Lithocarpus brevicaudatus</i> forest	赤皮青冈、岭南柯林	赤皮青冈林	20
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	青冈林	青冈林	2, 5, 7, 18, 19, 24, 29, 30, 33, 36, 38, 47, 50, 54, 57, 80, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Lithocarpus glaber</i> forest	青冈、甜槠、柯林	青冈林	89
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Dendrocalamus tsingtienensis</i> forest	青冈、黔竹林	青冈林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Eustigma oblongifolium</i> forest	青冈、秀柱花林	青冈林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Lithocarpus glaber</i> forest	青冈、柯林	青冈林	87
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Lithocarpus litseifolius</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> forest	青冈、木姜叶柯、栲树林	青冈林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Machilus thunbergii</i> forest	青冈、红楠林	青冈林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Michelia</i> sp. forest	青冈、含笑林	青冈林	87
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Photinia prunifolia</i> forest	青冈、桃叶石楠林	青冈林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Schima superba</i> forest	青冈、木荷林	青冈林	66
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Schima superba</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	青冈、木荷、鹅掌柴林	青冈林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glaucoides</i> forest	滇青冈林	滇青冈林	1, 5, 6, 7, 19, 24, 27, 46, 49, 81, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis glaucoides</i> , <i>Castanopsis orthacantha</i> , <i>Lithocarpus dealbatus</i> forest	滇青冈、毛果栲、白皮柯林	滇青冈林	89
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i> forest	细叶青冈林	细叶青冈林	27
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i> , <i>Cyclobalanopsis glaucoides</i> forest	细叶青冈、滇青冈林	细叶青冈林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i> , <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> forest	细叶青冈、云山青冈林	细叶青冈林	38
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i> , <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> forest	细叶青冈、褐叶青冈林	细叶青冈林	50
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis helferi</i> forest	毛枝青冈林	毛枝青冈林	6

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis hui, Schima superba</i> forest	雷公青冈、木荷林	雷公青冈、木荷林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis jenseniana</i> forest	大叶青冈林	大叶青冈林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis kerrii</i> forest	毛叶青冈林	毛叶青冈林	6, 7, 81, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis kiukiangensis</i> forest	俅江青冈林	俅江青冈林	22, 54, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis lamellosa</i> forest	薄片青冈林	薄片青冈林	54, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis lamellosa, Lithocarpus xizangensis</i> forest	薄片青冈、西藏柯林	薄片青冈林	22
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis lamellosa, Lithocarpus xylocarpus, Michelia</i> sp. forest	薄片青冈、木果柯、含笑林	薄片青冈林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis longinux, Castanopsis carlesii</i> forest	长果青冈、米槠林	长果青冈、米槠林	20
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis lungmaiensis</i> forest	龙迈青冈林	龙迈青冈林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis multinervis</i> forest	多脉青冈林	多脉青冈林	27, 30, 33
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis multinervis, Eurya nitida, Rhododendron ovatum</i> crawl forest	多脉青冈、细齿叶柃、马银花矮曲林	多脉青冈林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> forest	小叶青冈林	小叶青冈林	5, 8, 10, 30
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia, Castanopsis carlesii</i> forest	小叶青冈、米槠林	小叶青冈林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia, Castanopsis tibetana</i> forest	小叶青冈、钩栲林	小叶青冈林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia, Castanopsis tibetana, Phoebe lichuanensis</i> forest	小叶青冈、钩栲、利川楠林	小叶青冈林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis neglecta</i> forest	竹叶青冈林	竹叶青冈林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis neglecta, Schima argentea</i> forest	竹叶青冈、银木荷林	竹叶青冈林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis obovatifolia</i> coppicewood	倒卵叶青冈矮林	倒卵叶青冈矮林	3, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis obovatifolia, Illicium dunnianum</i> coppicewood	倒卵叶青冈、红花八角矮林	倒卵叶青冈矮林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis obovatifolia, Illicium jiadifengpi</i> forest	倒卵叶青冈、假地枫皮林	倒卵叶青冈矮林	36
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis obovatifolia, Illicium jiadifengpi, Lithocarpus hancei</i> coppicewood	倒卵叶青冈、假地枫皮、硬斗柯矮林	倒卵叶青冈矮林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i> forest	曼青冈林	曼青冈林	5, 8, 18, 22, 38, 54, 55
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis oxyodon, Machilus thunbergii</i> forest	曼青冈、红楠林	曼青冈林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis poilanei</i> forest	黄背青冈林	黄背青冈林	5, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> forest	云山青冈林	云山青冈林	10, 27, 50, 66, 80
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis sessilifolia, Lithocarpus harlandii</i> forest	云山青冈、港柯林	云山青冈林	66
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis stenophylloides, Lithocarpus kawakamii</i> forest	台湾窄叶青冈、台湾柯林	台湾窄叶青冈、台湾柯林	20
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis stewardiana</i> forest	褐叶青冈林	褐叶青冈林	2, 5, 8, 27, 29, 33, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis stewardiana, Litsea pedunculata</i> forest	褐叶青冈、红皮木姜子林	褐叶青冈林	6, 32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Daphniphyllum longeracemosum, Alniphyllum fortunei</i> forest	长序虎皮楠、赤杨叶林	长序虎皮楠、赤杨叶林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Daphniphyllum oldhamii</i> forest	虎皮楠林	虎皮楠林	27, 38, 76
亚热带常绿阔叶林	<i>Dendropanax hainanensis, Rhodoleia championii</i> forest	海南树参、红花荷林	海南树参、红花荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Dendropanax hainanensis, Rhodoleia parvipetala</i> forest	海南树参、小花红花荷林	海南树参、红花荷林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Diplopanax stachyanthus</i> forest	马蹄参林	马蹄参林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Distylium chungii</i> forest	闽粤蚊母树林	闽粤蚊母树林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Distylium myricoides</i> forest	杨梅蚊母树林	杨梅蚊母树林	38
亚热带常绿阔叶林	<i>Distylium myricoides, Machilus ichangensis, Lithocarpus hancei</i> forest	杨梅蚊母树、宜昌润楠、硬斗柯林	杨梅蚊母树林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Distylium racemosum</i> forest	钝叶假蚊母树林	钝叶假蚊母树林	80
亚热带常绿阔叶林	<i>Elaeocarpus chinensis</i> forest	华杜英林	华杜英林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Elaeocarpus decipiens</i> forest	杜英林	杜英林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Elaeocarpus japonicus</i> forest	薯豆林	薯豆林	27, 38
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana</i> forest	黄杞林	黄杞林	5, 6
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Castanopsis eyrei, Rhododendron westlandii</i> forest	黄杞、甜槠、凯里杜鹃林	黄杞林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Cyclobalanopsis glauca, Machilus yunnanensis</i> forest	黄杞、青冈、滇润楠林	黄杞林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Lithocarpus glaber</i> forest	黄杞、柯林	黄杞林	8, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Lithocarpus hancei</i> forest	黄杞、硬斗柯林	黄杞林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Schima argentea</i> forest	黄杞、银木荷林	黄杞林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Schima superba</i> forest	黄杞、木荷林	黄杞林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Schima wallichii</i> forest	黄杞、红木荷林	黄杞林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Engelhardia roxburghiana, Stewartia pteropetiola</i> forest	黄杞、翅柄紫茎林	黄杞林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Eurya nitida</i> forest	细齿叶柃林	细齿叶柃林	5

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i> forest	窄基红褐柃林	窄基红褐柃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Exbucklandia populnea</i> forest	马蹄荷林	马蹄荷林	5, 54, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Falcataria moluccana</i> forest	南洋楹林	南洋楹林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Garcinia nuijiangensis</i> , <i>Machilus nanmu</i> forest	怒江藤黄、润楠林	怒江藤黄、润楠林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Huodendron biaristatum</i> forest	双齿山茉莉林	双齿山茉莉林	5, 6, 32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Huodendron biaristatum</i> var. <i>parviflorum</i> forest	岭南山茉莉林	岭南山茉莉林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Huodendron biaristatum</i> , <i>Acer fabri</i> forest	双齿山茉莉、罗浮枫林	双齿山茉莉林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Huodendron biaristatum</i> , <i>Machilus chinensis</i> forest	双齿山茉莉、华润楠林	双齿山茉莉林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Huodendron tibeticum</i> forest	西藏山茉莉林	西藏山茉莉林	5, 33, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Illicium jiadifengpi</i> forest	假地枫皮林	假地枫皮林	10, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Illicium majus</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> forest	大八角、多脉青冈林	大八角、多脉青冈林	10
亚热带常绿阔叶林	<i>Leucaena leucocephala</i> forest	银合欢林	银合欢林	1, 7, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lindera communis</i> forest	香叶树林	香叶树林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lindera kwangtungensis</i> , <i>Elaeocarpus chinensis</i> forest	广东山胡椒、华杜英林	广东山胡椒、华杜英林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus areca</i> forest	槟榔柯林	槟榔柯林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus calophyllus</i> forest	美叶柯林	美叶柯林	5, 6, 38, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus chrysocomus</i> forest	金毛柯林	金毛柯林	5, 32, 90, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus chrysocomus</i> , <i>Schima superba</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	金毛柯、木荷、甜槠林	金毛柯林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Castanopsis platyacantha</i> forest	包槲柯、扁刺栲林	包槲柯林	27, 49
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Cyclobalanopsis multinervis</i> forest	包槲柯、多脉青冈林	包槲柯林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i> , <i>Litsea pedunculata</i> forest	包槲柯、红皮木姜子林	包槲柯林	32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus corneus</i> forest	烟斗柯林	烟斗柯林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus corneus</i> , <i>Castanopsis lamontii</i> , <i>Nageia nagi</i> forest	烟斗柯、红勾栲、竹柏林	烟斗柯林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus corneus</i> , <i>Lindera kwangtungensis</i> forest	烟斗柯、广东山胡椒林	烟斗柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus corneus</i> , <i>Nageia nagi</i> , <i>Altingia chinensis</i> forest	烟斗柯、竹柏、蕈树林	烟斗柯林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus craibianus</i> forest	白穗柯林	白穗柯林	24, 27, 49, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus craibianus</i> , <i>Cyclobalanopsis glaucooides</i> forest	白穗柯、滇青冈林	白穗柯林	1

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus crassifolius</i> , <i>Rhododendron simsii</i> , <i>Vaccinium bracteatum</i> forest	硬叶柯、杜鹃、南烛林	硬叶柯、杜鹃、南烛林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus echinophorus</i> forest	壺壳柯林	壺壳柯林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus echinophorus</i> , <i>Schima argentea</i> forest	壺壳柯、银木荷林	壺壳柯林	27, 49
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus echinotholus</i> forest	刺壳柯林	刺壳柯林	1, 24
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus echinotholus</i> , <i>Schima noronhae</i> forest	刺壳柯、南洋木荷林	刺壳柯林	27, 49
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus elizabethiae</i> forest	厚斗柯林	厚斗柯林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus elizabethiae</i> , <i>Lithocarpus calophyllus</i> forest	厚斗柯、美叶柯林	厚斗柯林	8, 33
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus elizabethiae</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	厚斗柯、桂南木莲林	厚斗柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus elizabethiae</i> , <i>Rhododendron westlandii</i> forest	厚斗柯、凯里杜鹃林	厚斗柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus fenestratus</i> forest	泥椎柯林	泥椎柯林	5, 6
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus fordianus</i> forest	密脉柯林	密脉柯林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus glaber</i> forest	柯林	柯林	3, 10, 27, 29, 33, 36, 66
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus glaber</i> , <i>Castanopsis sclerophylla</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Cinnamomum bodinieri</i> forest	柯、苦槠、青冈、樟树林	柯林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus glaber</i> , <i>Machilus thunbergii</i> forest	柯、红楠林	柯林	3
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus grandifolius</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Elaeocarpus japonicus</i> forest	耳叶柯、硬斗柯、薯豆林	耳叶柯、硬斗柯、薯豆林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus haipinii</i> forest	庵耳柯林	庵耳柯林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> forest	硬斗柯林	硬斗柯林	3, 5, 33, 38
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Beilschmiedia yunnanensis</i> forest	硬斗柯、滇琼楠林	硬斗柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	硬斗柯、青冈林	硬斗柯林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Lithocarpus cleistocarpus</i> forest	硬斗柯、包榈柯林	硬斗柯林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Machilus rehderi</i> forest	硬斗柯、狭叶润楠林	硬斗柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Rhododendron haofui</i> forest	硬斗柯、光枝杜鹃林	硬斗柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus hancei</i> , <i>Syccopsis sinensis</i> forest	硬斗柯、水丝梨林	硬斗柯林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus harlandii</i> forest	港柯林	港柯林	33, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus harlandii</i> , <i>Rhododendron haofui</i> forest	港柯、光枝杜鹃林	港柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus henryi</i> forest	灰柯林	灰柯林	5, 30

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus henryi, Schima argentea</i> forest	灰柯、银木荷林	灰柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus kawakamii, Engelhardia roxburghiana</i> forest	台湾柯、黄杞林	台湾柯、黄杞林	20
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus naiadatum</i> forest	水仙柯林	水仙柯林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus oleifolius</i> forest	榄叶柯林	榄叶柯林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus oleifolius, Rhododendron moulmainense</i> forest	榄叶柯、毛棉杜鹃林	榄叶柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus oleifolius, Rhododendron westlandii</i> forest	榄叶柯、凯里杜鹃林	榄叶柯林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus pachyphyllus, Rhododendron simsii</i> forest	厚叶柯、杜鹃林	厚叶柯、杜鹃林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus polystachyus</i> forest	多穗石栎林	多穗石栎林	33
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus pseudovestitus, Stewartia cordifolia</i> forest	毛果柯、心叶紫茎林	毛果柯、心叶紫茎林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus variolosus</i> forest	多变柯林	多变柯林	19, 24, 27, 49, 81, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus variolosus, Cyclobalanopsis glauca</i> forest	多变柯、青冈林	多变柯林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Lithocarpus xylocarpus</i> forest	木果柯林	木果柯林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea lancilimba</i> forest	大果木姜子林	大果木姜子林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea salicifolia, Cinnamomum burmannii</i> forest	黑木姜子、阴香林	黑木姜子、阴香林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea subcordata</i> forest	桂北木姜子林	桂北木姜子林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea subcordata, Castanopsis lamontii, Rhododendron westlandii</i> forest	桂北木姜子、红勾栲、凯里杜鹃林	桂北木姜子林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea subcordata, Elaeocarpus japonicus</i> forest	桂北木姜子、薯豆林	桂北木姜子林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea subcordata, Manglietia conifera</i> forest	桂北木姜子、桂南木莲林	桂北木姜子林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Litsea subcordata, Manglietia conifera, Rhododendron westlandii</i> forest	桂北木姜子、桂南木莲、凯里杜鹃林	桂北木姜子林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>lanceolata</i> forest	狭叶珍珠花林	狭叶珍珠花林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Lyonia ovalifolia, Quercus fabri</i> forest	珍珠花、白栎林	珍珠花、白栎林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Lysidice rhodostegia, Cinnamomum saxatile</i> forest	仪花、岩樟林	仪花、岩樟林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus ichangensis</i> var. <i>leiophylla</i> forest	滑叶润楠林	滑叶润楠林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus kurzii, Castanopsis fargesii</i> forest	秃枝润楠、栲树林	秃枝润楠、栲树林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus kwangtungensis</i> forest	广东润楠林	广东润楠林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus leptophylla</i> forest	薄叶润楠林	薄叶润楠林	5, 6, 50

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus lichuanensis</i> forest	利川润楠林	利川润楠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus microcarpa</i> forest	小果润楠林	小果润楠林	19
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus microcarpa</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	小果润楠、青冈林	小果润楠林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus nakao</i> , <i>Machilus decursinervis</i> forest	纳槁润楠、基脉润楠林	纳槁润楠、基脉润楠林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus pauhoi</i> forest	刨花润楠林	刨花润楠林	3, 5, 6, 50, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus thunbergii</i> , <i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Castanopsis fabri</i> forest	红楠、米槠、罗浮栲林	红楠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus thunbergii</i> , <i>Castanopsis tribuloides</i> , <i>Altingia chinensis</i> forest	红楠、蒺藜锥、蕈树林	红楠林	4
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus thunbergii</i> , <i>Cornus hongkongensis</i> forest	红楠、香港四照花林	红楠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus thunbergii</i> , <i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i> forest	红楠、大叶润楠林	红楠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus thunbergii</i> , <i>Ternstroemia luteoflora</i> forest	红楠、尖萼厚皮香林	红楠林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus versicolora</i> forest	黄枝润楠林	黄枝润楠林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus wenshanensis</i> forest	文山润楠林	文山润楠林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus yunnanensis</i> forest	滇润楠林	滇润楠林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Machilus yunnanensis</i> var. <i>tibetana</i> forest	西藏润楠林	西藏润楠林	22
亚热带常绿阔叶林	<i>Manglietia conifera</i> forest	桂南木莲林	桂南木莲林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Manglietia conifera</i> , <i>Lithocarpus areca</i> forest	桂南木莲、槟榔柯林	桂南木莲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Manglietia conifera</i> , <i>Rhododendron westlandii</i> forest	桂南木莲、凯里杜鹃林	桂南木莲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Manglietia fordiana</i> forest	木莲林	木莲林	27, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Manglietia fordiana</i> var. <i>hainanensis</i> forest	海南木莲林	海南木莲林	27
亚热带常绿阔叶林	<i>Manglietia glauca</i> forest	灰木莲林	灰木莲林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Meliosma squamulata</i> forest	樟叶泡花树林	樟叶泡花树林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia baillonii</i> forest	合果木林	合果木林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia cavaleriei</i> var. <i>platypetala</i> forest	阔瓣含笑林	阔瓣含笑林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia cavaleriei</i> var. <i>platypetala</i> , <i>Cornus hongkongensis</i> forest	阔瓣含笑、香港四照花林	阔瓣含笑林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia foveolata</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	金叶含笑、甜槠林	金叶含笑林	80
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia foveolata</i> , <i>Michelia floribunda</i> forest	金叶含笑、多花含笑林	金叶含笑林	80
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia hypolempira</i> forest	香子含笑林	香子含笑林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Michelia maudiae</i> forest	深山含笑林	深山含笑林	5, 38, 50
亚热带常绿阔叶林	<i>Neolitsea chui</i> forest	鸭公树林	鸭公树林	5, 6
亚热带常绿阔叶林	<i>Neolitsea chui</i> , <i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Lithocarpus hancei</i> forest	鸭公树、米槠、硬斗柯林	鸭公树林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Neolitsea levinei</i> forest	大叶新木姜子林	大叶新木姜子林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Osmanthus yunnanensis</i> forest	野桂花林	野桂花林	55
亚热带常绿阔叶林	<i>Parakmeria lotungensis</i> forest	乐东拟单性木兰林	乐东拟单性木兰林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Parakmeria lotungensis</i> , <i>Schima argentea</i> forest	乐东拟单性木兰、银木荷林	乐东拟单性木兰林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Parakmeria nitida</i> forest	光叶拟单性木兰林	光叶拟单性木兰林	6, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Pentaphylax euryoides</i> forest	五列木林	五列木林	5, 6, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Pentaphylax euryoides</i> , <i>Ilex szechwanensis</i> forest	五列木、四川冬青林	五列木林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe bournei</i> forest	闽楠林	闽楠林	3, 10, 30, 36, 50, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe hunanensis</i> forest	湘楠林	湘楠林	38, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe lichuanensis</i> forest	利川楠林	利川楠林	10
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe sheareri</i> forest	紫楠林	紫楠林	2, 27, 90
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe sheareri</i> , <i>Ormosia henryi</i> , <i>Cyclobalanopsis gilva</i> forest	紫楠、花榈木、赤皮青冈林	紫楠林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe zhennan</i> forest	楠木林	楠木林	19, 27, 38, 46, 90, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe zhennan</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> forest	楠木、栲树林	楠木林	27
亚热带常绿阔叶林	<i>Phoebe zhennan</i> , <i>Michelia</i> sp. forest	楠木、含笑林	楠木林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Photinia bodinieri</i> forest	贵州石楠林	贵州石楠林	8, 33
亚热带常绿阔叶林	<i>Photinia chihsiniana</i> forest	临桂石楠林	临桂石楠林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Pieris formosa</i> forest	美丽马醉木林	美丽马醉木林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Polyspora axillaris</i> forest	大头茶林	大头茶林	5, 6
亚热带常绿阔叶林	<i>Polyspora chrysandra</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	黄药大头茶、甜槠林	黄药大头茶、甜槠林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Polyspora speciosa</i> forest	四川大头茶林	四川大头茶林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Polyspora speciosa</i> , <i>Schima argentea</i> forest	四川大头茶、银木荷林	四川大头茶林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Quercus acrodonta</i> forest	岩栎林	岩栎林	74
亚热带常绿阔叶林	<i>Quercus engleriana</i> forest	巴东栎林	巴东栎林	5, 8, 33, 54, 55, 74, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Quercus oxyphylla</i> forest	尖叶栎林	尖叶栎林	18, 68
亚热带常绿阔叶林	<i>Quercus phillyreoides</i> , <i>Canthium parvifolium</i> forest	乌冈栎、铁屎米林	乌冈栎、铁屎米林	6, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Quercus utilis</i> forest	炭栎林	炭栎林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhaphiolepis indica</i> forest	石斑木林	石斑木林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron arizelum</i> forest	夺目杜鹃林	夺目杜鹃林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron bachii</i> , <i>Itea chinensis</i> forest	腺萼马银花、鼠刺林	腺萼马银花、鼠刺林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron cavaleriei</i> forest	多花杜鹃林	多花杜鹃林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron cavaleriei</i> , <i>Alsophila podophylla</i> forest	多花杜鹃、黑桫椤林	多花杜鹃林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron cavaleriei</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	多花杜鹃、桂南木莲林	多花杜鹃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron excellens</i> , <i>Agapetes rubrobracteata</i> forest	大喇叭杜鹃、红苞树萝卜林	大喇叭杜鹃、红苞树萝卜林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron faberi</i> forest	金顶杜鹃林	金顶杜鹃林	55
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron faithiae</i> forest	大云锦杜鹃林	大云锦杜鹃林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron haofui</i> forest	光枝杜鹃林	光枝杜鹃林	5, 6, 32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron haofui</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	光枝杜鹃、桂南木莲林	光枝杜鹃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron hypoglaucum</i> forest	粉白杜鹃林	粉白杜鹃林	18
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron hypoglaucum</i> , <i>Rhododendron roxieanum</i> forest	粉白杜鹃、卷叶杜鹃林	粉白杜鹃林	8
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron latoucheae</i> , <i>Rhododendron ovatum</i> forest	西施花、马银花林	西施花、马银花林	30
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron liliiflorum</i> , <i>Rhododendron haofui</i> forest	百合花杜鹃、光枝杜鹃林	百合花杜鹃、光枝杜鹃林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron maoerense</i> forest	猫儿山杜鹃林	猫儿山杜鹃林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron maoerense</i> , <i>Cephalotaxus sinensis</i> forest	猫儿山杜鹃、粗榧林	猫儿山杜鹃林	32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron moulmainense</i> , <i>Cleyera japonica</i> forest	毛棉杜鹃、红淡比林	毛棉杜鹃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron moulmainense</i> , <i>Manglietia conifera</i> forest	毛棉杜鹃、桂南木莲林	毛棉杜鹃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron oligocarpum</i> forest	稀果杜鹃林	稀果杜鹃林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> forest	猴头杜鹃林	猴头杜鹃林	5, 10, 28, 30, 36, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> var. <i>versicolor</i> forest	变色杜鹃林	变色杜鹃林	5, 6, 32, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Arundinaria faberi</i> forest	猴头杜鹃、冷箭竹林	猴头杜鹃林	38
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> forest	猴头杜鹃、甜槠林	猴头杜鹃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Fargesia spathacea</i> forest	猴头杜鹃、箭竹林	猴头杜鹃林	28
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Michelia maudiae</i> , <i>Cinnamomum subavenium</i> forest	猴头杜鹃、深山含笑、香桂林	猴头杜鹃林	28
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Pieris formosa</i> , <i>Arundinaria faberi</i> forest	猴头杜鹃、美丽马醉木、冷箭竹林	猴头杜鹃林	1, 4, 28
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Rhododendron fortunei</i> forest	猴头杜鹃、云锦杜鹃林	猴头杜鹃林	50
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Ternstroemia gymnanthera</i> forest	猴头杜鹃、厚皮香林	猴头杜鹃林	1, 28

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simiarum</i> , <i>Yushania basihirsuta</i> forest	猴头杜鹃、毛玉山竹林	猴头杜鹃林	28, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron simsii</i> , <i>Eurya loquaiana</i> var. <i>aureopunctata</i> forest	杜鹃、金叶细枝柃林	杜鹃、金叶细枝柃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron</i> spp., <i>Vaccinium</i> spp., <i>Illicium</i> spp. forest	杜鹃、南烛、八角林	杜鹃、南烛、八角林	24, 49
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron vernicosum</i> forest	亮叶杜鹃林	亮叶杜鹃林	55
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron westlandii</i> forest	凯里杜鹃林	凯里杜鹃林	5
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhododendron westlandii</i> , <i>Cleyera japonica</i> forest	凯里杜鹃、红淡比林	凯里杜鹃林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhodoleia parvipetala</i> forest	小花红花荷林	小花红花荷林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhodoleia parvipetala</i> , <i>Machilus shweliensis</i> , <i>Lithocarpus</i> spp. forest	小花红花荷、瑞丽润楠、柯林	小花红花荷林	27
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhodoleia parvipetala</i> , <i>Michilus</i> spp., <i>Lithocarpus</i> spp. forest	小花红花荷、润楠、柯林	小花红花荷林	24, 49
亚热带常绿阔叶林	<i>Rhodoleia parvipetala</i> , <i>Schima superba</i> forest	小花红花荷、木荷林	小花红花荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> forest	银木荷林	银木荷林	5, 6, 10, 27, 32, 36, 38, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Castanopsis fabri</i> forest	银木荷、甜槠、罗浮栲林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Castanopsis eyrei</i> , <i>Machilus thunbergii</i> forest	银木荷、甜槠、红楠林	银木荷林	1, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> forest	银木荷、栲树林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Cinnamomum burmannii</i> forest	银木荷、阴香林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Daphniphyllum oldhamii</i> , <i>Pentaphylax euryoides</i> forest	银木荷、虎皮楠、五列木林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Dendropanax hainanensis</i> forest	银木荷、海南树参林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Litsea subcordiacea</i> forest	银木荷、桂北木姜子林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Machilus pauhoi</i> forest	银木荷、刨花润楠林	银木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima argentea</i> , <i>Pentaphylax euryoides</i> forest	银木荷、五列木林	银木荷林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima remotiserrata</i> , <i>Pentaphylax euryoides</i> , <i>Lithocarpus chrysocomus</i> forest	疏齿木荷、五列木、金毛柯林	疏齿木荷、五列木、金毛柯林	91
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba</i> forest	木荷林	木荷林	2, 3, 5, 6, 7, 10, 27, 29, 30, 32, 33, 36, 38, 90, 91, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba</i> , <i>Acer cordatum</i> forest	木荷、紫果枫林	木荷林	38

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Adinandra glischroloma</i> forest	木荷、两广杨桐林	木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Castanopsis fordii</i> forest	木荷、南岭栲林	木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Castanopsis sclerophylla</i> forest	木荷、苦槠林	木荷林	66
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Cratoxylum cochinchinense</i> forest	木荷、黄牛木林	木荷林	7
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Cyclobalanopsis sessilifolia, Castanopsis fabri</i> forest	木荷、云山青冈、罗浮栲林	木荷林	1
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Dendropanax hainanensis</i> forest	木荷、海南树参林	木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Machilus breviflora</i> forest	木荷、短序润楠林	木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Rhododendron cavaleriei, Ilex ficoidea</i> forest	木荷、多花杜鹃、榕叶冬青林	木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Schima superba, Symplocos cochinchinensis</i> var. <i>laurina</i> forest	木荷、黄牛奶树林	木荷林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Sloanea hemsleyana</i> forest	仿栗林	仿栗林	10, 91
亚热带常绿阔叶林	<i>Sloanea sinensis</i> forest	猴欢喜林	猴欢喜林	3, 80
亚热带常绿阔叶林	<i>Swietenia macrophylla</i> forest	大叶桃花心木林	大叶桃花心木林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Symplocos sinensis</i> forest	水丝梨林	水丝梨林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Symplocos paniculata</i> forest	白檀林	白檀林	30
亚热带常绿阔叶林	<i>Symplocos sumuntia</i> forest	山矾林	山矾林	6
亚热带常绿阔叶林	<i>Taiwania cryptomerioides, Cyclobalanopsis glauca</i> forest	台湾杉、青冈林	台湾杉、青冈林	24
亚热带常绿阔叶林	<i>Ternstroemia gymnanthera</i> forest	厚皮香林	厚皮香林	5, 27, 38, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Ternstroemia kwangtungensis</i> forest	厚叶厚皮香林	厚叶厚皮香林	5, 93
亚热带常绿阔叶林	<i>Trachycarpus fortunei</i> forest	棕榈林	棕榈林	18, 28, 30, 50
亚热带常绿阔叶林	<i>Trachycarpus princeps</i> forest	贡山棕榈林	贡山棕榈林	54
亚热带常绿阔叶林	<i>Tsoongiodendron odorum</i> forest	香花木林	香花木林	30
亚热带常绿阔叶林	<i>Woonyoungia septentrionalis</i> forest	焕镛木林	焕镛木林	5, 32
亚热带常绿阔叶林	<i>Woonyoungia septentrionalis, Castanopsis fargesii</i> forest	焕镛木、栲树林	焕镛木林	93
亚热带常绿阔叶林	<i>Woonyoungia septentrionalis, Styrax suberifolia</i> forest	焕镛木、红皮林	焕镛木林	6, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Adinandra hainanensis</i> forest	海南杨桐林	海南杨桐林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanea henryi, Cryptocarya chinensis, Cryptocarya concinna</i> forest	锥栗、厚壳桂、黄果厚壳桂林	锥栗、厚壳桂、黄果厚壳桂林	4
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii, Castanopsis fargesii</i> forest	米槠、栲树林	米槠、栲树林	3, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii, Castanopsis hystrix</i> forest	米槠、刺栲林	米槠、刺栲林	3

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Cryptocarya chinensis</i> forest	米槠、厚壳桂林	米槠、厚壳桂林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis chinensis</i> , <i>Cryptocarya chinensis</i> forest	桂林栲、厚壳桂林	桂林栲、厚壳桂林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis cuspidata</i> forest	尖叶栲林	尖叶栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Castanopsis fissa</i> forest	栲树、黧蒴锥林	栲树、黧蒴锥林	3, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> forest	栲树、刺栲林	栲树、刺栲林	3
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Elaeocarpus sylvestris</i> forest	栲树、山杜英林	栲树、山杜英林	3
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Elaeocarpus sylvestris</i> , <i>Engelhardia roxburghiana</i> , <i>Schima superba</i> forest	栲树、山杜英、黄杞、木荷林	栲树、山杜英林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fissa</i> forest	黧蒴锥林	黧蒴锥林	3, 5, 6, 10, 27, 30, 32, 36, 91, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fissa</i> , <i>Castanopsis fabri</i> forest	黧蒴锥、罗浮栲林	黧蒴锥林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fissa</i> , <i>Meliosma rigida</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	黧蒴锥、笔罗子、鹅掌柴林	黧蒴锥林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis fissa</i> , <i>Schima superba</i> forest	黧蒴锥、木荷林	黧蒴锥林	91, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> forest	刺栲林	刺栲林	3, 5, 6, 7, 22, 30, 32, 90, 91, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Castanopsis carlesii</i> , <i>Schima superba</i> forest	刺栲、米槠、木荷林	刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Castanopsis cuspidata</i> forest	刺栲、尖叶栲林	刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Castanopsis fabri</i> , <i>Castanopsis fordii</i> forest	刺栲、罗浮栲、南岭栲林	刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Castanopsis fargesii</i> , <i>Manglietia fordiana</i> , <i>Schima wallichii</i> forest	刺栲、栲树、木莲、红木荷林	刺栲林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Castanopsis indica</i> forest	刺栲、印度栲林	刺栲林	24, 27, 49
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Castanopsis uraiana</i> , <i>Syzygium hancei</i> forest	刺栲、淋漓锥、红鳞蒲桃林	刺栲林	3
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Cryptocarya chinensis</i> forest	刺栲、厚壳桂林	刺栲林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Engelhardia roxburghiana</i> forest	刺栲、黄杞林	刺栲林	7, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Michelia macclurei</i> forest	刺栲、醉香含笑林	刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Michelia mediocris</i> forest	刺栲、白花含笑林	刺栲林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Photinia prunifolia</i> , <i>Syzygium hancei</i> forest	刺栲、桃叶石楠、红鳞蒲桃林	刺栲林	4
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	刺栲、鹅掌柴林	刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Schima superba</i> forest	刺栲、木荷林	刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Syzygium hancei</i> forest	刺栲、红鳞蒲桃林	刺栲林	3, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis indica</i> forest	印度栲林	印度栲林	6, 81, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis kawakamii</i> forest	青钩栲林	青钩栲林	3, 5, 6, 27, 30, 32, 87, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis tonkinensis</i> forest	公孙锥林	公孙锥林	5, 6, 27, 32, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis tonkinensis</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> forest	公孙锥、刺栲林	公孙锥林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis tonkinensis</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> forest	公孙锥、黄果厚壳桂林	公孙锥林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Castanopsis tonkinensis</i> , <i>Erythrophleum fordii</i> forest	公孙锥、格木林	公孙锥林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cinnamomum jenssonianum</i> , <i>Machilus pauhoi</i> forest	野黄桂、刨花润楠林	野黄桂、刨花润楠林	5
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya chinensis</i> forest	厚壳桂林	厚壳桂林	5
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya chinensis</i> , <i>Cinnamomum parthenoxylon</i> forest	厚壳桂、黄樟林	厚壳桂林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya concinna</i> forest	黄果厚壳桂林	黄果厚壳桂林	5, 6, 32, 93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> forest	黄果厚壳桂、刺栲林	黄果厚壳桂林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Elaeocarpus nitentifolius</i> forest	黄果厚壳桂、绢毛杜英林	黄果厚壳桂林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Machilus chinensis</i> forest	黄果厚壳桂、华润楠林	黄果厚壳桂林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Machilus kwangtungensis</i> , <i>Symplocos punctato-marginata</i> forest	黄果厚壳桂、广东润楠、腺边灰木林	黄果厚壳桂林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Symplocos punctato-marginata</i> , <i>Meliosma rigida</i> forest	黄果厚壳桂、腺边灰木、笔罗子林	黄果厚壳桂林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Cyclobalanopsis fleuryi</i> forest	饭甑青冈林	饭甑青冈林	5
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Daphniphyllum oldhamii</i> , <i>Meliosma rigida</i> forest	虎皮楠、笔罗子林	虎皮楠、笔罗子林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Elaeocarpus sylvestris</i> forest	山杜英林	山杜英林	5, 6
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Machilus chinensis</i> forest	华润楠林	华润楠林	5, 6, 32, 38
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Machilus chinensis</i> , <i>Xanthophyllum hainanense</i> forest	华润楠、黄叶树林	华润楠林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Machilus kurzii</i> , <i>Castanopsis fabri</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	秃枝润楠、罗浮栲、青冈林	秃枝润楠、罗浮栲、青冈林	1
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Machilus nakao</i> forest	纳槁润楠林	纳槁润楠林	5, 6, 32, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Michelia foveolata</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> forest	金叶含笑、刺栲林	金叶含笑、刺栲林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Michelia foveolata</i> , <i>Castanopsis tonkinensis</i> forest	金叶含笑、公孙锥林	金叶含笑、公孙锥林	5
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Michelia mediocris</i> forest	白花含笑林	白花含笑林	5, 6
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Michelia mediocris</i> , <i>Cyclobalanopsis bella</i> forest	白花含笑、槟榔青冈林	白花含笑林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Rhodoleia championii</i> , <i>Castanea henryi</i> , <i>Schima superba</i> forest	红花荷、锥栗、木荷林	红花荷、木荷林	4
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Rhodoleia championii</i> , <i>Schima superba</i> forest	红花荷、木荷林	红花荷、木荷林	93
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Schefflera heptaphylla</i> , <i>Bischofia polycarpa</i> , <i>Saurauia tristyla</i> forest	鹅掌柴、重阳木、水东哥林	鹅掌柴、重阳木、水东哥林	3
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Schima superba</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> , <i>Engelhardia roxburghiana</i> forest	木荷、刺栲、黄杞林	木荷、刺栲、黄杞林	4
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Schima superba</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	木荷、鹅掌柴林	木荷、鹅掌柴林	3
亚热带季风常绿阔叶林	<i>Syzygium hancei</i> , <i>Cryptocarya chinensis</i> forest	红鳞蒲桃、厚壳桂林	红鳞蒲桃、厚壳桂林	3
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus franchetii</i> forest	锥连栎林	锥连栎林	1, 24, 27, 49, 90
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus guyavifolia</i> forest	帽斗栎林	帽斗栎林	24
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus phillyreoides</i> forest	乌冈栎林	乌冈栎林	5, 6, 7, 10, 27, 30, 32, 33, 36, 50, 93
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus rehderiana</i> forest	毛脉高山栎林	毛脉高山栎林	8, 19, 24, 33, 55, 81, 90
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus rehderiana</i> , <i>Cyclobalanopsis glaucoidea</i> forest	毛脉高山栎、滇青冈林	毛脉高山栎林	1
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus senescens</i> forest	灰背栎林	灰背栎林	1, 8, 19, 90
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus spinosa</i> forest	刺叶栎林	刺叶栎林	1, 18, 30, 55, 74, 87, 90
亚热带硬叶常绿阔叶林	<i>Quercus spinosa</i> , <i>Tilia endochrysea</i> crawl forest	刺叶栎、白毛椴矮曲林	刺叶栎林	3
热带季雨林	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> forest	顶果木林	顶果木林	5, 27, 32, 93
热带季雨林	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> , <i>Duabanga grandiflora</i> forest	顶果木、八宝树林	顶果木林	92
热带季雨林	<i>Ailanthus guangxiensis</i> forest	广西臭椿林	广西臭椿林	5, 93
热带季雨林	<i>Albizia kalkora</i> , <i>Dysoxylum excelsum</i> forest	山槐、櫟木林	山槐、櫟木林	90
热带季雨林	<i>Albizia procera</i> , <i>Bridelia tomentosa</i> forest	黄豆树、土蜜树林	黄豆树、土蜜树林	20
热带季雨林	<i>Altingia chinensis</i> , <i>Alseodaphne hainanensis</i> forest	蕈树、油丹林	蕈树、油丹林	87
热带季雨林	<i>Amesiadendron chinense</i> forest	细子龙林	细子龙林	5
热带季雨林	<i>Amesiadendron chinense</i> , <i>Chukrasia tabularis</i> , <i>Lysidice rhodostegia</i> forest	细子龙、麻棯、仪花林	细子龙林	8

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Amesiodendron chinense</i> , <i>Garuga forrestii</i> forest	细子龙、白头树林	细子龙林	93
热带季雨林	<i>Amesiodendron chinense</i> , <i>Garuga forrestii</i> , <i>Alphonsea mollis</i> forest	细子龙、白头树、毛叶藤春林	细子龙林	93
热带季雨林	<i>Amesiodendron chinense</i> , <i>Garuga forrestii</i> , <i>Cleistanthus petelotii</i> forest	细子龙、白头树、假肥牛树林	细子龙林	93
热带季雨林	<i>Amesiodendron chinense</i> , <i>Garuga forrestii</i> , <i>Triadica cochinchinensis</i> forest	细子龙、白头树、山乌柏林	细子龙林	93
热带季雨林	<i>Anogeissus acuminata</i> forest	榆绿木林	榆绿木林	92
热带季雨林	<i>Antiaris toxicaria</i> forest	见血封喉林	见血封喉林	5, 93
热带季雨林	<i>Antiaris toxicaria</i> , <i>Ficus altissima</i> , <i>Syzygium hancei</i> , <i>Aquilaria sinensis</i> forest	见血封喉、高山榕、红鳞蒲桃、土沉香林	见血封喉林	4
热带季雨林	<i>Aphananthe cuspidata</i> , <i>Ficus nervosa</i> , <i>Radermachera hainanensis</i> , <i>Baccaurea ramiflora</i> forest	滇糙叶树、九丁榕、海南菜豆树、木奶果林	滇糙叶树、九丁榕、海南菜豆树、木奶果林	4
热带季雨林	<i>Artocarpus styracifolius</i> , <i>Canarium album</i> , <i>Elaeocarpus hainanensis</i> forest	二色波罗蜜、橄榄、水石榕林	二色波罗蜜、橄榄、水石榕林	5, 93
热带季雨林	<i>Bauhinia variegata</i> forest	洋紫荆林	洋紫荆林	24
热带季雨林	<i>Bauhinia variegata</i> , <i>Albizia chinensis</i> forest	洋紫荆、楹树林	洋紫荆林	92
热带季雨林	<i>Bauhinia variegata</i> , <i>Colona floribunda</i> , <i>Grewia celtidifolia</i> forest	洋紫荆、一担柴、朴叶扁担杆林	洋紫荆、一担柴、朴叶扁担杆林	81
热带季雨林	<i>Beilschmiedia pergamantacea</i> , <i>Machilus robusta</i> forest	纸叶琼楠、粗壮润楠林	纸叶琼楠、粗壮润楠林	5, 93
热带季雨林	<i>Bischofia javanica</i> forest	秋枫林	秋枫林	6, 72
热带季雨林	<i>Bischofia javanica</i> , <i>Castanopsis indica</i> , <i>Caryota maxima</i> forest	秋枫、印度栲、鱼尾葵林	秋枫林	5, 93
热带季雨林	<i>Bombax ceiba</i> forest	木棉林	木棉林	5, 6, 7, 20, 32, 81, 92, 93
热带季雨林	<i>Bombax ceiba</i> , <i>Ficus microcarpa</i> , <i>Stereospermum colais</i> forest	木棉、榕树、羽叶楸林	木棉林	8
热带季雨林	<i>Bombax insigne</i> var. <i>tenebrosum</i> , <i>Colona floribunda</i> forest	长果木棉、一担柴林	长果木棉林	92
热带季雨林	<i>Bombax insigne</i> var. <i>tenebrosum</i> , <i>Dalbergia burmanica</i> forest	长果木棉、缅甸黄檀林	长果木棉林	92
热带季雨林	<i>Bombax insigne</i> var. <i>tenebrosum</i> , <i>Garcinia bracteata</i> forest	长果木棉、大苞藤黄林	长果木棉林	92
热带季雨林	<i>Canarium album</i> forest	橄榄林	橄榄林	5, 6, 32, 93
热带季雨林	<i>Canarium album</i> , <i>Alseodaphne hainanensis</i> forest	橄榄、油丹林	橄榄林	87

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Canarium album, Castanopsis hystrix</i> forest	橄榄、刺栲林	橄榄林	93
热带季雨林	<i>Canarium album, Dysoxylum hongkongense, Platea latifolia</i> forest	橄榄、香港櫟木、阔叶肖榄林	橄榄林	93
热带季雨林	<i>Canarium album, Eberhardtia tonkinensis</i> forest	橄榄、梭子果林	橄榄林	93
热带季雨林	<i>Canarium album, Mytilaria laosensis</i> forest	橄榄、壳菜果林	橄榄林	93
热带季雨林	<i>Canarium pimela</i> forest	乌榄林	乌榄林	5, 6, 28, 93
热带季雨林	<i>Canarium pimela, Saraca dives</i> forest	乌榄、中国无忧花林	乌榄林	93
热带季雨林	<i>Caryota maxima, Bischofia polycarpa</i> forest	鱼尾葵、重阳木林	鱼尾葵、重阳木林	93
热带季雨林	<i>Cephalomappa sinensis</i> forest	肥牛树林	肥牛树林	5, 6, 27, 32, 90, 93
热带季雨林	<i>Cephalomappa sinensis, Deutzianthus tonkinensis</i> forest	肥牛树、东京桐林	肥牛树林	93
热带季雨林	<i>Cephalomappa sinensis, Dimocarpus confinis</i> forest	肥牛树、龙荔林	肥牛树林	93
热带季雨林	<i>Cephalomappa sinensis, Garuga forrestii, Amesiadendron chinense</i> forest	肥牛树、白头树、细子龙林	肥牛树林	93
热带季雨林	<i>Cephalomappa sinensis, Streblus tonkinensis, Arenga westerhoutii</i> forest	肥牛树、米扬、桄榔林	肥牛树林	93
热带季雨林	<i>Choerospondias axillaris, Erythrina variegata</i> forest	南酸枣、刺桐林	南酸枣、刺桐林	93
热带季雨林	<i>Cladrastis platycarpa, Alphonsea mollis, Cryptocarya hainanensis</i> forest	翅荚香槐、毛叶藤春、海南厚壳桂林	翅荚香槐、毛叶藤春、海南厚壳桂林	5, 93
热带季雨林	<i>Cleistanthus sumatr anus</i> forest	闭花木林	闭花木林	5, 6, 93
热带季雨林	<i>Cleistanthus sumatr anus, Pistacia chinensis</i> forest	闭花木、黄连木林	闭花木林	93
热带季雨林	<i>Cleistanthus sumatr anus, Radermachera hainanensis, Hydnocarpus hainanensis</i> forest	闭花木、海南菜豆树、海南大风子林	闭花木林	93
热带季雨林	<i>Cleistanthus sumatr anus, Rinorea bengalensis</i> forest	闭花木、三角车林	闭花木林	27, 32, 93
热带季雨林	<i>Cleistanthus sumatr anus, Triadica rotundifolia, Rinorea bengalensis</i> forest	闭花木、圆叶乌桕、三角车林	闭花木林	93
热带季雨林	<i>Cryptocarya concinna, Ficus caulocarpa, Ficus fistulosa</i> forest	黄果厚壳桂、大叶赤榕、水同木林	黄果厚壳桂、大叶赤榕、水同木林	20
热带季雨林	<i>Cyclobalanopsis kerrii, Quercus acutissima, Lannea coromandelica</i> forest	毛叶青冈、麻栎、厚皮树林	毛叶青冈、麻栎、厚皮树林	4
热带季雨林	<i>Dalbergia odorifera</i> forest	降香黄檀林	降香黄檀林	27, 90, 93
热带季雨林	<i>Deutzianthus tonkinensis</i> forest	东京桐林	东京桐林	5, 6, 27, 32
热带季雨林	<i>Deutzianthus tonkinensis, Acrocarpus fraxinifolius</i> forest	东京桐、顶果木林	东京桐林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Deutzianthus tonkinensis</i> , <i>Bischofia javanica</i> forest	东京桐、秋枫林	东京桐林	93
热带季雨林	<i>Deutzianthus tonkinensis</i> , <i>Cleistanthus petelotii</i> forest	东京桐、假肥牛树林	东京桐林	93
热带季雨林	<i>Deutzianthus tonkinensis</i> , <i>Zenia insignis</i> forest	东京桐、任豆林	东京桐林	93
热带季雨林	<i>Dimocarpus confinis</i> forest	龙荔林	龙荔林	5, 93
热带季雨林	<i>Diplodiscus trichospermus</i> , <i>Canthium hainanense</i> , <i>Lannea coromandelica</i> , <i>Walsura pinnata</i> forest	海南櫱、琼梅、厚皮树、越南割舌树林	海南櫱、琼梅、厚皮树、越南割舌树林	4
热带季雨林	<i>Dracaena cambodiana</i> forest	柬埔寨龙血树林	柬埔寨龙血树林	27, 49, 81
热带季雨林	<i>Dracontomelon duperreanum</i> , <i>Canarium pimela</i> forest	人面子、乌榄林	人面子、乌榄林	93
热带季雨林	<i>Dracontomelon duperreanum</i> , <i>Canarium pimela</i> , <i>Ficus nervosa</i> forest	人面子、乌榄、九丁榕林	人面子、乌榄林	5, 93
热带季雨林	<i>Dysoxylum mollissimum</i> , <i>Caryota maxima</i> , <i>Zenia insignis</i> forest	海南櫟木、鱼尾葵、任豆林	海南櫟木、鱼尾葵、任豆林	5, 93
热带季雨林	<i>Eberhardtia aurata</i> forest	锈毛梭子果林	锈毛梭子果林	5, 6, 32
热带季雨林	<i>Eberhardtia aurata</i> , <i>Artocarpus tonkinensis</i> , <i>Cinnamomum parthenoxylon</i> forest	锈毛梭子果、胭脂、黄樟林	锈毛梭子果林	93
热带季雨林	<i>Eberhardtia aurata</i> , <i>Elaeocarpus varunua</i> , <i>Artocarpus styracifolius</i> forest	锈毛梭子果、滇印杜英、二色波罗蜜林	锈毛梭子果林	93
热带季雨林	<i>Eberhardtia tonkinensis</i> forest	梭子果林	梭子果林	5
热带季雨林	<i>Elaeocarpus decipiens</i> , <i>Eberhardtia aurata</i> , <i>Mytilaria laosensis</i> forest	杜英、锈毛梭子果、壳菜果林	杜英、锈毛梭子果、壳菜果林	5, 93
热带季雨林	<i>Endospermum chinense</i> , <i>Archidendron clypearia</i> , <i>Sarcosperma laurinum</i> forest	黄桐、猴耳环、肉实树林	黄桐林	1, 4
热带季雨林	<i>Endospermum chinense</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	黄桐、鹅掌柴林	黄桐林	7
热带季雨林	<i>Endospermum chinense</i> , <i>Syzygium odoratum</i> forest	黄桐、香蒲桃林	黄桐林	90
热带季雨林	<i>Engelhardia spicata</i> , <i>Oroxylum indicum</i> forest	云南黄杞、木蝴蝶林	云南黄杞、木蝴蝶林	8
热带季雨林	<i>Eriolaena kwangsiensis</i> forest	桂火绳林	桂火绳林	5, 93
热带季雨林	<i>Eriolaena kwangsiensis</i> , <i>Sterculia pexa</i> forest	桂火绳、家麻树林	桂火绳林	92
热带季雨林	<i>Erythrina variegata</i> , <i>Terminalia myriocarpa</i> forest	刺桐、千果榄仁林	刺桐、千果榄仁林	27, 49
热带季雨林	<i>Erythrophleum fordii</i> forest	格木林	格木林	5, 6, 27, 30, 32, 93
热带季雨林	<i>Erythrophleum fordii</i> , <i>Canarium pimela</i> forest	格木、乌榄林	格木林	93
热带季雨林	<i>Erythrophleum fordii</i> , <i>Castanopsis tonkinensis</i> forest	格木、公孙锥林	格木林	93
热带季雨林	<i>Erythrophleum fordii</i> , <i>Manilkara hexandra</i> forest	格木、铁线子林	格木林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Exbucklandia tonkinensis</i> forest	大果马蹄荷林	大果马蹄荷林	6, 27, 38
热带季雨林	<i>Exbucklandia tonkinensis</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	大果马蹄荷、鹅掌柴林	大果马蹄荷林	5, 93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> forest	蚬木林	蚬木林	5, 6, 7, 27, 32, 90, 93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Adenanthera microsperma</i> , <i>Garcinia paucinervis</i> forest	蚬木、海红豆、金丝李林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Boniodendron minus</i> , <i>Psydrax dicocca</i> forest	蚬木、黄梨木、假鱼骨木林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Canthium parvifolium</i> , <i>Boniodendron minus</i> forest	蚬木、铁屎米、黄梨木林	蚬木林	6
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Cephalomappa sinensis</i> forest	蚬木、肥牛树林	蚬木林	6
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Cephalomappa sinensis</i> , <i>Drypetes congestiflora</i> forest	蚬木、肥牛树、密花核果木林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Cinnamomum rigidissimum</i> forest	蚬木、卵叶桂林	蚬木林	6
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Cinnamomum saxatile</i> forest	蚬木、岩樟林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Cleistanthus sumatranaus</i> , <i>Boniodendron minus</i> forest	蚬木、闭花木、黄梨木林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	蚬木、青冈林	蚬木林	6, 93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Desmos chinensis</i> forest	蚬木、假鹰爪林	蚬木林	58
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Diospyros siderophylla</i> forest	蚬木、山榄叶柿林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Drypetes perreticulata</i> , <i>Cephalomappa sinensis</i> forest	蚬木、网脉核果木、肥牛树林	蚬木林	93
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Garcinia paucinervis</i> forest	蚬木、金丝李林	蚬木林	6
热带季雨林	<i>Excentrodendron tonkinense</i> , <i>Miliusa balansae</i> forest	蚬木、野独活林	蚬木林	6
热带季雨林	<i>Ficus altissima</i> forest	高山榕林	高山榕林	6, 7, 81, 93
热带季雨林	<i>Ficus microcarpa</i> forest	榕树林	榕树林	7
热带季雨林	<i>Ficus microcarpa</i> , <i>Chukrasia tabularis</i> forest	榕树、麻楝林	榕树林	8
热带季雨林	<i>Ficus microcarpa</i> , <i>Cryptocarya chinensis</i> , <i>Schefflera heptaphylla</i> forest	榕树、厚壳桂、鹅掌柴林	榕树林	20
热带季雨林	<i>Ficus microcarpa</i> , <i>Gironniera subaequalis</i> forest	榕树、白颜树林	榕树林	90
热带季雨林	<i>Ficus microcarpa</i> , <i>Saraca dives</i> , <i>Sterculia lanceolata</i> forest	榕树、中国无忧花、假苹婆林	榕树林	8

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Ficus microcarpa</i> , <i>Syzygium odoratum</i> , <i>Sterculia lanceolata</i> forest	榕树、香蒲桃、假苹婆林	榕树林	1, 4
热带季雨林	<i>Ficus</i> spp., <i>Aphananthe cuspidata</i> , <i>Walsura robusta</i> forest	榕树、滇糙叶树、割舌树林	榕树林	1
热带季雨林	<i>Garuga floribunda</i> var. <i>gamblei</i> , <i>Cleistanthus petelotii</i> forest	多花白头树、假肥牛树林	多花白头树、假肥牛树林	5, 93
热带季雨林	<i>Gironniera subaequalis</i> forest	白颜树林	白颜树林	6
热带季雨林	<i>Gmelina hainanensis</i> forest	苦梓林	苦梓林	27, 90
热带季雨林	<i>Haldina cordifolia</i> forest	心叶木林	心叶木林	81
热带季雨林	<i>Knema furfuracea</i> forest	广西拟肉豆蔻林	广西拟肉豆蔻林	6
热带季雨林	<i>Knema globularia</i> forest	小叶红光树林	小叶红光树林	5, 27, 32, 93
热带季雨林	<i>Lagerstroemia balansae</i> , <i>Heteropanax fragrans</i> , <i>Chukrasia tabularis</i> , <i>Diospyros nitida</i> forest	毛萼紫薇、幌伞枫、麻棟、黑柿林	毛萼紫薇、幌伞枫、麻棟、黑柿林	4
热带季雨林	<i>Lannea coromandelica</i> , <i>Albizia odoratissima</i> forest	厚皮树、香合欢林	厚皮树林	92
热带季雨林	<i>Lannea coromandelica</i> , <i>Garuga forrestii</i> forest	厚皮树、白头树林	厚皮树林	92
热带季雨林	<i>Lannea coromandelica</i> , <i>Sterculia pexa</i> forest	厚皮树、家麻树林	厚皮树林	92
热带季雨林	<i>Lasiococca comberi</i> var. <i>pseudoverticillata</i> , <i>Cleistanthus sumatranaus</i> forest	轮叶戟、闭花木林	轮叶戟、闭花木林	92
热带季雨林	<i>Liquidambar formosana</i> , <i>Schima wallichii</i> forest	枫香树、红木荷林	枫香树、红木荷林	5, 6, 90
热带季雨林	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Canarium pimela</i> , <i>Baccaurea ramiflora</i> forest	荔枝、乌榄、木奶果林	荔枝、乌榄、木奶果林	4
热带季雨林	<i>Lithocarpus naiadarum</i> , <i>Canarium album</i> , <i>Eberhardtia aurata</i> forest	水仙柯、橄榄、锈毛梭子果林	水仙柯、橄榄、锈毛梭子果林	5, 93
热带季雨林	<i>Lithocarpus pseudovestitus</i> forest	毛果柯林	毛果柯林	93
热带季雨林	<i>Lithocarpus pseudovestitus</i> , <i>Madhuca pasquieri</i> forest	毛果柯、紫荆木林	毛果柯林	93
热带季雨林	<i>Litsea dilleniifolia</i> forest	五桠果叶木姜子林	五桠果叶木姜子林	5, 93
热带季雨林	<i>Lysidice rhodostegia</i> forest	仪花林	仪花林	5, 6, 93
热带季雨林	<i>Lysidice rhodostegia</i> , <i>Dysoxylum hongkongense</i> , <i>Amesiodendron chinense</i> forest	仪花、香港櫟木、细子龙林	仪花林	33
热带季雨林	<i>Madhuca pasquieri</i> forest	紫荆木林	紫荆木林	5, 6, 32
热带季雨林	<i>Madhuca pasquieri</i> , <i>Altingia yunnanensis</i> forest	紫荆木、云南蕈树林	紫荆木林	24, 27, 49, 81, 92
热带季雨林	<i>Madhuca pasquieri</i> , <i>Erythrophleum fordii</i> forest	紫荆木、格木林	紫荆木林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Madhuca pasquieri, Symplocos pendula</i> var. <i>hirtistylis</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> forest	紫荆木、南岭山矾、 黄果厚壳桂林	紫荆木林	93
热带季雨林	<i>Mangifera persiciforma</i> forest	扁桃林	扁桃林	93
热带季雨林	<i>Mesua ferrea</i> forest	铁力木林	铁力木林	1, 24, 27, 49, 93
热带季雨林	<i>Mytilaria laosensis</i> forest	壳菜果林	壳菜果林	6, 27, 32, 93
热带季雨林	<i>Mytilaria laosensis</i> , <i>Archidendron eberhardtii</i> forest	壳菜果、大棋子豆林	壳菜果林	93
热带季雨林	<i>Olea guangxiensis</i> , <i>Pterospermum heterophyllum</i> forest	广西木犀榄、翻白叶 树林	广西木犀榄、翻 白叶树林	93
热带季雨林	<i>Ormosia pachycarpa</i> , <i>Lithocarpus naiadarum</i> forest	茸荚红豆、水仙柯林	茸荚红豆、水仙 柯林	93
热带季雨林	<i>Osmanthus polyneurus</i> , <i>Dracaena cochinchinensis</i> forest	多脉桂花、剑叶龙血 树林	多脉桂花、剑叶 龙血树林	92
热带季雨林	<i>Platea latifolia</i> forest	阔叶肖榄林	阔叶肖榄林	5
热带季雨林	<i>Protium serratum</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> forest	马蹄果、刺栲林	马蹄果、刺栲林	24
热带季雨林	<i>Protium serratum</i> , <i>Gmelina arborea</i> forest	马蹄果、云南石梓林	马蹄果、云南石 梓林	90
热带季雨林	<i>Pterocarya tonkinensis</i> forest	越南枫杨林	越南枫杨林	24, 92
热带季雨林	<i>Pterospermum heterophyllum</i> forest	翻白叶树林	翻白叶树林	5, 93
热带季雨林	<i>Rhodoleia championii</i> forest	红花荷林	红花荷林	6
热带季雨林	<i>Saraca dives</i> , <i>Dysoxylum gotadhora</i> , <i>Eberhardtia tonkinensis</i> forest	中国无忧花、红果櫟 木、梭子果林	中国无忧花、红 果櫟木、梭子果 林	1
热带季雨林	<i>Schefflera heptaphylla</i> forest	鹅掌柴林	鹅掌柴林	5, 6
热带季雨林	<i>Schefflera heptaphylla</i> , <i>Garcinia oblongifolia</i> forest	鹅掌柴、岭南山竹子 林	鹅掌柴林	7
热带季雨林	<i>Schima argentea</i> , <i>Litsea elongata</i> forest	银木荷、黄丹木姜子 林	银木荷林	93
热带季雨林	<i>Schima argentea</i> , <i>Macaranga andamanica</i> forest	银木荷、轮苞血桐林	银木荷林	93
热带季雨林	<i>Schima argentea</i> , <i>Rhaphiolepis indica</i> forest	银木荷、石斑木林	银木荷林	93
热带季雨林	<i>Schima wallichii</i> forest	红木荷林	红木荷林	27, 32, 93
热带季雨林	<i>Senna siamea</i> forest	铁刀木林	铁刀木林	27, 49, 81
热带季雨林	<i>Sinosideroxylon pedunculatum</i> var. <i>pubifolium</i> , <i>Pistacia weinmanniifolia</i> forest	毛叶铁榄、清香木林	毛叶铁榄、清香 木林	5, 27, 32, 93
热带季雨林	<i>Sinosideroxylon pedunculatum</i> , <i>Pistacia weinmanniifolia</i> forest	铁榄、清香木林	铁榄、清香木林	93
热带季雨林	<i>Spondias pinnata</i> , <i>Erythrina stricta</i> forest	槟榔青、劲直刺桐林	槟榔青、劲直刺 桐林	5
热带季雨林	<i>Syzygium cumini</i> forest	海南蒲桃林	海南蒲桃林	5, 32, 93
热带季雨林	<i>Syzygium hancei</i> forest	红鳞蒲桃林	红鳞蒲桃林	5, 6, 32, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带季雨林	<i>Syzygium hancei, Celtis philippensis</i> forest	红鳞蒲桃、大果油朴林	红鳞蒲桃林	93
热带季雨林	<i>Syzygium hancei, Garcinia oblongifolia</i> forest	红鳞蒲桃、岭南山竹子林	红鳞蒲桃林	93
热带季雨林	<i>Syzygium nervosum</i> forest	水翁蒲桃林	水翁蒲桃林	5, 6, 93
热带季雨林	<i>Syzygium rehderianum</i> forest	红枝蒲桃林	红枝蒲桃林	6
热带季雨林	<i>Terminalia myriocarpa, Erythrina stricta</i> forest	千果榄仁、劲直刺桐林	千果榄仁、劲直刺桐林	24
热带季雨林	<i>Terminalia nigrovenulosa</i> forest	海南榄仁林	海南榄仁林	27
热带季雨林	<i>Terminalia nigrovenulosa, Albizia odoratissima, Albizia procera</i> forest	海南榄仁、香合欢、黄豆树林	海南榄仁林	4
热带季雨林	<i>Tetrameles nudiflora</i> forest	四数木林	四数木林	1
热带季雨林	<i>Tetrameles nudiflora, Garuga floribunda</i> forest	四数木、南洋白头树林	四数木林	27, 49
热带季雨林	<i>Tetrameles nudiflora, Garuga floribunda, Ulmus lanceifolia</i> forest	四数木、南洋白头树、常绿榆林	四数木林	24, 81
热带季雨林	<i>Tetrameles nudiflora, Ulmus lanceifolia</i> forest	四数木、常绿榆林	四数木林	92
热带季雨林	<i>Toona ciliata, Aglaia lawii, Gironniera subaequalis</i> forest	红椿、望谟崖摩、白颜树林	红椿、望谟崖摩、白颜树林	5, 93
热带季雨林	<i>Vatica mangachapoi, Croton laevigatus, Polyalthia laui</i> forest	青梅、光叶巴豆、海南暗罗林	青梅、光叶巴豆、海南暗罗林	4
热带季雨林	<i>Vitex kwangsiensis, Bischofia javanica, Streblus tonkinensis</i> forest	广西牡荆、秋枫、米扬林	广西牡荆、秋枫、米扬林	5, 93
热带季雨林	<i>Zanthoxylum avicennae</i> forest	簕欓花椒林	簕欓花椒林	5, 93
热带季雨林	<i>Zenia insignis</i> forest	任豆林	任豆林	5, 7, 27, 32, 93
热带雨林	<i>Alsophila podophylla, Alsophila spinulosa</i> forest	黑桫椤、桫椤林	黑桫椤、桫椤林	81
热带雨林	<i>Alstonia rostrata, Michelia baillonii</i> forest	盆架树、合果木林	盆架树、合果木林	24, 27, 49
热带雨林	<i>Alstonia rostrata, Semecarpus reticulatus</i> forest	盆架树、网脉肉托果林	盆架树、网脉肉托果林	92
热带雨林	<i>Alstonia scholaris</i> forest	糖胶树林	糖胶树林	90
热带雨林	<i>Altingia excelsa</i> forest	细青皮林	细青皮林	92
热带雨林	<i>Altingia excelsa, Artocarpus pithegogallus</i> forest	细青皮、猴子瘪袋林	细青皮林	92
热带雨林	<i>Antiaris toxicaria, Pouteria grandifolia</i> forest	见血封喉、龙果林	见血封喉、龙果林	27, 49, 81, 92
热带雨林	<i>Antiaris toxicaria, Pouteria grandifolia, Canarium album</i> forest	见血封喉、龙果、橄榄林	见血封喉、龙果林	1, 24
热带雨林	<i>Balakata baccata, Pouteria grandifolia</i> forest	浆果乌柏、龙果林	浆果乌柏、龙果林	92
热带雨林	<i>Bennettiodendron leprosipes, Alstonia rostrata</i> forest	山桂花、盆架树林	山桂花、盆架树林	81

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带雨林	<i>Caryota obtusa</i> forest	董棕林	董棕林	81
热带雨林	<i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , <i>Elaeocarpus sylvestris</i> forest	黄果厚壳桂、青冈、 山杜英林	黄果厚壳桂、青 冈、山杜英林	20
热带雨林	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> var. <i>patulus</i> forest	鸡毛松林	鸡毛松林	27, 90
热带雨林	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> var. <i>patulus</i> , <i>Castanopsis kawakamii</i> , <i>Adinandra hainanensis</i> , <i>Syzygium chunianum</i> forest	鸡毛松、青钩栲、海 南杨桐、密脉蒲桃林	鸡毛松林	4
热带雨林	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> var. <i>patulus</i> , <i>Castanopsis kawakamii</i> , <i>Cinnamomum burmannii</i> forest	鸡毛松、青钩栲、阴 香林	鸡毛松林	1
热带雨林	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> var. <i>patulus</i> , <i>Cinnamomum burmannii</i> , <i>Elaeocarpus chinensis</i> , <i>Cyclobalanopsis blakei</i> forest	鸡毛松、阴香、华杜 英、栎子青冈林	鸡毛松林	4
热带雨林	<i>Dacrydium pectinatum</i> forest	陆均松林	陆均松林	90
热带雨林	<i>Dacrydium pectinatum</i> , <i>Altingia obovata</i> forest	陆均松、海南蕈树林	陆均松林	87
热带雨林	<i>Dacrydium pectinatum</i> , <i>Castanopsis</i> sp., <i>Pentaphylax euryoides</i> forest	陆均松、栲、五列木 林	陆均松林	1, 87
热带雨林	<i>Dacrydium pectinatum</i> , <i>Madhuca hainanensis</i> , <i>Lithocarpus</i> sp. forest	陆均松、海南紫荆 木、柯林	陆均松林	87
热带雨林	<i>Dacrydium pectinatum</i> , <i>Olea brachiata</i> , <i>Castanopsis</i> sp., <i>Syzygium araiocladium</i> forest	陆均松、滨木犀榄、 栲、线枝蒲桃林	陆均松林	4
热带雨林	<i>Dacrydium pectinatum</i> , <i>Pentaphylax euryoides</i> , <i>Quercus pannosa</i> , <i>Symplocos wikstroemiifolia</i> forest	陆均松、五列木、黄 背栎、微毛山矾林	陆均松林	4
热带雨林	<i>Dipterocarpus retusus</i> , <i>Altingia excelsa</i> forest	东京龙脑香、细青皮 林	东京龙脑香林	92
热带雨林	<i>Dipterocarpus retusus</i> , <i>Crypteronia paniculata</i> forest	东京龙脑香、隐翼木 林	东京龙脑香林	92
热带雨林	<i>Dipterocarpus retusus</i> , <i>Hopea chinensis</i> forest	东京龙脑香、狭叶坡 垒林	东京龙脑香林	27, 49, 81
热带雨林	<i>Dipterocarpus retusus</i> , <i>Hopea chinensis</i> , <i>Crypteronia paniculata</i> forest	东京龙脑香、狭叶坡 垒、隐翼木林	东京龙脑香林	1, 24
热带雨林	<i>Dipterocarpus turbinatus</i> forest	羯布罗香林	羯布罗香林	22, 81, 90
热带雨林	<i>Dracontomelon macrocarpum</i> , <i>Pometia pinnata</i> forest	大果人面子、番龙眼 林	大果人面子、番 龙眼林	92
热带雨林	<i>D unabanga grandiflora</i> , <i>Aglaia lawii</i> forest	八宝树、望谟崖摩林	八宝树、望谟崖 摩林	92

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带雨林	<i>Dysoxylum excelsum</i> , <i>Chukrasia tabularis</i> , <i>Terminalia myriocarpa</i> , <i>Lagerstroemia minuticarpa</i> forest	櫟木、麻棟、千果榄仁、小果紫薇林	櫟木、麻棟、千果榄仁、小果紫薇林	22
热带雨林	<i>Dysoxylum excelsum</i> , <i>Terminalia myriocarpa</i> , <i>Altingia excelsa</i> forest	櫟木、千果榄仁、细青皮林	櫟木、千果榄仁、细青皮林	1
热带雨林	<i>Ficus formosana</i> , <i>Ficus nervosa</i> , <i>Syzygium formosanum</i> forest	台湾榕、九丁榕、台湾蒲桃林	台湾榕、九丁榕、台湾蒲桃林	20
热带雨林	<i>Garuga floribunda</i> var. <i>gamblei</i> , <i>Pometia pinnata</i> forest	多花白头树、番龙眼林	多花白头树、番龙眼林	92
热带雨林	<i>Heritiera parvifolia</i> , <i>Dysoxylum gotadhora</i> , <i>Diospyros hainanensis</i> , <i>Hopea hainanensis</i> forest	蝴蝶树、红果櫟木、海南柿、坡垒林	蝴蝶树、红果櫟木、海南柿、坡垒林	4
热带雨林	<i>Homalium ceylanicum</i> forest	斯里兰卡天料木林	斯里兰卡天料木林	27
热带雨林	<i>Hopea chinensis</i> forest	狭叶坡垒林	狭叶坡垒林	5, 6, 27, 32, 93
热带雨林	<i>Hopea chinensis</i> , <i>Nephelium chrysanthum</i> forest	狭叶坡垒、韶子林	狭叶坡垒林	92
热带雨林	<i>Hopea hainanensis</i> forest	坡垒林	坡垒林	90
热带雨林	<i>Horsfieldia amygdalina</i> forest	风吹楠林	风吹楠林	6
热带雨林	<i>Horsfieldia kingii</i> forest	大叶风吹楠林	大叶风吹楠林	5, 6, 27, 32
热带雨林	<i>Horsfieldia kingii</i> , <i>Cleistanthus petelotii</i> forest	大叶风吹楠、假肥牛树林	大叶风吹楠林	93
热带雨林	<i>Horsfieldia kingii</i> , <i>Dracontomelon duperreanum</i> forest	大叶风吹楠、人面子林	大叶风吹楠林	93
热带雨林	<i>Horsfieldia kingii</i> , <i>Dracontomelon duperreanum</i> , <i>Ailanthus guangxiensis</i> forest	大叶风吹楠、人面子、广西臭椿林	大叶风吹楠林	93
热带雨林	<i>Horsfieldia kingii</i> , <i>Ficus glaberrima</i> , <i>Cryptocarya densiflora</i> forest	大叶风吹楠、大叶水榕、丛花厚壳桂林	大叶风吹楠林	93
热带雨林	<i>Lasiococca comberi</i> var. <i>pseudoverticillata</i> , <i>Celtis philippensis</i> var. <i>wightii</i> forest	轮叶戟、铁灵花林	轮叶戟、铁灵花林	92
热带雨林	<i>Lysidice rhodostegia</i> , <i>Garcinia paucinervis</i> forest	仪花、金丝李林	仪花、金丝李林	92
热带雨林	<i>Machilus zuihoensis</i> , <i>Machilus thunbergii</i> , <i>Machilus japonica</i> forest	香楠、红楠、长叶润楠林	香楠、红楠、长叶润楠林	20
热带雨林	<i>Manglietia dandyi</i> forest	大叶木莲林	大叶木莲林	24
热带雨林	<i>Mastixia euonymoides</i> , <i>Phoebe megacalyx</i> forest	八蕊单室茱萸、大萼楠林	八蕊单室茱萸、大萼楠林	92
热带雨林	<i>Metadina trichotoma</i> , <i>Pittosporopsis kerrii</i> forest	黄棉木、假海桐林	黄棉木林	92
热带雨林	<i>Metadina trichotoma</i> , <i>Syzygium cathayense</i> forest	黄棉木、华夏蒲桃林	黄棉木林	92

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带雨林	<i>Myristica cagayanensis</i> , <i>Pterospermum niveum</i> , <i>Artocarpus xanthocarpus</i> forest	台湾肉豆蔻、台湾翅 子树、黄果波罗蜜林	台湾肉豆蔻、台 湾翅子树、黄果 波罗蜜林	1, 20
热带雨林	<i>Neolitsea phanerophlebia</i> , <i>Lindera chunii</i> , <i>Nageia nagi</i> forest	显脉新木姜子、鼎湖 钓樟、竹柏林	显脉新木姜子、 鼎湖钓樟、竹柏 林	4
热带雨林	<i>Parakmeria yunnanensis</i> , <i>Gymnanthes remota</i> forest	云南拟单性木兰、裸 花树林	云南拟单性木 兰、裸花树林	92
热带雨林	<i>Parashorea chinensis</i> , <i>Aglaia</i> <i>lawii</i> forest	望天树、望漠崖摩林	望天树林	93
热带雨林	<i>Parashorea chinensis</i> , <i>Canarium pimela</i> forest	望天树、鸟榄林	望天树林	93
热带雨林	<i>Parashorea chinensis</i> , <i>Horsfieldia kingii</i> forest	望天树、大叶风吹楠 林	望天树林	93
热带雨林	<i>Parashorea chinensis</i> , <i>Horsfieldia kingii</i> , <i>Canarium</i> <i>bengalense</i> forest	望天树、大叶风吹 楠、方榄林	望天树林	1
热带雨林	<i>Parashorea chinensis</i> , <i>Pometia</i> <i>pinnata</i> forest	望天树、番龙眼林	望天树林	92
热带雨林	<i>Parashorea chinensis</i> , <i>Saraca</i> <i>dives</i> forest	望天树、中国无忧花 林	望天树林	93
热带雨林	<i>Pometia pinnata</i> , <i>Celtis</i> <i>philippensis</i> var. <i>wightii</i> forest	番龙眼、铁灵花林	番龙眼林	92
热带雨林	<i>Pometia pinnata</i> , <i>Hydnocarpus</i> <i>anthelminticus</i> forest	番龙眼、大风子林	番龙眼林	92
热带雨林	<i>Pometia pinnata</i> , <i>Saraca dives</i> forest	番龙眼、中国无忧花 林	番龙眼林	92
热带雨林	<i>Saraca dives</i> forest	中国无忧花林	中国无忧花林	5, 27, 32
热带雨林	<i>Saraca dives</i> , <i>Drypetes</i> <i>perreticulata</i> forest	中国无忧花、网脉核 果木林	中国无忧花林	93
热带雨林	<i>Saraca dives</i> , <i>Dysoxylum</i> <i>mollissimum</i> , <i>Arenga</i> <i>westerhoutii</i> forest	中国无忧花、海南櫟 木、桄榔林	中国无忧花林	93
热带雨林	<i>Saraca dives</i> , <i>Horsfieldia kingii</i> forest	中国无忧花、大叶风 吹楠林	中国无忧花林	93
热带雨林	<i>Saraca dives</i> , <i>Sterculia</i> <i>lanceolata</i> forest	中国无忧花、假苹婆 林	中国无忧花林	93
热带雨林	<i>Schima noronhae</i> , <i>Phoebe</i> <i>puwenensis</i> forest	南洋木荷、普文楠林	南洋木荷、普文 楠林	92
热带雨林	<i>Semecarpus anacardium</i> forest	肉托果林	肉托果林	90
热带雨林	<i>Semecarpus reticulatus</i> , <i>Calophyllum polyanthum</i> forest	网脉肉托果、滇南红 厚壳林	网脉肉托果林	92
热带雨林	<i>Semecarpus reticulatus</i> , <i>Machilus nanmu</i> forest	网脉肉托果、润楠林	网脉肉托果林	27, 49
热带雨林	<i>Semecarpus reticulatus</i> , <i>Michelia baillonii</i> , <i>Machilus</i> <i>nanmu</i> forest	网脉肉托果、合果 木、润楠林	网脉肉托果林	1
热带雨林	<i>Shorea assamica</i> forest	云南娑罗双林	云南娑罗双林	27, 49, 81, 92

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
热带雨林	<i>Shorea assamica</i> , <i>Dipterocarpus turbinatus</i> forest	云南娑罗双、羯布罗香林	云南娑罗双林	24
热带雨林	<i>Shorea robusta</i> forest	娑罗双林	娑罗双林	47, 90
热带雨林	<i>Sladenia celastrifolia</i> , <i>Lithocarpus grandifolius</i> forest	肋果茶、耳叶柯林	肋果茶、耳叶柯林	92
热带雨林	<i>Syzygium tetragonum</i> , <i>Pometia pinnata</i> forest	四角蒲桃、番龙眼林	四角蒲桃、番龙眼林	92
热带雨林	<i>Terminalia myriocarpa</i> , <i>Pometia pinnata</i> , <i>Pterospermum acerifolium</i> forest	千果榄仁、番龙眼、翅子树林	千果榄仁、番龙眼、翅子树林	1
热带雨林	<i>Vatica guangxiensis</i> forest	广西青梅林	广西青梅林	5, 27, 49, 92, 93
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Altingia chinensis</i> forest	青梅、蕈树林	青梅林	87
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Amesiodendron chinense</i> forest	青梅、细子龙林	青梅林	87
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Cyclobalanopsis patelliformis</i> forest	青梅、托盘青冈林	青梅林	87
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Heritiera parvifolia</i> forest	青梅、蝴蝶树林	青梅林	90
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Heritiera parvifolia</i> , <i>Hopea hainanensis</i> forest	青梅、蝴蝶树、坡垒林	青梅林	1
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Heritiera parvifolia</i> , <i>Sarcosperma laurinum</i> , <i>Hopea hainanensis</i> forest	青梅、蝴蝶树、肉实树、坡垒林	青梅林	4
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Litchi chinensis</i> forest	青梅、荔枝林	青梅林	87
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Madhuca hainanensis</i> forest	青梅、海南紫荆木林	青梅林	87
热带雨林	<i>Vatica mangachapoi</i> , <i>Schima superba</i> , <i>Quercus</i> spp. forest	青梅、木荷、栎林	青梅林	87
红树林	<i>Acanthus ilicifolius</i> forest	老鼠簕林	老鼠簕林	7, 32, 93
红树林	<i>Aegiceras corniculatum</i> forest	蜡烛果林	蜡烛果林	1, 3, 4, 5, 7, 27, 32, 93
红树林	<i>Avicennia marina</i> forest	海榄雌林	海榄雌林	3, 4, 5, 7, 20, 27, 32, 93
红树林	<i>Avicennia marina</i> , <i>Aegiceras corniculatum</i> forest	海榄雌、蜡烛果林	海榄雌林	1
红树林	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> forest	木榄林	木榄林	4, 5, 7, 27, 32, 93
红树林	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Kandelia obovata</i> , <i>Aegiceras corniculatum</i> forest	木榄、秋茄树、蜡烛果林	木榄林	3
红树林	<i>Bruguiera sexangula</i> forest	海莲林	海莲林	4, 27
红树林	<i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> forest	海莲、木榄林	海莲林	1
红树林	<i>Cerbera manghas</i> forest	海杧果林	海杧果林	5, 7, 93
红树林	<i>Ceriops tagal</i> forest	角果木林	角果木林	27
红树林	<i>Excoecaria agallocha</i> forest	海漆林	海漆林	5, 7, 27, 32, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
红树林	<i>Excoecaria agallocha, Hibiscus tiliaceus</i> forest	海漆、黄槿林	海漆林	4
红树林	<i>Heritiera littoralis</i> forest	银叶树林	银叶树林	5, 7, 27, 32, 93
红树林	<i>Hibiscus tiliaceus</i> forest	黄槿林	黄槿林	5, 7, 32, 93
红树林	<i>Kandelia obovata</i> forest	秋茄树林	秋茄树林	3, 5, 7, 20, 32
红树林	<i>Kandelia obovata, Aegiceras corniculatum</i> forest	秋茄树、蜡烛果林	秋茄树林	1, 3
红树林	<i>Nypa fruticans</i> forest	水椰林	水椰林	1, 4, 27
红树林	<i>Pongamia pinnata</i> forest	水黄皮林	水黄皮林	93
红树林	<i>Rhizophora apiculata</i> forest	红树林	红树林	27
红树林	<i>Rhizophora apiculata, Ceriops tagal</i> forest	红树、角果木林	红树林	1, 4
红树林	<i>Rhizophora mucronata</i> forest	红茄冬林	红茄冬林	4
红树林	<i>Rhizophora mucronata, Bruguiera gymnorhiza</i> forest	红茄冬、木榄林	红茄冬林	20
红树林	<i>Rhizophora stylosa</i> forest	红海兰林	红海兰林	1, 5, 7, 27, 32, 93
红树林	<i>Sonneratia caseolaris</i> forest	海桑林	海桑林	1, 4, 27
红树林	<i>Thespesia populnea</i> forest	桐棉林	桐棉林	93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Acidosasa edulis</i> forest	黄甜竹林	黄甜竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Acidosasa notata</i> forest	斑箨酸竹林	斑箨酸竹林	3, 30
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Acidosasa purpurea</i> forest	毛花酸竹林	毛花酸竹林	18
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Arundinaria faberi</i> scrub	冷箭竹丛	冷箭竹丛	8
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Arundinaria fargesii</i> forest	巴山木竹林	巴山木竹林	18, 45
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa albolineata</i> forest	花竹林	花竹林	10, 28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa beecheyana</i> forest	吊丝球竹林	吊丝球竹林	1, 7, 10, 28, 36, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa blumeana</i> forest	箭竹林	箭竹林	3, 5, 7, 20, 28, 30, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa cerosissima</i> forest	簩竹林	簩竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa chungii</i> forest	粉簩竹林	粉簩竹林	1, 5, 7, 28, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa distegia</i> forest	料慈竹林	料慈竹林	1, 28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa dolichoclada</i> forest	长枝竹林	长枝竹林	20
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa flexuosa</i> forest	小箭竹林	小箭竹林	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa funghomii</i> forest	鸡窦箭竹林	鸡窦箭竹林	7
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa grandis</i> forest	大绿竹林	大绿竹林	5, 7, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa guangxiensis</i> forest	桂簍竹林	桂簍竹林	5, 7, 28, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa intermedia</i> forest	绵竹林	绵竹林	49
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa lapidea</i> forest	油簕竹林	油簕竹林	5, 7, 28, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa multiplex</i> 'Fernleaf' forest	凤尾竹林	凤尾竹林	18, 80
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa multiplex</i> forest	孝顺竹林	孝顺竹林	1, 3, 28, 30
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa multiplex</i> var. <i>incana</i> forest	毛凤凰竹林	毛凤凰竹林	3
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa oldhamii</i> forest	绿竹林	绿竹林	3, 20, 28, 30
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa pachinensis</i> var. <i>hirsutissima</i> forest	长毛米筛竹林	长毛米筛竹林	30, 50
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa pallida</i> forest	大薄竹林	大薄竹林	24, 81
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa pervariabilis</i> forest	撑篙竹林	撑篙竹林	1, 5, 7, 28, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa rigida</i> forest	硬头黄竹林	硬头黄竹林	1, 28, 38
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa sinospinosa</i> forest	车筒竹林	车筒竹林	1, 5, 7, 8, 24, 28, 32, 81, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa textilis</i> forest	青皮竹林	青皮竹林	1, 5, 7, 10, 28, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa textilis</i> var. <i>gracilis</i> forest	崖州竹林	崖州竹林	3, 30
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa tulda</i> forest	马甲竹林	马甲竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Bambusa wenchouensis</i> forest	温州簍竹林	温州簍竹林	3, 28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Chimonobambusa ningnanica</i> forest	宁南方竹林	宁南方竹林	49
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Chimonobambusa quadrangularis</i> forest	方竹林	方竹林	1, 3, 5, 7, 10, 18, 30, 33, 38, 46, 80, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Chimonobambusa quadrangularis</i> , <i>Chimonobambusa utilis</i> forest	方竹、金佛山方竹林	方竹林	8
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dendrocalamus farinosus</i> forest	大叶慈林	大叶慈林	1, 28, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dendrocalamus giganteus</i> forest	龙竹林	龙竹林	1, 28, 49
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dendrocalamus latiflorus</i> forest	麻竹林	麻竹林	1, 3, 5, 7, 8, 20, 28, 30, 33, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dendrocalamus minor</i> forest	吊丝竹林	吊丝竹林	5, 7, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dendrocalamus tibeticus</i> forest	西藏牡竹林	西藏牡竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dendrocalamus tsiangii</i> forest	黔竹林	黔竹林	5, 7, 28, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dinochloa orenuda</i> forest	藤竹林	藤竹林	93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Dinochloa puberula</i> forest	毛藤竹林	毛藤竹林	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Fargesia cuspidata</i> forest	尖尾箭竹林	尖尾箭竹林	5, 7, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Fargesia melanostachys</i> forest	黑穗箭竹林	黑穗箭竹林	54
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Fargesia nitida, Yushania brevipaniculata</i> scrub	华西箭竹、短锥玉山竹丛	华西箭竹、短锥玉山竹丛	8
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Fargesia pleniculmis</i> forest	皱壳箭竹林	皱壳箭竹林	54
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Fargesia spathacea</i> scrub	箭竹丛	箭竹丛	1, 18, 45, 46, 59, 70, 74, 76, 91
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Fargesia yunnanensis</i> forest	云南箭竹林	云南箭竹林	49
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Gelidocalamus stellatus</i> forest	井冈短枝竹林	井冈短枝竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indocalamus latifolius</i> scrub	阔叶箬竹丛	阔叶箬竹丛	10, 18, 30, 36, 59
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indocalamus longiauritus</i> scrub	箬叶竹丛	箬叶竹丛	3, 5, 7, 30, 59, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indocalamus longiauritus, Indocalamus tessellatus</i> scrub	箬叶竹、箬竹丛	箬叶竹丛	8
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indocalamus tessellatus</i> forest	箬竹林	箬竹林	1, 28, 80
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indosasa crassiflora</i> forest	大节竹林	大节竹林	5, 7, 32, 49, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indosasa longispicata</i> forest	棚竹林	棚竹林	5, 7, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indosasa parvifolia</i> forest	小叶大节竹林	小叶大节竹林	93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indosasa shibataeoides</i> forest	摆竹林	摆竹林	1, 5, 7, 10, 28, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Indosasa sinica</i> forest	中华大节竹林	中华大节竹林	5, 7, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Melocalamus arrectus</i> forest	澜沧梨篾竹林	澜沧梨篾竹林	5, 7, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Oligostachyum oedogonatum</i> forest	肿节少穗竹林	肿节少穗竹林	3
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys aurea</i> forest	人面竹林	人面竹林	30, 38
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys bambusoides f. lacrima-deae</i> forest	斑竹林	斑竹林	1, 8, 28, 35, 59

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys dulcis</i> forest	白哺鸡竹林	白哺鸡竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys fimbrialigula</i> forest	角竹林	角竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys flexuosa</i> forest	曲竿竹林	曲竿竹林	59
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys glauca</i> forest	淡竹林	淡竹林	2, 8, 18, 28, 29, 35, 43, 45, 59, 72, 73
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys glauca 'Yunzhu'</i> forest	筠竹林	筠竹林	18, 45, 59
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys heteroclada f. solida</i> forest	实心竹林	实心竹林	80
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys heteroclada</i> , <i>Phyllostachys nidularia</i> forest	水竹、篾竹林	水竹、篾竹林	46
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys hindsii</i> forest	兴地苦竹林	兴地苦竹林	7
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys kwangsiensis</i> forest	假毛竹林	假毛竹林	5, 7, 10, 28, 32, 36
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys nidularia</i> forest	篾竹林	篾竹林	7, 18, 28, 36, 80
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys nigra</i> forest	紫竹林	紫竹林	16, 28, 30, 38, 50
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i> forest	毛金竹林	毛金竹林	1, 18, 28, 38, 45, 49, 59, 74
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys nuda</i> forest	灰竹林	灰竹林	1, 18, 28, 50
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys propinqua</i> forest	早园竹林	早园竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys rutila</i> forest	衢县红壳竹林	衢县红壳竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys sulphurea</i> forest	金竹林	金竹林	7, 87
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys sulphurea</i> var. <i>viridis</i> forest	刚竹林	刚竹林	1, 2, 18, 28, 29, 30, 45, 50, 59, 68
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys violascens</i> forest	早竹林	早竹林	28, 66
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i> forest	粉绿竹林	粉绿竹林	28
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys viridis</i> cv. <i>houzeau</i> forest	绿皮黄筋竹林	绿皮黄筋竹林	45
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys viridis</i> cv. <i>youngii</i> forest	黄筋绿皮竹林	黄筋绿皮竹林	45
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Phyllostachys vivax</i> forest	乌哺鸡竹林	乌哺鸡竹林	28, 59
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Pleioblastus maculatus</i> forest	斑苦竹林	斑苦竹林	93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Pseudosasa cantorii</i> forest	托竹林	托竹林	30
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Pseudosasa orthotropa</i> forest	面秆竹林	面秆竹林	3
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Pseudostachyum polymorphum</i> forest	泡竹林	泡竹林	1, 5, 7, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Sasa sinica</i> scrub	华箬竹丛	华箬竹丛	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Sasa tomentosa</i> scrub	绒毛赤竹丛	绒毛赤竹丛	5, 7, 32, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Schizostachyum chinense</i> forest	薄竹林	薄竹林	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Schizostachyum diffusum</i> forest	沙簕竹林	沙簕竹林	20
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Schizostachyum funghomii</i> forest	沙罗簾竹林	沙罗簾竹林	49
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Schizostachyum hainanense</i> forest	山骨罗竹林	山骨罗竹林	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Schizostachyum nanjingense</i> forest	南靖思筭竹林	南靖思筭竹林	3
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Schizostachyum pseudolima</i> forest	思筭竹林	思筭竹林	5, 7, 32
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Semiarundinaria densiflora</i> forest	短穗竹林	短穗竹林	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Shibataea nanpingensis</i> forest	南平鹅毛竹林	南平鹅毛竹林	3
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Sinobambusa henryi</i> forest	扛竹林	扛竹林	5, 7, 93
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Sinobambusa tootsik</i> forest	唐竹林	唐竹林	1, 3, 30
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Thrysostachys siamensis</i> forest	泰竹林	泰竹林	1
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Yushania basihirsuta</i> scrub	毛玉山竹丛	毛玉山竹丛	10, 36, 80, 91
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Yushania brevipaniculata</i> scrub	短锥玉山竹丛	短锥玉山竹丛	8, 18
亚热带、热带竹林和竹丛	<i>Yushania hirticaulis</i> scrub	毛竿玉山竹丛	毛竿玉山竹丛	3
<b>IV 灌丛 Scrub</b>				
温带落叶阔叶灌丛	<i>Actinidia arguta</i> scrub	软枣猕猴桃灌丛	软枣猕猴桃灌丛	9
温带落叶阔叶灌丛	<i>Adina rubella</i> scrub	细叶水团花灌丛	细叶水团花灌丛	59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amorpha fruticosa</i> scrub	紫穗槐灌丛	紫穗槐灌丛	18, 28, 35, 44, 59, 73, 75
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amygdalus communis</i> scrub	扁桃灌丛	扁桃灌丛	28, 40
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amygdalus davidiana</i> scrub	山桃灌丛	山桃灌丛	1, 18, 28, 31, 44, 67
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amygdalus davidiana</i> , <i>Armeniaca sibirica</i> scrub	山桃、山杏灌丛	山桃、山杏灌丛	17

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amygdalus mira</i> forest	光核桃林	光核桃林	64
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amygdalus nana</i> scrub	矮扁桃灌丛	矮扁桃灌丛	48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Amygdalus pedunculata</i> scrub	长梗扁桃灌丛	长梗扁桃灌丛	84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Apocynum venetum</i> scrub	罗布麻灌丛	罗布麻灌丛	51, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Armeniaca sibirica</i> scrub	山杏灌丛	山杏灌丛	1, 9, 11, 18, 39, 44, 67, 83, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Artemisia brachyloba</i> scrub	山蒿灌丛	山蒿灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Artemisia gmelinii</i> scrub	细裂叶莲蒿灌丛	细裂叶莲蒿灌丛	12, 46
温带落叶阔叶灌丛	<i>Artemisia halodendron</i> scrub	盐蒿灌丛	盐蒿灌丛	1, 12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Berberis dasystachya</i> scrub	直穗小檗灌丛	直穗小檗灌丛	15
温带落叶阔叶灌丛	<i>Berberis vernae</i> scrub	匙叶小檗灌丛	匙叶小檗灌丛	15
温带落叶阔叶灌丛	<i>Betula fruticosa</i> scrub	柴桦灌丛	柴桦灌丛	13, 28, 40, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Betula humilis</i> scrub	甸生桦灌丛	甸生桦灌丛	28, 48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Betula middendorffii</i> scrub	扇叶桦灌丛	扇叶桦灌丛	84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Betula ovalifolia</i> scrub	油桦灌丛	油桦灌丛	84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Betula platyphylla, Quercus serrata</i> scrub	白桦、枹栎灌丛	白桦、枹栎灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Buddleja davidii</i> scrub	大叶醉鱼草灌丛	大叶醉鱼草灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana brevifolia</i> scrub	短叶锦鸡儿灌丛	短叶锦鸡儿灌丛	42
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana erinacea</i> scrub	川西锦鸡儿灌丛	川西锦鸡儿灌丛	1, 79
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana frutex</i> scrub	黄刺条锦鸡儿灌丛	黄刺条锦鸡儿灌丛	1, 23
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana gerardiana</i> scrub	印度锦鸡儿灌丛	印度锦鸡儿灌丛	1, 22
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana litwinowii</i> scrub	金州锦鸡儿灌丛	金州锦鸡儿灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana opulens</i> scrub	甘蒙锦鸡儿灌丛	甘蒙锦鸡儿灌丛	18, 45
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana pleiophylla</i> scrub	多叶锦鸡儿灌丛	多叶锦鸡儿灌丛	1, 23
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana pygmaea</i> scrub	矮锦鸡儿灌丛	矮锦鸡儿灌丛	18, 22, 45
温带落叶阔叶灌丛	<i>Caragana rosea</i> scrub	红花锦鸡儿灌丛	红花锦鸡儿灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Carpinus turczaninowii, Viburnum betulifolium</i> scrub	鹅耳枥、桦叶莢蒾灌丛	鹅耳枥、桦叶莢蒾灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cerasus clarofolia, Spiraea myrtilloides</i> scrub	微毛樱桃、细枝绣线菊灌丛	微毛樱桃、细枝绣线菊灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cerasus humilis</i> scrub	欧李灌丛	欧李灌丛	11, 12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Comarum salesovianum</i> scrub	西北沼委陵菜灌丛	西北沼委陵菜灌丛	53
温带落叶阔叶灌丛	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>sutchuanensis</i> scrub	川榛灌丛	川榛灌丛	14, 31
温带落叶阔叶灌丛	<i>Corylus heterophylla, Lespedeza bicolor</i> scrub	榛子、胡枝子灌丛	榛子、胡枝子灌丛	13
温带落叶阔叶灌丛	<i>Corylus heterophylla, Lespedeza bicolor, Quercus mongolica</i> scrub	榛子、胡枝子、蒙古栎灌丛	榛子、胡枝子灌丛	89
温带落叶阔叶灌丛	<i>Corylus mandshurica</i> scrub	毛榛灌丛	毛榛灌丛	31, 52, 67
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cotinus coggygria</i> scrub	黄栌灌丛	黄栌灌丛	18, 19, 60, 73
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cotinus coggygria</i> var. <i>glaucocephala</i> scrub	粉背黄栌灌丛	粉背黄栌灌丛	18, 70
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cotinus coggygria, Rosa rugosa, Forsythia suspensa, Ostryopsis davidiana</i> scrub	黄栌、黄蔷薇、连翘、虎榛子灌丛	黄栌灌丛	18

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cotoneaster acutifolius</i> scrub	灰栒子灌丛	灰栒子灌丛	1, 14, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cotoneaster acutifolius</i> , <i>Cotoneaster multiflorus</i> scrub	灰栒子、水栒子灌丛	灰栒子灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Cotoneaster microphyllus</i> scrub	小叶栒子灌丛	小叶栒子灌丛	22
温带落叶阔叶灌丛	<i>Crataegus cuneata</i> scrub	野山楂灌丛	野山楂灌丛	59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Dasiphora davurica</i> scrub	银老梅灌丛	银老梅灌丛	14
温带落叶阔叶灌丛	<i>Elaeagnus pungens</i> scrub	胡颓子灌丛	胡颓子灌丛	1, 18, 68
温带落叶阔叶灌丛	<i>Elaeagnus pungens</i> , <i>Rubus parvifolius</i> , <i>Indocalamus latifolius</i> scrub	胡颓子、茅莓、阔叶箬竹灌丛	胡颓子灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Elaeagnus pungens</i> , <i>Rubus piluliferus</i> scrub	胡颓子、陕西悬钩子灌丛	胡颓子灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Elsholtzia stauntonii</i> scrub	木香薷灌丛	木香薷灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Exochorda serratifolia</i> scrub	齿叶白鹃梅灌丛	齿叶白鹃梅灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Flueggea suffruticosa</i> scrub	一叶萩灌丛	一叶萩灌丛	11
温带落叶阔叶灌丛	<i>Fontanesia philliraeoides</i> subsp. <i>fortunei</i> scrub	雪柳灌丛	雪柳灌丛	59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Forsythia suspensa</i> scrub	连翘灌丛	连翘灌丛	1, 17, 18, 44, 59, 61
温带落叶阔叶灌丛	<i>Fraxinus chinensis</i> scrub	白蜡树灌丛	白蜡树灌丛	16, 28, 35, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Glochidion puberum</i> scrub	算盘子灌丛	算盘子灌丛	59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Grewia biloba</i> scrub	扁担杆灌丛	扁担杆灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Halimodendron halodendron</i> scrub	铃铛刺灌丛	铃铛刺灌丛	1, 23, 28, 48, 51
温带落叶阔叶灌丛	<i>Hippophae neurocarpa</i> scrub	肋果沙棘灌丛	肋果沙棘灌丛	28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>Corylus heterophylla</i> , <i>Rosa xanthina</i> scrub	沙棘、榛子、黄刺玫灌丛	沙棘、榛子、黄刺玫灌丛	87
温带落叶阔叶灌丛	<i>Hylodesmum podocarpum</i> scrub	长柄山蚂蝗灌丛	长柄山蚂蝗灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Indigofera kirilowii</i> scrub	花木蓝灌丛	花木蓝灌丛	12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Leptodermis oblonga</i> scrub	薄皮木灌丛	薄皮木灌丛	14, 22, 79
温带落叶阔叶灌丛	<i>Leptodermis sauranja</i> scrub	藏薄皮木灌丛	藏薄皮木灌丛	1
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza cuneata</i> scrub	截叶铁扫帚灌丛	截叶铁扫帚灌丛	1, 18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> scrub	短梗胡枝子灌丛	短梗胡枝子灌丛	1, 18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza davurica</i> scrub	兴安胡枝子灌丛	兴安胡枝子灌丛	12, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza floribunda</i> scrub	多花胡枝子灌丛	多花胡枝子灌丛	12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza juncea</i> scrub	尖叶铁扫帚灌丛	尖叶铁扫帚灌丛	12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza thunbergii</i> subsp. <i>formosa</i> scrub	美丽胡枝子灌丛	美丽胡枝子灌丛	1, 10, 18, 38, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza virgata</i> scrub	细梗胡枝子灌丛	细梗胡枝子灌丛	12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Litsea pungens</i> scrub	木姜子灌丛	木姜子灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lonicera tangutica</i> scrub	唐古特忍冬灌丛	唐古特忍冬灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lycium chinense</i> scrub	枸杞灌丛	枸杞灌丛	3, 37, 42
温带落叶阔叶灌丛	<i>Lycium ruthenicum</i> scrub	黑果枸杞灌丛	黑果枸杞灌丛	23
温带落叶阔叶灌丛	<i>Malus baccata</i> scrub	山荆子灌丛	山荆子灌丛	40
温带落叶阔叶灌丛	<i>Meliosma cuneifolia</i> , <i>Fargesia spathacea</i> , <i>Euptelea pleiosperma</i> scrub	泡花树、箭竹、领春木灌丛	泡花树、箭竹、领春木灌丛	18

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶灌丛	<i>Myricaria bracteata</i> scrub	宽苞水柏枝灌丛	宽苞水柏枝灌丛	15, 18, 28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Myriprinos dioica</i> scrub	蚂蚱腿子灌丛	蚂蚱腿子灌丛	1, 9, 17, 60, 69, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Nitraria roborowskii</i> scrub	大白刺灌丛	大白刺灌丛	23, 28, 65
温带落叶阔叶灌丛	<i>Nitraria sibirica</i> scrub	小果白刺灌丛	小果白刺灌丛	1, 9, 23, 28, 65, 77, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Nitraria sibirica</i> var. <i>globicarpa</i> scrub	球果白刺灌丛	球果白刺灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Nitraria tangutorum</i> scrub	白刺灌丛	白刺灌丛	1, 14, 28, 40, 42, 51, 65, 77
温带落叶阔叶灌丛	<i>Oplopanax elatus</i> scrub	刺参灌丛	刺参灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Ostryopsis davidiana, Spiraea salicifolia</i> scrub	虎榛子、绣线菊灌丛	虎榛子、绣线菊灌丛	87, 89
温带落叶阔叶灌丛	<i>Periploca sepium</i> scrub	杠柳灌丛	杠柳灌丛	12, 18, 62
温带落叶阔叶灌丛	<i>Populus davidiana, Betula luminifera</i> forest	山杨、亮叶桦林	山杨、亮叶桦林	8
温带落叶阔叶灌丛	<i>Prinsepia utilis</i> scrub	扁核木灌丛	扁核木灌丛	18, 61
温带落叶阔叶灌丛	<i>Pueraria montana</i> var. <i>lobata</i> scrub	葛麻姆灌丛	葛麻姆灌丛	9
温带落叶阔叶灌丛	<i>Quercus variabilis, Rhamnus utilis</i> scrub	栓皮栎、冻绿灌丛	栓皮栎、冻绿灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rhamnus erythroxylum</i> scrub	柳叶鼠李灌丛	柳叶鼠李灌丛	77
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rhamnus parvifolia</i> scrub	小叶鼠李灌丛	小叶鼠李灌丛	9, 17
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa acicularis</i> scrub	刺蔷薇灌丛	刺蔷薇灌丛	23, 48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa beggeriana</i> scrub	弯刺蔷薇灌丛	弯刺蔷薇灌丛	48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa davurica</i> scrub	山刺玫灌丛	山刺玫灌丛	13
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa hugonis</i> scrub	黄蔷薇灌丛	黄蔷薇灌丛	1, 18, 61
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa hugonis, Forsythia suspensa</i> scrub	黄蔷薇、连翘灌丛	黄蔷薇灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa hugonis, Ostryopsis davidiana</i> scrub	黄蔷薇、虎榛子灌丛	黄蔷薇灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa hugonis, Sophora davidii</i> scrub	黄蔷薇、白刺槐灌丛	黄蔷薇灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa laxa</i> scrub	疏花蔷薇灌丛	疏花蔷薇灌丛	48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa platyacantha</i> scrub	宽叶蔷薇灌丛	宽叶蔷薇灌丛	48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa primula, Rosa albertii</i> scrub	宽叶蔷薇、腺齿蔷薇灌丛	宽叶蔷薇灌丛	1
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa sericea</i> scrub	绢毛蔷薇灌丛	绢毛蔷薇灌丛	1, 22
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa spinosissima</i> scrub	密刺蔷薇灌丛	密刺蔷薇灌丛	1, 23, 48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa sweginzowii</i> scrub	扁刺蔷薇灌丛	扁刺蔷薇灌丛	23
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa webbiana</i> scrub	藏边蔷薇灌丛	藏边蔷薇灌丛	48
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa xanthina</i> scrub	黄刺玫灌丛	黄刺玫灌丛	13, 17, 61
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rosa xanthina, Rosa omeiensis, Malus honanensis</i> scrub	黄刺玫、峨眉蔷薇、河南海棠灌丛	黄刺玫灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rubus amabilis</i> scrub	秀丽莓灌丛	秀丽莓灌丛	18, 46
温带落叶阔叶灌丛	<i>Rubus sachalinensis</i> scrub	库页悬钩子灌丛	库页悬钩子灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix alfredii</i> scrub	秦岭柳灌丛	秦岭柳灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix caprea</i> scrub	黄花柳灌丛	黄花柳灌丛	1, 14, 18, 31, 45, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix caspica</i> scrub	油柴柳灌丛	油柴柳灌丛	28, 48, 51

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix cheilophila</i> scrub	乌柳灌丛	乌柳灌丛	28, 41, 77
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix gordejevii</i> scrub	黄柳灌丛	黄柳灌丛	1, 12, 28, 40, 60, 62, 65, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix hypoleuca</i> scrub	小叶柳灌丛	小叶柳灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix hypoleuca, Rosa tsinglingensis</i> scrub	小叶柳、秦岭蔷薇灌丛	小叶柳灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix integra</i> scrub	杞柳灌丛	杞柳灌丛	16, 73
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix kangensis</i> scrub	江界柳灌丛	江界柳灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix linearistipularis</i> scrub	筐柳灌丛	筐柳灌丛	18, 28, 45, 59, 70, 77
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix myrtilloides</i> scrub	越桔柳灌丛	越桔柳灌丛	40
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix psammophila</i> scrub	北沙柳灌丛	北沙柳灌丛	14, 28, 40, 41, 65
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix schwerinii</i> scrub	蒿柳灌丛	蒿柳灌丛	83, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix spp., Fargesia niitida</i> scrub	柳、华西箭竹灌丛	柳、华西箭竹灌丛	14
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix suchowensis</i> scrub	簸箕柳灌丛	簸箕柳灌丛	18, 28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Salix wallichiana</i> scrub	皂柳灌丛	皂柳灌丛	1, 18, 45
温带落叶阔叶灌丛	<i>Sophora davidii, Rosa rugosa</i> scrub	白刺槐、黄蔷薇灌丛	白刺槐、黄蔷薇灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Sorbaria sorbifolia</i> scrub	珍珠梅灌丛	珍珠梅灌丛	12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Sorbus koehneana</i> scrub	陕甘花楸灌丛	陕甘花楸灌丛	1, 18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea chamaedryfolia</i> scrub	石蚕叶绣线菊灌丛	石蚕叶绣线菊灌丛	23
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea chinensis</i> scrub	中华绣线菊灌丛	中华绣线菊灌丛	1, 60
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea chinensis, Spiraea trilobata, Spiraea pubescens</i> scrub	中华绣线菊、三裂绣线菊、土庄绣线菊灌丛	中华绣线菊灌丛	28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea fritschiana</i> var. <i>angulata</i> scrub	大叶华北绣线菊灌丛	大叶华北绣线菊灌丛	12, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea hypericifolia</i> scrub	金丝桃叶绣线菊灌丛	金丝桃叶绣线菊灌丛	1, 23, 28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea mollifolia</i> scrub	毛叶绣线菊灌丛	毛叶绣线菊灌丛	1, 22, 28, 79
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea myrtilloides</i> scrub	细枝绣线菊灌丛	细枝绣线菊灌丛	18, 28, 42, 70
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea pubescens</i> scrub	土庄绣线菊灌丛	土庄绣线菊灌丛	12, 13, 17, 61, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea trichocarpa</i> scrub	毛果绣线菊灌丛	毛果绣线菊灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea trilobata</i> scrub	三裂绣线菊灌丛	三裂绣线菊灌丛	9, 12, 13, 17, 52, 61, 67, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Syringa oblata</i> subsp. <i>dilatata</i> scrub	朝阳丁香灌丛	朝阳丁香灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Syringa persica</i> scrub	花叶丁香灌丛	花叶丁香灌丛	31
温带落叶阔叶灌丛	<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> scrub	暴马丁香灌丛	暴马丁香灌丛	31
温带落叶阔叶灌丛	<i>Syringa villosa</i> scrub	红丁香灌丛	红丁香灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix hispida</i> scrub	刚毛柽柳灌丛	刚毛柽柳灌丛	1, 23, 28, 31
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix hispida, Tamarix karelinii</i> scrub	刚毛柽柳、盐地柽柳灌丛	刚毛柽柳灌丛	53
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix hohenackeri, Tamarix elongata</i> scrub	多花柽柳、长穗柽柳灌丛	多花柽柳、长穗柽柳灌丛	53

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix korolkowii, Tamarix leptostachya</i> scrub	垂枝柽柳、细穗柽柳灌丛	垂枝柽柳、细穗柽柳灌丛	28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix laxa</i> scrub	短穗柽柳灌丛	短穗柽柳灌丛	28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix leptostachya</i> scrub	细穗柽柳灌丛	细穗柽柳灌丛	14
温带落叶阔叶灌丛	<i>Tamarix taklamakanensis</i> scrub	沙生柽柳灌丛	沙生柽柳灌丛	28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Thymus dahuricus</i> scrub	兴安百里香灌丛	兴安百里香灌丛	12
温带落叶阔叶灌丛	<i>Ulmus macrocarpa, Decaisnea insignis</i> scrub	大果榆、猫儿屎灌丛	大果榆、猫儿屎灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum glomeratum, Salix hypoleuca</i> scrub	聚花莢蒾、小叶柳灌丛	聚花莢蒾、小叶柳灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum opulus</i> scrub	欧洲莢蒾灌丛	欧洲莢蒾灌丛	18, 59
温带落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> scrub	荆条灌丛	荆条灌丛	9, 12, 17, 18, 39, 52, 59, 61, 67, 69, 89
温带落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla, Pyracantha fortuneana</i> scrub	荆条、火棘灌丛	荆条灌丛	18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla, Rosa xanthina</i> scrub	荆条、黄刺玫灌丛	荆条灌丛	17
温带落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla, Sophora davidii</i> scrub	荆条、白刺槐灌丛	荆条灌丛	17, 18
温带落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla, Spiraea</i> sp. scrub	荆条、绣线菊灌丛	荆条灌丛	28
温带落叶阔叶灌丛	<i>Vitis amurensis</i> scrub	山葡萄灌丛	山葡萄灌丛	9
温带落叶阔叶灌丛	<i>Wikstroemia chamaedaphne</i> scrub	河朔荛花灌丛	河朔荛花灌丛	9, 61
温带落叶阔叶灌丛	<i>Wikstroemia ligustrina</i> scrub	白腊叶荛花灌丛	白腊叶荛花灌丛	17
温带落叶阔叶灌丛	<i>Zabelia biflora</i> scrub	六道木灌丛	六道木灌丛	17
温带落叶阔叶灌丛	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> scrub	青花椒灌丛	青花椒灌丛	12, 39, 84
温带落叶阔叶灌丛	<i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> scrub	酸枣灌丛	酸枣灌丛	2, 9, 12, 14, 18, 28, 59, 61, 77, 84
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Abelia chinensis</i> scrub	糯米条灌丛	糯米条灌丛	80
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Acacia pennata, Diospyros saxatilis</i> scrub	羽叶金合欢、石山柿灌丛	羽叶金合欢、石山柿灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ajania potaninii</i> scrub	川甘亚菊灌丛	川甘亚菊灌丛	46
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Alchornea davidii</i> scrub	山麻杆灌丛	山麻杆灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Alchornea trewioides</i> scrub	红背山麻杆灌丛	红背山麻杆灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Alchornea trewioides, Cipadessa baccifera</i> scrub	红背山麻杆、浆果棯灌丛	红背山麻杆灌丛	1
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ampelopsis cantoniensis, Berchemia lineata</i> scrub	广东蛇葡萄、铁包金灌丛	广东蛇葡萄、铁包金灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Aporosa dioica</i> scrub	银柴灌丛	银柴灌丛	5, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Artobotrys hongkongensis</i> , <i>Delavaya toxocarpa</i> scrub	香港鹰爪花、茶条木灌丛	香港鹰爪花、茶条木灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Atalanitia buxifolia</i> , <i>Gymnosporia diversifolia</i> scrub	酒饼簕、变叶裸实灌丛	酒饼簕、变叶裸实灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Baeckea frutescens</i> , <i>Helicteres angustifolia</i> scrub	岗松、山芝麻灌丛	岗松、山芝麻灌丛	1, 30
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Bauhinia aurea</i> scrub	红毛羊蹄甲灌丛	红毛羊蹄甲灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Bauhinia brachycarpa</i> , <i>Cotoneaster microphyllus</i> scrub	鞍叶羊蹄甲、小叶栒子灌丛	鞍叶羊蹄甲、小叶栒子灌丛	55
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Bauhinia championii</i> scrub	龙须藤灌丛	龙须藤灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Bauhinia championii</i> , <i>Caesalpinia crista</i> scrub	龙须藤、华南云实灌丛	龙须藤灌丛	5
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Bauhinia championii</i> , <i>Viburnum cinnamomifolium</i> scrub	龙须藤、樟叶莢蒾灌丛	龙须藤灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Benkara sinensis</i> scrub	箭茜灌丛	箭茜灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Berberis diaphana</i> scrub	鲜黄小檗灌丛	鲜黄小檗灌丛	28
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Berberis umbellata</i> scrub	伞花小檗灌丛	伞花小檗灌丛	1, 79
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Berberis wilsoniae</i> , <i>Cotoneaster horizontalis</i> scrub	金花小檗、平枝栒子灌丛	金花小檗灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Berberis wilsoniae</i> , <i>Elaeagnus umbellata</i> , <i>Rosa maisei</i> var. <i>plurijaga</i> scrub	金花小檗、牛奶子、红果蔷薇灌丛	金花小檗灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Betula luminifera</i> , <i>Carpinus viminea</i> scrub	亮叶桦、雷公鹅耳枥灌丛	亮叶桦、雷公鹅耳枥灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Breynia fruticosa</i> scrub	黑面神灌丛	黑面神灌丛	5, 24, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Buxus sinica</i> var. <i>parvifolia</i> scrub	小叶黄杨灌丛	小叶黄杨灌丛	2, 29
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Caesalpinia crista</i> scrub	华南云实灌丛	华南云实灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Caesalpinia decapetala</i> , <i>Ficus microcarpa</i> scrub	云实、榕树灌丛	云实灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Caesalpinia decapetala</i> , <i>Pistacia weinmanniifolia</i> scrub	云实、清香木灌丛	云实灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Caesalpinia decapetala</i> , <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i> scrub	云实、牡荆灌丛	云实灌丛	2
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Camellia japonica</i> scrub	山茶灌丛	山茶灌丛	16, 73
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Camellia oleifera</i> , <i>Lespedeza davidi</i> scrub	油茶、大叶胡枝子灌丛	油茶、大叶胡枝子灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Campylotropis macrocarpa</i> scrub	杭子梢灌丛	杭子梢灌丛	1, 9

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Campylotropis macrocarpa, Ceratostigma minus</i> scrub	杭子梢、小蓝雪花灌丛	杭子梢灌丛	28, 46
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Caryopteris glutinosa</i> scrub	粘叶莸灌丛	粘叶莸灌丛	46
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Castanea seguinii</i> scrub	茅栗灌丛	茅栗灌丛	1, 5, 8, 10, 33, 38, 50, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Castanea seguinii, Quercus serrata</i> scrub	茅栗、枹栎灌丛	茅栗灌丛	2
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Castanea seguinii, Quercus serrata, Rhododendron simsii</i> scrub	茅栗、枹栎、杜鹃灌丛	茅栗灌丛	29
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Castanea seguinii, Rhododendron simsii, Lespedeza bicolor</i> scrub	茅栗、杜鹃花、胡枝子灌丛	茅栗灌丛	80
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Catunaregam spinosa</i> scrub	山石榴灌丛	山石榴灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Chimonanthus praecox</i> scrub	蜡梅灌丛	蜡梅灌丛	74
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cinnamomum rigidissimum</i> scrub	卵叶桂灌丛	卵叶桂灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cipadessa baccifera</i> scrub	浆果棟灌丛	浆果棟灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Clethra delavayi</i> scrub	云南桤叶树灌丛	云南桤叶树灌丛	10, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Clethra fabri</i> scrub	华南桤叶树灌丛	华南桤叶树灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Clethra fargesii</i> scrub	城口桤叶树灌丛	城口桤叶树灌丛	10
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Clethra kaipoensis, Itea chinensis</i> scrub	贵州桤叶树、鼠刺灌丛	贵州桤叶树、鼠刺灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Corylopsis sinensis</i> scrub	蜡瓣花灌丛	蜡瓣花灌丛	91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cotinus coggygria</i> var. <i>pubescens</i> scrub	毛黄栌灌丛	毛黄栌灌丛	9, 10, 17, 61
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cotinus nana</i> scrub	矮黄栌灌丛	矮黄栌灌丛	24
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Crataegus cuneata, Glochidion puberum, Maclura tricuspidata</i> scrub	野山楂、算盘子、柘树灌丛	野山楂、算盘子、柘树灌丛	2, 29
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> scrub	黄牛木灌丛	黄牛木灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cratoxylum cochinchinense, Rhodomyrtus tomentosa</i> scrub	黄牛木、桃金娘灌丛	黄牛木灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Cycas revoluta</i> scrub	苏铁灌丛	苏铁灌丛	30, 46
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Dalbergia hupeana, Mallotus tenuifolius</i> scrub	黄檀、野桐灌丛	黄檀、野桐灌丛	66
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Decaspermum parviflorum</i> scrub	五瓣子棟树灌丛	五瓣子棟树灌丛	7, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Delavaya toxocarpa</i> scrub	茶条木灌丛	茶条木灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Derris fordii</i> var. <i>lucida</i> scrub	亮叶中南鱼藤灌丛	亮叶中南鱼藤灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Desmodium yunnanense</i> scrub	云南山蚂蝗灌丛	云南山蚂蝗灌丛	24
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Desmos chinensis</i> scrub	假鹰爪灌丛	假鹰爪灌丛	1, 7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Desmos chinensis</i> , <i>Calamus tetradactylus</i> scrub	假鹰爪、白藤灌丛	假鹰爪灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Distylium chinense</i> scrub	中华蚊母树灌丛	中华蚊母树灌丛	72
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Distylium dunnianum</i> scrub	窄叶蚊母树灌丛	窄叶蚊母树灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Distylium dunnianum</i> , <i>Viburnum propinquum</i> scrub	窄叶蚊母树、球核莢蒾灌丛	窄叶蚊母树、球核莢蒾灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Dodonaea viscosa</i> , <i>Osteomeles schwerinae</i> scrub	车桑子、华西小石积灌丛	车桑子、华西小石积灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Dracaena cambodiana</i> scrub	柬埔寨龙血树灌丛	柬埔寨龙血树灌丛	1, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Dracaena cambodiana</i> , <i>Aphananthe cuspidata</i> , <i>Colona floribunda</i> scrub	柬埔寨龙血树、滇糙叶树、一担柴灌丛	柬埔寨龙血树、滇糙叶树、一担柴灌丛	89
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Dracaena cochinchinensis</i> scrub	剑叶龙血树灌丛	剑叶龙血树灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Elaeagnus macrophylla</i> scrub	大叶胡颓子灌丛	大叶胡颓子灌丛	16, 73
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Elaeocarpus japonicus</i> , <i>Triadica rotundifolia</i> forest	薯豆、圆叶乌柏林	薯豆、圆叶乌柏林	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Elsholtzia capituligera</i> scrub	头花香薷灌丛	头花香薷灌丛	64, 81
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Elsholtzia</i> sp., <i>Rabdosia</i> sp. scrub	香薷、香茶菜灌丛	香薷、香茶菜灌丛	55
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Engelhardia spicata</i> var. <i>colebrookeana</i> scrub	毛叶黄杞灌丛	毛叶黄杞灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Enkianthus quinqueflorus</i> scrub	吊钟花灌丛	吊钟花灌丛	91, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Eurya japonica</i> , <i>Quercus fabri</i> scrub	柃木、白栎灌丛	柃木、白栎灌丛	66
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Eurya tetragonoclada</i> , <i>Symplocos szechunensis</i> scrub	四角柃、川灰木灌丛	四角柃、川灰木灌丛	19
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Exochorda racemosa</i> scrub	白鹃梅灌丛	白鹃梅灌丛	59
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ficus abelii</i> scrub	石榕树灌丛	石榕树灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ficus tinctoria</i> subsp. <i>gibbosa</i> scrub	斜叶榕灌丛	斜叶榕灌丛	7

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ficus tinctoria</i> subsp. <i>gibbosa</i> , <i>Croton lachnocarpus</i> scrub	斜叶榕、巴果巴豆灌丛	斜叶榕灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Gaultheria fragrantissima</i> , <i>Rhododendron simsii</i> scrub	芳香白珠、杜鹃灌丛	芳香白珠、杜鹃灌丛	54
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Gaultheria leucocarpa</i> var. <i>crenulata</i> scrub	毛滇白珠灌丛	毛滇白珠灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Gaultheria leucocarpa</i> var. <i>yunnanensis</i> scrub	滇白珠灌丛	滇白珠灌丛	49, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Guiahaia argyrata</i> scrub	石山棕灌丛	石山棕灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Homonoia riparia</i> scrub	水柳灌丛	水柳灌丛	1, 5, 20, 24, 30, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Homonoia riparia</i> , <i>Wendlandia salicifolia</i> scrub	水柳、柳叶水锦树灌丛	水柳灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Hydrangea paniculata</i> scrub	圆锥绣球灌丛	圆锥绣球灌丛	30, 91, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Hypericum uralum</i> scrub	匙萼金丝桃灌丛	匙萼金丝桃灌丛	81
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ilex serrata</i> scrub	落霜红灌丛	落霜红灌丛	30
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Indigofera cassioides</i> scrub	椭圆叶木蓝灌丛	椭圆叶木蓝灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Indigofera decora</i> scrub	庭藤灌丛	庭藤灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Itea ilicifolia</i> scrub	冬青叶鼠刺灌丛	冬青叶鼠刺灌丛	8, 33
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Itea ilicifolia</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Cotinus coggygria</i> var. <i>pubescens</i> scrub	冬青叶鼠刺、化香树、毛黄栌灌丛	冬青叶鼠刺灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Jatropha curcas</i> scrub	麻风树灌丛	麻风树灌丛	28, 49, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lannea coromandelica</i> , <i>Gymnosporia diversifolia</i> scrub	厚皮树、变叶裸实灌丛	厚皮树、变叶裸实灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza bicolor</i> , <i>Rhododendron simsii</i> scrub	胡枝子、杜鹃灌丛	胡枝子灌丛	91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza bicolor</i> , <i>Vitex trifolia</i> scrub	胡枝子、蔓荆灌丛	胡枝子灌丛	38
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza buergeri</i> scrub	绿叶胡枝子灌丛	绿叶胡枝子灌丛	18, 70
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza davidii</i> scrub	大叶胡枝子灌丛	大叶胡枝子灌丛	10
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lespedeza davidii</i> , <i>Quercus fabri</i> scrub	大叶胡枝子、白栎灌丛	大叶胡枝子灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ligustrum retusum</i> scrub	凹叶女贞灌丛	凹叶女贞灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lindera aggregata</i> scrub	乌药灌丛	乌药灌丛	7, 30, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lindera aggregata</i> var. <i>playfairii</i> scrub	小叶乌药灌丛	小叶乌药灌丛	5
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Litsea cubeba, Rhus chinensis</i> scrub	山鸡椒、盐麸木灌丛	山鸡椒、盐麸木灌丛	5
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Loropetalum chinense</i> scrub	櫟木灌丛	櫟木灌丛	5, 7, 10, 38, 59, 72, 80, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Loropetalum chinense, Adinandra millettii, Vaccinium carlesii</i> scrub	櫟木、杨桐、短尾越桔灌丛	櫟木灌丛	30
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Loropetalum chinense, Camellia fraterna</i> scrub	櫟木、毛花连蕊茶灌丛	櫟木灌丛	29
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Loropetalum chinense, Rhododendron simsii</i> scrub	櫟木、杜鹃灌丛	櫟木灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Loropetalum chinense, Vaccinium bracteatum</i> scrub	櫟木、南烛灌丛	櫟木灌丛	2
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lyonia ovalifolia</i> scrub	珍珠花灌丛	珍珠花灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Lyonia ovalifolia, Ilex asprella</i> scrub	珍珠花、秤星树灌丛	珍珠花灌丛	20
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Macaranga denticulata</i> scrub	中平树灌丛	中平树灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Macaranga denticulata, Croton cascarilloides</i> scrub	中平树、银叶巴豆灌丛	中平树灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Macaranga denticulata, Microcos paniculata</i> scrub	中平树、破布叶灌丛	中平树灌丛	1
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Macaranga denticulata, Trema orientalis</i> scrub	中平树、异色山黄麻灌丛	中平树灌丛	81
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Machilus salicina</i> scrub	柳叶润楠灌丛	柳叶润楠灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Maclura cochinchinensis</i> scrub	构棘灌丛	构棘灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Maclura cochinchinensis, Leea indica</i> scrub	构棘、火筒树灌丛	构棘灌丛	5
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Mallotus apelta</i> scrub	白背叶灌丛	白背叶灌丛	72
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Myricaria elegans</i> scrub	秀丽水柏枝灌丛	秀丽水柏枝灌丛	1, 22, 28
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Myricaria germanica</i> scrub	水柏枝灌丛	水柏枝灌丛	24, 28
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Myricaria laxa</i> scrub	球花水柏枝灌丛	球花水柏枝灌丛	54
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Myrsine africana</i> scrub	铁仔灌丛	铁仔灌丛	24, 72
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Myrsine linearis, Atalantia buxifolia</i> scrub	打铁树、酒饼簕灌丛	打铁树、酒饼簕灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Oreocnide kwangsiensis</i> scrub	广西紫麻灌丛	广西紫麻灌丛	5, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Orophea polycarpa</i> scrub	广西澄广花灌丛	广西澄广花灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pertya phylicoides, Caryopteris forrestii</i> var. <i>minor</i> , <i>Cotoneaster adpressus</i> scrub	针叶帚菊、小叶灰毛莸、匍匐栒子灌丛	针叶帚菊、小叶灰毛莸、匍匐栒子灌丛	19
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Philadelphus sericanthus</i> scrub	绢毛山梅花灌丛	绢毛山梅花灌丛	80
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Phoenix roebelenii</i> scrub	江边刺葵灌丛	江边刺葵灌丛	81
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Phyllanthus emblica, Glochidion</i> sp. scrub	余甘子、算盘子灌丛	余甘子、算盘子灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pinus elliottii, Casuarina equisetifolia</i> scrub	湿地松、木麻黄灌丛	湿地松、木麻黄灌丛	3
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pistacia weinmanniifolia</i> scrub	清香木灌丛	清香木灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pistacia weinmanniifolia, Acacia</i> sp. scrub	清香木、金合欢灌丛	清香木灌丛	19
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pistacia weinmanniifolia, Myrsine africana</i> scrub	清香木、铁仔灌丛	清香木灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pistacia weinmanniifolia, Osyris quadripartita</i> scrub	清香木、沙针灌丛	清香木灌丛	55
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Platycarya strobilacea</i> scrub	化香树灌丛	化香树灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Platycarya strobilacea, Indocalamus tessellatus</i> scrub	化香树、箬竹灌丛	化香树灌丛	66
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Platycarya strobilacea, Nandina domestica</i> scrub	化香树、南天竹灌丛	化香树灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pouzolzia sanguinea</i> var. <i>elegans, Pistacia weinmanniifolia</i> scrub	雅致雾水葛、清香木灌丛	雅致雾水葛、清香木灌丛	55
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Psidium guajava</i> scrub	番石榴灌丛	番石榴灌丛	1, 5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pterolobium punctatum</i> scrub	老虎刺灌丛	老虎刺灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pterospermum heterophyllum, Terminalia nigrovenulosa, Wrightia laevis</i> scrub	翻白叶树、海南榄仁、蓝树灌丛	翻白叶树、海南榄仁、蓝树灌丛	89
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pyracantha fortuneana</i> scrub	火棘灌丛	火棘灌丛	5, 7, 10, 76, 80, 81, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pyracantha fortuneana, Rosa cymosa, Rubus</i> spp. scrub	火棘、小果蔷薇、悬钩子灌丛	火棘灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pyracantha fortuneana, Spiraea salicifolia, Vitex negundo, Loropetalum chinense</i> scrub	火棘、绣线菊、黄荆、欃木灌丛	火棘灌丛	4
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Pyrus pashia, Pyracantha fortuneana</i> scrub	川梨、火棘灌丛	火棘灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus dolicholepis</i> scrub	匙叶栎灌丛	匙叶栎灌丛	55

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus dolicholepis</i> scrub	匙叶栎灌丛	匙叶栎灌丛	55
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus fabri</i> scrub	白栎灌丛	白栎灌丛	3, 10, 28, 30, 50
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus fabri, Loropetalum chinense</i> scrub	白栎、櫟木灌丛	白栎灌丛	38, 66, 91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus fabri, Quercus aliena</i> scrub	白栎、槲栎灌丛	白栎灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus fabri, Quercus serrata, Quercus variabilis, Quercus acutissima</i> scrub	白栎、枹栎、栓皮栎、麻栎灌丛	白栎灌丛	1
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus fabri, Symplocos lucida</i> scrub	白栎、光亮山矾灌丛	白栎灌丛	66
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus oxyphylla</i> scrub	尖叶栎灌丛	尖叶栎灌丛	18
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus serrata</i> scrub	枹栎灌丛	枹栎灌丛	10
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus serrata, Platyarya strobilacea</i> scrub	枹栎、化香树灌丛	枹栎灌丛	91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Quercus serrata, Rhododendron simsii</i> scrub	枹栎、杜鹃灌丛	枹栎灌丛	2, 38
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhamnus utilis, Pterolobium punctatum</i> scrub	冻绿、老虎刺灌丛	冻绿、老虎刺灌丛	8
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhapis humilis</i> scrub	矮棕竹灌丛	矮棕竹灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhododendron simsii</i> scrub	杜鹃灌丛	杜鹃灌丛	10, 30, 59, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhododendron simsii, Rhaphiolepis indica, Vaccinium bracteatum</i> scrub	杜鹃、石斑木、南烛灌丛	杜鹃灌丛	3
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhododendron simsii, Vaccinium bracteatum, Lyonia ovalifolia</i> scrub	杜鹃、南烛、珍珠花灌丛	杜鹃灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhodomyrtus tomentosa, Baeckea frutescens</i> scrub	桃金娘、岗松灌丛	桃金娘灌丛	91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhodomyrtus tomentosa, Helicteres angustifolia</i> scrub	桃金娘、山芝麻灌丛	桃金娘灌丛	3
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhodomyrtus tomentosa, Syzygium buxifolium</i> scrub	桃金娘、赤楠灌丛	桃金娘灌丛	3
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rhus chinensis</i> scrub	盐麸木灌丛	盐麸木灌丛	16, 33, 37, 72, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rosa cymosa</i> scrub	小果蔷薇灌丛	小果蔷薇灌丛	5, 7, 72, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rosa cymosa, Pyracantha fortuneana</i> scrub	小果蔷薇、火棘灌丛	小果蔷薇灌丛	1, 7, 18, 19, 33, 91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rosa mairei</i> scrub	毛叶蔷薇灌丛	毛叶蔷薇灌丛	24
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rosa omeiensis</i> scrub	峨眉蔷薇灌丛	峨眉蔷薇灌丛	1, 14, 18, 61, 70

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rosa</i> spp., <i>Zanthoxylum</i> spp. scrub	蔷薇、野花椒灌丛	蔷薇、野花椒灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Rubus columellaris</i> scrub	小柱悬钩子灌丛	小柱悬钩子灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sageretia thea</i> scrub	雀梅藤灌丛	雀梅藤灌丛	5, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sageretia thea</i> , <i>Hypericum monogynum</i> , <i>Rosa cymosa</i> , <i>Bauhinia championii</i> scrub	雀梅藤、金丝桃、小果蔷薇、龙须藤灌丛	雀梅藤灌丛	4
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sageretia thea</i> , <i>Myrsine africana</i> scrub	雀梅藤、铁仔灌丛	雀梅藤灌丛	72
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Schefflera heptaphylla</i> scrub	鹅掌柴灌丛	鹅掌柴灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Scolopia oldhamii</i> , <i>Atalantia buxifolia</i> scrub	台湾箣柊、酒饼簕灌丛	台湾箣柊、酒饼簕灌丛	20
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Securinaga wuxiensis</i> scrub	巫溪叶底珠灌丛	巫溪叶底珠灌丛	72
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sophora davidii</i> , <i>Bauhinia brachycarpa</i> scrub	白刺槐、鞍叶羊蹄甲灌丛	白刺槐灌丛	49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sophora davidii</i> , <i>Sageretia pycnophylla</i> , <i>Bauhinia brachycarpa</i> scrub	白刺槐、对节刺、鞍叶羊蹄甲灌丛	白刺槐灌丛	1, 19
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sophora davidii</i> , <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> , <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> , <i>Sageretia pycnophylla</i> scrub	白刺槐、酸枣、荆条、对节刺灌丛	白刺槐灌丛	18
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea kwangsiensis</i> scrub	广西绣线菊灌丛	广西绣线菊灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Sterculia monosperma</i> scrub	苹婆灌丛	苹婆灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Stranvaesia davidiana</i> var. <i>undulata</i> , <i>Berberis julianae</i> scrub	波叶红果树、豪猪刺灌丛	波叶红果树、豪猪刺灌丛	91
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Symplocos paniculata</i> scrub	白檀灌丛	白檀灌丛	16, 30, 73
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Syzygium buxifolium</i> scrub	赤楠灌丛	赤楠灌丛	30
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Syzygium grijsii</i> scrub	轮叶蒲桃灌丛	轮叶蒲桃灌丛	29, 38
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Syzygium handelii</i> , <i>Distylium dunnianum</i> scrub	贵州蒲桃、窄叶蚊母树灌丛	贵州蒲桃、窄叶蚊母树灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Triadica rotundifolia</i> , <i>Sterculia lanceolata</i> , <i>Desmos chinensis</i> scrub	圆叶乌桕、假苹婆、假鹰爪灌丛	圆叶乌桕、假苹婆、假鹰爪灌丛	89
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ulmus lanceifolia</i> , <i>Pistacia weinmanniifolia</i> scrub	常绿榆、清香木灌丛	常绿榆、清香木灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ventilago calycinata</i> , <i>Gouania leptostachya</i> scrub	毛果翼核果、咀签灌丛	毛果翼核果、咀签灌丛	5, 93

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum cinnamomifolium</i> , <i>Zanthoxylum armatum</i> , <i>Bauhinia variegata</i> scrub	樟叶莢蒾、竹叶花椒、洋紫荆灌丛	樟叶莢蒾、竹叶花椒、洋紫荆灌丛	1
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum cylindricum</i> , <i>Rhus chinensis</i> scrub	水红木、盐麸木灌丛	水红木、盐麸木灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum dilatatum</i> scrub	莢蒾灌丛	莢蒾灌丛	72
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum propinquum</i> scrub	球核莢蒾灌丛	球核莢蒾灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Viburnum utile</i> scrub	烟管莢蒾灌丛	烟管莢蒾灌丛	10
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i> scrub	牡荆灌丛	牡荆灌丛	5, 8, 10, 72, 80
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> var. <i>microphylla</i> scrub	小叶荆灌丛	小叶荆灌丛	19, 81
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> , <i>Alchornea trewioides</i> , <i>Litsea glutinosa</i> , <i>Sageretia thea</i> scrub	黄荆、红背山麻杆、潺槁木姜子、雀梅藤灌丛	黄荆灌丛	4
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> , <i>Breynia fruticosa</i> , <i>Helicteres angustifolia</i> scrub	黄荆、黑面神、山芝麻灌丛	黄荆灌丛	3
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> , <i>Coriaria nepalensis</i> scrub	黄荆、马桑灌丛	黄荆灌丛	18, 19
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex negundo</i> , <i>Terminalia franchetii</i> scrub	黄荆、滇榄仁灌丛	黄荆灌丛	49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex rotundifolia</i> scrub	单叶蔓荆灌丛	单叶蔓荆灌丛	3
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Vitex trifolia</i> scrub	蔓荆灌丛	蔓荆灌丛	38
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Weigela florida</i> , <i>Hydrangea macrophylla</i> scrub	锦带花、绣球灌丛	锦带花、绣球灌丛	76
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Weigela japonica</i> var. <i>sinica</i> , <i>Zabelia dielsii</i> , <i>Enkianthus chinensis</i> scrub	水马桑、南方六道木、灯笼吊钟花灌丛	水马桑、南方六道木、灯笼吊钟花灌丛	2
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Wendlandia scabra</i> , <i>Aporosa yunnanensis</i> scrub	粗叶水锦树、云南银柴灌丛	粗叶水锦树、云南银柴灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Wendlandia uvariifolia</i> scrub	水锦树灌丛	水锦树灌丛	5, 7, 93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Woodfordia fruticosa</i> scrub	虾子花灌丛	虾子花灌丛	93
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Woodfordia fruticosa</i> , <i>Acacia farnesiana</i> scrub	虾子花、金合欢灌丛	虾子花灌丛	28, 49
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Xylosma congesta</i> scrub	柞木灌丛	柞木灌丛	7
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Zabelia dielsii</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Weigela japonica</i> var. <i>sinica</i> scrub	南方六道木、三桠乌药、水马桑灌丛	南方六道木、三桠乌药、水马桑灌丛	29

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Zanthoxylum armatum</i> scrub	竹叶花椒灌丛	竹叶花椒灌丛	24
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> , <i>Maclura tricuspidata</i> scrub	酸枣、柘树灌丛	酸枣、柘树灌丛	29
亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛	<i>Ziziphus mauritiana</i> , <i>Sageretia thea</i> scrub	滇刺枣、雀梅藤灌丛	滇刺枣、雀梅藤灌丛	20
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Caesalpinia minax</i> scrub	喙荚云实灌丛	喙荚云实灌丛	27, 78
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Clerodendrum inerme</i> scrub	苦郎树灌丛	苦郎树灌丛	1, 3, 27, 78
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Guettarda speciosa</i> forest	海岸桐林	海岸桐林	1, 27, 78
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Pemphis acidula</i> scrub	水芫花灌丛	水芫花灌丛	1, 27, 78
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Pemphis acidula</i> , <i>Gymnosporia diversifolia</i> scrub	水芫花、变叶裸实灌丛	水芫花灌丛	20
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Pisonia grandis</i> forest	抗风桐林	抗风桐林	1, 27, 78, 90
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Premna serratifolia</i> scrub	伞序臭黄荆灌丛	伞序臭黄荆灌丛	27, 78
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Scaevola taccada</i> scrub	草海桐灌丛	草海桐灌丛	1, 27, 78
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Scaevola taccada</i> , <i>Dodonaea viscosa</i> scrub	草海桐、车桑子灌丛	草海桐灌丛	20
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Scaevola taccada</i> , <i>Ficus tinctoria</i> scrub	草海桐、梁料榕灌丛	草海桐灌丛	20
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Scaevola taccada</i> , <i>Scaevola hainanensis</i> , <i>Pisonia grandis</i> scrub	草海桐、小草海桐、抗风桐灌丛	草海桐灌丛	89
热带珊瑚灰岩肉质常绿阔叶灌丛和矮林	<i>Tournefortia argentea</i> scrub	银毛树灌丛	银毛树灌丛	1, 27, 78
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Euphorbia antiquorum</i> scrub	霸王鞭灌丛	霸王鞭灌丛	8, 19
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Opuntia dillenii</i> scrub	仙人掌灌丛	仙人掌灌丛	19
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Opuntia dillenii</i> , <i>Flacourzia indica</i> , <i>Atalanitia buxifolia</i> scrub	仙人掌、刺篱木、酒饼簕灌丛	仙人掌灌丛	4
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Opuntia monacantha</i> scrub	单刺仙人掌灌丛	单刺仙人掌灌丛	24, 46, 55
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Pandanus tectorius</i> scrub	露兜树灌丛	露兜树灌丛	3
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Pandanus tectorius</i> , <i>Atalanitia buxifolia</i> , <i>Catunaregam spinosa</i> , <i>Paliurus ramosissimus</i> scrub	露兜树、酒饼簕、山石榴、马甲子灌丛	露兜树灌丛	4
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Pandanus tectorius</i> , <i>Atalanitia buxifolia</i> , <i>Opuntia dillenii</i> scrub	露兜树、酒饼簕、仙人掌灌丛	露兜树灌丛	1

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚热带、热带旱生常绿肉质多刺灌丛	<i>Pandanus tectorius, Flacourzia indica, Atalantia buxifolia</i> scrub	露兜树、刺篱木、酒饼簕灌丛	露兜树灌丛	4
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Berberis dictyophylla, Spiraea mollifolia</i> scrub	刺红珠、毛叶绣线菊灌丛	刺红珠、毛叶绣线菊灌丛	55
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Betula delavayi</i> var. <i>microstachya</i> scrub	细穗高山桦灌丛	细穗高山桦灌丛	28, 42
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Betula rotundifolia</i> scrub	圆叶桦灌丛	圆叶桦灌丛	1, 23, 28, 48
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana bicolor, Caragana erinacea</i> scrub	二色锦鸡儿、川西锦鸡儿灌丛	二色锦鸡儿、川西锦鸡儿灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana franchetiana</i> scrub	云南锦鸡儿灌丛	云南锦鸡儿灌丛	24, 49
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana jubata, Caragana erinacea</i> scrub	鬼箭锦鸡儿、川西锦鸡儿灌丛	鬼箭锦鸡儿灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana jubata, Potentilla fruticosa, Potentilla glabra</i> scrub	鬼箭锦鸡儿、金露梅、银露梅灌丛	鬼箭锦鸡儿灌丛	17
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana jubata, Spiraea alpina, Potentilla fruticosa</i> scrub	鬼箭锦鸡儿、高山绣线菊、金露梅灌丛	鬼箭锦鸡儿灌丛	87
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana roborovskii</i> scrub	荒漠锦鸡儿灌丛	荒漠锦鸡儿灌丛	42
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caragana turkestanica</i> scrub	新疆锦鸡儿灌丛	新疆锦鸡儿灌丛	1, 23
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Caryopteris forrestii</i> scrub	灰毛莸灌丛	灰毛莸灌丛	22
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Ceratostigma minus</i> scrub	小蓝雪花灌丛	小蓝雪花灌丛	22
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Corylus yunnanensis</i> scrub	滇榛灌丛	滇榛灌丛	19, 55
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Cotoneaster dielsianus, Rosa omeiensis</i> scrub	木帚栒子、峨眉蔷薇灌丛	木帚栒子、峨眉蔷薇灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Hippophae salicifolia</i> scrub	柳叶沙棘灌丛	柳叶沙棘灌丛	28
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Hippophae tibetana</i> scrub	西藏沙棘灌丛	西藏沙棘灌丛	15, 19, 22, 28
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Potentilla fruticosa, Spiraea salicifolia</i> scrub	金露梅、绣线菊灌丛	金露梅、绣线菊灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Potentilla glabra</i> scrub	银露梅灌丛	银露梅灌丛	1, 22, 67
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Rubus amabilis, Rubus cockburnianus</i> scrub	秀丽莓、华中悬钩子灌丛	秀丽莓、华中悬钩子灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix atropantha</i> scrub	奇花柳灌丛	奇花柳灌丛	28, 46
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix atropantha, Salix spodiophylla</i> scrub	奇花柳、灰叶柳灌丛	奇花柳灌丛	22
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix calyculata</i> scrub	长柄垫柳灌丛	长柄垫柳灌丛	24
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix characta</i> scrub	密齿柳灌丛	密齿柳灌丛	18
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix cupularis</i> scrub	杯腺柳灌丛	杯腺柳灌丛	1, 13, 14, 18, 31, 45, 61, 68, 70
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix myrtillacea</i> scrub	坡柳灌丛	坡柳灌丛	64
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix myrtillacea, Salix rehderiana</i> scrub	坡柳、川滇柳灌丛	坡柳灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix oritrepha</i> var. <i>amnematchinensis, Salix cheilophila</i> scrub	青山生柳、乌柳灌丛	青山生柳、乌柳灌丛	53
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix oritrepha, Salix atropantha</i> scrub	山生柳、奇花柳灌丛	山生柳、奇花柳灌丛	22
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix paraphylicifolia</i> scrub	光叶柳灌丛	光叶柳灌丛	22
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix rehderiana</i> scrub	川滇柳灌丛	川滇柳灌丛	28, 46

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix souliei</i> scrub	黄花垫柳灌丛	黄花垫柳灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix spodiophylla</i> scrub	灰叶柳灌丛	灰叶柳灌丛	19
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix</i> spp., <i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Caragana jubata</i> scrub	高山柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿灌丛	高山柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿灌丛	89
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Salix vaccinoides</i> scrub	乌饭叶矮柳灌丛	乌饭叶矮柳灌丛	24, 49
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea alpina</i> scrub	高山绣线菊灌丛	高山绣线菊灌丛	18, 28, 42, 68
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea arcuata</i> scrub	拱枝绣线菊灌丛	拱枝绣线菊灌丛	22
亚高山落叶阔叶灌丛	<i>Spiraea mongolica</i> scrub	蒙古绣线菊灌丛	蒙古绣线菊灌丛	13, 14, 18, 61
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> scrub	东北岩高兰灌丛	东北岩高兰灌丛	13, 84
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Quercus guyavifolia</i> scrub	帽斗栎灌丛	帽斗栎灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron adenogynum</i> , <i>Rhododendron rufescens</i> scrub	腺房杜鹃、红背杜鹃灌丛	腺房杜鹃、红背杜鹃灌丛	1
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron aganniphum</i> scrub	雪山杜鹃灌丛	雪山杜鹃灌丛	28, 46
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron anthopogon</i> scrub	髯花杜鹃灌丛	髯花杜鹃灌丛	1, 22, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron anthropogonooides</i> scrub	烈香杜鹃灌丛	烈香杜鹃灌丛	90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron aureum</i> scrub	牛皮杜鹃灌丛	牛皮杜鹃灌丛	12, 28
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron bachii</i> , <i>Clethra fabri</i> scrub	腺萼马银花、华南桤叶树灌丛	腺萼马银花、华南桤叶树灌丛	7
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron beesianum</i> scrub	宽钟杜鹃灌丛	宽钟杜鹃灌丛	64
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron campanulatum</i> scrub	钟花杜鹃灌丛	钟花杜鹃灌丛	1, 22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron campylogynum</i> scrub	弯柱杜鹃灌丛	弯柱杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron capitatum</i> scrub	头花杜鹃灌丛	头花杜鹃灌丛	18, 42, 45, 68, 70, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron cephalanthum</i> scrub	毛喉杜鹃灌丛	毛喉杜鹃灌丛	1, 24, 55
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron ciliatum</i> scrub	睫毛杜鹃灌丛	睫毛杜鹃灌丛	79
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron clementinae</i> subsp. <i>aureodorsale</i> scrub	金背杜鹃灌丛	金背杜鹃灌丛	18, 45, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron clementinae</i> subsp. <i>aureodorsale</i> , <i>Rhododendron rufum</i> scrub	金背杜鹃、黄毛杜鹃灌丛	金背杜鹃灌丛	90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron concinnum</i> scrub	秀雅杜鹃灌丛	秀雅杜鹃灌丛	1, 18, 59
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron concinnum</i> , <i>Syringa wolfii</i> scrub	秀雅杜鹃、辽东丁香灌丛	秀雅杜鹃灌丛	18
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron davidsonianum</i> scrub	凹叶杜鹃灌丛	凹叶杜鹃灌丛	55, 90

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron decorum</i> scrub	大白杜鹃灌丛	大白杜鹃灌丛	19, 28, 46
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron delavayi</i> , <i>Rhododendron irroratum</i> scrub	马缨杜鹃、露珠杜鹃灌丛	马缨杜鹃、露珠杜鹃灌丛	8
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron dichroanthum</i> scrub	两色杜鹃灌丛	两色杜鹃灌丛	1
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron discolor</i> scrub	喇叭杜鹃灌丛	喇叭杜鹃灌丛	91
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron eclecteum</i> scrub	杂色杜鹃灌丛	杂色杜鹃灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron forrestii</i> scrub	紫背杜鹃灌丛	紫背杜鹃灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron fortunei</i> scrub	云锦杜鹃灌丛	云锦杜鹃灌丛	91
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron fragariiflorum</i> scrub	草莓花杜鹃灌丛	草莓花杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron guizhouense</i> scrub	贵州杜鹃灌丛	贵州杜鹃灌丛	8
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron haemonium</i> scrub	矮杜鹃灌丛	矮杜鹃灌丛	1, 79
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron heliolepis</i> scrub	亮鳞杜鹃灌丛	亮鳞杜鹃灌丛	24
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron henanense</i> scrub	河南杜鹃灌丛	河南杜鹃灌丛	59
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron hippophaeoides</i> scrub	灰背杜鹃灌丛	灰背杜鹃灌丛	24, 49
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron hypenanthum</i> scrub	毛花杜鹃灌丛	毛花杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron impeditum</i> scrub	粉紫杜鹃灌丛	粉紫杜鹃灌丛	1, 19, 28, 46
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron intricatum</i> scrub	隐蕊杜鹃灌丛	隐蕊杜鹃灌丛	1, 19, 55
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron lacteum</i> scrub	乳黄杜鹃灌丛	乳黄杜鹃灌丛	24
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron lapponicum</i> scrub	高山杜鹃灌丛	高山杜鹃灌丛	79, 81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron latoucheae</i> scrub	西施花灌丛	西施花灌丛	5, 91
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron laudandum</i> scrub	毛冠杜鹃灌丛	毛冠杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron lepidotum</i> scrub	鳞腺杜鹃灌丛	鳞腺杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron maculiferum</i> subsp. <i>anhweiense</i> scrub	黄山杜鹃灌丛	黄山杜鹃灌丛	2
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron mariesii</i> scrub	满山红灌丛	满山红灌丛	30
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron micranthum</i> scrub	照山白灌丛	照山白灌丛	9, 17

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron microphyton</i> scrub	亮毛杜鹃灌丛	亮毛杜鹃灌丛	79
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron molle</i> scrub	羊踯躅灌丛	羊踯躅灌丛	45
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron mucronulatum</i> scrub	迎红杜鹃灌丛	迎红杜鹃灌丛	9, 12, 16, 73
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron nivale</i> scrub	雪层杜鹃灌丛	雪层杜鹃灌丛	1, 22, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron nivale</i> subsp. <i>boreale</i> scrub	北方雪层杜鹃灌丛	北方雪层杜鹃灌丛	19, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron oreodoxa</i> scrub	山光杜鹃灌丛	山光杜鹃灌丛	1, 31, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron oreodoxa</i> , <i>Rhododendron anthopogonoides</i> scrub	山光杜鹃、烈香杜鹃灌丛	山光杜鹃灌丛	61
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron pachytrichum</i> scrub	绒毛杜鹃灌丛	绒毛杜鹃灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron phaeochrysum</i> var. <i>agglutinatum</i> scrub	凝毛杜鹃灌丛	凝毛杜鹃灌丛	55
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron phaeochrysum</i> var. <i>levistratum</i> scrub	毡毛栎叶杜鹃灌丛	毡毛栎叶杜鹃灌丛	64
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron primuliflorum</i> scrub	樱草杜鹃灌丛	樱草杜鹃灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron primuliflorum</i> var. <i>cephalanthoides</i> scrub	微毛樱草杜鹃灌丛	微毛樱草杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron przewalskii</i> scrub	陇蜀杜鹃灌丛	陇蜀杜鹃灌丛	15, 19, 28, 42, 46
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i> , <i>Rhododendron rubropilosum</i> , <i>Rhododendron morii</i> scrub	阿里山杜鹃、台红毛杜鹃、玉山杜鹃灌丛	阿里山杜鹃、台红毛杜鹃、玉山杜鹃灌丛	1
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron purdomii</i> var. <i>nanum</i> scrub	爬枇杷灌丛	爬枇杷灌丛	18, 45
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron qinghaiense</i> , <i>Rhododendron rufum</i> scrub	青海杜鹃、黄毛杜鹃灌丛	青海杜鹃、黄毛杜鹃灌丛	31
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron rex</i> scrub	大王杜鹃灌丛	大王杜鹃灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron roxieanum</i> scrub	卷叶杜鹃灌丛	卷叶杜鹃灌丛	8
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron saluenense</i> var. <i>prostratum</i> scrub	平卧怒江杜鹃灌丛	平卧怒江杜鹃灌丛	81
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron setosum</i> scrub	刚毛杜鹃灌丛	刚毛杜鹃灌丛	1, 22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron shanii</i> scrub	都支杜鹃灌丛	都支杜鹃灌丛	1, 2
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron siderophyllum</i> scrub	锈叶杜鹃灌丛	锈叶杜鹃灌丛	24, 81

植被型 Vegetation type	群系的科学名称 Scientific name of formations	文献中的群系中文名 Chinese name of formations in literature	群系中文名 Chinese name of formations	编号 Code
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron</i> sp. scrub	金鳞小叶杜鹃灌丛	金鳞小叶杜鹃灌丛	24
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron</i> sp., <i>Rhododendron balfourianum</i> var. <i>aganniphoides</i> scrub	杜鹃、白毛粉钟杜鹃灌丛	杜鹃、白毛粉钟杜鹃灌丛	64
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron thymifolium</i> scrub	千里香杜鹃灌丛	千里香杜鹃灌丛	42, 55, 90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron traillianum</i> scrub	川滇杜鹃灌丛	川滇杜鹃灌丛	24, 28, 46, 49
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron trichostomum</i> scrub	毛嘴杜鹃灌丛	毛嘴杜鹃灌丛	90
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron trichostomum</i> , <i>Rhododendron nivale</i> subsp. <i>boreale</i> scrub	毛嘴杜鹃、北方雪层杜鹃灌丛	毛嘴杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron tubulosum</i> scrub	长管杜鹃灌丛	长管杜鹃灌丛	42
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron websterianum</i> scrub	毛蕊杜鹃灌丛	毛蕊杜鹃灌丛	28, 46
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron wightii</i> scrub	宏钟杜鹃灌丛	宏钟杜鹃灌丛	22
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Rhododendron zheguense</i> scrub	鹧鸪杜鹃灌丛	鹧鸪杜鹃灌丛	28, 46
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Vaccinium uliginosum</i> scrub	笃斯越桔灌丛	笃斯越桔灌丛	28
亚高山硬叶常绿阔叶灌丛	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> scrub	越桔灌丛	越桔灌丛	28
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Cassiope fastigiata</i> scrub	扫帚锦绦花灌丛	扫帚锦绦花灌丛	1, 22
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Juniperus davurica</i> scrub	兴安苍柏灌丛	兴安苍柏灌丛	12, 83, 84
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Juniperus indica</i> scrub	滇藏方枝柏灌丛	滇藏方枝柏灌丛	1, 22, 90
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Juniperus pingii</i> var. <i>wilsonii</i> scrub	香柏灌丛	香柏灌丛	1, 18, 19, 22, 24, 42, 55, 68, 74, 79, 90
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Juniperus procumbens</i> scrub	铺地柏灌丛	铺地柏灌丛	61
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Juniperus sibirica</i> scrub	西伯利亚刺柏灌丛	西伯利亚刺柏灌丛	1, 23, 48, 51
亚高山常绿针叶灌丛	<i>Juniperus squamata</i> scrub	高山柏灌丛	高山柏灌丛	28



•生物编目•

# 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览

朱鑫鑫<sup>1</sup> 王君<sup>1</sup> 廖帅<sup>3</sup> 马金双<sup>2\*</sup>

1 (信阳师范学院生命科学学院, 河南信阳 464000)

2 (上海辰山植物园, 中国科学院上海辰山植物科学研究中心, 上海 201602)

3 (华东师范大学生命科学学院, 上海 200241)

**摘要:** 马兜铃属(广义) (*Aristolochia* sensu lato) 具有花单被、花萼管状、合蕊柱、子房下位、中轴胎座、胚珠多数、蒴果等主要特征, 广布于全世界的热带、亚热带和温带地区, 约有600种, 是马兜铃科中种类最多的属。依据 *Flora of China*, 我国有本属植物45种, 其中33种为中国特有。近些年, 国内大量的新类群被相继报道, 特别是云南、广西两地, 而另一些类群则得到了确认、恢复、重新发表或修订。最近, 基于形态和分子证据, 关木通属(*Isotrema*) 因其花萼管急剧弯曲; 合蕊柱3裂; 雄蕊6, 成对与合蕊柱裂片对生; 蒴果由上而下开裂等区别特征而从广义马兜铃属中被分出独立成属。本文基于大量的野外调查、标本鉴定、数码照片考证和相关文献的仔细研究, 重新梳理了中国马兜铃属和关木通属的种类及分布情况, 确认现阶段中国马兜铃属17种和关木通属58种1亚种, 并一一记述同时编制了最新的检索表。其中, 柔叶关木通(*I. mollis*)、线叶关木通(*I. neolongifolia*)的种级地位得到重新确认, 并提供了图版。探讨了优贵马兜铃(*A. gentilis*)、川滇马兜铃(*A. chuandianensis*)和纤细马兜铃(*A. gracillima*)的关系, 昆明关木通(*I. kunmingense*)与波氏关木通(*A. bonatii*)的关系, 以及卵叶关木通(*I. ovatifolium*)、葫芦叶关木通(*I. cucurbitoides*)、西藏关木通(*I. griffithii*)、过石珠(*I. versicolor*)、大别山关木通(*I. dabieshanensis*)等复合群和袋形关木通(*I. saccata*)等物种存在的问题。

**关键词:** 植物标本; 采集; 分类; 分布; 复合群; 检索表; 云南

## Synopsis of *Aristolochia* L. and *Isotrema* Raf. (Aristolochiaceae) in China

Xinxin Zhu<sup>1</sup>, Jun Wang<sup>1</sup>, Shuai Liao<sup>3</sup>, Jinshuang Ma<sup>2\*</sup>

1 College of Life Sciences, Xinyang Normal University, Xinyang, Henan 464000

2 Shanghai Chenshan Botanical Garden; Shanghai Chenshan Plant Science Research Center, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201602

3 School of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241

**Abstract:** *Aristolochia* (s. l.) is widely distributed in tropical, subtropical and temperate regions of the world, with monochlamydeous and tubular flowers, gynostemia, inferior ovaries, axile placentations, pluriovulate capsules, and others as the main characters. It is the largest genus in Aristolochiaceae, which consists of about 600 species. According to *Flora of China*, there are 45 species in China, 33 of which are endemic. In recent years, many new species have been discovered in China, especially in Yunnan and Guangxi. Additionally, some taxa were confirmed, reinstated, republished and revised. *Isotrema*, previously treated as a subgenus of *Aristolochia*, was recently reinstated as an independent genus based on molecular and morphological evidences. This genus has strongly curved calyxes, 3-lobed gynostemia with paired anthers on the outer surface of each gynostemium segment, and basipetally dehiscent capsules. Through extensive field work, careful examination of many specimens, digital photos and related literatures, an updated checklist and identification key of *Aristolochia* (s. s.) and *Isotrema* in China are presented here. Relevant discussions and distribution for the 17 species of *Aristolochia*, 58 species and one subspecies of *Isotrema* are also provided. Among them, *I. mollis* and *I. neolongifolia* are reinstated and illustrated, the relationship among *A. gentilis*, *A. chuandianensis* and *A. gracillima*, and the relationship between *I. kunmingense* and *A. bonatii* are discussed, knotty taxa, such as *I. ovatifolium* complex, *I. cucurbitoides* complex, *I. griffithii* complex, *I. versicolor* complex, *I.*

生物编目

收稿日期: 2019-05-29; 接受日期: 2019-08-20

基金项目: 国家自然科学基金(31600161; 31370225)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jinshuangma@gmail.com

*dabieshanensis* complex and suspected species *I. saccata*, are also discussed.

**Key words:** plant specimen; collection; classification; distribution; complex; identification key; Yunnan

## 前言

马兜铃属(*Aristolochia* L. sensu lato)是马兜铃科中种类最多和分布最广的属, 约有600种(González, 2012; Zhu et al, 2019), 广布于热带和亚热带地区, 少数分布于温带地区(马金双, 1989)。基于经典分类学和分子系统学研究, 目前对广义马兜铃属的分类主要存在两种观点: (1) 3亚属系统: 马兜铃亚属(subgen. *Aristolochia*): 合蕊柱顶部6(5)裂, 花药6(5), 单一的与蕊柱裂片对生, 蒴果由基部向上开裂, 分布于地中海区域及亚洲、非洲和美洲的热带和亚热带地区; 对药马兜铃亚属(subgen. *Siphisia*): 合蕊柱顶部3裂, 花药两两成对且与蕊柱裂片对生, 蒴果由上而下开裂, 间断分布于亚洲(东亚和南亚)和美洲(北美洲和中美洲); 多药马兜铃亚属(subgen. *Par aristolochia*): 合蕊柱顶部多裂, 花药多数, 浆果不开裂, 分布于非洲、澳洲的热带地区和亚洲的马来西亚地区(Duchartre, 1854, 1864; Schmidt, 1935; 马金双, 1989; González, 1999; González & Stevenson, 2000; Wanke et al, 2006; Do et al, 2015a, b)。(2) 2亚族4属系统: 马兜铃亚族(subtrib. *Aristolochiinae*)包含狭义马兜铃属(*Aristolochia* L. sensu stricto)和闭果兜铃属(*Par aristolochia*); 关木通亚族(subtrib. *Isotrematinae*)包含关木通属(*Isotrema*)和蛇木通属(*Endodeca*) (González & Stevenson, 2002; Kelly & González, 2003; Neinhuis et al, 2005; Ohi-Toma et al, 2006; Wanke et al, 2007)。Zhu等(2019)基于形态性状和分子系统学证据, 正式将对药马兜铃亚属从广义马兜铃属中恢复成关木通属(包括传统分类中的关木通属和蛇木通属)。中国所产广义马兜铃属种类皆属于现今的狭义马兜铃属和关木通属, 因两者关系密切且关木通属刚恢复不久, 故本文将两者同时撰稿。

黄淑美(1988)在《中国植物志》中首次对中国的马兜铃属(广义)进行了全面系统的整理, 共记载39种2变种3变型; 随后, 马金双(1989, 1994)进行了东亚和南亚马兜铃属(广义)的修订和补订; Hwang等(2003)在*Flora of China*中又对其进行了一次修订, 共记载45种, 另有金江马兜铃(*Aristolochia jingian-*

*gensis* Hao Zhang & C. K. Hsieh)和斑喉马兜铃(*A. faucimaculata* Hao Zhang & C. K. Hsieh)两个存疑种未作处理。近年来, 随着调查和研究的深入, 不时有中国马兜铃属(广义)新类群发表, 截至投稿时, 共计15种1亚种(Xu et al, 2011; Huang et al, 2013, 2015; Wu et al, 2013, 2015; Lu & Wang, 2014; Zhu et al, 2015, 2017a, b, 2018a, b; Gong et al, 2018; Yang et al, 2018); 另有1变种即小花马兜铃(*A. yunnanensis* var. *meionantha* Handel-Mazzetti)被提升到了种级水平(Zhu et al, 2016); 同时有11个物种即斑喉马兜铃、扁茎马兜铃(*A. compressicaulis* Z. L. Yan)、川南马兜铃(*A. austroszechuanica* C. P. Tsien & C. Y. Cheng ex C. Y. Cheng & J. L. Wu)、川西马兜铃(*A. aristolochia thibetica* Franch.)、大别山马兜铃(*A. dabieshanensis* C. Y. Cheng & W. Yu)、滇南马兜铃(*A. austroyunnanensis* S. M. Hwang)、柔叶马兜铃(*A. mollis* Dunn)、台湾马兜铃(*A. shimadae* Hayata)、吴氏马兜铃(*A. wuana* Zhen W. Liu & Y. F. Deng)、线叶马兜铃(*A. neolongifolia* J. L. Wu & Z. L. Yang)和异叶马兜铃(*A. heterophylla* Hemsl.)得到了确认、恢复或重新发表(Murata, 2006; Liu & Deng, 2009; Ohi-Toma et al, 2014; Do et al, 2015c; Zhu et al, 2016, 2017a); 长叶马兜铃(*A. championii* Merr. & Chun)、翅茎马兜铃(*A. caulialata* C. Y. Wu ex J. S. Ma & C. Y. Cheng)和偏花马兜铃(*A. obliqua* S. M. Hwang)得到了修订(Do et al, 2015c; Zhu et al, 2017b, 2018a); 排除了大叶马兜铃(*A. kaempferi* Willd.)在国内的分布(Murata, 2006; Ohi-Toma et al, 2014; Zhu et al, 2017a)。Ohi-Toma等(2014)提出了在*Flora of China*中被并入大叶马兜铃的大别山马兜铃、柔叶马兜铃、台湾马兜铃、线叶马兜铃和异叶马兜铃都应独立成种, Do等(2015a)也在检索表中承认了川西马兜铃、怒江马兜铃(*A. salweenensis* C. Y. Cheng & J. S. Ma)和线叶马兜铃的种级地位。除了Murata (2006)、Ohi-Toma等(2014)和Zhu等(2017a)已经确认的大别山马兜铃、台湾马兜铃和异叶马兜铃外, 本文赞同Ohi-Toma等(2014)和Do等(2015a)的观点, 认为川西马兜铃、怒江马兜铃、柔叶马兜铃、台湾马兜铃和线叶马兜铃都应独立成种。但由于所获取野外材料

的限制, 本文仅对柔叶关木通(柔叶马兜铃)和线叶关木通(线叶马兜铃)的种级地位进行进一步确认。Zhu等(2019)基于形态性状和分子系统学证据将对药马兜铃亚属提升为关木通属(*Isotrema* Raf.), 并进行了大量的新组合, 同时将奇异马兜铃(*A. kaempferi* f. *mirabilis* S. M. Hwang)提升到了种级水平即奇异关木通(*I. mirabile* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma), 另外承认了大寒药(*I. feddei* (H. Lév.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma)和云南关木通(*I. yunnanense* (Franch.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma)的种级地位, 并将扁茎马兜铃(*A. compressicaulis* Z. L. Yan)并入凉山关木通(*I. liangshanense* (Z. L. Yang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma)。由此可见, 国内本属植物已发生了巨大变化, 而且仍在持续变动中(新物种的暴发式发现、部分物种重新确认或修订、复合群的物种界定等)。截至投稿, 国内马兜铃属(狭义)植物仅剩17种, 而关木通属植物已达58种1亚种。基于国内此两属植物已发生巨变, 为了更清晰地呈现它们在中国的种类和分布情况, 本文在Zhu等(2019)的基础上重新编制了最新的名录和检索表(附录1), 并对物种进行一一论述, 同时对一些疑难和存疑类群进行了探讨(附录2)。

## 结语

由于国内本属在分类学方面缺乏足够的野外观察与采集, 标本量少而且花或果特征不完整, 加之很多重要花部特征在制成标本后消失或变化, 致使本属仍有很多经典分类问题没有得到妥善解决。本文的工作仅是为中国马兜铃属和关木通属的阶段性总结, 随着野外调查的深入, 网络交流的增速, 偏远地区交通的不断便利, 信息资源获取更加便捷, 越来越多的马兜铃属和关木通属新类群将持续被发现, 而随着数码照相技术的发展, 以往在标本制作过程中容易丢失的花部颜色、形态等性状也能被及时地记录下来, 为物种的准确界定提供了更多信息, 也将为这两属植物的分类修订提供有力的佐证。相信不久的将来, 国内这两属植物有望突破百种大关, 极大地丰富马兜铃科植物的多样性。

## 参考文献

- Do TV, Luu TH, Wanke S, Neinhuis C (2015a) Three new species and three new records of *Aristolochia* subgenus *Siphisia* from Vietnam including a key to the Asian species. *Systematic Botany*, 40, 671–691.
- Do TV, Neinhuis C, Wanke S (2015b) A new species of *Aristolochia* subgenus *Siphisia* (Aristolochiaceae) from central Vietnam. *Phytotaxa*, 220, 69–76.
- Do TV, Neinhuis C, Wanke S (2015c) Validation of the name *Aristolochia compressicaulis* and lectotypification of *A. championii* and *A. punjabensis* (Aristolochiaceae). *Phytotaxa*, 221, 198–200.
- Duchartre P (1854) Tentamen methodicae divisionis generis *Aristolochia*, additis descriptionibus complurium novarum specierum novique generis *Holostylis*. *Annales des Sciences Naturelles*, 4a. sér, 2, 29–76.
- Duchartre P (1864) Aristolochiaceae. In: *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*, Vol. 15 (ed. Candolle AP), pp. 421–498. Masson, Paris.
- Gong QB, Landrein S, Xi HC, Ma XD, Yang ZH, He KW, Shen JY (2018) *Aristolochia tongbiguanensis*, a new species of Aristolochiaceae from Yunnan, China. *Taiwania*, 63, 183–187.
- González F (1999) Inflorescence morphology and the systematics of Aristolochiaceae. *Systematics and Geography of Plants*, 68, 159–172.
- González F (2012) Florística y sistemática filogenética innecesariamente disyuntas: El caso de *Aristolochia*, *Euglypha* y *Holostylis* (Aristolochiaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36, 193–202.
- González F, Stevenson DW (2000) Gynostemium development in *Aristolochia* (Aristolochiaceae). *Botanische Jahrbücher für Systematik*, 122, 249–291.
- González F, Stevenson DW (2002) A phylogenetic analysis of the subfamily Aristolochioideae (Aristolochiaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, 26, 25–60.
- Huang YS, Peng RC, Tan WN, Wei GF, Liu Y (2013) *Aristolochia mulunensis* (Aristolochiaceae), a new species from limestone areas in Guangxi, China. *Annales Botanici Fennici*, 50, 175–178.
- Huang YS, Peng YD, Huang BY, Lv HZ, Lin CR (2015) *Aristolochia gongchengensis* (Aristolochiaceae), a new species from the limestone areas in Guangxi, China. *Annales Botanici Fennici*, 52, 396–400.
- Hwang SM (1988) *Aristolochia* Linnaeus. In: *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* 24 (eds Kiu HS, Ling YR), pp. 199–245. Science Press, Beijing. (in Chinese) [黄淑美(1988) 马兜铃属. 见: 中国植物志第24卷(丘华兴, 林有润编), 199–245页. 科学出版社, 北京.]
- Hwang SM, Kelly LM, Gilbert MG (2003) *Aristolochia* Linnaeus. In: *Flora of China*, Vol. 5 (eds Wu ZY, Raven PH, Hong DY), pp. 258–269. Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Kelly LM, González F (2003) Phylogenetic relationships in Aristolochiaceae. *Systematic Botany*, 28, 236–249.

- Liu ZW, Deng YF (2009) *Aristolochia wuana*, a new name in Chinese *Aristolochia* (Aristolochiaceae). *Novon*, 19, 370–371.
- Lu CT, Wang JC (2014) *Aristolochia yujungiana* (Aristolochiaceae): A new species from Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science*, 29, 291–299.
- Ma JS (1989) A revision of *Aristolochia* Linn. from E. & S. Asia. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 27, 321–364. (in Chinese with English abstract) [马金双 (1989) 东亚和南亚马兜铃属的修订. 植物分类学报, 27, 321–364.]
- Ma JS (1994) Supplementary revision of *Aristolochia* L. from E. & S. Asia. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 32, 290–291. (in Chinese with English abstract) [马金双 (1994) 东亚和南亚马兜铃属的补订. 植物分类学报, 32, 290–291.]
- Murata J (2006) *Aristolochia*. In: *Flora of Japan IIa* (eds Iwatsuki K, Boufford DE, Ohba H), pp. 366–368. Kodansha, Tokyo.
- Neinhuis C, Wanke S, Hilu KW, Müller K, Borsch T (2005) Phylogeny of Aristolochiaceae based on parsimony, likelihood, and Bayesian analyses of *trnL-trnF* sequences. *Plant Systematics and Evolution*, 250, 7–26.
- Ohi-Toma T, Sugawara T, Murata H, Wanke S, Neinhuis C, Murata J (2006) Molecular phylogeny of *Aristolochia* sensu lato (Aristolochiaceae) based on sequences of *rbcL*, *matK*, and *phyA* genes, with special reference to differentiation of chromosome numbers. *Systematic Botany*, 31, 481–492.
- Ohi-Toma T, Watanabe-Toma K, Murata H, Murata J (2014) Morphological variations of *Aristolochia kaempferi* and *A. tanzawana* (Aristolochiaceae) in Japan. *Journal of Japanese Botany*, 89, 152–163.
- Schmidt OC (1935) Aristolochiaceae. In: Die Natürlichen Pflanzenfamilien, 2nd ed, 16b (eds Engler A, Prantl K), pp. 204–242. Engelmann, Leipzig.
- Wanke S, González F, Neinhuis C (2006) Systematics of pipe-vines: Combining morphological and fast-evolving molecular characters to investigate the relationships within subfamily Aristolochioideae (Aristolochiaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 167, 1215–1227.
- Wanke S, Jaramillo M, Borsch T, Samain M, Quandt D, Neinhuis C (2007) Evolution of Piperales—*matK* gene and *trnK* intron sequence data reveal lineage specific resolution contrast. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 42, 477–497.
- Wu L, Xu WB, Huang YS, Liu Y (2015) *Aristolochia longilinensis* (Aristolochiaceae), a new species from western Guangxi, China. *Novon*, 23, 490–493.
- Wu L, Xu WB, Wei GF, Liu Y (2013) *Aristolochia huanjiangensis* (Aristolochiaceae), a new species from Guangxi, China. *Annales Botanici Fennici*, 50, 413–416.
- Xu H, Li YD, Yang HJ, Chen HQ (2011) Two new species of *Aristolochia* (Aristolochiaceae) from Hainan Island, China. *Novon*, 21, 285–289.
- Yang B, Ding HB, Zhou SS, Zhu XX, Li R, Mya BM, Tan YH (2018) *Aristolochia sinoburmanica* (Aristolochiaceae), a new species from north Myanmar. *PhytoKeys*, 94, 13–22.
- Zhu XX, Li XQ, Liao S, Du C, Wang Y, Wang ZH, Yan J, Zuo YJ, Ma JS (2019) Reinstatement of *Isotrema*, a new generic delimitation of *Aristolochia* subgen. *Siphisia* (Aristolochiaceae). *Phytotaxa*, 401, 1–23.
- Zhu XX, Liao S, Liu JN, Zhang C, Ma JS (2018a) The taxonomic revision of Asian *Aristolochia* (Aristolochiaceae) IV: lectotypification of *A. caulialata*, with a new species from Yunnan, China—*A. pseudocaulialata*. *Phytotaxa*, 364, 49–60.
- Zhu XX, Liao S, Ma ZX, Xu B, Wang ZH, Wang Y, Ma JS (2017a) The taxonomic revision of Asian *Aristolochia* (Aristolochiaceae) III: Two new taxa of *Aristolochia* and morphological revision for the flower character of *A. obliqua* from Yunnan, China. *Phytotaxa*, 332, 269–279.
- Zhu XX, Liao S, Sun ZP, Zhen AG, Ma JS (2017b) The taxonomic revision of Asian *Aristolochia* (Aristolochiaceae) II: Identities of *Aristolochia austroyunnanensis*, *A. dabieshanensis* and *A. hyperxantha*—A new species from Zhejiang, China. *Phytotaxa*, 313, 61–76.
- Zhu XX, Liao S, Zhang L, Wang ZH, Du C, Ma JS (2016) The taxonomic revision of Asian *Aristolochia* (Aristolochiaceae) I: Confirmation and illustration of *A. austroszechuanica*, *A. faucimaculata* and *A. yunnanensis* var. *meionantha* from China. *Phytotaxa*, 261, 137–146.
- Zhu XX, Shen B, Sun ZP, Chen B, Liao S, Ma JS (2018b) Two new species of *Aristolochia* (Aristolochiaceae) from Yunnan, China. *Novon*, 26, 298–306.
- Zhu XX, Zhang L, Hua ZX, Chen GF, Liao S, Ma JS (2015) *Aristolochia weixiensis*, a new species of Aristolochiaceae from Yunnan, China. *Phytotaxa*, 230, 54–60.

(责任编辑: 陈又生 责任编辑: 时意专)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 中国马兜铃属和关木通属检索表

Appendix 1 Key to species of *Aristolochia* and *Isotrema* from China

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019183-1.pdf>

### 附录2 中国马兜铃属和关木通属分种论述(依据检索表顺序排列)

Appendix 2 Discussion of each species of *Aristolochia* and *Isotrema* from China (order by the rank in the key)

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019183-2.pdf>

## 附录1 中国马兜铃属和关木通属检索表

### Appendix 1 Key to species of *Aristolochia* and *Isotrema* from China

1. 花被管直或稍弯, 檐部一侧伸成长舌片; 合蕊柱顶端6裂; 花药单个与蕊柱裂片对生; 果由下而上开裂(马兜铃属 *Aristolochia*) ..... 2
2. 花被管基部收狭成一细柄, 其上扩大成球形 ..... 3
  3. 叶3浅裂或3深裂 ..... 1. 多型叶马兜铃 *A. polymorpha*
  3. 叶全缘 ..... 4
    4. 叶卵状三角形或肾形, 长宽近相等或稍长 ..... 2. 港口马兜铃 *A. zollingeriana*
    4. 叶长卵形至披针形, 长显著大于宽 ..... 5
    5. 叶下面密被短毛; 叶基部弯缺浅且窄; 花被管喉口处仅边缘一圈红褐色, 色圈不向内延伸; 舌片先端微凹; 果实小, 长约1.7 cm ..... 3. 凹脉马兜铃 *A. impressinervis*
    5. 叶下面无毛; 叶基部弯缺深且宽; 花被管喉口处色圈明显向内延伸, 形成宽窄不一的褐色至褐黑色圈; 舌片先端具凸尖; 果实较大, 长约3–5 cm ..... 4. 耳叶马兜铃 *A. tagala*
2. 花被管基部无细柄, 而直接扩大成球形 ..... 6
6. 檐部舌片顶端延伸并扭转 ..... 7
  7. 叶宽心形或近圆形, 稀卵心形, 顶端急渐尖; 舌片顶端延伸物线形, 稍宽, 大于1 mm, 种子无翅 ..... 5. 弄岗马兜铃 *A. longgangensis*
  7. 叶卵心形或三角状心形, 顶端钝或钝尖; 舌片顶端延伸物近丝状, 极细, 小于1 mm, 种子具翅 ..... 6. 北马兜铃 *A. contorta*
6. 檐部舌片顶端不延伸也不扭转 ..... 8
  8. 叶无柄, 抱茎; 茎直立; 种子无翅 ..... 7. 山草果 *A. delavayi*
  8. 叶有柄, 不抱茎 ..... 9
    9. 茎、叶柄、叶背、花梗、花被外面都密被开展长柔毛 ..... 8. 福建马兜铃 *A. fujianensis*
    9. 毛被非上述情况 ..... 10
      10. 叶三角状长圆形至戟状披针形, 两侧离叶基1/3处多少内凹, 两面无毛; 花1–2朵簇生叶腋; 种子有翅 ..... 9. 马兜铃 *A. debilis*
      10. 叶各型, 两侧离叶基1/3处不内凹, 如内凹, 则叶背密被短毛; 花1–2朵簇生叶腋或形成花序; 种子有翅或无翅 ..... 11
      11. 叶三角状披针形或披针形, 长宽比大于2, 叶背密被短毛 ..... 12
        12. 叶片无黄色斑点; 种子有翅; 分布于中国福建、广东、香港 ..... 10. 华南马兜铃 *A. austrochinensis*
        12. 叶片常有黄色斑点; 种子无翅; 分布于中国台湾、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚 ..... 11. 蜂窝马兜铃 *A. foveolata*
      11. 叶三角形、卵状心形至肾形, 长宽比小于2, 如长宽比大于2, 则叶短于5 cm, 叶背无毛或密被短毛 ..... 13
      13. 总状聚伞花序长4–6 cm, 有花4–10朵, 小苞片卵状心形, 与花对生 ..... 12. 苞叶马兜铃 *A. chlamydophylla*
      13. 花1–2朵簇生叶腋, 稀为总状聚伞花序, 小苞片生于花梗中下部 ..... 14
      14. 具块根; 叶有或无白斑; 聚伞花序具2–6花, 苞片1, 叶状, 卵心形, 有

- 柄; 檐部喉口处黄白色具紫色条纹 ..... 13. 背蛇生 *A. tuberosa*
14. 无块根; 叶无白斑; 花1–2朵簇生叶腋, 如为聚伞花序, 则苞片多枚, 且檐部喉口处靠近管部黄白色, 向上为紫黑色 ..... 15
15. 叶大, 3–15 cm × 3–16 cm; 蒴果大长2.5–4 cm, 种子大, 长4–5 mm ..... 16
16. 叶革质或薄革质, 先端长渐尖, 叶背密被短毛; 聚伞花序或花1–2朵簇生叶腋 ..... 14. 通城虎 *A. fordiana*
16. 叶纸质或近膜质, 先端钝至急尖; 叶背无毛或被短毛; 花1–2朵簇生叶腋 ..... 15. 辟蛇雷 *A. tubiflora*
15. 叶小, 1–4.5 cm × 1–5 cm; 蒴果小, 长1–2 cm; 种子小, 长3–4 mm ..... 17
17. 叶常圆肾形, 稀三角形, 边缘平整; 檐部舌片内面紫黑色至棕色 ..... 16. 优贵马兜铃 *A. gentilis*
17. 叶三角形至三角状披针形, 边缘常皱波状; 檐部舌片内面黄色 ..... 17. 中甸马兜铃 *A. zhongdianensis*
1. 花被管膝曲, 檐部各式, 常3裂; 合蕊柱顶端3裂, 裂片稀再裂; 花药成对与蕊柱裂片对生, 果由上而下开裂(关木通属 *Isotrema*) ..... 18
18. 直立亚灌木; 叶革质或近革质, 狹长倒披针形, 10–15 cm × 2.5–3 cm, 基部楔形; 檐部长圆筒形 ..... 1. 海边关木通 *I. thwaitesii*
18. 无上述综合特征 ..... 19
19. 檐部开展成喇叭形(也即喉口宽阔, 仅稍小于檐部)或圆筒状、囊状、钟形 ..... 20
20. 檐部开展成喇叭形(也即喉口宽阔, 仅稍小于檐部), 檐部与喉口混为一体, 裂片密被乳突 ..... 21
21. 叶披针形或椭圆状披针形, 侧脉16–18对 ..... 2. 尖峰岭关木通 *I. jianfenglingense*
21. 叶片卵状披针形至圆形, 侧脉小于10对 ..... 22
22. 檐部开口朝天, 喉部黄色无条纹和斑点 ..... 23
23. 叶卵形至卵状披针形, 叶基截形或圆形; 蒴果7–10 cm × 2.5–3 cm ..... 3. 海南关木通 *I. hainanense*
23. 叶近圆形, 叶基浅心形至心形; 蒴果15–20 cm × 4–5 cm ..... 4. 盈江关木通 *I. hainanense* subsp. *yingjiangense*
22. 檐部开口微下倾而不朝天, 喉部具斑点或条纹 ..... 24
24. 檐部矩形; 喉部矩形, 具斑点 ..... 25
25. 叶片窄卵形; 喉部黄色密被紫黑色斑点 ..... 5. 管兰香 *I. cathcartii*
25. 叶片宽卵形或心形; 喉口上半部白色具黑紫色斑点, 下半部粉色斑点不显著 ..... 6. 中越关木通 *I. faviogonzalezii*
24. 檐部椭圆形; 喉部近圆形, 上部紫黑色余部白色具紫黑色条纹 ..... 7. 铜壁关关木通 *I. tongbiguanense*
20. 檐部圆筒状、囊状、钟形, 与喉口区分明显 ..... 26
26. 檐部与上部花被管近成直角, 长6–7 cm, 开口极不对称, 上面裂至近中部, 下面浅裂 ..... 8. 大囊关木通 *I. forrestianum*
26. 檐部对称或稍不对称 ..... 27
27. 檐部先端裂片紧缩, 开口小, 宽约1–2 mm ..... 28
28. 叶片卵形或长卵形, 下面灰白色, 密被长绒毛 ..... 9. 卵叶关木通 *I. ovatifolium*

28. 叶片戟状披针形至卵状披针形, 下面淡绿色, 疏被长柔毛 ..... 29  
29. 叶片戟状披针形; 檐部圆筒状, 最宽处直径2–3 mm  
..... 10. 葫芦叶关木通 *I. cucurbitoides*  
29. 叶片卵状披针形; 檐部囊状, 卵形, 最宽处直径约10 mm  
..... 11. 囊花关木通 *I. utriforme*  
27. 檐部先端裂片开展, 开口大, 宽至少大于10 mm ..... 30  
30. 叶片心形, 18–24 cm × 16–20 cm ..... 12. 吴氏关木通 *I. wuanum*  
30. 叶片三角状卵形, 戟状披针形, 披针形至椭圆形, 宽一般不超过10 cm ..... 31  
31. 叶柄、茎、花梗、子房等密被开展黄棕色长柔毛; 檐部内面无显著突出之乳突 ..... 32  
32. 檐部大, 5–8 cm × 4–7 cm, 内面黑紫色或大红色而具白色斑块, 或纯淡黄色无斑块; 果实长约10 cm ..... 13. 裴氏关木通 *I. petelotii*  
32. 檐部小, 约3 cm × 1.5–2 cm, 内面深紫红色无杂色斑块; 果实长约6 cm ..... 14. 黄毛关木通 *I. fulvicomum*  
31. 叶柄、茎、花梗、子房等仅被短毛, 无开展长柔毛; 檐部内面密被显著突起之乳突 ..... 33  
33. 叶片戟状披针形至披针形, 基部两侧常具耳; 檐部钟形, 约2 cm × 1.8 cm ..... 15. 隆林关木通 *I. longlinense*  
33. 叶片三角状卵形至长卵形, 基部两侧无耳; 檐部圆筒形, 约3 cm × 1.5 cm ..... 34  
34. 叶片长卵形; 檐部内面紫黑色密被紫色乳突  
..... 16. 粉质花关木通 *I. transsectum*  
34. 叶片三角形卵状; 檐部内面白色密被黑头状乳突  
..... 17. 黑头关木通 *I. melanocephalum*  
19. 檐部盘状或圆盾状(如广防己、西藏关木通等)或檐部裂片完全内卷(内卷关木通、竹叶关木通) ..... 35  
35. 檐部裂片完全内卷 ..... 36  
36. 叶片线状披针形, 侧脉12–16对; 上部花被管圆柱形, 逐渐扩大; 檐部宽1.5–2 cm ..... 18. 竹叶关木通 *I. bambusifolium*  
36. 叶片倒披针形至椭圆形, 侧脉5–8对; 上部花被管倒三角形, 压扁; 檐部宽3.5–4 cm ..... 19. 内卷关木通 *I. involutum*  
35. 檐部盘状或圆盾状, 裂片平展或上部两裂片多少联合下压, 形成一“帽” ..... 37  
37. 叶片掌裂或同一种中多变 ..... 38  
38. 花梗近中部具圆形苞片, 长约1 cm; 檐部裂片密被乳突; 分布于中国重庆、甘肃、湖北、湖南、陕西、四川 ..... 20. 异叶关木通 *I. heterophyllum*  
38. 花梗苞片卵形或披针形, 长不超过8 mm; 檐部裂片光滑无乳突; 分布于中国台湾、日本 ..... 39  
39. 叶片5–7(9)深裂 ..... 21. 瓜叶关木通 *I. cucurbitifolium*  
39. 叶片全缘, 戟状至3–5(7)浅裂 ..... 40  
40. 喉口黄色 ..... 22. 台湾关木通 *I. shimadae*  
40. 喉口黑紫色, 有时具黄色斑点 ..... 23. 裕荣关木通 *I. yujungianum*  
37. 叶片同一种中较一致, 不裂 ..... 41  
41. 檐部不等裂, 偏斜, 上部全裂, 下部深裂, 裂片直伸

.....	24. 偏花关木通 <i>I. obliquum</i>
41. 檐部不偏斜, 近3等裂, 裂片平展或反卷 .....	42
42. 檐部3深裂, 裂片大, 黄棕色, 椭圆形, 反卷, 约2 cm × 1.5 cm, 长大于宽并 长于上部花被管; 喉口近圆形, 直径约3 mm, 为檐部基部所遮 .....	25. 恭城关木通 <i>I. gongchengense</i>
42. 无上述综合特征 .....	43
43. 檐部裂片内面密被疣突或棘突或疣点或疣突状毛或突起的条纹 .....	44
44. 叶片多变, 以倒披针形、上部最宽为主, 先端常具1至数枚圆裂片或尖 裂片 .....	26. 侯氏关木通 <i>I. howii</i>
44. 叶片披针形至圆形, 中下部最宽, 在同一种中较一致, 先端无裂片 .....	45
45. 檐部裂片黄色, 具紫红色较稀疏条纹突起 .....	27. 环江关木通 <i>I. huanjiangense</i>
45. 檐部裂片突起不成条纹状 .....	46
46. 叶片线状披针形形至卵形, 长宽比常>2, 基部圆形至浅心形 .....	47
47. 檐部3深裂, 裂片不形成一“帽”, 裂片内面黄绿色, 密被暗红色 棘突; 喉口上半部黄色, 下半部黄色带红色斑点 .....	28. 翅茎关木通 <i>I. caulialatum</i>
47. 檐部3浅裂, 上部两裂片联合下压形成一“帽”, 内面黑紫色, 被 疣突 .....	48
48. 叶片卵形或窄卵形, 长宽比<5; 檐部内面密被疣突; 喉口深 紫红色 .....	29. 中缅关木通 <i>I. sinoburmanicum</i>
48. 叶片披针形至线状披针形, 长宽比>5; 檐部仅上半部分有疣 突, 下半部分光滑; 喉口黄色, 无或有黑紫色斑点 .....	30. 长叶关木通 <i>I. championii</i>
46. 叶片卵形至圆形, 长宽比常<2, 基部深心形, 稀浅心形 .....	49
49. 小苞片卵状心形或心形, 长约1 cm; 上部花被管与下部花被管 常远离; 檐部相对花较小, 下裂片底端不达上部花被管一半; 喉口明显突出, 横径与下裂片近等宽 .....	31. 关木通 <i>I. manshuriense</i>
49. 无上述综合特征 .....	50
50. 檐部裂片内面黄绿色或土黄色或暗红色, 光滑或被紫色或紫 黑色扁平疣点, 不明显高出裂片 .....	51
51. 喉口黄色, 无杂色斑点 .....	52
52. 花较小, 下部花被管长约1 cm, 檐部暗红色, 横径约1 cm, 喉口横径约5 mm .....	32. 昆明关木通 <i>I. kunmingense</i>
52. 花较大, 下部花被管长2–3 cm, 檐部暗红色或黄色, 稀 黄色具红色斑点, 横径2–2.5 cm, 喉口横径8–11 mm .....	33. 淮通 <i>I. moupinense</i>
51. 喉口密被紫黑色斑块或喉口红棕色, 夹杂黄色而无斑块 .....	53
53. 叶片心形至圆形, 草质; 上部花被管短于下部花被管; .....	

- 喉口红棕色, 夹杂淡黄色, 无斑块  
..... 34. 川南关木通 *I. austroszechuanicum*
53. 叶片卵形至椭圆形, 纸质; 上部花被管长于下部花被管;  
喉口淡黄色或白色, 密被紫黑色斑块  
..... 35. 斑喉关木通 *I. faucimaculatum*
50. 檐部裂片内面粉紫色或暗紫色, 稀黄绿色, 被疣突或棘突且  
明显高出裂片, 稀不明显 ..... 54
54. 喉口直径小于10 mm ..... 55
55. 叶片卵形至卵状心形, 小, 3–20 cm × 3–15 cm, 纸质; 叶  
柄、花梗、子房等被短毛; 喉口淡黄色或白色, 密被紫黑  
色斑块 ..... 35. 斑喉关木通 *I. faucimaculata*
55. 叶片卵状心形至圆形, 大, 10–35 cm × 9–32 cm, 厚纸质  
或革质; 叶柄、花梗、子房等密被开展黄棕色长毛; 喉口  
黄色或暗紫色, 无杂色斑 ..... 56
56. 檐部裂片内面粉紫色, 密被暗紫色棘突; 喉口黄色  
..... 36. 广西关木通 *I. kwangsiense*
56. 檐部裂片内面暗紫色, 密被暗紫色疣突; 喉口暗紫色  
..... 37. 木论关木通 *I. mulunense*
54. 喉口直径大于10 mm ..... 57
57. 檐部圆盾状, 横径大, 超过5 cm, 内面密被棘突, 上部  
两裂片联合下压形成一“帽” ..... 58
58. 花较小, 檐部横径5–7 cm, 檐部最下处不超过花被管  
底部, 正面观不覆盖花被管  
..... 38. 西藏关木通 *I. griffithii*
58. 花较大, 檐部横径6–12 cm, 檐部最下处超过花被管  
底部, 正面观完全覆盖花被管  
..... 39. 云南关木通 *I. yunnanense*
57. 檐部盘状, 横径小, 不超过4 cm, 内面密被疣突, 裂片  
不形成一“帽” ..... 59
59. 叶片大, 10–40 cm × 8–30 cm, 近革质; 檐部裂片内面  
密被疣突状毛; 喉口不突出, 上半部黄色, 下半部黄色  
密被粉红色点 ... 40. 拟翅茎关木通 *I. pseudocaulialatum*
59. 叶片小, 4–16 cm × 3–15 cm, 纸质; 檐部裂片内面被  
微隆起的疣突; 喉口明显突出, 亮棕色具棕红色斑点  
..... 41. 维西关木通 *I. weixiense*
43. 檐部裂片内面光滑无上述各类突起, 在长叶关木通檐部上半部有疣突  
..... 60
60. 嫩枝、叶柄、叶背(有时毛被稀疏)、花梗、子房、花外面等密被白色  
长绵毛 ..... 42. 寻骨风 *I. mollissimum*
60. 植株无上述毛被 ..... 61
61. 檐部内面黄色, 上部两裂片联合下压形成一“帽”; 喉口极小, 横径  
不超过4 mm ..... 62
62. 叶片卵形至窄卵形; 檐部横径约2.5 cm; 合蕊柱裂片密被短毛

- ..... 43. 毛柱关木通 *I. pilosistylum*
62. 叶片线形至椭圆状披针形, 稀窄卵形; 檐部横径约5–15 mm; 合蕊柱裂片无毛 ..... 63
63. 叶片线形至线状披针形, 稀窄卵形, 7–24 cm × 1–4 cm, 基部深心形; 檐部横径约15 mm; 分布于中国重庆、贵州、湖北、湖南、广西、四川、云南 ..... 44. 线叶关木通 *I. neolongifolium*
63. 叶片披针形或披针状椭圆形, 6.5–11 cm × 1.7–3.9 cm, 基部浅心形; 檐部横径约5–7 mm; 分布于中国海南 ..... 45. 乐东关木通 *I. ledongense*
61. 檐部内面黄色或暗紫色或紫红色, 檐部裂片平展, 稀上部两裂片联合下压形成一“帽”; 喉口较大, 横径5 mm及以上(在革叶关木通中为3 mm, 但其檐部裂片平展, 紫红色) ..... 64
64. 喉口横径小, 约3 mm ..... 46. 革叶关木通 *I. scytophyllum*
64. 喉口横径大, 5 mm及以上 ..... 65
65. 叶基圆截形至浅心形; 花大, 檐部横径4–13 cm; 上部花被管短于下部花被管 ..... 66
66. 叶片倒披针形至椭圆状披针形, 中上部最宽; 檐部黄色, 无杂色斑; 喉口横径约5 mm ..... 47. 过石珠 *I. versicolor*
66. 叶片窄卵形至线状披针形, 中下部最宽; 檐部暗紫色或紫红色, 有时有黄色或白色斑; 喉口横径10–15 mm ..... 67
67. 叶片窄卵形至卵状披针形, 常基部最宽, 侧脉每边4–6条 ..... 68
68. 叶基部浅心形; 上部花被管约为下部花被管长的1/2; 喉口黄色 ..... 48. 滇南关木通 *I. austroyunnanense*
68. 叶基部圆截形, 稀浅心形; 上部花被管约为下部花被管长的2/3; 喉口白色 ..... 49. 广防己 *I. fangchi*
67. 叶片披针形、披针状椭圆形至线状披针形, 常中部最宽, 侧脉每边6–15条 ..... 69
69. 檐部裂片向后显著反卷, 遮盖花被管, 裂片不形成一“帽”, 光滑, 紫红色夹杂白斑; 喉口黑紫色 ..... 50. 香港关木通 *I. westlandii*
69. 檐部裂片稍向后反卷, 但不遮盖花被管, 上部两裂片联合下压形成一“帽”, 上半部分有疣突, 下半部分光滑, 紫黑色无白斑; 喉口黄色, 无或有黑紫色斑点 ..... 30. 长叶关木通 *I. championii*
65. 叶基心形, 稀楔形或浅心形; 花小, 檐部横径不及4 cm; 上部花被管长于下部花被管 ..... 70
70. 喉口具杂色斑点或斑纹, 如偶无杂色斑点或斑纹则檐部常具杂色条纹 ..... 71
71. 花较小, 上部花被管长约18–22 mm, 檐部横径长约2 cm; 喉口横径约5 mm ..... 72
72. 草质藤本; 檐部黄色至棕褐色, 至少部分有杂色条纹或斑纹, 上部两裂片联合下压形成一“帽”; 分布于中国福

- 建、广东、香港 ..... 51. 柔叶关木通 *I. molle*
72. 木质藤本; 檐部鲜黄色, 无杂色, 裂片平展, 不形成一“帽”; 分布于中国浙江 .... 52. 鲜黄关木通 *I. hyperxanthum*
71. 花较大, 上部花被管长约24–30 mm, 檐部横径长约3–3.5 cm; 喉口横径约7–8 mm ..... 73
73. 花被管内部仅基部有一紫黑色环状区域; 檐部黄色至红棕色, 常具杂色条纹; 喉口不突起; 分布于中国安徽、湖北 ..... 53. 大别山关木通 *I. dabieshanense*
73. 花被管内部紫红色区域延伸至花被管弯曲处; 檐部紫红色至土黄色具不明显或明显的紫色斑点; 喉口突起; 分布于中国云南 ..... 54. 小花关木通 *I. meionanthum*
70. 喉口无杂色斑点和斑纹 ..... 74
74. 叶极狭, 宽3–7 mm ..... 55. 奇异关木通 *I. mirabile*
74. 叶较宽, 宽10 mm及以上 ..... 75
75. 老茎扁平; 檐部与喉口皆为紫红色 ..... 56. 凉山关木通 *I. liangshanense*
75. 老茎不扁平; 檐部暗红色, 喉口黄色 ..... 76
76. 叶片倒卵状长圆形或琴状倒披针形, 上部最宽 ..... 77
77. 叶片倒卵状长圆形, 苞片卵形, 背面无毛 ..... 57. 川西关木通 *I. thibeticum*
77. 叶片琴状倒披针形, 苞片披针形, 背面密被柔毛 ..... 58. 大寒药 *I. feddei*
76. 叶片线状披针形至卵状心形 ..... 78
78. 叶片线状披针形, 宽不超过2 cm ..... 59. 怒江关木通 *I. salweenense*
78. 叶片卵形、卵状心形至卵状长圆形, 宽大于2 cm ..... 79
79. 花较小, 下部花被管长约1 cm, 檐部暗红色, 横径约1 cm, 喉口横径约5 mm ..... 32. 昆明关木通 *I. kunmingense*
79. 花较大, 下部花被管长2–3 cm, 檐部暗红色或黄色, 稀黄色具红色斑点, 横径2–2.5 cm, 喉口横径8–11 mm ..... 33. 淮通 *I. moupinense*

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

## 附录2 中国马兜铃属和关木通属分种论述(依据检索表顺序排列)

Appendix 2 Discussion of each species of *Aristolochia* and *Isotrema* from China (order by the rank in the key)

### 1 马兜铃属(*Aristolochia* L.)

#### 1.1 多型叶马兜铃

*Aristolochia polymorpha* S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19 (2): 222, 1981.

TYPE: CHINA, Hainan, Ya Xian, 26 December 1932, C. L. Tso & N. K. Chun 4460 (typus: IBSC).

**特点:** 叶型多变, 常浅3裂或深3裂; 花被管基部收缩成柄状。

**分布:** 中国: 海南。

#### 1.2 港口马兜铃

*Aristolochia zollingeriana* Miq., Flora van Nederlandsch Indië 1 (1): 1066, 1858. TYPE:

Noesa Baron, op boomen in de kuststreken, s. a., H. Zollinger 2744 (BM).

= *Aristolochia kankauensis* Sasaki, Transactions of the Natural History Society of Taiwan 21: 251. (1931).

= *Hocquartia kankauensis* (Sasaki) Nakai ex Masamune, A list of vascular plants of Taiwan 49 (1954), nom. illeg.

= *Aristolochia roxburghiana* Klotzsch subsp. *Kankauensis* (Sasaki) Kitamura, Acta Phytotaxonomica et Geobotanica 20 (1): 135. (1962).

= *Aristolochia tagala* Cham. var. *kankauensis* (Sasaki) Yamazaki, Journal of Japanese Botany 50: 341. (1975), as 'kankaoensis'.

**特点:** 叶片卵状三角形、肾形或戟形, 长宽近相等; 花被管基部收缩成柄状。

**分布:** 中国: 台湾; 日本; 印度尼西亚; 菲律宾。

#### 1.3 凹脉马兜铃

*Aristolochia impressinervis* C. F. Liang, Acta Phytotaxonomica Sinica 13 (2): 15, 1975.

TYPE: CHINA, Guangxi, Daxin Xian, alt. 360 m, 13 August 1958, S. L. Wang & Z. X. Zhang 3967 (type: IBK).

**特点:** 叶片卵状披针形至窄披针形, 叶脉于叶面下凹; 花被管基部收缩成柄状, 花整体白色, 舌片黑色, 喉口口檐红褐色。

**分布:** 中国: 广西; 越南。

#### 1.4 耳叶马兜铃

*Aristolochia tagala* Champ., Linnaea 7: 207, 1832. TYPE: PHILIPPINES, Luçonia, s.a.,

Anonymous s. n. (MPU).

= *Aristolochia roxburghiana* Klotz., Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859: 596, 1859.

**特点:** 全株近无毛; 叶片常较宽大, 宽常为4–9 cm; 花被管基部收缩成柄状; 种子较大, 8 mm × 8 mm, 具宽翅。

**分布:** 中国: 广东, 广西, 贵州, 海南, 香港, 云南; 孟加拉国; 不丹; 缅甸; 柬埔寨; 印

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

度; 印度尼西亚; 日本; 老挝; 尼泊尔; 马来西亚; 菲律宾; 泰国; 越南。

**记述:** 本种分布广, 叶片变异大, 我们在云南盈江采集过叶片窄披针形, 宽仅2 cm的个体。

### 1.5 弄岗马兜铃

*Aristolochia longgangensis* C. F. Liang, Guihaia 2 (3): 143, 1982. TYPE: CHINA, Guangxi, cultivated in Guilin Botanic Garden (seedling introduced from Longzhou Xian, Longgang Conservation Area), 25 April 1982, R. F. Zhao 201 (holotype: IBK; isotypes: IBK).

**特点:** 叶片心形或近圆形; 花被舌片先端延伸成长1–3 cm线形而弯扭的尾尖。

**分布:** 中国: 广西; 越南。

### 1.6 北马兜铃

*Aristolochia contorta* Bunge, Enumeratio Plantarum, quas in China Boreali 58, 1831. TYPUS: CHINA bor., 1931, Bunge s. n. (LE).

= *Aristolochia nipponica* Makino, Botanical Magazine, Tokyo 24: 124, 1910.

**特点:** 花黄绿色, 舌片先端具线形弯扭的尾尖。

**分布:** 中国: 北京, 甘肃, 河北, 黑龙江, 河南, 内蒙古, 江苏, 吉林, 辽宁, 陕西, 山东, 山西, 天津; 日本; 朝鲜; 俄罗斯; 韩国。

### 1.7 山草果

*Aristolochia delavayi* Franch., Journal de Botanique (Morot) 12 (19–20): 315, 1898. LECTOTYPE (designated by Lin et al, 2015): CHINA, Yunnan, Lijiang, alt. 1,800 m, 10 June 1887, Delavay 2622 (PE-01863969).

= *Aristolochia delavayi* var. *micrantha* W. W. Smith, Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh 12 (59): 195, 1920.

**特点:** 多年生非缠绕草本; 叶基部心形而抱茎; 花单生叶腋。

**分布:** 中国: 四川, 云南。

### 1.8 福建马兜铃

*Aristolochia fujianensis* S. M. Hwang, Guihaia 3 (2): 81, 1983. TYPE: CHINA, Fujian, Ningde Xian, alt. 200 m, 17 April 1976, Gong & Chaio s. n. (Herb. Fujian Inst. Med. Phram. Sci.).

**特点:** 除成长叶腹面外, 全株密被节状长柔毛。

**分布:** 中国: 福建。

### 1.9 马兜铃

*Aristolochia debilis* Sieb. et Zucc., Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften 4 (3): 197, 1846. LECTOTYPE (designated by Akiyama et al, 2014): JAPAN, 1842, Siebold s. n. (M-0121018).

= *Aristolochia sinarum* Lindl., The Gardeners' Chronicle & Agricultural Gazette 1859: 708, 1859.

= *Aristolochia recurvilabra* Hance, London Journal of Botany 11: 75, 1873.

**特点:** 叶片基部两侧边缘或多或少往内凹, 先端圆钝。

**分布:** 中国: 安徽, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 山东, 上海, 四川, 云南, 浙江; 日本。

### 1.10 华南马兜铃

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

***Aristolochia austrochinensis* C. Y. Cheng & J. S. Ma**, Acta Phytotaxonomica Sinica 27 (4): 293, 1989. TYPUS: CHINA, Guangxi, Ningming, Nanan, Nataoshan, 1978-4-10, Z. H. Chen 2-371 (GXMI).

**特点:** 叶三角状披针形, 中脉两侧基出脉直伸常超过中部; 花被外面淡黄色, 舌片内面基部暗紫色, 上部黄色。

**分布:** 中国: 福建, 广东, 广西。

### 1.11 蜂窝马兜铃

***Aristolochia foveolata* Merr.**, Philippine Journal of Science 13 (5): 280, 1918. TYPE: PHILIPPINES, Catanduanes, in forests along small streams back of Calolbong, 9 December 1917, Ramos 30370 (isotypes: L, K, NYBG).

= *Aristolochia kaoi* Liu & Lai, Fl. Taiwan 2: 573. pl. 411, 1976.

**特点:** 叶戟形或卵状披针形, 常有黄色斑点, 中脉两侧基出脉直伸超过中部, 叶下面网脉细密, 明显隆起, 密被钩毛; 种子无翅, 有许多疣状突起。

**分布:** 中国: 台湾; 印度尼西亚, 马来西亚, 菲律宾。

### 1.12 苞叶马兜铃

***Aristolochia chlamydophylla* C. Y. Wu ex S. M. Hwang**, Acta Phytotaxonomica Sinica 19 (2): 223, 1981. TYPUS: CHINA, Yunnan, Ruili, alt. 1,000 m, 27 April 1916, S. Chow 610 (KUN).

= *Aristolochia longeracemosa* B. Hansen & Leena Phupathanaphong, Nordic Journal of Botany 19 (5): 577, 1999.

**特点:** 聚伞花序长4–6 cm, 苞片和小苞片大, 宿存, 长4–5 mm。

**分布:** 中国: 云南; 泰国; 越南。

### 1.13 背蛇生

***Aristolochia tuberosa* C. F. Liang & S. M. Hwang**, Acta Phytotaxonomica Sinica 13 (2): 17, 1975. TYPUS: CHINA, Guangxi, Tianlin Xian, November 1957, Z. Q. Zhang 11057 (holotype: IBSC; isotype: IBK).

= *Aristolochia cinnabarinina* C. Y. Cheng & J. L. Wu, Journal of Wuhan Botanical Research 5 (3): 219, 1987.

**特点:** 多年生宿根性草质藤本; 具不规则纺锤状块根; 叶面有时具不规则白斑; 舌片内面基部暗紫色, 往下成3暗紫色长条纹(中间条纹最宽)。

**分布:** 中国: 广西, 贵州, 四川, 云南。

### 1.14 通城虎

***Aristolochia fordiana* Hemsl.**, Journal of Botany, British and Foreign 23 (273): 286, 1885. TYPE: CHINA, Taimo Mountain, opposite Hongkong, April 1885, A. B. Westland s. n. (holotype: K-000978965).

**特点:** 叶片先端长渐尖, 下面网脉细密, 仅脉上密被茸毛; 聚伞花序具花1–4朵, 苞片和小苞片卵形或钻形, 3–10 mm × 1–4 mm; 檐部舌片短。

**分布:** 中国: 广东, 广西, 香港。

### 1.15 辟蛇雷

***Aristolochia tubiflora* Dunn**, Journal of the Linnean Society, Botany 38 (267): 364, 1908.

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

TYPE: CHINA, Fokien, Yenping, 15 May 1905, Dunn 3472 (holotype: HK-23775; isotypes: A, K).

= *Aristolochia longilingua* C. Y. Cheng & W. Yu, Bulletin of Botanical Research, Harbin 12 (1): 39, 1992.

= *Aristolochia tripartita* Backer, Bulletin du Jardin Botanique de Buitenzorg III, 2: 322, 1920.

**特点:** 根细长, 无块根; 檐部舌片暗紫色或上部棕色下部暗紫色, 其基部不向下成长条纹。

**分布:** 中国: 安徽, 福建, 广东, 广西, 贵州, 河南, 湖北, 湖南, 江西, 四川, 浙江。

**记述:** 其花形态和颜色变化较大, 但都无块根。其与背蛇生(*Aristolochia tuberosa*)很难区分, 可从植株是否具有块根、花被舌片基部向下是否具有3条长条纹(中间条纹宽, 两侧条纹窄)区分。

### 1.16 优贵马兜铃

*Aristolochia gentilis* Franch., Journal de Botanique (Morot) 12 (19–20): 314–315, 1898.

TYPE: CHINA, Yunnan, dans les rocallles calcaires au-dessous de Tapin tze près de Mo so yn, ait. 2000 m, 23 July 1887, R. P. Delavay 2623 (holotype: P-00623817; isotypes: P).

= ?*Aristolochia gracillima* Hemsl., Bulletin of Miscellaneous Information, Royal Gardens, Kew 1901 (175–177): 143, 1901.

= ?*Aristolochia chuandianensis* Z. L. Yang, Bulletin of Botanical Research, Harbin 10 (1): 39, 1990.

**特点:** 多年生细弱草本; 叶片卵形至肾形, 小, 常长1–4 cm; 花单生或2–3朵生于叶腋; 舌片基部暗紫色, 向下延伸成3条近等宽的长条纹。

**分布:** 中国: 四川, 云南。

**记述:** 从模式标本看, 叶多为肾形, 而23 July 1887, Delavay 2623 (isotype, P-00623819)这份等模式标本叶片以卵形为主。我们在大理鹤庆县采集的优贵马兜铃叶型也有从卵形至肾形的, 存在一定的变异。而原始文献(杨祯禄, 1990)记载, 川滇马兜铃(*Aristolochia chuandianensis*)与优贵马兜铃的主要区别在于其茎多分枝, 被短柔毛, 叶三角状卵形或卵状心形, 花被舌片卵状披针形, 长1.5–2 cm, 先端微凹, 柱头6裂片三角形, 但是这些性状与优贵马兜铃无法截然分开。另外纤细马兜铃(*Aristolochia gracillima*)的原始文献记载其与优贵马兜铃的区别在于花小一半, 花被舌片非刚毛状渐尖, 据我们观察, 其叶柄纤细, 常长于叶片, 与优贵马兜铃区分较为明显, 但是其花形态与花被舌片颜色及条纹近似优贵马兜铃。Hwang等(2003)在*Flora of China*中将纤细马兜铃作为优贵马兜铃的异名, 也将川滇马兜铃作为优贵马兜铃的异名但是存疑, 由于缺乏材料, 此两者尚需进一步研究, 本文中暂将两者作为优贵马兜铃的存疑异名。

### 1.17 中甸马兜铃

*Aristolochia zhongdianensis* J. S. Ma, Acta Phytotaxonomica Sinica 27 (5): 339, 1989.

TYPE: CHINA, Yunnan, Zhongdian, 18 August 1962, Zhongdian Exp. 1239 (holotype: KUN-0163227; isotype: PE).

**特点:** 叶三角形, 小, 长约2 cm, 边缘常波状; 花被外面黄白色, 舌片长三角形至三角形, 内面黄色。

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**分布:** 中国: 四川, 云南。

## 2.2 关木通属 (*Isotrema* Raf.)

### 2.1 海边关木通(海边马兜铃)

*Isotrema thwaitesii* (Hook.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 12, 2019. ≡ *Aristolochia thwaitesii* Hook., Curtis's Botanical Magazine 82, pl. 4918, 1856. ≡ *Siphisia thwaitesii* (Hook.) Klotzsch, Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859: 604, 1859. TYPE: pl. 4918 (Original Material). (For more details see Barringer, 1993, Novon 3(4): 321–323).

**特点:** 直立亚灌木; 檐部长圆筒状, 紧贴花被管上部并斜向下, 最低处低于花被管最下部。

**分布:** 中国: 广东, 香港。

### 2.2 尖峰岭关木通(尖峰岭马兜铃)

*Isotrema jianfenglingense* (Han Xu, Y. D. Li & H. Q. Chen) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 10, 2019. ≡ *Aristolochia jianfenglingsis* Han Xu, Y. D. Li & H. Q. Chen, Novon 21(2): 287, 2011. TYPE: CHINA, Hainan, Jianfengling National Nature Reserve, 18°51' N, 108°51' E, 980 m, 4 September 2008, H. Xu & H. Q. Chen JFL00876 (holotype: CANT).

**特点:** 叶片披针形或椭圆状披针形, 侧脉16–18对; 花红紫色, 花被外面密被黄棕色长毛; 檐部开展成喇叭状, 喉口宽阔, 仅稍小于檐部。

**分布:** 中国: 海南。

### 2.3 海南关木通(海南马兜铃)

*Isotrema hainanense* (Merr.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 10, 2019. ≡ *Aristolochia hainanensis* Merr., Philippine Journal of Science 21(4): 341, 1922. ≡ *Hocquartia hainanensis* (Merr.) Migo, Bulletin of the Shanghai Science Institute 14(4): 334, 1944. TYPUS: CHINA, Hainan, Ng Chi Leng, McClure 8630 (holotype: K; isotypes: A, US).  
= *Aristolochia carinata* Merr. & Chun, Sunyatsenia 2: 219, 1935.

**特点:** 叶卵形或卵状披针形, 叶基截形或圆形; 檐部开展成喇叭状, 开口朝上, 裂片密被暗红色乳突; 喉部黄色无条纹和斑点; 蒴果7–10 cm × 2.5–3 cm。

**分布:** 中国: 广西, 海南, 云南; 越南。

### 2.4 盈江关木通(盈江马兜铃)

*Isotrema hainanense* subsp. *yingjiangense* (X. X. Zhu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 10, 2019. ≡ *Aristolochia hainanensis* subsp. *yingjiangensis* X. X. Zhu & J. S. Ma, Phytotaxa 332(3): 273, 2017. TYPE: CHINA, Yunnan, Yingjiang County, Xima Town, 24°44'09" N, 97°40'09" E, alt. 1,730 m, 26 November 2016, X. X. Zhu ZXX16052 (holotype: CSH-0134133; isotypes: CSH, KUN).

**特点:** 叶近圆形, 叶基浅心形至心形; 檐部开展成喇叭状, 开口朝上, 裂片密被暗红色乳突; 喉部黄色无条纹和斑点; 蒴果15–20 cm × 4–5 cm。

**分布:** 中国: 云南。

### 2.5 管兰香

*Isotrema cathcartii* (Hook. f.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 8, 2019. ≡

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

*Aristolochia cathcartii* Hook. f., The Flora of British India 5 (13): 77, 1886. TYPUS: SIKKIM, Sikkim Himalaya and Khasia Mts, alt. 2-3,000 ft., J. D. Hooker & T. Thomson s. n. (K).

**特点:** 叶窄卵形, 背部密被白色丝质长绵毛; 檐部矩形, 开口微下倾, 裂片密被暗紫色乳突; 喉部矩形, 黄色密被紫黑色斑点。

**分布:** 中国: 西藏, 云南; 不丹; 缅甸; 印度; 尼泊尔。

## 2.6 中越关木通(中越马兜铃)

*Isotrema faviogonzalezii* (T. V. Do, S. Wanke & C. Neinhuis) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia faviogonzalezii* T. V. Do, S. Wanke & C. Neinhuis, Systematic Botany 40 (3): 672, 2015. TYPE: VIETNAM, Ha Nam, Kim Bang district, Thanh Son community, on But Son limestone range, near the But Son cement factory, 20°31'387" N, 105°51'306" E, alt. 125 m, 11 January 2013, Do 14 (holotype: VNMN; isotype: DR).

**特点:** 叶宽卵形或心形, 背部密被白色丝质长绵毛; 檐部矩形, 开口微下倾, 裂片密被暗紫色乳突; 喉部矩形, 喉口上半部白色具黑紫色斑点, 下半部粉色斑点不显著。

**分布:** 中国: 云南; 越南。

## 2.7 铜壁关关木通(铜壁关马兜铃)

*Isotrema tongbiguanense* (J. Y. Shen, Q. B. Gong & S. Landrein) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 15, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia tongbiguanensis* J. Y. Shen, Q. B. Gong & S. Landrein, Taiwania 63(3): 183, 2018. TYPE: CHINA, Yunnan, Dehong Prefecture, Tongbiguan Provincial Nature Reserve, 23°56' N, 97°33' E, alt. 1,484 m, 8 September 2017, J. Y. Shen & Q. B. Gong 774 (holotype: HITBC; isotype: HIB).

= *Aristolochia bhamoensis* T. V. Do & Jian W. Li, Nordic Journal of Botany 36(8): e01909, 2018.

**特点:** 檐部椭圆形, 开口微下倾, 裂片密被暗紫色乳突; 喉部近圆形, 上部紫黑色余部白色具紫黑色条纹; 合蕊柱裂片先端长突尖。

**分布:** 中国: 云南; 缅甸。

## 2.8 大囊关木通(大囊马兜铃)

*Isotrema forrestianum* (J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia forrestiana* J. S. Ma, Acta Botanica Yunnanica 11(3): 321, 1989. TYPE: CHINA, Yunnan, without locality, G. Forrest 17932 (holotype: K; isotype: BNU).

**特点:** 花紫红色; 檐部囊状, 长6–7 cm, 开口极不对称7 cm, 上面裂至近中部, 下面浅裂, 内面密被紫红色棘突。

**分布:** 中国: 云南。

## 2.9 卵叶关木通(卵叶马兜铃)

*Isotrema ovatifolium* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 12, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia ovatifolia* S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 226, 1981. TYPUS: CHINA, Sichuan, Huidong, alt. 2,520 m, 27 June 1959, S. K. Wu 1584 (SM).

= *Aristolochia jinjiangensis* Hao Zhang & C. K. Hsieh, Acta Academiae Medicinae Sichuan 15(1): 12, 1984.

**特点:** 叶片卵心形, 叶背密被白色长绒毛; 花紫红色, 檐部圆筒形, 延伸于上部花被管, 先端开口小。

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**分布:** 中国: 贵州, 四川, 云南。

**记述:** 金江关木通(金江马兜铃, *Aristolochia jinjiangensis* Hao Zhang & C. K. Hsieh)由张浩和谢成科(1981)发表, 模式产地为四川凉山州宁南县, 原始文献记载其与卵叶关木通区别在于本种花被外密被淡黄色柔毛, 花先端扩大成囊状, 囊内密生紫色疣点, 疣点颗粒粗, 囊与管部交界处具一环形的横膈膜, 果实圆柱形, 具6条明显的略呈翅状的棱。马金双(1989)认为卵叶关木通花被管檐部特征变化较大, 有细管状、细管状但喉檐不明显或扩展成囊状, 故将金江关木通并入了卵叶关木通, 我们尚未采集到模式产地的金江关木通材料, 未能做出明确的判定, 所以本文暂时依据马金双(1989)和Zhu等(2019)的处理, 仍然将金江关木通作为卵叶关木通的异名。卵叶关木通复合群除上述花被管檐部形态外, 在云南新平县出现了檐部斜弯管状的类群, 在云南福贡县和隆阳区出现了檐部“7”字形的类群, 这些类群都需要采集更多材料进行深入研究后方能厘清其相互关系。

## 2.10 葫芦叶关木通(葫芦叶马兜铃)

*Isotrema cucurbitoides* (C. F. Liang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia cucurbitoides* C. F. Liang, Acta Phytotaxonomica Sinica 13(2): 15, 1975. TYPE: CHINA, Guangxi, Tianlin, Laoshan, 1650 m, 18 April 1963, Q. H. Lü 2229 (IBK).

**特点:** 叶片戟状披针形; 檐部圆筒状, 最宽处直径2–3 mm, 先端裂片紧缩, 开口小。

**分布:** 中国: 广西。

**记述:** 葫芦叶关木通模式产地为广西田林县, 而在云南西部喝西南部及缅甸东北部存在很多叶型类似葫芦叶关木通的种类, 但是其花型各式, 需要进一步研究。

## 2.11 囊花关木通(囊花马兜铃)

*Isotrema utriforme* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 15, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia utriformis* S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 228, 1981. TYPUS: CHINA, Yunnan, Wenshan, alt. 1,900 m, 24 April 1962, K. M. Feng 22205 (holotype: KUN; isotypes: IBSC).

**特点:** 叶片卵状披针形; 檐部囊状, 卵形, 上窄下宽, 最宽处直径约10 mm, 先端开口小。

**分布:** 中国: 云南; 越南。

## 2.12 吴氏关木通(吴氏马兜铃)

*Isotrema wuanum* (Z. W. Liu & Y. F. Deng) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 16, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia wuana* Z. W. Liu & Y. F. Deng, Novon 19(3): 370, 2009.  $\equiv$  *Aristolochia macrocarpa* C. Y. Wu & S. K. Wu ex D. D. Tao, Flora Xizangica 1: 585, 1983, nom. illeg., non *Aristolochia macrocarpa* Duchartre, 1864. TYPE: CHINA. Xizang Autonomous Region: Zayü Xian, in woods, 2,100 m, 1 August 1973, Qinghai-Xizang (Tibet) Complex Expedition 73–948 (holotype: KUN).

**特点:** 叶片心形, 大, 18–24 cm  $\times$  16–20 cm; 果实大, 粗圆柱形, 长约13 cm, 直径达6 cm。

**分布:** 中国: 西藏, 云南。

## 2.13 裴氏关木通(裴氏马兜铃)

*Isotrema petelotii* (O. C. Schmidt) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 13,

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

2019.  $\equiv$  *Aristolochia petelotii* O. C. Schmidt, Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis 32: 95, 1933. TYPUS: VIETNAM, Tonkin, Parvi du ravin au km 4 du sentier de Chop à To Phinh, ca. 1,550 m, September 1932, A. Petelot 4418 (P).

**特点:** 檐部钟形, 大, 5–8 cm  $\times$  4–7 cm, 内面黑紫色或大红色而具白色斑块, 或纯淡黄色无斑块。

**分布:** 中国: 云南; 越南。

#### 2.14 黄毛关木通(黄毛马兜铃)

*Isotrema fulvicomum* (Merr. & Chun) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia fulvicoma* Merr. & Chun, Sunyatsenia 5(1–3): 48, 1940.  $\equiv$  *Hocquartia fulvicoma* (Merr. & Chun) Migo, Bulletin of the Shanghai Science Institute 14(4): 334, 1944. TYPE: CHINA, Hainan, Po-Ting District, Tung-Tieh Ling, 1 July 1935, F. C. How 73049 (IBSC, IBK, A).

**特点:** 花被外面密被黄棕色长毛, 檐部钟形, 内面深紫红色无杂色斑块。

**分布:** 中国: 海南。

#### 2.15 隆林关木通(隆林马兜铃)

*Isotrema longlinense* (Yan Liu & L. Wu) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 11, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia longlinensis* Yan Liu & L. Wu, Novon 23(4): 491, 2015. TYPE: CHINA, Guangxi, Longlin County, Longhuo Township, Diyan Village, 24°34' N, 105°35' E, 1,200 m, 7 July 1991, H. Q. Wen 00314 (holotype: IBK; isotype: PE).

**特点:** 叶片戟状披针形至披针形, 基部两侧常具耳; 檐部钟形, 约2 cm  $\times$  1.8 cm, 内面紫红色, 密被棘突。

**分布:** 中国: 广西。

#### 2.16 粉质花关木通(粉质花马兜铃)

*Isotrema transsectum* Chatterjee, Kew Bulletin 3(1): 64, 1948.  $\equiv$  *Aristolochia transsecta* (Chatterjee) C. Y. Wu ex S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 231, 1981. TYPE: BURMA, Myitkyina, near Zuklang, alt. about 2,300 m, 4 April 1938, C. W. D. Kermode 17151 (K).

**特点:** 叶片长卵形; 檐部圆筒形, 内面紫黑色密被紫色乳突。

**分布:** 中国: 云南; 缅甸。

#### 2.17 黑头关木通(黑头马兜铃)

*Isotrema melanocephalum* (X. X. Zhu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 12, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia melanocephala* X. X. Zhu & J. S. Ma, Novon 26(3): 298, 2018. TYPE: CHINA, Yunnan: Mang City, Heihe Laopo Nature Reserve, 24°13' N, 98°36' E, 2,350 m, 19 April 2017, X. X. Zhu ZXX17047 (holotype: CSH-0141374; isotype: KUN).

**特点:** 叶片三角形卵状; 檐部内面白色密被黑头状乳突。

**分布:** 中国: 云南。

#### 2.18 竹叶关木通(竹叶马兜铃)

*Isotrema bambusifolium* (C. F. Liang ex H. Q. Wen) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 8, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia bambusifolia* C. F. Liang ex H. Q. Wen, Guihaia 12(3):

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

217, 1992. TYPE: CHINA, Guangxi, Longlin, Longhuo, 1 April 1991, H. Q. Wen 00459 (IBK).

**特点:** 叶片线状披针形, 侧脉12–16对; 檐部裂片完全内卷。

**分布:** 中国: 广西。

### 2.19 内卷关木通(内卷马兜铃)

***Isotrema involutum* (X. X. Zhu, Z. X. Ma & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma,** Phytotaxa 401(1): 10, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia involuta* X. X. Zhu, Z. X. Ma & J. S. Ma, Phytotaxa 332(3): 269, 2017. TYPE: CHINA, Yunnan, Malip County, Mt. Hua, 23°02'16" N, 104°43'38" E, alt. 983 m, 2 February 2017, X. X. Zhu ZXX17003 (holotype: CSH-0137427; isotypes: CSH, IBSC, KUN, PE).

**特点:** 叶片倒披针形至椭圆形; 上部花被管倒三角形, 压扁; 檐部裂片完全内卷。

**分布:** 中国: 云南。

### 2.20 异叶关木通(异叶马兜铃)

***Isotrema heterophyllum* (Hemsl.) Stapf**, Botanical Magazine, pl. 8957. 1923.  $\equiv$  *Aristolochia heterophylla* Hemsl., Journal of the Linnean Society, Botany 26(176): 361, 1891.  $\equiv$  *Aristolochia kaempferi* Willd. f. *heterophylla* (Hemsl.) S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 230, 1981. LECTOTYPE (designated by Ma, 1989): CHINA, Hupeh, Patung, A. Henry, 3493 (K-000546030; isolectotype: MEL- 2039837).

= *Aristolochia setchuenensis* Franch., Journal de Botanique (Morot) 12(19–20): 312, 1898.

= *Aristolochia setchuenensis* var. *holotricha* Diels, Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 29(2): 310, 1900.

= *Isotrema chrysops* Stapf, Courtis's Botanical Magazine 148: t. 8957, 1923.

= *Isotrema lasiops* Stapf, Courtis's Botanical Magazine 148: sub t. 8957, in adnot, 1923.

= *Aristolochia chrysops* (Stapf) E. H. Wilson ex Rehder, Journal of the Arnold Arboretum 22(4): 574, 1941.

**特点:** 叶型多变; 花梗近中部具圆形苞片, 长约1 cm; 檐部裂片密被乳突, 喉口突起成“领”。

**分布:** 中国: 重庆, 甘肃, 湖北, 湖南, 陕西, 四川。

### 2.21 瓜叶关木通(瓜叶马兜铃)

***Isotrema cucurbitifolium* (Hayata) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia cucurbitifolia* Hayata, Icones Plantarum Formosanarum nec non et Contributiones ad Floram Formosanam 5: 137, 1915. TYPE: CHINA, Taiwan, Kagi, Baiakō, April 1909, T. Kawakami s. n. (TI, TAIF, IBSC).

**特点:** 叶片5–7(9)深裂。

**分布:** 中国: 台湾。

### 2.22 台湾关木通(台湾马兜铃)

***Isotrema shimadae* (Hayata) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 14, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia shimadae* Hayata, Icones Plantarum Formosanarum nec non et Contributiones ad Floram Formosanam 6: 36, 1916. TYPUS: CHINA, Taiwan, Shimpō, Shinchikuchō, 15 December 1915, Y. Shimada s. n. (holotype: TI; isotype: TAIF).

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

= *Aristolochia kaempferi* var. *trilobata* Franch. & Sav., *Enumeratio plantarum: in Japonia sponte crescentium hucusque rite cognitarum, adjectis descriptionibus specierum pro regione novarum, quibus accedit determinatio herbarum in libris japonicis So mokou zoussetz xylographice delineatarum* 1: 419, 1875.

= *Aristolochia kaempferi* f. *trilobata* (Franch. & Sav.) Makino, *Botanical Magazine*, Tokyo 24: 125, 1910.

= *Aristolochia onoei* Franch. & Sav. ex Koidz., *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 8: 50, 1939.

**特点:** 叶片全缘至3–5(7)浅裂; 喉口黄色。

**分布:** 中国: 台湾; 日本。

## 2.23 裕民关木通(裕民马兜铃)

*Isotrema yujungianum* (C. T. Lu & J. C. Wang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, *Phytotaxa* 401(1): 16, 2019. ≡ *Aristolochia yujungiana* C. T. Lu & J. C. Wang, *Taiwan Journal of Forest Science* 29(4): 293, 2014. TYPE: CHINA, Taiwan, Nantou County, Yuchi Township, Peishankan, alt. ca. 400 m, 8 February 2008, C. T. Lu 1635 (holotype: TAIF; isotype: TNU).

**特点:** 叶片线形至披针形, 偶3–5浅裂; 喉口黑紫色, 有时具黄斑。

**分布:** 中国: 台湾。

## 2.24 偏花关木通(偏花马兜铃)

*Isotrema obliquum* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, *Phytotaxa* 401(1): 12, 2019. ≡ *Aristolochia obliqua* S. M. Hwang, *Acta Phytotaxonomica Sinica* 19(2): 226, 1981. TYPUS: CHINA, Yunnan, Gongshan, alt. 2,600 m, 6 Jun 1960, N.-W. Yunnan Exped. 9267 (holotype: PE; isotypus: YUKU). (For more details see Zhu et al 2017b, *Phytotaxa* 332(3): 269–279).

**特点:** 檐部不等裂, 偏斜, 上部全裂, 下部深裂, 裂片三角形, 直伸。

**分布:** 中国: 云南。

## 2.25 恭城关木通(恭城马兜铃)

*Isotrema gongchengense* (Y. S. Huang, Y. D. Peng & C. R. Lin) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, *Phytotaxa* 401(1): 9, 2019. ≡ *Aristolochia gongchengensis* Y. S. Huang, Y. D. Peng & C. R. Lin, *Annales Botanici Fennici* 52(5–6): 397, 2015. TYPE: CHINA, Guangxi, Guilin City, Gongcheng County, Lianhua Town, in thick forest of limestone area, rare, alt. 220 m, 23 April 2013, Y. S. Huang & C. R. Lin IBK00343749 (holotype: IBK-00343749).

**特点:** 檐部3深裂, 裂片大, 黄棕色, 椭圆形, 反卷, 约2 cm × 1.5 cm, 长大于宽并长于上部花被管。

**分布:** 中国: 广西。

## 2.26 侯氏关木通(侯氏马兜铃)

*Isotrema howii* (Merr. & Chun) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, *Phytotaxa* 401(1): 10, 2019. ≡ *Aristolochia howii* Merr. & Chun, *Sunyatsenia* 5(1–3): 46, 1940. ≡ *Hocquartia howii* (Merr. & Chun) Migo, *Bulletin of the Shanghai Science Institute* 14(4): 334, 1944. TYPUS: CHINA, Hainan, Po-Ting District, Tung-Liu village, in forested ravines, 13 June 1935, F. C. How 72826 (A, IBK, IBSC, PE).

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**特点:** 叶形多变, 多以倒披针形、最宽处在上部为主, 先端常具1至数枚圆裂片或尖裂片; 檐部内面密被疣点。

**分布:** 中国: 海南。

### 2.27 环江关木通(环江马兜铃)

*Isotrema huanjiangense* (Yan Liu & L. Wu) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 10, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia huanjiangensis* Yan Liu & L. Wu, Annales Botanici Fennici 50: 413, 2013. TYPE: CHINA, Guangxi, Huanjiang County, Mulun National Natural Reserve, under dense forests on limestone hill slopes, alt. 700 m a.s.l., 28 February 2011, W. B. Xu & L. Wu 11102 (holotype: IBK; isotype: PE).

**特点:** 檐部裂片黄色, 具紫红色较稀疏条纹状突起。

**分布:** 中国: 广西, 贵州。

### 2.28 翅茎关木通(翅茎马兜铃)

*Isotrema caulialatum* (C. Y. Wu ex J. S. Ma & C. Y. Cheng) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 8, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia caulialata* C. Y. Wu ex J. S. Ma & C. Y. Cheng, Acta Phytotaxonomica Sinica 27(4): 294, 1989. LECTOTYPE (designated by Zhu et al, 2018a): CHINA, Yunnan, Xishuangbanna, Xiaomengyang, 31 April 1957, *Sino-Russ. Exped.* 8245 (PEM-0001668). EPITYPE (designated by Zhu et al, 2018a): CHINA. Yunnan: Mengla County, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, 30 November 2016, X. X. Zhu ZXX16058 (CSH-0151749). (For more details see Zhu et al 2018a, Phytotaxa 364(1): 49–60).

**特点:** 叶片披针形至卵状披针形, 叶基截形或浅心形; 檐部3深裂, 裂片内面黄绿色, 密被暗红色棘突。

**分布:** 中国: 云南。

### 2.29 中缅关木通(中缅马兜铃)

*Isotrema sinoburmanicum* (Y. H. Tan & B. Yang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 14, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia sinoburmanica* Y. H. Tan & B. Yang, PhytoKeys 94: 15, 2018. TYPE: MYANMAR. Kachin State: Putao, near Shinshanku, on the roadside slope of a mountain range bordering the zone of Hkakaborazi National Park, perennial lianas under tropical mountain broadleaf forest, 27°38'48.65" N, 97°54'01.61" E, 900 m a.s.l., 11 May 2017, Myanmar Exped. 1532 (holotype: HITBC).

**特点:** 叶片卵形或窄卵形, 长宽比小于5; 檐部3浅裂, 上部两裂片联合下压形成一“帽”, 内面黑紫色, 被疣突, 喉口深紫红色。

**分布:** 中国: 云南; 缅甸。

### 2.30 长叶关木通(长叶马兜铃)

*Isotrema championii* (Merr. & Chun) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, comb. nov.  $\equiv$  *Aristolochia championii* Merr. & Chun, Sunyatsenia 5(4): 47, 1940.  $\equiv$  *Aristolochia longifolia* Champion ex Bentham (1854: 116), nom. illeg., non *Aristolochia longifolia* Roxburgh, 1832.  $\equiv$  *Hocquartia championii* (Merr. & Chun) Migo, Bulletin of the Shanghai Science Institute 14(4): 334, 1944. LECTOTYPE (designated by Do et al, 2015): CHINA. Hong Kong: J. G. Champion 155 (K-000978969). (For more details see Do et al 2015c).

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**特点:** 叶片披针形至线状披针形, 长宽比大于5; 檐部3浅裂, 上部两裂片联合下压形成一“帽”, 内面黑紫色, 被疣突, 喉口黄色, 无或有黑紫色斑点。

**分布:** 中国: 广东, 香港。

### 2.31 关木通(木通马兜铃)

***Isotrema manshuriense* (Kom.) H. Huber**, Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München 3: 550, 1960. ≡ *Aristolochia manshuriensis* Kom., Acta Horti Petropolitani (Trudy Imperatorskago S.-Peterburgskago Botaničeskago Sada) 22(1): 112, 1903. ≡ *Hocquartia manshuriensis* (Kom.) Nakai, The Forest Experiment Station, Government General of Chosen, keijye, Japan 21: 27, 1936. TYPE: In provinciis Austro-Ussuriensi, Mukdenensi & in Korea septentr. in salicetis ripariis passim occurrit (LE).

**特点:** 上部花被管与下部花被管常远离; 檐部相对花较小, 下裂片底端不达上部花被管一半; 喉口明显突出成“领”。

**分布:** 中国: 甘肃, 黑龙江, 河南, 湖北, 吉林, 辽宁, 陕西, 山西; 朝鲜; 俄罗斯; 韩国。

### 2.32 昆明关木通(昆明马兜铃)

***Isotrema kunmingense* (C. Y. Cheng & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 11, 2019. ≡ *Aristolochia kunmingensis* C. Y. Cheng & J. S. Ma, Acta Phytotaxonomica Sinica 27(4): 296, 1989. TYPE: CHINA, Yunnan, Kunming, Xishan, 4 May 1986, J. S. Ma 901 (PEM).

**特点:** 花较小, 檐部暗红色, 横径约1 cm, 喉口黄色, 横径约5 mm。

**分布:** 中国: 贵州, 云南。

**记述:** 本种与波氏关木通(波氏马兜铃, *Aristolochia bonatii* Lév.)很难区分, 波氏关木通由Léveillé (1909)发表, 模式标本采自云南大理, 马金双(1989)将其并入了淮通(*A. moupinensis* Franch.)。但波氏关木通叶长卵形, 花小, 下部花被管长约11 mm, 檐部横径约10 mm, 喉口横径约6 mm (vs. 淮通叶卵形至卵状心形, 花大, 下部花被管长约30 mm, 檐部横径20–25 mm, 喉口横径8–11 mm), 两者存在显著差别。而波氏关木通与昆明关木通极其接近, 两者很可能是同一物种, 但由于缺乏足够证据, 本文对波氏关木通暂不处理。

### 2.33 淮通(宝兴马兜铃)

***Isotrema moupinense* (Franch.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 12, 2019. ≡ *Aristolochia moupinensis* Franch., Nouvelles archives du muséum d'histoire naturelle, sér. 2, 10: 79, 1887. LECTOTYPE (designated by Ma, 1989): CHINA, Sichuan, Moupine, in fruticetis, fl. June 1869, David s. n. (P-02028717).

= *Aristolochia jinshanensis* Z. L. Yang & S. X. Tan, Bulletin of Botanical Research, Harbin 7(2): 129, 1987.

**特点:** 檐部暗红色或黄色, 稀黄色具红色斑点, 横径2–2.5 cm, 喉口黄色, 横径8–11 mm。

**分布:** 中国: 重庆, 贵州, 四川, 云南。

### 2.34 川南关木通(川南马兜铃)

***Isotrema austroszechuanicum* (C. P. Tsien & C. Y. Cheng ex C. Y. Cheng & J. L. Wu) X.**

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 8, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia austroszechuanica* C. P. Tsien & C. Y. Cheng ex C. Y. Cheng & J. L. Wu, Journal of Wuhan Botanical Research 5(3): 221, fig. 2, 1987. TYPE: CHINA, Sichuan, Mabian Xian, alt. 750 m, April 1982, J. L. Wu 58206 (holotype: EMA; isotype: PEM). (For more details see Zhu et al 2016, Phytotaxa 261(2): 137–146).

**特点:** 叶片心形至圆形, 革质; 上部花被管短于下部花被管; 檐部裂片密被紫红色斑点; 喉口红棕色, 夹杂淡黄色, 无斑块。

**分布:** 中国: 重庆, 贵州, 四川。

### 2.35 斑喉关木通(斑喉马兜铃)

***Isotrema faucimaculatum* (Hao Zhang & C. K. Hsien) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia faucimaculata* Hao Zhang & C. K. Hsien, Acta Academiae Medicinae Sichuan 15(1): 13, 1984. TYPE: CHINA, Sichuan, Huidong, Xinjie, alt. 2,570 m, 20 April 1981, H. Zhang 81010 (holotype: WCU; isotype: PEM). (For more details see Zhu et al 2016, Phytotaxa 261(2): 137–146).

**特点:** 檐部裂片密被紫红色疣点; 喉口小, 横径约6 mm, 淡黄色或白色, 密被紫黑色斑块。

**分布:** 中国: 四川, 云南。

### 2.36 广西关木通(广西马兜铃)

***Isotrema kwangsiense* (Chun & F. C. How) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 11, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia kwangsiensis* Chun & F. C. How, Acta Phytotaxonomica Sinica 13(2): 12, 1975. TYPE: CHINA, Guangxi, Longzhou, Jinlongxiang, Bantanchun, 17 August 1954, S. K. Lee 200508 (IBK).

**特点:** 叶片卵状心形至圆形, 大, 厚纸质或革质; 檐部裂片内面粉紫色, 密被暗紫色棘突; 喉口小, 横径5–6 mm, 黄色。

**分布:** 中国: 广西, 贵州。

### 2.37 木论关木通(木论马兜铃)

***Isotrema mulunense* (Y. S. Huang & Yan Liu) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma**, Phytotaxa 401(1): 12, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia mulunensis* Y. S. Huang & Yan Liu, Annales Botanici Fennici 50(3): 175, 2013. TYPE: CHINA, Guangxi, Hechi City, Huanjiang County, Mulun National Natural Reserve, alt. 614 m, 27 April 2012, Y. S. Huang et al ML1425 (holotype: IBK; isotype: IBK).

**特点:** 叶片卵状心形至圆形, 大, 厚纸质或革质; 檐部裂片内面暗紫色, 密被暗紫色疣突; 喉口小, 横径约5 mm, 暗紫色。

**分布:** 中国: 广西。

### 2.38 西藏关木通(西藏马兜铃)

***Isotrema griffithii* (Hook. f. et Thomson ex Duchartre) C. E. C. Fisch**, Bulletin of Miscellaneous Information 1940(5): 198, 1940.  $\equiv$  *Aristolochia griffithii* Hook. f. & Thomson ex Duch., Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis 15: 437, 1864. TYPE: SIKKIM, In montium Sikkim Indiae orientalis regione temperate ad 2,200–2,500 met altit, J. D. Hooker & T.

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

Thomson s. n. (K-000820400, K-000820401, GH-00353571, P02028252, P02028253, CAL).

**特点:** 花大, 檐部圆盾状, 横径5–7 cm, 内面密被棘突, 上部两裂片联合下压形成一“帽”。

**分布:** 中国: 西藏; 不丹; 缅甸; 印度(锡金); 尼泊尔。

**记述:** 在喜马拉雅一带, 存在西藏关木通复合群的大量居群, 其叶型较为一致, 但花形态之复杂多样, 鉴定极其困难。另其与吴氏关木通(*Isotrema wuanum* (Z. W. Liu & Y. F. Deng) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma)和云南关木通(*Isotrema yunnanense* (Franch.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma)都非常接近, 且产地重叠, 它们之间的相互关系尚待广泛采样, 深入研究, 才能最终明晰。

#### 2.39 云南关木通(云南马兜铃)

*Isotrema yunnanense* (Franch.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, comb. nov.  $\equiv$  *Aristolochia yunnanensis* Franch., Journal de Botanique (Morot) 12(19–20): 313, 1898. TYPUS: CHINA, Yunnan, bois au Col. De Pliouse, au-dessus de Tapin tze, alt. 2,000 m, R. P. Delavay 2043 (P).

**特点:** 花大, 檐部圆盾状, 横径6–12 cm, 内面密被棘突, 上部两裂片联合下压形成一“帽”。

**分布:** 中国: 西藏, 云南。

**记述:** 从模式标本图片看, 其檐部棘突并不明显, 而根据西藏采集的本种彩色图片, 其棘突非常明显, 由于并未采集到模式产地的本种材料, 故本种檐部内面棘突是否真实存在尚待今后进一步确认。

#### 2.40 拟翅茎关木通(拟翅茎马兜铃)

*Isotrema pseudocaulialatum* (X. X. Zhu, J. N. Liu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 13, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia pseudocaulialata* X. X. Zhu, J. N. Liu & J. S. Ma, Phytotaxa 364(1): 55, 2018. TYPE: CHINA. Yunnan: Yingjiang County, Nabang Town, 24°45'05" N, 97°34'01" E, 302 m, 25 November 2016, X. X. Zhu ZXX16047 (holotype: CSH-0134143; isotypes: CSH-0134140, CSH-0134141, CSH-0134142, KUN- 1344857).

**特点:** 叶片大, 卵形至近圆形, 近革质; 檐部裂片内面红色, 密被暗红色疣突状毛。

**分布:** 中国: 云南。

#### 2.41 维西关木通(维西马兜铃)

*Isotrema weixiense* (X. X. Zhu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 15, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia weixiensis* X. X. Zhu & J. S. Ma, Phytotaxa 230(1): 54, 2015. TYPE: CHINA, Yunnan, Weixi County, Tacheng Town, 27°38'51" N, 99°21'47" E, alt. 2,599 m, 29 May 2015, X. X. Zhu & Z. X. Hua ZH084 (holotype: CSH-0087897; isotypes: CSH, PE).

**特点:** 檐部裂片内面被微隆起的疣突; 喉口明显突出成“领”, 亮棕色具棕红色斑点。

**分布:** 中国: 云南。

#### 2.42 寻骨风

*Isotrema mollissimum* (Hance) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 12, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia mollissima* Hance, Journal of Botany, British and Foreign 17(202): 300, 1879. TYPUS: CHINA, Feng-wang shan, prope Shang-hae, 13 May 1877, invenit amic, F. B. Forbes (Herb. Propri. N. 20719) (BM).

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**特点:** 嫩枝、叶柄、叶背(有时毛被稀疏)、花梗、子房、花外面等密被白色长绵毛。

**分布:** 中国: 安徽, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 山东, 上海, 浙江。

#### 2.43 毛柱关木通(毛柱马兜铃)

*Isotrema pilosistylum* (X. X. Zhu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 13, 2019. ≡ *Aristolochia pilosistyla* X. X. Zhu & J. S. Ma, Novon 26(3): 301, 2018. TYPE: CHINA, Yunnan: Malipo Country, Xiaojinchang Township, 23°9' N, 104°49' E, 1734 m, 30 Mar. 2017, X. X. Zhu ZXX17014 (holotype: CSH-0141402; isotype: KUN).

**特点:** 檐部内面黄色, 上部两裂片联合下压形成一“帽”; 喉口极小, 横径约3 mm; 合蕊柱裂片密被短毛。

**分布:** 中国: 云南。

#### 2.44 线叶关木通(线叶马兜铃) 图1: J-L

*Isotrema neolongifolium* (J. L. Wu & Z. L. Yang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 12, 2019. ≡ *Aristolochia neolongifolia* J. L. Wu & Z. L. Yang, Journal of Wuhan Botanical Research 5(3): 223, 1987. TYPE: CHINA, Sichuan, Pong-Shuei Xian, alt. 1,300 m, April 1984, Z. L. Yang 483406 (holotype: EMA; isotype: PEM).

**描述:** 多年生草质藤本, 茎圆柱形, 被黄色毛。叶长卵形到线形, 4–24 cm × 1–5 cm, 纸质到近革质, 腹面被稀疏微毛, 脉上稍密, 背面密被柔毛, 先端急尖到渐尖, 基部心形或耳状心形, 稍外展; 叶柄长0.7–5 cm, 密被黄色微毛。花单生叶腋, 花梗下垂, 长7–20 mm, 被褐色长毛; 苞片卵状披针形, 生于花梗中下部。花被管膝状弯曲, 外面密被褐色长柔毛; 下部花被管长13–15 mm × 7–10 mm, 上部花被管稍长于下部花被管, 内面基部白色, 随后具有一圈紫红色环, 紧接着白黄色, 接近喉口处成血红色; 檐部宽约15 mm, 黄色, 喉口周围具不规则红斑, 3浅裂, 上部下压; 喉口圆形, 黑色, 直径约1 mm, 喉口周围具显著微突点。子房圆柱形, 长约6 mm, 密被锈色柔毛; 合蕊柱长约3 mm, 顶端3裂, 裂片先端钝; 雄蕊6, 长圆形, 长约2 mm, 花药两两成对与蕊柱裂片对生。蒴果圆柱形到纺锤形, 长4–6 cm, 密被柔毛, 由上而下开裂。种子卵状三角形, 4–6 mm × 3–4 mm。

**特点:** 叶片线形至线状披针形, 稀窄卵形; 檐部内面黄色, 上部两裂片联合下压形成一“帽”; 喉口极小, 横径约1 mm。

**分布:** 中国: 重庆, 广西, 贵州, 湖北, 湖南, 四川, 云南。

**讨论:** 线叶关木通由邬家林和诚静容(1987)发表, 认为其与长叶关木通(长叶马兜铃, *Aristolochia longifolia* Champ. [因其学名是 *A. longifolia* Roxb. (1832)的晚出同名, Merrill和Chun (1940)已提出了新名称*A. championii* Merr. & Chun])和变色关木通(变色马兜铃, *A. versicolor* S. M. Hwang)相似, 但后两种的叶基部窄缩, 近圆形, 不具叶耳, 花被裂片平展, 与线叶关木通迥然不同。他们又认为本种与奇异关木通(奇异马兜铃, *A. kaempferi* f. *mirabilis* S. M. Hwang)近似, 但本种叶常一型, 长线形或线状披针形, 长10–18 cm, 先端渐窄, 基部耳状心形, 叶耳稍外展, 花被裂片略呈二唇形, 上唇盔状, 下唇平展而不同。杨祯禄(1992)和马金双(1989)都确认了线叶关木通的种级地位, 但是Hwang等(2003)并没有采用此观点而是将线叶关木通并入了大叶关木通。Ohi-Toma等(2014), Do等(2015a)和Zhu等(2019)都认为本种是一个独立的物种但是并未做任何说明。

我们于2015年前往相关的两个标本馆(EMA和PEM)进行调研, 并于2016年再次前往



图1 5种关木通属植物比较。A–C: 柔叶关木通; D–F: 异叶关木通; G–H: 大叶关木通; I: 台湾关木通; J–L: 线叶关木通。

Fig. 1 Comparison of five species of *Isotrema*. A–C, *I. mollis*; D–F, *I. heterophylla*; G–H, *I. kaempferi*; I, *I. shimadae*; J–L, *I. neolongifolia*.

EMA查阅线叶关木通的模式标本, 但并未找到。基于我们从四川、重庆和湖北采集的本种材料, 观察形态后我们发现其与大叶关木通(形态信息主要参考Murata (2006)和Ohi-Toma等(2014)有诸多不同(图1): 本种叶长卵形到线形, 长4–24 cm × 1–5 cm (vs. 心型到窄卵形, 有时基部具两裂片, 3–18 cm × 4–20 cm), 檐部宽约15 mm, 黄色, 喉口周围具不规则红斑(vs. 檐部宽13.5–30 mm, 淡黄色具红色或黑紫色条纹, 有时密被条纹或网状条纹, 稀全部紫黑色或白黄色而无条纹), 喉口极小, 直径约1 mm, 黑色, 周围具显著微突点(vs. 喉口稍大, 宽5.5–8 mm, 白黄色密被红色或紫黑色斑点, 稀完全紫红色或黑色, 无微突点), 子房长约6

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

mm, 密被锈色毛(vs. 长约10 mm, 被灰绿色毛)。而本种通过下述综合特征也极易与本属其他物种相别: 其叶常长线形或耳状披针形, 花小, 檐部黄色, 喉口圆形, 极小, 直径约1 mm, 黑色, 喉口周围具显著微突点。

黄淑美(1981)发表了奇异关木通(*Aristolochia kaempferi* f. *mirabilis* S. M. Hwang), Zhu等(2019)将其提升到种级水平。我们综合文献、标本、野外观察等, 认为线叶关木通与奇异关木通区分明显, 主要在于其叶长卵形到线形, 4–24 cm × 1–5 cm, 基部耳状心形, 叶耳稍外展, 花被裂片略呈二唇形, 上唇盔状, 下唇平展。

#### 2.45 乐东关木通(乐东马兜铃)

*Isotrema ledongense* (Han Xu, Y. D. Li & H. J. Yang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 11, 2019. ≡ *Aristolochia ledongensis* Han Xu, Y. D. Li & H. J. Yang, Novon 21(2): 285, 2011. TYPE: CHINA, Hainan, Ledong, Jianfengling National Nature Reserve, 18°45' N, 108°58' E, 310 m, 20 August 2008, H. Xu & H. Q. Chen JFL00972 (holotype: CANT).

**特点:** 叶片披针形或披针状椭圆形, 基部浅心形; 檐部横径约5–7 mm。

**分布:** 中国: 海南。

#### 2.46 革叶关木通(革叶马兜铃)

*Isotrema scytophyllum* (S. M. Hwang & D. Y. Chen) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 13, 2019. ≡ *Aristolochia scytophylla* S. M. Hwang & D. Y. Chen, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 224, 1981. TYPE: CHINA, Guizhou, Changshun, 14 July 1976, X. L. Chen, K. Q. Yang & D. Y. Chen 285 (holotype: GZTM; isotypus: IBSC).

**特点:** 檐部裂片平展, 紫红色; 喉口横径小, 约3 mm。

**分布:** 中国: 广西, 贵州。

#### 2.47 过石珠

*Isotrema versicolor* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 15, 2019. ≡ *Aristolochia versicolor* S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 224, 1981. TYPUS: CHINA, Yunnan, Xishuangbanna, alt. 1,050 m, 6 December 1961, Y. H. Li 3694 (holotype: KUN; isotypus: HITBC).

**特点:** 叶片倒披针形至椭圆状披针形, 中上部最宽; 花梗、子房、花被外面密被黄棕色长毛; 檐部黄色, 无杂色斑; 喉口横径约5 mm。

**分布:** 中国: 云南。

**记述:** 本种发表时, 描述是依据3个不同来源的材料(云南勐腊的模式标本、广西的副模式标本和广东的副模式标本)综合写成, 记载其檐部花蕾期为黄色, 花后紫红色, 但是依据勐腊模式标本上的采集信息记载其花黄绿色。我们从云南勐海县采集的过石珠也是黄绿色, 比较符合模式标本记载, 其花形态上与广西的材料存在显著不同, 很可能是两个物种, 而随着调查的深入, 我们获取了不同产地类似过石珠的各种居群, 变的相当复杂, 需要进一步研究。

#### 2.48 滇南关木通(滇南马兜铃)

*Isotrema austroyunnanense* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 8, 2019. ≡ *Aristolochia austroyunnanensis* S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomia Sinica 19(2): 228, fig. 8, 1981. LECTOTYPE (designated by Zhu et al 2017a): CHINA. Yunnan,

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

Pingbian County, Waga, 1,800 m, 14 June 1956, Sino-Russ. Exped. 2075 (PEM-0001663; isolectotype: IBSC-0127607). (For more details see Zhu et al 2017a, Phytotaxa 313(1): 61–76).

**特点:** 上部花被管约为下部花被管长的1/2; 檐部暗紫色具亮黄色辐射状条纹; 喉口黄色。

**分布:** 中国: 广西, 云南。

## 2.49 广防己

***Isotrema fangchi* (Y. C. Wu ex L. D. Chow & S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma,** Phytotaxa 401(1): 9, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia fangchi* Y. C. Wu ex L. D. Chow & S. M. Hwang, Flora of China 5: 263, 2003. TYPE: China, Guangdong, Jilong Shan, K. L. Shi 2 (holotype: IBSC).

**特点:** 叶片长矩圆形至长圆形, 基部圆截形, 稀浅心形; 檐部正面观完全覆盖管部; 喉口白色。

**分布:** 中国: 广东, 广西, 贵州, 云南; 越南。

## 2.50 香港关木通(香港马兜铃)

***Isotrema westlandii* (Hemsl.) H. Huber,** Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München 3: 551, 1960.  $\equiv$  *Aristolochia westlandii* Hemsl., Journal of Botany, British and Foreign 23(273): 286, 1885.  $\equiv$  *Hocquartia westlandii* (Hemsl.) Migo, Bulletin of the Shanghai Science Institute 14(4): 334, 1944. TYPE: CHINA, Hongkong, Taimo Mountain, A. B. Westland (K).

**特点:** 花大, 檐部直径8–13 cm, 裂片向后显著反卷, 遮盖花被管, 光滑, 紫红色夹杂白斑; 喉口黑紫色

**分布:** 中国: 广东, 香港。

## 2.51 柔叶关木通(柔叶马兜铃) 图1: A–C

***Isotrema molle* (Dunn) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma,** Phytotaxa 401(1): 12, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia mollis* Dunn, Journal of the Linnean Society, Botany 38(267): 364, 1908. Non: *Aristolochia mollis* Standl. & Steyermark, Publications of the Field Museum of Natural History, Botanical Series 23(4): 155, 1944. TYPE: CHINA, Fujian, On walls at Siu Yuk, Min River, Dunn 3470 (HK, IBSC, K).

**描述:** 多年生草质藤本, 茎被微柔毛或无毛。叶长三角状心形至披针形, 5–12(–18) cm  $\times$  2–6(–9) cm, 顶端急尖到钝尖, 基部心形, 全缘; 两面被贴伏柔毛, 下面稍密; 叶柄长1–4 cm, 密被柔毛。花单生于叶腋, 花梗长1–2 cm, 密被柔毛, 中下部有一卵状三角形的苞片, 长2–3 mm, 抱梗, 外面密被柔毛; 花被管“U”型膝曲, 外面密被柔毛; 下部花被管长1.2–1.5 cm, 内部基部紫黑色, 其余为黄白色或夹杂不规则紫黑色稀疏斑块; 上部花被管长1.5–1.8 cm, 内部黄白色或夹杂不规则紫黑色稀疏斑块, 近喉口部分具黑色斑块连成片状; 檐部黄色具紫黑色条纹; 喉口三角状半圆形, 黑色, 横径约5 mm; 子房圆柱形, 长约5 mm, 密被柔毛; 合蕊柱长约2–3 mm, 顶部3裂, 裂片先端钝; 雄蕊6, 长圆形, 长约1 mm, 花药两两成对与蕊柱裂片对生。蒴果圆柱形, 长约3–4 cm, 宽约2 cm, 密被柔毛, 由上而下开裂。

**特点:** 草质藤本; 叶长三角状心形至披针形, 基部心形, 两面被贴伏柔毛; 檐部黄色至棕褐色, 至少部分有杂色条纹或斑纹, 上部两裂片联合下压形成一“帽”; 喉口横径约5 mm。

**分布:** 中国: 福建, 广东, 香港。

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**讨论:** 柔叶关木通最先由Dunn (1908)发表, 认为其与异叶关木通(异叶马兜铃)接近但是在花形态上完全不同。黄淑美(1981)认为本种模式标本上花蕾的形态特征与大叶关木通(大叶马兜铃)完全一致, 故将其并入大叶关木通; 福建省科学技术委员会(1982)在《福建植物志》中仍将柔叶关木通作为独立的物种; 随后, 黄淑美(1987, 1988)分别在《广东植物志》和《中国植物志》中将其处理为大叶关木通的异名; 马金双(1989)并不赞同黄淑美的处理, 认为本种合蕊柱3裂, 裂片不再分裂, 与大叶关木通有显著区分, 应作为一个种处理, 并将产于台湾的台湾关木通(台湾马兜铃)也并入了本种; Hwang等(2003)在*Flora of China*中并未采用此观点, 仍继续将本种作为大叶关木通的异名; Ohi-Toma等(2014)提及在*Flora of China*中并入大叶关木通的柔叶关木通应为独立的物种, 但并未做详细的探讨; Do等(2015a)也将本种作为一个独立的物种出现在检索表中, 也未做任何说明。Zhu等(2019)也将本种作为一个独立的物种, 但也未做具体说明。

我们通过大量的野外调查、文献和标本查阅, 确认了柔叶关木通的种级地位, 其与异叶关木通的区别在于叶长三角状心形至披针形(vs. 叶型多变, 从卵心形到戟状耳形), 苞片卵状三角形, 长2–3 mm (vs. 宽卵形或近圆形, 长(6–)10–19 mm), 檐部3浅裂, 上部先端下压内折, 无乳突(vs. 檐部3深裂, 裂片向后反卷, 密被乳突), 喉口小, 不突出, 三角状半圆形, 黑色, 横径约5 mm (vs. 喉口大, 突出, 近圆形, 黄色, 有时夹杂紫红色斑点, 直径约10 mm); 与大叶关木通(形态信息主要参考 Murata (2006)和Ohi-Toma等(2014))的区别在于草质藤本(vs. 木质藤本), 叶长三角状心形至披针形, 5–12(–18) cm × 2–6(–9) cm (vs. 心型到窄卵形, 有时基部具两裂片, 3–18 cm × 4–20 cm), 下部花被管长1.2–1.5 cm (vs. 1.5–2.1 cm), 分布于中国福建、广东和香港(vs. 仅分布于日本); 与台湾关木通的区别在于叶长三角状心形至披针形(vs. 叶型多变, 从披针形、三角状卵形到宽心形, 基部具两裂片或无), 檐部3浅裂, 上部先端下压内折, 黄色具紫黑色条纹(vs. 檐部3深裂, 裂片向后反卷, 紫红色到紫棕色, 无条纹), 喉口三角状半圆形, 黑色(vs. 喉口近圆形, 黄色, 直径约10 mm), 分布于中国福建、广东和香港(vs. 分布于中国台湾、日本)。此4种关木通的比较也见图1。

## 2.52 鲜黄关木通(鲜黄马兜铃)

*Isotrema hyperxanthum* (X. X. Zhu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 10, 2019. ≡ *Aristolochia hyperxantha* X. X. Zhu & J. S. Ma, Phytotaxa 313(1): 69, 2017. TYPE: CHINA, Zhejiang, Lin'an City, Mt. Baizhangling, 30°11'55" N, 119°1'3" E, alt. 875 m, 9 June 2015, X. X. Zhu, P. Ding & D. H. Yu ZH099 (holotype: CSH-0109964; isotypes: CSH, KUN, XYTC).

**特点:** 木质藤本; 檐部鲜黄色, 无杂色; 喉口横径约5 mm。

**分布:** 中国: 浙江。

## 2.53 大别山关木通(大别山马兜铃)

*Isotrema dabieshanense* (C. Y. Cheng & W. Yu) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 9, 2019. ≡ *Aristolochia dabieshanensis* C. Y. Cheng & W. Yu, Bulletin of Botanical Research 12(1): 110, 1992. TYPE: CHINA, Anhui, Jinzhai, Baimazhai, alt. 1,200 m, 12 July 1989, W. Yu 89011 (PEM). (For more details see Zhu et al 2017a, Phytotaxa 313(1): 61–76).

**特点:** 多年生铺散藤本, 高常不超过1 m; 檐部黄色至红棕色, 常具杂色条纹; 喉口不突起。

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

**分布:** 中国: 安徽, 湖北。

**记述:** 在安徽、湖北、湖南、河南、贵州和浙江一带, 存在大量的类似大别山关木通的居群, 其花、叶形态非常多样化, 各个居群之间存在一系列的过渡形态, 无法截然进行区分,亟需进行更为全面的采样及深入研究, 才能厘清此复合群。

#### 2.54 小花关木通(小花马兜铃)

*Isotrema meionanthum* (Hand.-Mazz.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 11, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia yunnanensis* var. *meionantha* Hand.-Mazz., Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien. Manthematisch-naturwissenschaftliche Klasse 61: 163, 1924.  $\equiv$  *Aristolochia meionantha* (Hand.- Mazz.) X. X. Zhu & J. S. Ma, Phytotaxa 261(2): 142, 2016. TYPE: CHINA, Yunnan, Dji-schan ad bor.-or. Urbis Dali (Talifu) (Mount Ji Shan i. e. Jizu to northeast of Dali City [Handel-Mazzetti 1927: map; 1996: 57–61, 180]), 3,100 m, 21 May 1915, Handel- Mazzetti 6403 (WU-0037863).

**特点:** 花被管内部紫红色区域延伸至花被管弯曲处; 檐部紫红色至土黄色具不明显或明显的紫色斑点; 喉口突起成环。

**分布:** 中国: 云南。

#### 2.55 奇异关木通(奇异马兜铃)

*Isotrema mirabile* (S. M. Hwang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 12, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia kaempferi* f. *mirabilis* S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 230, 1981. Type: CHINA. Sichuan: Leibo, 13 May 1959, alt. 2,100 m, fl. Leuteis, Chuan-Jing (59) 125 (PE).

**特点:** 叶极狭, 宽3–7 mm。

**分布:** 中国: 四川。

#### 2.56 凉山关木通(凉山马兜铃)

*Isotrema liangshanense* (Z. L. Yang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 11, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia liangshanensis* Z. L. Yang, Journal of Wuhan Botanical Research 6(1): 31, 1988. Type: CHINA. Sichuan: Jiangjin Xian, elevation 1,300 m, 24 August 1983, Z. L. Yang 484311 (holotype: EMA).

= *Aristolochia compressicaulis* Z. L. Yang in Do et al, Phytotaxa 221(2): 198, 2015.

**特点:** 老茎扁平; 檐部与喉口皆为紫红色。

**分布:** 中国: 重庆, 四川。

**记述:** 扁茎马兜铃(*Aristolochia compressicaulis* Z. L. Yang)是否应该并入凉山关木通, 尚需要采集到更多材料后确认, 此处仅是依据Zhu等(2019)的处理。

#### 2.57 川西关木通(川西马兜铃)

*Isotrema thibeticum* (Franch.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 14, 2019.  $\equiv$  *Aristolochia thibetica* Franch., Journal de Botanique (Morot) 12(19–20): 313, 1898.  $\equiv$  *Aristolochia kaempferi* f. *thibetica* (Franch.) S. M. Hwang, Acta Phytotaxonomica Sinica 19(2): 230, 1981. TYPE: CHINA, Setchuen occidental, environs de Tatsien lou, sur la route de Kouy eou à Morymien, Soulié 721 (P).

**特点:** 叶片倒卵状长圆形, 上部最宽, 苞片卵形。

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

分布: 中国: 四川。

## 2.58 大寒药

*Isotrema feddei* (H. Lév.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 9, 2019. ≡ *Aristolochia feddei* H. Lév., Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis 12(3): 287, 1913. TYPE: CHINA, Yunnan, Rochers de Ti-Li, 2,800 m, June 1912, E. E. Maire s. n. (E).

特点: 叶片琴状倒披针形, 上部最宽, 苞片披针形。

分布: 中国: 云南。

## 2.59 怒江关木通(怒江马兜铃)

*Isotrema salweenense* (C. Y. Cheng & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 13, 2019. ≡ *Aristolochia salweenensis* C. Y. Cheng & J. S. Ma, Acta Phytotaxonomica Sinica 27(4): 295, 1989. TYPE: CHINA, Yunnan, Bijaing, on the way from the town to Toudaoshui, 27 May 1978, Bijaing Exped. 0004 (KUN).

特点: 叶片线状披针形, 宽不超过2 cm。

分布: 中国: 云南。

## 3 存疑种

### 3.1 袋形关木通(袋形马兜铃)

*Isotrema saccatum* (Wall.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma, Phytotaxa 401(1): 13, 2019. ≡ *Aristolochia saccata* Wall., Plantae Asiaticae Rariores 2(2): 2, 1831. ≡ *Siphisia saccata* (Wall.) Klotzsch, Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859: 603, t. 2, f. 11, 1859. TYPUS: NEPAL, Wallich 2707A (E, K, CAL). Plantae Asiaticae Rariores 2, t.103, 1829 (Iconotype).

= *Siphisia angustifolia* Kl., Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859: 603, 1859.

= *Aristolochia saccata* var. *angustifolia* (Kl.) Duch., Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis 15(1): 436, 1864.

= *Aristolochia saccata* var. *dilatata* Hook. f., The Flora of British India 5(13): 77, 1886.

特点: 叶片长卵形至卵状披针形, 嫩时叶背密被近贴生丝质柔毛; 檐部小, 最下部不达上部花被管的1/3, 裂片暗红色, 密被暗红色绒毛; 喉口黄色。

分布: 尼泊尔; 印度(锡金)。

记述: 本种最初由Wallich (1831)发表, 模式标本采自尼泊尔。Klotzsch (1859)将其组合到*Siphisia*属下发表新组合*S. saccata* (Wall.) Kl., 同时发表新种*S. angustifolia* Kl.; 而Duchartre (1864)将*S. angustifolia*归入*Aristolochia saccata*并发表新组合*A. saccata* var. *angustifolia* (Kl.) Duch.; Hooker (1886)发表新种管兰香(*A. cathcartii* Hook. f.), 并认为其叶片宽短, 叶背密被丝质绵毛, 花被管部宽阔, 喉口宽方型而与*A. saccata*区分明显。马金双(1989)认为管兰香与袋形关木通为同一物种, 并首次将管兰香并入袋形关木通, 而且承认*A. saccata* var. *angustifolia*的变种地位; Hwang等(2003)也将管兰香并入袋形关木通, 但并未对*A. saccata* var. *angustifolia*这一拉丁进行处理; 因作者并未查阅到*A. saccata* var. *angustifolia*的模式标本, 也未查阅到有相关文献将其处理为袋形关木通的异名, 仅见TPL (<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2875171, 2019-03-09获取>)有记载, 因此本文暂时

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

采用TPL的处理, 但仍需要进一步研究确认*A. saccata* var. *angustifolia*与袋形关木通的关系。

Upson和Brett (2006)对管兰香与袋形关木通进行了讨论, 并认为两者是两个独立的物种, 区分明显, 我们也赞同这种被广泛接受的观点(Kanjilal, 1940; Yeo, 1968; Grierson & Long, 1984; Haridasan & Rao, 1987; Mishra, 2013; Do, 2015a)。

马金双(1989)依据标本: 普洱, 罗开钧 72504 (YNMI); 5.23 队 70513 (YNMI); 金平, 绿春队 1054 (KUN); 盈江, 陶国达 13396、13397 (KUN)及贡山, 冯国楣 24217 (KUN)首次记录中国有袋形关木通(*Isotrema saccatum* (Wall.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma)及其变种的分布, 但经仔细研究, 标本绿春队 1054 (KUN)实际为管兰香(*I. cathcartii* (Hook. f.) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma), 陶国达 13396 (KUN)实际为拟翅茎关木通(*I. Pseudocaulialatum* (X. X. Zhu, J. N. Liu & J. S. Ma) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma), 冯国楣 24217 (KUN)实际为中缅关木通(*I. sinoburmanicum* (Y. H. Tan & B. Yang) X. X. Zhu, S. Liao & J. S. Ma), 我们虽然没有看到标本陶国达 13397 (KUN), 但是其采自盈江, 且与 13396 连号, 加之被马金双(1989)定为袋形关木通, 其可基本确认为是拟翅茎关木通, 我们也未见到标本罗开钧 72504 (YNMI)和 5.23 队 70513 (YNMI), 但是从我们收集的普洱关木通属资料来看, 普洱目前尚未发现袋形关木通或管兰香, 故截止目前袋形关木通在中国并没有确切的分布证据, 但很可能会在西藏南部有分布, 仍需采集到确切材料后再确认, 故在本文中作存疑种处理。

## 参考文献

- Do TV, Luu TH, Wanke S, Neinhuis C (2015a) Three new species and three new records of *Aristolochia* subgenus *Siphisia* from Vietnam including a key to the Asian species. Systematic Botany, 40, 671–691.
- Duchartre P (1864) Aristolochiaceae. In: Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis, Vol. 15 (ed. Candolle AP), pp. 421–498. Masson, Paris.
- Dunn ST (1908) A botanical expedition to central Fokien. Journal of the Linnean Society Botany, 38, 350–373.
- Fujian Scientific and Technical Commission (1982) Flora Fujianica, Tomus 1. Fujian Science and Technology Publishing House, Fuzhou. (in Chinese) [福建省科学技术委员会 (1982) 福建植物志(第一卷). 福建科学技术出版社, 福州.]
- Grierson AJC, Long DC (1984) Flora of Bhutan: Including a Record of Plants from Sikkim, Vol. 1, Part 2. Royal Botanic Gardens, Edinburgh.
- Haridasan K, Rao RR (1987) Forest Flora of Meghalaya, Vol. II. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehra Dun.
- Hooker JD (1886) *Aristolochia*. In: The Flora of British India 5 (ed. Hooker JD), pp. 74–77. L. Reeve & Co., London.
- Hwang SM (1981) Materials for Chinese *Aristolochia*. Acta Phytotaxonomica Sinica, 19, 222–231. (in Chinese with English abstract) [黄淑美 (1981) 中国马兜铃属资料. 植物分类学报, 19, 222–231.]
- Hwang SM (1987) *Aristolochia* Linnaeus. In: Flora of Guangdong 1 (eds Chen FH, Wu TL), pp. 47–57. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. (in Chinese) [黄淑美 (1987) 马兜铃属. 见: 广东植物志(第一卷)(陈封怀, 吴德邻编), 47–57页. 广东科技出版社, 广州.]
- Hwang SM (1988) *Aristolochia* Linnaeus. In: Flora Reipublicae Popularis Sinicae 24 (eds Kiu HS, Ling YR), pp. 199–245. Science Press, Beijing. (in Chinese) [黄淑美 (1988) 马兜铃属. 见: 中国植物志第24卷(丘华兴, 林有润编), 199–245页. 科学出版社, 北京.]
- Hwang SM, Kelly LM, Gilbert MG (2003) *Aristolochia* Linnaeus. In: Flora of China, Vol. 5 (eds Wu ZY, Raven PH, Hong DY), pp. 258–269. Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Kanjilal UN, Kanjilal PC, De RN, Das A (1940) Flora of Assam, Vol. 4. Government of Assam, Shillong.
- Klotzsch F 1859 (“1860”) Die Aristolochiaceae des Berliner Herbariums. Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1859, 571–626.
- Léveillé H (1909) Aristolochiacées d’Extrême-Orient. Bulletin de la Société Botanique de France, 56, 607–612.
- Ma JS (1989) A revision of *Aristolochia* Linn. from E. & S. Asia. Acta Phytotaxonomica Sinica, 27, 321–364. (in

朱鑫鑫, 王君, 廖帅, 马金双. 中国马兜铃属和关木通属(马兜铃科)概览. 生物多样性, 2019, 27 (10):

1143–1146.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019183>

- Chinese with English abstract) [马金双 (1989) 东亚和南亚马兜铃属的修订. 植物分类学报, 27, 321–364.] Merrill ED, Chun WY (1940) Additions to our knowledge of the Hainan flora. Sunyatsenia, 5, 45–200. Mishra M (2013) Taxonomic Revision of the Family Aristolochiaceae Juss. PhD dissertation, University of Kalyani, Kalyani. Murata J (2006) *Aristolochia*. In: Flora of Japan IIa (eds Iwatsuki K, Boufford DE, Ohba H), pp. 366–368. Kodansha, Tokyo. Ohi-Toma T, Watanabe-Toma K, Murata H, Murata J (2014) Morphological variations of *Aristolochia kaempferi* and *A. tanzawana* (Aristolochiaceae) in Japan. Journal of Japanese Botany, 89, 152–163. Upson T, Brett R (2006) 554. *Aristolochia cathcartii* (Aristolochiaceae). Curtis's Botanical Magazine, 23, 84–90. Wallich N (1831) *Aristolochia saccata*. In: Plantae Asiaticae Rariores Vol. 2 (ed. Wallich N), pp. 2–3. Treuttel and Würtz, London. Wu JL, Cheng CY (1987) New taxa of *Aristolochia* from Sichuan. Journal of Wuhan Botanical Research, 5, 219–225. (in Chinese) [邬家林, 诚静容 (1987) 四川马兜铃属新植物. 武汉植物学研究, 5, 219–225.] Yang ZL (1990) A new species of *Aristolochia* from Sichuan. Bulletin of Botanical Research, 10, 39–41. (in Chinese) [杨祯禄 (1990) 四川马兜铃属一新种. 植物研究, 10, 39–41.] Yang ZL (1992) *Aristolochia* Linnaeus. In: Flora Sichuanica 10 (eds Li HW, Zhu ZY), pp. 2–27. Sichuan Nationality Press, Chengdu. (in Chinese) [杨祯禄 (1992) 马兜铃属. 见: 四川植物志第十卷(李锡文, 祝正银编), 2–27页. 四川民族出版社, 成都.] Yeo PF (1968) *Aristolochia* confusion. Gardeners' Chronicle, 163, 6. Zhang H, Xie CK (1984) Two new species of genus *Aristolochia*. Acta Academiae Medicinae Sichuan, 15, 12–16. (in Chinese) [张浩, 谢成科 (1984) 马兜铃属植物二新种. 四川医学院学报, 15, 12–16.] Zhu XX, Li XQ, Liao S, Du C, Wang Y, Wang ZH, Yan J, Zuo YJ, Ma JS (2019) Reinstatement of *Isotrema*, a new generic delimitation of *Aristolochia* subgen. *Siphisia* (Aristolochiaceae). Phytotaxa 401, 1–23.



•生物编目•

# 贵州赤水桫椤国家级自然保护区 鸟兽多样性红外相机初步监测

王 丞<sup>1</sup> 周大庆<sup>2</sup> 梁 盛<sup>3</sup> 栗海军<sup>1</sup> 胡灿实<sup>4\*</sup> 张明明<sup>1\*</sup>

1(贵州大学林学院, 贵州大学生物多样性与自然保护研究中心, 贵阳 550025)

2(生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042)

3(贵州赤水桫椤国家级自然保护区管理局, 贵州赤水 564700)

4(贵州大学生命科学学院, 山地植物资源保护与种质创新教育部重点实验室, 贵阳 550025)

**摘要:** 红外相机监测是了解野生动物多样性和威胁因素的重要手段。本研究采用网格法和分层抽样调查法, 在贵州赤水桫椤国家级自然保护区内选取20个监测位点布设红外相机, 对区内鸟兽物种多样性进行监测。2015年8月至2017年8月, 红外相机累计工作6,370个工作日, 共拍摄45,953张照片, 独立有效照片1,936张。准确鉴定出兽类4目8科19种, 鸟类4目11科28种, 其中, 国家II级重点保护野生动物7种。相对丰富度指数(RAI)排前五位的兽类依次是毛冠鹿(*Elaphodus cephalophorus*)、鼬獾(*Melogale moschata*)、藏酋猴(*Macaca thibetana*)、小麂(*Muntiacus reevesi*)和野猪(*Sus scrofa*); 鸟类依次是紫啸鸫(*Myophonus caeruleus*)、红腹角雉(*Tragopan temminckii*)、灰胸竹鸡(*Bambusicola thoracicus*)、黑喉噪鹛(*Garrulax chinensis*)和棕颈钩嘴鹛(*Pomatorhinus ruficollis*)。物种积累曲线结果表明, 兽类稀疏化曲线在300天后趋于稳定, 表明监测取样已较充分, 而鸟类监测物种数随时间积累依旧保持增长趋势。

**关键词:** 物种多样性; 赤水保护区; 红外相机; 物种积累曲线

## Camera-trapping survey on mammals and birds in Guizhou Chishui Alsophila National Nature Reserve

Cheng Wang<sup>1</sup>, Daqing Zhou<sup>2</sup>, Sheng Liang<sup>3</sup>, Haijun Su<sup>1</sup>, Canshi Hu<sup>4\*</sup>, Mingming Zhang<sup>1\*</sup>

1 College of Forestry, Guizhou University, Research Center for Biodiversity and Nature Conservation of Guizhou University, Guiyang 550025

2 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042

3 Administration Bureau of Chishui Alsophila National Nature Reserve, Chishui, Guizhou 564700

4 College of Life Science, Guizhou University, the Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region (Ministry of Education), Guiyang 550025

**Abstract:** Camera-trapping provides an excellent tool for biodiversity and wildlife protection research. In this study, mammals and birds in Chishui Alsophila National Nature Reserve were monitored using 20 gridded camera traps. A total of 1,936 independent images (out of 45,953 recognizable images) were collected with an extensive survey effort of 6,370 camera-days during August 2015 to August 2017. We identified 19 mammal species and 28 bird species, of which 7 species were second-class National Protected Wildlife in China. The relative abundance index (RAI: number of records per trap effort) is widely used to assess the regional species abundance. The five most abundant mammal species with highest RAIs in Chishui Alsophila National Nature Reserve were *Elaphodus cephalophorus*, *Melogale moschata*, *Macaca thibetana*, *Muntiacus reevesi*, *Sus scrofa*, and the five most abundant bird species with highest RAIs were *Myophonus caeruleus*, *Tragopan temminckii*, *Bambusicola thoracicus*, *Garrulax chinensis*, *Pomatorhinus ruficollis*. Rarefaction and species accumulation curves suggest that mammal sampling asymptotes around 300 days, suggesting monitoring efforts were sufficient although bird species continued to grow over time. The results of this

生物编目

收稿日期: 2019-07-07; 接受日期: 2019-09-29

基金项目: 贵大人基合字(2017)57号、贵州赤水桫椤国家级自然保护区哺乳动物多样性监测项目(环境保护部——生物多样性保护专项)、生态环境部生物多样性保护专项(MM-2016-029; MM-2016-030)和贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2019]2842号)

\*共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: cshu@gzu.edu.cn; zmm.2005@163.com

extensive survey provide a comprehensive diversity study of mammals and birds in Chishui *Alsophila* National Nature Reserve and may provide primary baseline data for biodiversity management resources.

**Key words:** diversity of species; Chishui *Alsophila* National Nature Reserve; camera trapping; species accumulation curves

贵州赤水桫椤国家级自然保护区(以下简称赤水保护区)位于 $28^{\circ}20'19''$ – $28^{\circ}28'40''$  N,  $105^{\circ}57'54''$ – $106^{\circ}7'77''$  E, 地处贵州高原向四川盆地的过渡地带, 为独特的丹霞地貌, 总面积 $133\text{ km}^2$ , 是我国亚热带地区生物多样性重点保护热点区域之一, 同时也是贵州高原大娄山山脉及中国武陵山生物多样性保护优先区内最重要的自然保护区之一, 拥有集中成片的古老孑遗植物桫椤(*Alsophila spinulosa*)(张宇斌等, 2019)。保护区内地势东南高, 西北低, 海拔 $290$ – $1,730\text{ m}$ , 溪沟众多, 地表起伏较大, 切割强烈, 总体显示山高、坡陡、谷深的特点(杨广斌等, 2011)。 $700\text{ m}$ 以上的地带性植被为中亚热带湿润性常绿阔叶林,  $700\text{ m}$ 以下沟谷地带为南亚热带雨林, 另外局部地段大面积分布着半人工毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)林。保护区自1984年建立以来, 仅借助传统调查方法对脊椎动物多样性进行了两次全面调查(贵州省环境保护局, 1990; 邓洪平, 2015)。目前, 保护区共记录到陆生脊椎动物28目81科211属296种, 其中兽类60种, 隶属8目21科45属; 鸟类180种, 隶属17目47科118属。为了进一步补充完善赤水保护区鸟兽类物种编目信息, 积累物种影像资料, 为保护与管理提供科学依据, 本研究使用红外相机技术对赤水保护区的野生动物资源进行分层抽样监测。

## 1 相机布设

利用Arc GIS将整个保护区划分为若干个 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 的正方形网格, 将占据 $2/3$ 以上的保护区范围内面积的正方形网格视为一个有效样区, 共计35个。赤水保护区实验区和缓冲区面积之和为 $8,100\text{ ha}$ (占保护区总面积的 $60.9\%$ ), 核心区面积为 $5,200\text{ ha}$ (占保护区总面积的 $39.1\%$ ), 根据保护区功能分区的面积比例, 采用分层随机抽样的方式, 以 $15\%$ 的抽样强度在实验区和缓冲区随机选取3个监测样区, 在核心区随机选取2个监测样区, 每个监测样区安装4台红外相机, 总计布设20台(图1)。实际布设过程中, 综合考虑到不同生境地貌、工作人员安装与维护的通行可达性, 以及野生动物活动痕

迹高发点等因素, 选择人为干扰小、野生动物活动痕迹较多以及水源地附近的林间开阔地布设相机, 并保证两台红外相机之间距离不少于 $300\text{ m}$ (附录1)。在红外相机有效拍摄范围内清除部分枯枝杂草, 避免空拍, 并调整相机拍摄角度与地面平行。相机参数设置为照片模式, 每次连拍3张, 触发时间间隔为 $15\text{ s}$ , 灵敏度设置为“中”。每台相机配置碱性电池12节,  $32\text{ G}$ 储存卡1张。每3–6个月更换1次电池和储存卡。

## 2 数据处理

在红外相机所拍摄的照片中, 挑出所有可识别的兽类和鸟类物种照片, 物种鉴定参照《中国兽类野外手册》(Andrew和解焱, 2009)和《中国鸟类野外手册》(约翰·马敬能等, 2000); 物种分类参照《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》(郑光美, 2017)和《中国哺乳动物多样性及地理分布》(蒋志刚等, 2015); 物种保护级别的界定参照《国家重点保护野生动物名录》(<http://www.forestry.gov.cn>)。

单台红外相机在野外连续工作 $24\text{ h}$ 算作1个有效相机工作日(camera day, CD), 每台相机在 $30\text{ min}$ 内拍摄到的同一物种照片定义为1次独立探测图像(independent photograph, IP)(O'Connell et al, 2011), 并以此计算物种的相对多度指数(relative abundance index, RAI)(李晟等, 2016)。

$$\text{RAI} = \text{IP}/\text{CD} \times 1000$$

为了探究本次赤水保护区的鸟兽类监测取样是否充分, 采用Colwell等人开发的EstimateS软件, 基于整个采样周期内所获物种数的出现频次建立统计模型, 估计、比较基于抽样数据的物种组合的多样性和组成状况(Tobler et al, 2008; Longino & Colwell, 2011; Colwell & Elsensohn, 2014)。本次监测将所获鸟兽物种总数以30个相机日为一次积累调查, 并相应记录各物种出现频次, 结果生成矩阵(如:物种A: 30300  
物种B: 10030)导入EstimateS 9, 随机运行1,000次, 获得以时间为自变量、物种数为因变量的稀疏曲线(rarefaction curve)和外推预测曲线(extrapolation

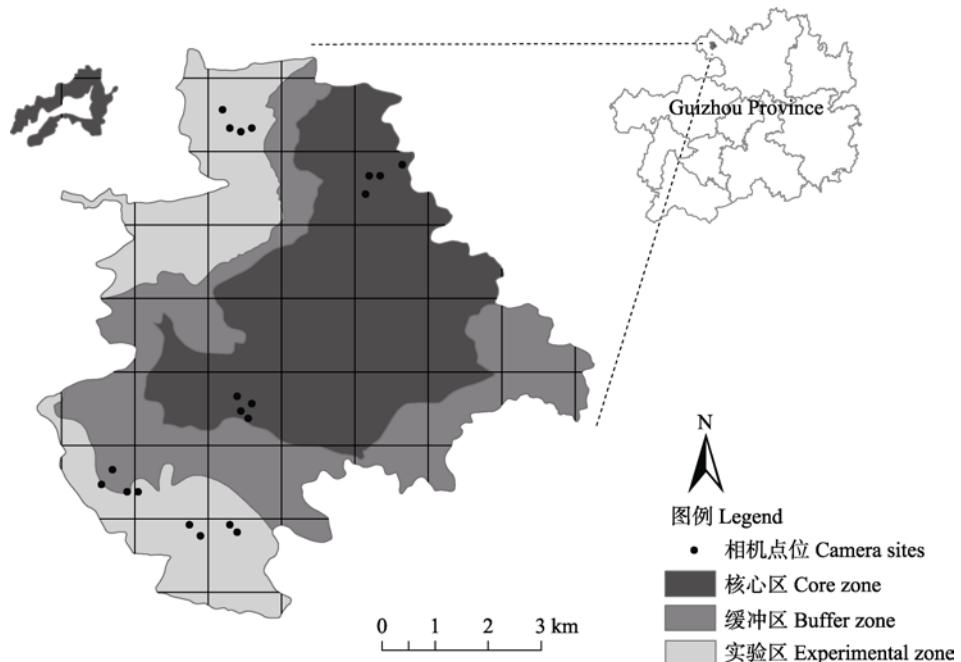


图1 贵州省赤水桫椤国家级自然保护区红外相机布设点

Fig. 1 The camera trapping sites in Guizhou Chishui Alsophila National Nature Reserve

curve)的样本数据(Colwell et al, 2004)。导出数据后,在Origin 2018中绘制物种积累曲线(species accumulation curve),以展示鸟兽抽样结果。

### 3 结果

2015年8月至2017年8月在赤水保护区调查期间,红外相机累计工作6,370天,累计拍摄45,953张照片,去除错误触发拍摄以及同一地点同一物种连续的照片,共记录1,936张独立有效照片。其中,可识别的兽类独立有效照片739张,鸟类715张,无法识别个体(啮齿类等)433张,人员和家畜49张。

可鉴定野生动物47种,隶属于8目19科38属。兽类19种,隶属于4目8科16属(附录2),其中食肉目7种,啮齿目5种,鲸偶蹄目5种,灵长目2种。鸟类28种,隶属于4目11科22属,其中雀形目22种,鸡形目4种,咬鹃目和鸽形目各1种。在所有记录到的鸟兽物种中,国家II级重点保护野生动物有7种(附录3),即红腹角雉(*Tragopan temminckii*)、红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)、白鹇(*Lophura nycthemera*)、猕猴(*Macaca mulatta*)、藏酋猴(*M. thibetana*)、小灵猫(*Viverricula indica*)和中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)。与历史调查记录相比,新记录到鸟类5种,

即红尾噪鹛(*Trochalopteron milnei*)、橙头地鸫(*Geokichla citrina*)、淡背地鸫(*Zoothera mollissima*)、灰背鸫(*Turdus hortulorum*)和白眉鸫(*T. obscurus*)；兽类4种,即猪獾(*Arctonyx collaris*)、斑林狸(*Priodonton pardicolor*)、隐纹花松鼠(*Tamiops swinhonis*)和红腿长吻松鼠(*Dremomys pyrrhomerus*)。

鸟类RAI排前五位的依次是:紫啸鸫(*Myophonus caeruleus*) (68.76)、红腹角雉(18.84)、灰胸竹鸡(*Bambusicola thoracicus*) (4.55)、黑喉噪鹛(*Garrulax chinensis*) (4.24)和棕颈钩嘴鹛(*Pomatorhinus ruficollis*) (2.51)。兽类 RAI 排前五位的依次是:毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*) (27.94)、鼬獾(*Melogale moschata*) (25.27)、藏酋猴(16.48)、小麂(*Muntiacus reevesi*) (11.94)、野猪(*Sus scrofa*) (7.64)。

物种积累曲线结果显示,兽类监测物种数在100天内快速增长,300天后变为一渐近线,于360天达到实际监测物种数(19种),并使用外推估计发现兽类种数基本不增长(图2),对于适用于红外相机监测的大中型兽类而言,表明其监测取样充分。鸟类监测物种数随时间的积累一直持续增长,于480天超过监测期间鸟类物种总数(28种),表明鸟类取样不充分。

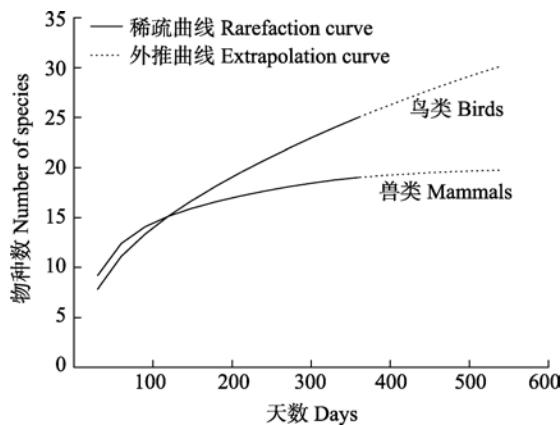


图2 鸟兽物种积累曲线

Fig. 2 Species accumulation curves of birds and mammals

#### 4 讨论

本次监测共记录到鸟兽47种，占已记录种类的19.42%，新增鸟类5种、兽类4种。过去鸟兽类观测以动物痕迹、野外直接观察和夹日法等传统方法为主，在保护区深处很难达到长时间的连续观测并受限于人为调查的干扰影响，对于活动隐蔽、种群稀少的物种可能很少记录。而本次新记录的物种绝大多数都为林内分布，如：红尾噪鹛、橙头地鸫、淡背地鸫、斑林狸和隐纹花松鼠等。但红外相机作为一种新兴监测手段也存在其局限性。由于个体识别特征不明显且体型较小，红外相机一般不适合监测体形较小的啮齿类动物(李晟等, 2016)。同时，相机的触发反应需要时间，移动速度较快的动物，如飞行的鸟类，常常只能获得一些无法识别的体征扭曲照片。因此，红外相机技术适合于监测中到大型的兽类以及特征明显的小型哺乳类，并能较为全面地获取其真实存在情况(李晟等, 2016)。另外，在鸟类监测方面，仅适用于地栖性的雉类或林内活动的某些雀形目鸟类，而对猛禽、水鸟等大多数鸟类来说，红外相机监测手段具有偶然性(朱淑怡等, 2017; 张倩雯等, 2018)。因此，鸟类物种多样性调查时建议采用多种方法，如样线法，来补充红外相机技术监测的不足(Seki, 2010)。

本次调查记录到的兽类物种较少并主要以小型捕食者为主，其中以杂食性的鼬獾( $RAI = 25.27$ )占优。然而，历史分布的中到大型捕食者，如云豹(*Neofelis nebulosa*)、大灵猫(*Viverra zibetha*)、黑熊(*Ursus thibetanus*)等，在本次监测中并未记录到。近些年，红外相机监测发现很多地区历史存在的中大

型兽类已销声匿迹(李晟等, 2016; 穆君等, 2019)，仅在生境保存完整的、连片的以及面积较大的保护区观察到其活动迹象(唐卓等, 2017)。Hughes (2001)认为区域适宜栖息地片断化、丧失以及近期历史上的过度猎杀极大程度地影响了野生动物的生存繁衍。本次红外相机监测记录到的兽类中，有蹄类相对多度最高( $RAI = 49.72$ )，且野猪与当地居民冲突事件频繁发生(粟海军等, 2018)，可能间接地佐证了该区域缺乏大型食肉动物来调控食草动物的种群消长(Gordon et al, 2015)。

物种积累曲线结果显示，兽类物种数在红外相机累计工作300天之后趋于稳定。在其他地区不同的监测方案中，也得到类似的结果，于100天内大多数兽类物种都已记录到且在300天内变为一渐近线(周磊等, 2018; 肖治术等, 2019)。同时，四川王朗保护区的监测结果表明，在一年半的时间内，记录全部兽类物种只需17台红外相机(田成等, 2018)。可见，本次红外相机监测记录到的兽类较为完整。而鸟类物种数在整个监测期间未变为一渐近线，随着时间推移，非地栖性鸟类不断地被偶然记录，导致其记录物种数不断上升(朱淑怡等, 2017)。因此，评估鸟类潜在可识别的物种丰度仍需要进一步深入调查。

**致谢：**感谢赤水桫椤国家级自然保护区管理局对本次研究的大力支持，感谢保护区的工作人员及护林员在本次研究中提供的帮助。

#### 参考文献

- Andrew TS, Xie Y (2009) A Guide to the Mammals of China. Hunan Education Press, Changsha. (in Chinese) [Andrew TS, 解焱 (2009) 中国兽类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]
- Colwell RK, Elsensohn JE (2014) EstimateS turns 20: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. Ecography, 37, 609–613.
- Colwell RK, Mao CX, Chang J (2004) Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. Ecology, 85, 2717–2727.
- Deng HP (2015) The Biodiversity of Chishui Alsophila National Nature Reserve in Guizhou. Science Press, Beijing. (in Chinese) [邓洪平 (2015) 贵州赤水桫椤国家级自然保护区生物多样性. 科学出版社, 北京.]
- Gordon CE, Feit A, Gruber J, Letnic M (2015) Mesopredator

- suppression by an apex predator alleviates the risk of predation perceived by small prey. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282, 1–8.
- Guizhou Environmental Protection Bureau (1990) *Scientific Survey of the Chishui Alsophila Natural Reserve*, Guizhou Province, China. Guizhou Nationalities Publishing House, Guiyang. (in Chinese) [贵州省环境保护局 (1990) 赤水桫椤自然保护区科学考察集. 贵州民族出版社, 贵阳.]
- Hughes DL (2001) The last Tasmanian tiger: The history and extinction of the thylacine. *Journal of Colonialism & Colonial History*, 2, 724–725.
- Jiang ZG, Liu SY, Wu Y, Jiang XL, Zhou KY (2015) China's mammal diversity (2nd edition). *Biodiversity Science*, 25, 886–895. (in Chinese with English abstract) [蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 蒋学龙, 周开亚 (2015) 中国哺乳动物多样性 (第2版). 生物多样性, 25, 886–895.]
- Li S, Wang DJ, Bu HL, Liu XG, Jin T (2016) Camera-trapping survey on the mammal diversity of the Laohegou Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 282–291. (in Chinese with English abstract) [李晟, 王大军, 卜红亮, 刘小庚, 靳彤 (2016) 四川省老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查. 兽类学报, 36, 282–291.]
- Longino JT, Colwell RK (2011) Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient. *Ecosphere*, 2(3), 1–20.
- MacKinnon J, Phillipps K, He FQ (2000) *A Field Guide to the Birds of China*. Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese) [约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇 (2000) 中国鸟类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]
- Mu J, Wang JJ, Zhang L, Li YB, Li ZM, Su HJ (2019) Field monitoring using infrared cameras and activity rhythm analysis on mammals and birds in Xishui National Nature Reserve, Guizhou, China. *Biodiversity Science*, 27, 683–688. (in Chinese with English abstract) [穆君, 王娇娇, 张雷, 李云波, 李筑眉, 粟海军 (2019) 贵州习水国家级自然保护区红外相机鸟兽监测及活动节律分析. 生物多样性, 27, 683–688.]
- O'Connell AF, Nichols JD, Karanth KU (2011) *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, New York.
- Seki SI (2010) Camera-trapping at artificial bathing sites provides a snapshot of a forest bird community. *Journal of Forest Research*, 15, 307–315.
- Su HJ, Hu CS, Zhang MM, Liang S (2018) A study on the characteristics of crop damage caused by wild boar (*Sus scrofa*) and the attitudes of local residents in Chishui *Alsophila* National Nature Reserve, Guizhou Province, China. *Acta Theriologica Sinica*, 38, 359–368. (in Chinese with English abstract) [粟海军, 胡灿实, 张明明, 梁盛 (2018) 贵州赤水桫椤国家级自然保护区野猪危害特征与居民态度分析. 兽类学报, 38, 359–368.]
- Tang Z, Yang J, Liu XH, Wang PY, Li ZY (2017) Research on snow leopards (*Panthera uncia*) using camera-trapping in Wolong National Nature Reserve, China. *Biodiversity Science*, 25, 62–70. (in Chinese with English abstract) [唐卓, 杨建, 刘雪华, 王鹏彦, 李周园 (2017) 基于红外相机技术对四川卧龙国家级自然保护区雪豹(*Panthera uncia*)的研究. 生物多样性, 25, 62–70.]
- Tian C, Li JQ, Yang XY, Yu L, Yuan D, Li YX (2018) Preliminary surveys of wild animals using infrared camera in Wanglang National Nature Reserve, Sichuan Province. *Biodiversity Science*, 26, 620–626. (in Chinese with English abstract) [田成, 李俊清, 杨旭煜, 余鳞, 袁丹, 黎运喜 (2018) 利用红外相机技术对四川王朗国家级自然保护区野生动物物种多样性的初步调查. 生物多样性, 26, 620–626.]
- Tobler MW, Carrillo-Percastegui SE, Pitman RL, Mares R, Powell G (2008) An evaluation of camera traps for invento- rying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11, 169–178.
- Xiao ZS, Chen LJ, Song XJ, Shu ZF, Xiao RG, Huang XQ (2019) Species inventory and assessment of large- and medium-size mammals and pheasants using camera trapping in the Chebaling National Nature Reserve, Guangdong Province. *Biodiversity Science*, 27, 237–242. (in Chinese with English abstract) [肖治术, 陈立军, 宋相金, 杜祖飞, 肖荣高, 黄小群 (2019) 基于红外相机技术对广东车八岭国家级自然保护区大中型兽类与雉类的编目清查与评估. 生物多样性, 27, 237–242.]
- Yang GB, Li YQ, Tu YL (2011) Investigation of eco-environment in Chishui *Alsophila* Natural Reserve. *Forest Resources Management*, 40, 94–100. (in Chinese with English abstract) [杨广斌, 李亦秋, 屠玉麟 (2011) 赤水桫椤自然保护区生态环境调查与分析. 林业资源管理, 40, 94–100.]
- Zhang YB, Ao L, Zhang ZN (2019) Analysis of common seed plant flora in Guizhou Chishui *Alsophila* Nature Reserve. *Molecular Plant Breeding*, 17, 1723–1730. (in Chinese with English abstract) [张宇斌, 敖丽, 张子楠 (2019) 贵州赤水桫椤自然保护区常见种子植物区系分析. 分子植物育种, 17, 1723–1730.]
- Zhang QW, Gong YN, Song XJ, Wang XC, Yang CT, Shu ZF, Zou FS (2018) Comparing the effectiveness of camera trapping to traditional methods for biodiversity surveys of forest birds. *Biodiversity Science*, 26, 229–237. (in Chinese with English abstract) [张倩雯, 龚粤宁, 宋相金, 王新财, 杨昌腾, 杜祖飞, 邹发生 (2018) 红外相机技术与其他几种森林鸟类多样性调查方法的比较. 生物多样性, 26, 229–237.]
- Zheng GM (2017) *A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China*, 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2017) 中国鸟类分类与分布名录(第三版). 科学出版社, 北京.]
- Zhou L, Wan YQ, Hong X, Zhang H, Qian LF, Wang CC, Kong Z, Zhao K, Li JQ, Zhang BW (2018) Camera-trapping surveys of the large and medium-sized mammal and under-story bird diversity in Yaoluoping National Nature Reserve,

Anhui Province. *Biodiversity Science*, 26, 1338–1342. (in Chinese with English abstract) [周磊, 万雅琼, 洪欣, 张恒, 钱立富, 王陈成, 孔政, 赵凯, 李佳琦, 张保卫 (2018) 利用红外相机技术对安徽省鹞落坪国家级自然保护区大中型兽类及林下鸟类的调查. 生物多样性, 26, 1338–1342.]

Zhu SY, Duan F, Li S (2017) Promoting diversity inventory and monitoring of birds through the camera-trapping net-

work in China: Status, challenges and future outlook. *Biodiversity Science*, 25, 1114–1122. (in Chinese with English abstract) [朱淑怡, 段菲, 李晨 (2017) 基于红外相机网络促进我国鸟类多样性监测: 现状、问题与前景. 生物多样性, 25, 1114–1122.]

(责任编辑: 蒋学龙 责任编辑: 闫文杰)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 贵州赤水桫椤国家级自然保护区红外相机位点信息

Appendix 1 The locations of camera traps in Guizhou Chishui *Alsophila* National Nature Reserve  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019220-1.pdf>

### 附录2 贵州赤水桫椤国家级自然保护区红外相机监测到的物种名录

Appendix 2 The list of mammals and birds captured by camera traps in Guizhou Chishui *Alsophila* National Nature Reserve  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019220-2.pdf>

### 附录3 贵州赤水桫椤国家级自然保护区红外相机拍摄到的部分动物照片

Appendix 3 Some photos of mammals and birds captured by camera traps in Guizhou Chishui *Alsophila* National Nature Reserve  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019220-3.pdf>

**附录1 贵州赤水桫椤国家级自然保护区红外相机位点信息**

Appendix 1 The locations of camera traps in Guizhou Chishui *Alsophila* National Nature Reserve

相机编号 Camera ID	布设时间 Installation time	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	海拔 Altitude (m)	生境 Habitat
A-1	2015.8.10	106°01'	28°28'	636	竹林 Bamboo forest
A-2	2015.8.10	106°01'	28°28'	914	竹林 Bamboo forest
A-3	2015.8.10	106°01'	28°28'	877	竹林 Bamboo forest
A-4	2015.8.10	106°01'	28°28'	731	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forest
B-1	2015.8.12	106°03'	28°27'	997	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forest
B-2	2015.8.12	106°03'	28°27'	1,097	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forest
B-3	2015.8.12	106°03'	28°27'	1,028	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forest
B-4	2015.8.12	106°04'	28°27'	1,053	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forest
C-1	2015.8.12	106°01'	28°23'	1,102	灌木林 Shrubwood
C-2	2015.8.12	106°01'	28°23'	1,119	灌木林 Shrubwood
C-3	2015.8.12	106°01'	28°23'	1,126	灌木林 Shrubwood
C-4	2015.8.12	106°01'	28°23'	1,119	灌木林 Shrubwood
D-1	2015.8.10	105°59'	28°22'	1,185	针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest
D-2	2015.8.10	105°59'	28°22'	1,198	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forest
D-3	2015.8.10	105°59'	28°22'	1,308	竹林 Bamboo forest
D-4	2015.8.10	105°59'	28°22'	1,229	针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest
E-1	2015.8.11	106°00'	28°21'	1,041	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forests
E-2	2015.8.11	106°00'	28°21'	909	针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest
E-3	2015.8.11	106°01'	28°21'	483	针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest
E-4	2015.8.11	106°01'	28°21'	504	针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest

**附录2 贵州赤水桫椤国家级自然保护区红外相机监测到的物种名录**

Appendix 2 The list of mammals and birds captured by camera traps in Guizhou Chishui Alsophila National Nature Reserve

物种名 Species	分布型 Distribution pattern	区系 Fauna	国家保护级别 State protection level	RAI	IP
<b>I 鸟纲 Aves</b>					
<b>一 鸡形目 GALLIFORMES</b>					
<b>(一)雉科 Phasianidae</b>					
1.灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracicus</i>	Sc	东洋界	—	4.55	29
2.红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	Hm	东洋界	II	18.84	120
3.白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	Wc	东洋界	II	0.16	1
4.红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	Si	东洋界	II	0.63	4
<b>二 鸽形目 COLUMBIFORMES</b>					
<b>(二)鸠鸽科 Columbidae</b>					
5.珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	We	广布种	—	0.16	1
<b>三 咬鹃目 TROGONIFORMES</b>					
<b>(三)咬鹃科 Trogonidae</b>					
6.红头咬鹃 <i>Harpactes erythrocephalus</i>	Wc	东洋界	—	0.16	1
<b>四 雀形目 PASSERIFORMES</b>					
<b>(四)鹀科 Corvidae</b>					
7.红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythrorhyncha</i>	We	广布种	—	0.16	1
8.灰树鹊 <i>Dendrocitta formosae</i>	Wa	广布种	—	0.31	2
<b>(五)鶲科 Pycnonotidae</b>					
9.绿翅短脚鹎 <i>Ixos mcclellandii</i>	Wc	东洋界	—	0.16	1
<b>(六)莺鹛科 Sylviidae</b>					
10.灰头鸦雀 <i>Psittiparus gularis</i>	Sv	广布种	—	0.16	1
<b>(七)林鹛科 Timaliidae</b>					
11.斑胸钩嘴鹛 <i>Erythrogenys gravivox</i>	Sd	东洋界	—	1.41	9
12.棕颈钩嘴鹛 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>	Wa	东洋界	—	2.51	16
<b>(八)幽鹛科 Pellorneidae</b>					
13.灰眶雀鹛 <i>Alcippe morrisonia</i>	Wd	东洋界	—	2.20	14
<b>(九)噪鹛科 Leiothrichidae</b>					
14.画眉 <i>Garrulax canorus</i>	Sd	东洋界	—	2.48	13
15.黑喉噪鹛 <i>G. chinensis</i>	Wa	东洋界	—	4.24	27
16.棕噪鹛 <i>G. berthemyi</i>	Sc	东洋界	—	0.63	4
17.白颊噪鹛 <i>G. sannio</i>	Sd	东洋界	—	0.16	1
18.红尾噪鹛 <i>Trochalopteron milnei</i>	Wc	东洋界	—	0.48	3
19.红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	Wd	东洋界	—	0.16	1

物种名 Species	分布型 Distribution pattern	区系 Fauna	国家保护级别		
			State protection level	RAI	IP
<b>(十) 鹀科 Turdidae</b>					
20. 橙头地鸫 <i>Geokichla citrina</i>	Wc	东洋界	—	0.16	1
21. 淡背地鸫 <i>Zoothera mollissima</i>	Hm	东洋界	—	1.26	8
22. 虎斑地鸫 <i>Z. aurea</i>	U	广布种	—	2.48	13
23. 灰背鸫 <i>Turdus hortulorum</i>	Mf	广布种	—	0.16	1
24. 灰翅鸫 <i>T. boulboul</i>	Hm	东洋界	—	0.16	1
25. 白眉鸫 <i>T. obscurus</i>	Mf	广布种	—	0.16	1
<b>(十一) 鶲科 Muscicapidae</b>					
26. 红胁蓝尾鸲 <i>Tarsiger cyanurus</i>	M	广布种	—	0.31	2
27. 紫啸鹟 <i>Myophonus caeruleus</i>	We	广布种	—	68.76	438
28. 小燕尾 <i>Enicurus scouleri</i>	Sd	东洋界	—	0.16	1
<b>II 哺乳纲 Mammalia</b>					
<b>一 灵长目 PRIMATES</b>					
<b>(一) 猴科 Cercopithecidae</b>					
1. 猕猴 <i>Macaca mulatta</i>	We	广布种	II	0.31	2
2. 藏酋猴 <i>M. thibetana</i>	Se	东洋界	II	16.48	105
<b>二 食肉目 CARNIVORA</b>					
<b>(二) 鼬科 Mustelidae</b>					
3. 黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	Sd	东洋界	—	2.51	16
4. 黄鼬 <i>M. sibirica</i>	Uh	广布种	—	0.16	1
5. 鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	Sd	东洋界	—	25.27	161
6. 猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	We	广布种	—	0.63	4
<b>(三) 灵猫科 Viverridae</b>					
7. 小灵猫 <i>Viverricula indica</i>	Wc	东洋界	II	2.48	13
8. 斑林狸 <i>Prionodon pardicolor</i>	Wc	东洋界	—	0.16	1
9. 果子狸 <i>Paguma larvata</i>	We	广布种	—	1.41	9
<b>三 鲸偶蹄目 CETARTIODACTYLA</b>					
<b>(四) 猪科 Suidae</b>					
10. 野猪 <i>Sus scrofa</i>	Uh	广布种	—	7.64	45
<b>(五) 鹿科 Cervidae</b>					
11. 毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	Sv	东洋界	—	27.94	178
12. 小麂 <i>Muntiacus reevesi</i>	Sd	东洋界	—	11.94	76
13. 赤麂 <i>M. vaginalis</i>	Wc	东洋界	—	1.57	10
<b>(六) 牛科 Bovidae</b>					
14. 中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	We	东洋界	II	0.63	4

物种名 Species	分布型 Distribution pattern	区系 Fauna	国家保护级别 State protection level	RAI	IP
<b>四 哺乳目 RODENTIA</b>					
(七)松鼠科 Sciuridae					
15.赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	We	东洋界	—	4.87	31
16.隐纹花松鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	We	东洋界	—	0.31	2
17.红腿长吻松鼠 <i>Dremomys pyrrhomerus</i>	Sc	东洋界	—	4.82	26
18.红背鼯鼠 <i>Petaurista petaurista</i>	Wd	东洋界	—	1.88	12
(八)豪猪科 Hystricidae					
19.中国豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>	We	东洋界	—	6.75	43

分布型: M: 东北型; U: 古北型; H: 喜马拉雅-横断山区型; S: 南中国型; W: 东洋型.

区系: 广: 古北、东洋界广布种; 东: 东洋界物种.

Distribution: M, Northeast China Type; U, Palaearctic Type; H, Himalayan-Hengduan Mountain Type; S, Southern China Type; W, Oriental Type.

Fauna: Widespread, Wide spread species in Palaearctic and Oriental areas; Oriental, Oriental species.

附录3 贵州赤水桫椤国家级自然保护区红外相机拍摄到的部分动物照片

Appendix 3 Some photos of mammals and birds captured by camera traps in Guizhou Chishui  
Alsophila National Nature Reserve



白鹇 *Lophura nycthemera*

红腹角雉 *Tragopan temminckii*



红腹锦鸡 *Chrysolophus pictus*

画眉 *Garrulax canorus*



淡背地鸫 *Zoothera mollissima*

橙头地鸫 *Geokichla citrina*



藏酋猴 *Macaca thibetana*



猕猴 *Macaca mulatta*



毛冠鹿 *Elaphodus cephalophorus*



中国豪猪 *Hystrix hodgsoni*



小灵猫 *Viverricula indica*



红腿长吻松鼠 *Dremomys pyrrhomerus*



•论坛•

# 国家管辖范围以外区域海洋生物多样性保护的新视域：包括海洋保护区在内的划区管理工具

廖建基 黄 浩<sup>\*</sup> 李伟文 王 磊 安丽娜

(自然资源部第三海洋研究所, 福建厦门 361005)

**摘要：**随着人类对海洋资源开发利用强度的增加, 海洋生物多样性的养护面临更大挑战。联合国大会决定在《联合国海洋法公约》框架下拟定一份新的法律文书, 以解决国家管辖范围以外区域海洋生物多样性(marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction, BBNJ)的养护与可持续利用问题。包括海洋保护区在内的划区管理工具(area-based management tools (ABMTs), including marine protected areas (MPAs))是BBNJ国际文书谈判的一个重要议题。目前谈判尚处于早期阶段, 各国对ABMTs/MPAs缺乏共同的观点。本文通过分析ABMTs/MPAs的定义和内涵以及两者的异同点、目标、与现有相关法律文书、框架和机构的关系、一般原则和方法、现有框架以及面临的缺乏调查数据、缺失全球性法律框架以及缺少利益相关者参与等挑战, 提出需提高设立海洋保护区的科学性、建立有效的监测与执法机制以及加强国际合作等建议。

**关键词：**国家管辖范围以外区域海洋生物多样性; 公海保护区; 海洋法; 生物多样性公约; 海洋空间规划

## A new perspective on marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction (BBNJ): Making use of area-based management tools (ABMTs), including marine protected areas (MPAs)

Jianji Liao, Hao Huang<sup>\*</sup>, Weiwen Li, Lei Wang, Lina An

Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen, Fujian 361005

**Abstract:** With the increasing exploitation of marine biodiversity, conservation is facing several challenges. The Intergovernmental Conference to create an international legally binding instrument (ILBI) under the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) on the conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction (BBNJ) was convened. They aimed to address the gap between conservation and sustainable use of marine biological diversity in areas beyond national jurisdiction. One of the core talking points of the ILBI, area-based management tools (ABMTs), including marine protected areas (MPAs), were widely recognized as a key mechanism for conserving and restoring biodiversity. Though the process of creating the ILBI is still in its early stages, there has been a lack of common understanding among United Nations (UN) member states regarding the elements of this new protocol. Thus, here we analyze the differences and commonalities of definitions and objectives from the UNCLOS, as well as other instruments and frameworks, relevant global, regional and sectoral bodies, general principles and approaches, current legal and policy frameworks, technological challenges and stakeholder engagement. Our recommendations to increase understanding of ABMTs/MPAs include improving the scientificity of establishing MPAs, establishing effective monitoring and enforcement mechanisms and strengthening international cooperation for the establishment of ABMTs/MPAs in areas beyond national jurisdiction.

**Key words:** marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction (BBNJ); marine protected areas in the high seas; the law of the sea; Convention on Biological Diversity (CBD); marine spatial planning

收稿日期: 2019-03-28; 接受日期: 2019-08-20

基金项目: 自然资源部第三海洋研究所基本科研业务费专项资金(海三科 2016018; 2016009)、中国大洋矿产资源研究开发协会十三五资源类项目(DY135-E2-5)和自然资源部国际合作司国家管辖外海洋生物多样性研究项目

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: huanghao@tio.org.cn

国家管辖范围以外区域(areas beyond national jurisdiction, ABNJ)约占全球海洋面积的64% (Ardron et al, 2014; 徐靖等, 2016)。国家管辖范围以外区域拥有对生态、社会经济和文化具有重要意义的海洋资源和生物多样性, 为海洋生物提供了90%的栖息地, 每年渔业捕捞的价值高达160亿美元, 是人类赖以生存和可持续发展的重要区域(Heffernan, 2018)。然而, 国家管辖范围以外区域海洋生物多样性的养护面临着巨大挑战, 这些区域及其资源日益受到人类活动和气候变化及其累积效应的影响, 海洋生态系统健康状况持续下降。促使我们需要加快合作并采取综合性的措施来减少压力源, 以提高海洋生态系统恢复力(IUCN, 2018)。国家管辖范围以外区域海洋生物多样性保护和可持续利用已成为世界关注的焦点。2015年6月19日, 联合国大会通过了A/RES/69/292号决议, 决定根据《联合国海洋法公约》(United Nations Convention on the Law of the Sea, “UNCLOS”的规定, 就国家管辖范围以外区域海洋生物多样性(marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction, BBNJ)拟定了一份具有法律约束力的国际文书, 并于2017年12月24日以联合国大会第72/249号决议正式确定。计划于2018年9月至2020年上半年间召开4次BBNJ国际文书谈判政府间大会, 以尽早制定该文书。

BBNJ国际文书是当前海洋法领域最重要的立法进程, 被视为《联合国海洋法公约》第三份执行协定, 事关新时期全球海洋权益的分配和海洋秩序的调整。该文书主要处理2011年商定的一揽子事项中确定的专题, 即海洋遗传资源获取及其惠益分享、包括海洋保护区在内的划区管理工具(area-based management tools (ABMTs), including marine protected areas (MPAs))、环境影响评价、能力建设和技术转让以及其他安排(UN, 2018)。

ABMTs/MPAs是新的国际文书达到海洋生物多样性长期保护和可持续利用目标的关键工具, 对于应对人类活动和气候变化及其累积效应的影响至为关键(Vierros et al, 2016)。本文分析了划区管理工具(ABMTs)和海洋保护区(MPAs)的定义和内涵以及两者的异同点、目标、与现有相关法律文书/框架和机构的关系、一般原则和方法、现有框架以及面临的挑战, 提出ABMTs/ MPAs的相关建议。

## 1 定义和内涵

### 1.1 ABMTs的定义和内涵

划区管理包括综合、可持续地管理出现在空间区域内的所有人类活动, 这样的区域面积大小不一, 既有不连续分布的块状区, 也有较大尺度的生态系统(Vierros et al, 2016)。在生态系统途径中, 划区管理为应对累积影响提供了工具。截至目前, ABMTs暂未有一个国际社会统一的定义, 但普遍认为划区管理是根据某些区域的特性, 对单项或多项人类活动进行更为严格的管理, 其保护程度高于周围区域。世界自然保护联盟(IUCN, 2016)定义ABMTs为“在特定区域内, 为达到资源可持续利用的目标而管理人类的活动”。Molenaar (2014)认为ABMTs是“为了一个或更多目的, 对国家管辖范围以外区域的一项或多项人类活动进行更严格的管理, 以提供比周围地区更高程度的保护”。BBNJ政府间大会在“主席协助谈判文件”中也针对ABMTs的定义提出两个备选: (1)设计的一种工具, 适用于国家管辖范围以外的某个特定区域, 以实现既定目标; (2)指某一划定地理界限的地区的空间管理工具, 通过这一工具对一个或多个部门/活动进行管理, 以达到特定保护目标, 并提供比周围地区更高级别的保护(UN, 2018)。现有的概念和定义要想更好地适用于国家管辖范围以外区域海洋生物多样性保护和可持续利用, 需在必要处加以修改, 适用该文书即可采纳。并要特别注意关键术语是否正确翻译, 使得法律和技术层面上的含义保持一致。

ABMTs分为部门划区管理工具(sectoral ABMTs)和跨部门划区管理工具(cross-sectoral ABMTs)两大类(IUCN, 2016)。

(1)部门划区管理工具指“国际主管组织为达到特定海域的生物多样性保护目标而采取的措施”(IUCN, 2016)。包括但不限于: (I)航运。国际海事组织(International Maritime Organization, IMO)的特殊敏感区(particularly sensitive sea areas, PSSAs)。(II)渔业。季节性或整年的区域关闭; 联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)的脆弱海洋生态系统(vulnerable marine ecosystems, VMEs)。(III)采矿。国际海底管理局(International

Seabed Authority, ISA)的环境特受关注区(areas of particular environmental interest, APEI)、环境影响参照区、环境保全参照区。

(2)跨部门划区管理工具指需要多个组织和机构间开展协调与合作的管理工具,包括海洋保护区和海洋空间规划(IUCN, 2016)。

## 1.2 海洋保护区的定义和内涵

根据不同目标,海洋保护区提供不同程度的保护,既有严格保护区,也有采取限制性保护措施允许多种可持续利用的保护区。海洋保护区采用预防手段保护生物地理区内的特征生境和物种,以提高生态系统的恢复力和适应性(Vierros et al, 2016)。

海洋保护区具有若干种定义,其中最重要的是IUCN和《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity, CBD)的定义,可为新文书提供参考。IUCN (2012, 2018)的定义是:“海洋保护区为长期保护包括其生态系统服务在内的,通过法律程序或其他有效方式明确定义的、专用的、管理的地理空间”。该定义注重“自然”和“生态系统服务”的长期保护。《生物多样性公约》第二条关于“保护区”的定义是:“一个划定地理界限,为达到特定保护目标而指定或实行管制和管理的地区。”《生物多样性公约》第VII/5号决定指出:“海洋和海岸带保护区”指通过立法或其他有效手段,对包括上覆水体和相关植物、动物、历史和文化特征海洋环境或其邻近加以保护的区域,以使海洋和/或海岸带生物多样性比周围区域享受到更高水平的保护。”

国家管辖范围以外区域的海洋保护区定义可以《生物多样性公约》的定义为基础,但要明确以“长期保护自然,包括生物多样性和相关生态系统服务的主要目标”为总目标,这样有助于突出海洋保护区和其他类型ABMTs之间的差别,避免混淆(IUCN, 2016)。BBNJ政府间大会主席提出海洋保护区可认为是:一个划定地理界限、为达到特定保护目标而指定或实行管制或管理的地区(UN, 2018)。

## 1.3 二者的区别

ABMTs多种多样且其概念更广泛,既包括部门管理工具,如脆弱海洋生态系统或特殊敏感区;也包括综合的工具,如海洋保护区和海洋空间规划(IUCN, 2017)。但并非所有ABMTs都是海洋保护区。

部门ABMTs须与海洋保护区相区分。尽管部门

ABMTs提供了重要的保护,但它们的管理一般只针对一种海洋利用方式(航运、渔业、矿产等),有的属于短期保护,不能对保护区域内的所有生物与环境提供全面的保护。而海洋保护区可具有各种目标和管理途径,提供更为长期的现场保护(Johnson et al, 2018a)。

## 2 目标

BBNJ国际文书将规定ABMTs/MPAs在养护和可持续利用国家管辖范围以外区域海洋生物多样性方面的目标。

ABMTs/MPAs的目标应通过有效执行《联合国海洋法公约》,确保国家管辖范围以外区域海洋生物多样性的养护和可持续利用。按照不同的工具类型,可设定不同的具体目标。BBNJ政府间大会主席提出了促进以全面和跨部门的方法管理海洋等10个具体目标(UN, 2018)。

世界各方在ABMTs/MPAs的立场已基本明确。太平洋小岛屿国家、加勒比共同体等不发达国家由于科学技术水平有限,海洋资源开发能力不足,但对海洋经济依赖程度高;要求ABMTs必须考虑气候变化的影响,包括由气候变化引起的海平面上升和海洋生物分布及栖息地等的变化,并要求ABMTs/MPAs以养护生物多样性为目标。美国、俄罗斯、日本等发达国家科技水平高,在海洋科学的研究和资源开发方面走在世界前列,是海洋利用大国,强调对资源的利用,而对海洋生物多样性保护的态度不明确。欧盟、非政府组织(non-governmental organizations, NGOs)等过分强调了对生物多样性的养护而忽略了资源的可持续利用。

ABMTs/MPAs应以实现国家管辖范围以外区域海洋生物多样性养护和可持续利用为目标:一是ABMTs应包括所有基于区域的管理措施和方法,不限于海洋保护区;二是养护和可持续利用BBNJ是ABMTs的两大目标,两者之间应保持合理平衡;三是ABMTs的对象是海洋生物多样性,新国际文书应据此确定具体的保护目标和管理措施。

## 3 与现有相关法律文书、框架和机构的关系

2018年10月,在厦门召开的BBNJ国际研讨会上,参会的中国政府相关部门的代表就此问题表明了如下观点:在执行ABMTs/MPAs时,(1)需明确《联

合国海洋法公约》的基础地位，不能破坏《联合国海洋法公约》建立的制度框架，《联合国海洋法公约》规定享有的在航行、科研、捕鱼等方面的权利不应受到减损。(2)应以尊重现有机制、促进各机制协调与合作为原则，不应损害现有相关法律文书和框架以及相关全球、区域和部门机构。(3)提出加强各相关机制的协调与合作，促进包括海洋保护区在内的ABMTs相关措施的一致性和互补性，共同促进BBNJ的养护和可持续利用。

#### 4 一般原则和方法

在实施国家管辖范围以外区域ABMTs/MPAs时，两者必须在一般原则和方法上保持一致。首先，一般原则和方法必须考虑其合法性、必要性与可行性，需集中反映国际社会在国家管辖范围以外区域海洋生物多样性保护与合理利用、人类当代利益与后代利益、粮食安全与可持续发展等合法利益之间的平衡与取舍，最终达到全人类的共同目标。其次，由于海洋环境的差异和生态系统的异质性，ABMTs应根据不同海域地质、水文、生态等特点，一事一议，逐案处理。第三，ABMTs/MPAs的目的在于国家管辖范围以外区域海洋生物多样性的养护和可持续利用，随着科学技术水平的提高，必须对ABMTs/MPAs的有效期做出相关规定。

#### 5 国家管辖范围以外区域划区管理工具现有框架

当前虽没有国家管辖范围以外区域的ABMTs/MPAs的总体框架，但相关国际法、部门性、区域性机构的ABMTs框架可提供参考。

##### 5.1 国际法

作为规范海洋问题最重要的国际法，《联合国海洋法公约》尚未定义海洋保护区的概念，但界定了海洋环境保护和保全的基本义务(UN, 2014; 陈力, 2016)。具体内容包括：“按照本部分采取的措施，应包括为保护和保全稀有或脆弱的生态系统，以及衰竭、受威胁或有灭绝危险的物种和其他形式的海洋生物的生存环境，而采取必要的措施”（《联合国海洋法公约》194条第5款）；“各国在为保护和保全海洋环境而拟订和制订符合本公约的国际规则、标准和建议的办法及程序时，应在全球性的基础上或在区域性的基础上，直接或通过主管国际组织进行合作，同时考虑区域的特点”（《联合国海洋法公约》

197条）。

《生物多样性公约》也对相关义务进行了补充，第3、4、7、14条规定缔约方有对包括在国家管辖范围以外区域海洋生物多样性养护和可持续利用进行合作的义务，缔约方必须确保管辖范围内的活动不能对管辖范围外造成损害，也必须监测和控制任何可能引起重大危害的活动。同时，《生物多样性公约》还呼吁各缔约方促进生态系统的保护及在国家决策过程中考虑到生物资源的保护和持久使用(第8、10条)。然而，《生物多样性公约》并不适用于国家管辖范围以外区域，管辖范围也存在一些争论(Elizabeth, 2018)。

##### 5.2 部门划区管理工具

###### 5.2.1 联合国粮食及农业组织的脆弱海洋生态系统(VMEs)

脆弱海洋生态系统指易受干扰、恢复很慢或可能永远得不到恢复的生态系统。脆弱性涉及某一种群、群落或栖息地受到短期或长期干扰后，将发生重大改变的可能性、恢复的可能性，以及需多长时间才可能恢复，这些可能性又关系到生态系统本身的特征，尤其是生物本身及其生态系统结构方面(FAO, 2009)。脆弱海洋生态系统的选划标准有独特性或稀有性、栖息地的功能意义、脆弱性、造成恢复困难的构成物种的生命史特征、结构复杂性5个方面(FAO, 2009)。自FAO提出以生态系统理念指导渔业的要求以来，保护深海脆弱生态系统成为公海管理的一个新热点，核心问题是应对深海底层渔业尤其是底拖网渔业对脆弱海洋生态系统的损害。以可持续的方式管理鱼类种群和保护包括海底山脉、热液喷口和冷水珊瑚在内的脆弱海洋生态系统，使它们不受毁灭性捕捞的损害。2006年，联合国大会第61/105号决议明确提出了监管深海底层渔业的要求，以及制定深海渔业管理标准，以便协助各国和区域渔业组织持续地管理深海渔业(郑苗壮等, 2017)。

###### 5.2.2 国际海事组织特别敏感海区(PSSAs)

特别敏感海区指因具有公认的生态、社会经济或科学重要性，且易受到国际海运活动损害，需要由国际海事组织采取行动进行特别保护的海域(<http://pssa.imo.org/index.htm#/pssas/>)。根据2005年通过的“经修订的特别敏感海区鉴定和指定导则”(IMO, 2005)及相关补充性指南(IMO, 2006)的要求，

特别敏感海区必须同时具备以下3个要素: (1)在生态学、社会经济或科学方面具有特殊属性; (2)容易遭受海运活动带来的损害, 比如受船舶种类、交通流特征、船载有害货物及水文气象等因素影响而容易发生事故, 造成海洋环境污染等; (3)必须至少有一项具有公认法律基础的保护措施可被国际海事组织批准和实施。而针对第一个要素, 只要符合生态学标准、社会、文化和经济标准、科学和教育标准方面3类17项标准的一项即可(郑苗壮等, 2017)。

特别敏感海区制度不仅可以限制船舶含油污水、垃圾、生活污水等污染物的排放, 还可以采取绕航、避航、强制引航等更有利于海域环境保护的措施, 有利于减少和限制国际航运活动给海洋环境和海洋生物多样性造成的破坏和冲击, 成为海洋生物多样性和生态保护的有效制度工具。目前, 被国际海事组织指定的特别敏感海区已有17个(<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PSSAs/Pages/Default.aspx>), 且全部在专属经济区以内(郑苗壮等, 2017)。

### 5.2.3 国际海底管理局的环境特受关注区(APEIs)

2011年, 国际海底管理局发布了首个区域环境保护计划《克拉里昂-克利珀顿区环境管理计划》(ISA, 2011), 该计划包括设立9个环境特受关注区(areas of particular environmental interest, APEIs), 以保护克拉里昂-克利珀顿区(简称“C-C区”)的生物多样性、生态系统结构和功能不受海底采矿的潜在影响。在设计C-C区环境特受关注区时, 需考虑: (1)脆弱海洋生态系统; (2)足以代表各不同生物地理区域的所有生态系统、生境、群落和物种的地区; (3)面积足以确保选定保护的地貌的生态活力和完整性的地区(ISA, 2011)。具体设计C-C区环境特受关注区时, 将C-C区划分为3个东西向养护管理层和3个南北向养护管理层, 再根据生产力的大小产生9个独特的次区域, 每个次区域划定一个环境特受关注区。并根据对环境数据、种群分布、种群扩散能力及距离、生态替代变量的详细审议结果, 确定每个环境特受关注区应有一个至少长与宽各200 km的核心区。每个核心区周围划出100 km宽的缓冲带, 以确保核心区不受环境特受关注区毗邻进行的活动所产生的采矿羽流影响。因此, C-C区环境特受关注区为400 km × 400 km的正方形区域(Wedding et al., 2013)。

2012年以来, 国际海底管理局理事会一再呼吁秘书处和委员会在“区域”其他地区, 特别是在有勘探合同的区域, 加快制定环境管理计划。呼吁各国依靠各自国家或通过主管国际组织, 考虑如何根据现有的最佳科学知识和预防方法、按照《联合国海洋法公约》及有关规定, 更好地统一处理海洋生物多样性面临的危险。目前, 在大西洋洋中脊、南大西洋、西北太平洋富钴结壳三角区、印度洋三联点洋中脊等有国际海底管理局矿产勘探合同优先区的区域环境管理计划项目都在稳步推进(ISA, 2018)。

## 5.3 区域法律和政策框架

截至目前, 一些区域性组织已在国家管辖范围以外区域建立了若干海洋保护区。其中, 两个由南极海洋生物资源养护委员会(Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR)建立; 另外的由奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约(Oslo and Paris Conventions, OSPAR)和东北大西洋渔业委员会(North-East Atlantic Fisheries Commission, NEAFC)建立。

### 5.3.1 南极海洋生物资源养护委员会海洋保护区

南极海洋生物资源养护委员会是南极条约的组成部分, 管理南极周边的海洋生物资源养护。其理解的海洋保护区是一个为其所含有的全部或部分自然资源提供保护的海洋区域, 在该区域内, 限制或全部禁止特定活动, 以达到特殊养护、生境保护、生态系统监测或渔业管理目标(<https://www.ccamlr.org/en/organisation/convention-area/>)。

2009年11月, 南极海洋生物资源养护委员会建立了南奥克尼群岛南大陆架海洋保护区, 该保护区位于南极北威德尔海, 是座头鲸(*Megaptera novaeangliae*)的重要栖息地, 被认为是第一个公海保护区。该区禁止一切捕鱼活动, 禁止一切渔业船只进行任何形式的倾废排污; 禁止实施与任何渔业船只有关的活动。南奥克尼群岛海洋保护区的建立标志着南极海洋生物资源养护委员会在养护海洋生物资源方面的革新精神与全球领先地位(唐建业, 2016)。

2016年10月, 南极海洋生物资源养护委员会建立了南极罗斯海海洋保护区, 该保护区是研究南极海洋生物资源以及全球气候变化的理想之地。该保护区期限为35年, 保护面积达到155万km<sup>2</sup>。其中,

约72%的面积禁止任何捕捞，此外还包括11万km<sup>2</sup>的特别研究区(在该区域内捕捞磷虾(*Euphausia superba*)和南极犬牙鱼(*Dissostichus* sp.)用于科研工作)以及32.2万km<sup>2</sup>的磷虾研究区(Smith & Jabour, 2018)。

### 5.3.2 奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约海洋保护区

奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约是覆盖东北大西洋，为防止污染物排放和海洋倾倒废物、保护海洋生态系统而制定的一项区域性环境公约。奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约定义海洋保护区为已采取保护、保育、恢复或预防性措施等手段保护或保育海洋环境中的物种、群落、生态系统或生态过程的区域(<https://www.ospar.org/work-areas/bdc/marine-protected-areas>)。截至2016年10月，奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约已建立7个位于国家管辖范围以外区域的海洋保护区网络(Elizabeth, 2018)。

值得一提的是，奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约管辖范围与东北大西洋渔业委员会的管辖范围在地理范围上有部分重合，在保护国家管辖范围以外区域海洋生态系统的体制框架上也有部分重复，两者均致力于采取措施保护脆弱海洋生态系统。2008年，为解决两者之间体制上的重复，双方签署了谅解备忘录(memorandum of understanding, MOU)，并于2014年达成了一项“集体协议”(collective arrangement)。该协议旨在促进两者之间的合作和协调、信息分享，以及避免破坏双方的保护和管理措施(Elizabeth, 2018; Glen et al, 2019)。双方在其重复的区域执行划区管理工具，奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约在国家管辖范围以外区域划定了海洋保护区网络(Nele & Johannes 2014)，东北大西洋渔业委员会建立了针对底层拖网的禁渔区(Kvalvik, 2012)。此外，国际海底管理局也开始积极参加“集体协议”框架下的正式会议。

### 5.4 行动计划

#### 5.4.1 具有重要生态或生物学意义的海域(EBSAs)

2008年，为保护公海海域与深海生境，《生物多样性公约》第九届缔约方大会正式采用了唯一性或稀缺性等7个科学指标来识别具有重要生态或生物学意义的海域(ecologically or biologically significant marine areas, EBSAs) (Johnson et al, 2018b)。这

些海域科学标准是供缔约方及主管政府间组织选择的一个工具，旨在促进海洋环境及生物多样性的保护和可持续利用，推进在国家管辖范围内外执行海洋生态系统管理。截至目前，14个区域专家研讨会已描述了超过300个具有重要生态或生物学意义的海域(Glen et al, 2019)。

具有重要生态或生物学意义的海域虽只是科学指导意见，不包括管理措施，也并非属于国家管辖范围以外区域，但其相关信息支持着许多部门的管理决策，为建设和管理国家管辖范围以外区域的海洋保护区提供重要参考，也对BBNJ国际文书谈判起到重要的技术支撑作用(银森录等, 2016)。

## 6 面临的挑战

在国家管辖范围以外区域实施划区管理面临着包括技术、法律/政策、利益相关者等方面的风险。

### 6.1 缺乏本底调查数据

有效的划区管理需要大量的数据支撑，包括长时间序列的精确环境数据、地形地貌数据、脆弱和重要海洋生态系统的地理位置等等。但现阶段仍缺乏足够的数据支撑，这对国家管辖范围以外区域的管理是巨大的挑战。首先，开放海洋的动态性，加之受气候变化的影响，增加了数据获取的难度。其次，深远海调查数据依然破碎化、不完整、不匹配(Gjerde et al, 2016; Wright et al, 2018)。国家管辖范围以外区域调查研究的缺乏，导致很大程度依赖模型(如物种与栖息地分布模型)方法和独立部门的数据(如渔业观测数据和海底采矿承包商数据)(Glen et al, 2019)。而后者也存在很多问题，如在部门收集的数据中缺乏透明性(Clark et al, 2015)。第三，不同国家和组织在国家管辖范围以外区域的调查数据缺乏综合和标准化，也阻碍了数据的共享(Glen et al, 2019)。

### 6.2 缺失全球性法律框架

目前，没有全球性法律框架为ABMTs的建立、执行、监测和实施等提供依据，而是散见于不同管理权限的部门性、区域性机构的法律框架中。现国家管辖范围以外区域的管理框架破碎化、不平衡、不协调(Glen et al, 2019)，且相互之间缺乏合作(Houghton, 2014; Ban et al, 2014)。

法律框架是ABMTs/MPAs各项制度和规则落到实处的重要保障，然而当前缺乏这样一个机制。

目前区域性、部门性机构的管理职权对于有效执行国家管辖范围以外区域的ABMTs尚不完善, 地理范围也尚未覆盖整个国家管辖范围以外区域, 管理措施也仅针对某些特定的活动, 且具有一定的时间(时限上很少是永久性的)和空间(仅覆盖海床或水体, 很少全部覆盖)限制(Ban et al, 2014; Rochette et al, 2014; Tiller et al, 2019)。

### 6.3 缺少利益相关者参与

在全球环境治理中, 利益相关者参与是ABMTs/MPAs合法性的先决条件(Glen et al, 2019)。在国家管辖范围以外区域, 识别和咨询利益相关者的难度更大。在利益相关者参与的程度及透明性上, 国际海底管理局(Ardron et al, 2018)和区域渔业管理组织(Clark et al, 2015)就曾遭到质疑。

根据《联合国海洋法公约》, 国家管辖范围以外区域包括两类区域, 一是除沿海国领海和专属经济区之外的公海水体; 二是国际海底区域, 即超出国家管辖范围的海床、洋底及其底土。公海的“公海自由”原则及国际海底区域的“人类共同继承财产”原则表明全人类都属于利益相关者, 都有可持续利用由国家管辖范围以外区域所提供的生态系统服务和资源的合法权益。在国家管辖范围以外区域, 合法的ABMTs/MPAs应该是在全球范围内采取有效和透明的方式识别和咨询利益相关者。

## 7 结论及建议

ABMTs/MPAs是新的国际文书达到海洋生物多样性长期保护和可持续利用的关键工具, 尤其是应对人类活动和气候变化的影响。鉴于国家管辖范围以外区域的ABMTs/MPAs依旧未形成统一框架和意见, 因此, 在制定BBNJ国际文书的过程中, 应从现有区域性、部门性ABMTs/MPAs吸收和借鉴相关经验和教训, 充分尊重现有的制度和安排, 避免重复错误。

(1) 提高海洋保护区的科学性。地球有将近7%的海洋如今是受到保护的。过去3年间, 13个世界上最大的海洋保护区在近岸海域设立, 且都超过10万km<sup>2</sup>, 这与联合国2020年保护10%的海洋目标息息相关。Heffernan于2018年发表在*Science*上的文章(Heffernan, 2018)对海洋保护区的关键特征做了相关要求。如: 它们必须是“禁取区”, 或是完全禁止商业活动的区域; 面积至少要100 km<sup>2</sup>; 永久地与周围

的非保护区有深水或沙地作为物理分隔; 有强制执行的保护措施。然而, 一项对87个海洋保护区的分析研究发现, 只拥有以上特征中一两项的保护区在生态上与存在渔业活动的地区并没有差别(Edgar et al, 2014)。因此, 需针对现有海洋保护区存在的问题, 针对不同的地理区域, 提高设立海洋保护区的科学性。

(2) 建立有效的监测与执法机制。管理海洋保护区的破坏行为是一个政治问题, 且依赖于各个国家的意愿(Heffernan, 2018)。一项关于几百个近岸海洋保护区的分析研究发现, 人员和经费配备是海洋保护区的保育功能有效与否的最大影响因素。研究人员发现, 拥有足够的人员巡查区内活动的海洋保护区, 其生态效益比那些监管力度不足的海洋保护区高近3倍(Gill et al, 2017)。因此, 有效的监测与执法机制是海洋保护区实现其功能的重要保障。

(3) 加强国际合作, 明确一体化管理。《联合国海洋法公约》序言指出, “各海洋区域的种种问题都是彼此密切相关的, 有必要作为一个整体来加以考虑”(UN, 2014)。目前, 与BBNJ密切相关的航运、捕鱼、海底矿物资源开采、海底电缆等领域都已建立或将建立涉及环保相关的机制和规则。新国际文书的制定应全面考虑上述机构职能及其制定的国际规则和标准, 规定合作的义务, 建立协调机制, 通过设置信息交流、协商咨询等程序, 加强相关国际机构在ABMTs/MPAs的合作与协调。

(4) 足够且透明的利益相关者参与。公平且透明的利益相关者参与应在包括海洋保护区在内的ABMTs的整个过程中执行, 包括广泛的使用群体、科学群体及公众。

## 参考文献

- Ardron JA, Clark MR, Penney AJ, Thomas F, Hourigan TF, Rowden AA, Piers K, Dunstan PK, Watling L, Shank TM, Tracey DM, Dunn MR, Parker SJ (2014) A systematic approach towards the identification and protection of vulnerable marine ecosystems. *Marine Policy*, 49, 146–154.
- Ardron JA, Ruhl HA, Jones D (2018) Incorporating transparency into the governance of deep seabed mining in the area beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, 89, 58–66.
- Ban NC, Bax NJ, Gjerde KM, Devillers R, Dunn DC, Dunstan PK, Hobday AJ, Maxwell SM, Kaplan DM, Pressey RL, Ardron J, Game ET, Halpin PN (2014) Systematic conservation planning: A better recipe for managing the high seas for biodiversity conservation and sustainable use. *Conservation Letters*, 7, 41–54.

- Chen L (2016) Study on the international legal bases of antarctic marine protected area. *Fudan Journal (Social Sciences)*, 58(2), 152–164. (in Chinese with English abstract)  
[陈力 (2016) 南极海洋保护区的国际法依据辨析. 复旦学报(社会科学版), 58(2), 152–164.]
- Clark NA, Ardron JA, Pendleton LH (2015) Evaluating the basic elements of transparency of regional fisheries management organizations. *Marine Policy*, 57, 158–166.
- Edgar GJ, Stuart-Smith RD, Willis TJ, Kininmonth S, Baker SC, Banks S, Barrett NS, Becerro MA, Bernard AT, Berkhout J, Buxton CD, Campbell SJ, Cooper AT, Davey M, Edgar SC, Försterra G, Galván DE, Irigoyen AJ, Kushner DJ, Moura R, Parnell PE, Shears NT, Soler G, Strain E, Thomson RJ (2014) Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506, 216–220.
- Elizabeth MD (2018) Implementation challenges of area-based management tools (ABMTs) for biodiversity beyond national jurisdiction (BBNJ). *Marine Policy*, 97, 34–43.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2009) International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas. <http://www.cnafun.moa.gov.cn/zt/nygjbjzjz/201306/P020130613584510962716.pdf/>. (accessed on 2019-02-14)
- Gill DA, Mascia MB, Ahmadi GN, Glew L, Lester SE, Barnes M, Craigie I, Darling ES, Free CM, Geldmann J, Holst S, Jensen OP, White AT, Basurto X, Coad L, Gates RD, Guannel G, Mumby PJ, Thomas H, Whitmee S, Woodley S, Fox HE (2017) Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature*, 543, 665–669.
- Gjerde KM, Reeve LL, Harden H, Ardron J, Dolan R, Durussel C, Earle S, Jimenez JA, Kalas P, Laffoley D, Oral N, Page R, Ribeiro MC, Rochette J, Spadone A, Thiele T, Thomas HL, Wagner D, Warner R, Wilhelm A, Wright G (2016) Protecting Earth's last conservation frontier: Scientific, management and legal priorities for MPAs beyond national boundaries. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26, 45–60.
- Glen W, Kristina MG, David EJ, Aria F, Maria AF, Daniel CD, Mariamalia RC, Anthony G (2019) Marine spatial planning in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, 10.1016/j.marpol.2018.12.003.
- Heffernan O (2018) How to save the high seas. *Nature*, 2018, 557, 154–156.
- Houghton K (2014) Identifying new pathways for ocean governance: The role of legal principles in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, 49, 118–126.
- International Maritime Organization (IMO) (2005) Revised Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Areas. [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=25322&filename=A982\(24\).pdf/](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=25322&filename=A982(24).pdf/). (accessed on 2019-02-15)
- International Maritime Organization (IMO) (2006) Guidance Document for Submission of PSSA Proposals to IMO. <https://www.transportstyrelsen.se/contentassets/4ca95098778c45cb9bd600e255532b1c/510.pdf/>. (accessed on 2019-02-15)
- International Seabed Authority (ISA) (2011) Environmental Management Plan for the Clarion-Clipperton Zone. [https://ran-s3.s3.amazonaws.com/isa.org.jm/s3fs-public/files/documents/isba-17ltc-7\\_0.pdf/](https://ran-s3.s3.amazonaws.com/isa.org.jm/s3fs-public/files/documents/isba-17ltc-7_0.pdf/). (accessed on 2018-08-15)
- International Seabed Authority (ISA) (2018) Statement by Mr. Michael Lodge, Secretary-General of the International Seabed Authority. <https://ran-s3.s3.amazonaws.com/isa.org.jm/s3fs-public/documents/EN/BBNJ/2018/Stats/ABMT.pdf/>. (accessed on 2019-02-16)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2012) Guidelines for Applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/uicn\\_categoriesamp\\_eng.pdf/](https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/uicn_categoriesamp_eng.pdf/). (accessed on 2018-08-15)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2016) Measures such as Area-Based Management Tools, including Marine Protected Areas. [https://www.un.org/depts/los/biodiversity/prepcom\\_files/area\\_based\\_management\\_tools.pdf/](https://www.un.org/depts/los/biodiversity/prepcom_files/area_based_management_tools.pdf/). (accessed on 2018-08-15)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2017) Marine Protected Areas in Areas Beyond National Jurisdiction: Report of the Workshop on Marine Protected Areas in Areas Beyond National Jurisdiction. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/final\\_bbnj\\_mpa\\_workshop\\_gland\\_16-17\\_may\\_2017\\_report\\_for\\_publication.pdf/](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/final_bbnj_mpa_workshop_gland_16-17_may_2017_report_for_publication.pdf/). (accessed on 2018-08-15)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2018) Area Based Management Tools, Including Marine Protected Areas in Areas Beyond National Jurisdiction, A Report of the Workshop on Area Based Management Tools, including Marine Protected Areas in Areas Beyond National Jurisdiction. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/iucn\\_oct2018\\_abmt\\_in\\_abnj\\_workshop\\_report.pdf/](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/iucn_oct2018_abmt_in_abnj_workshop_report.pdf/). (accessed on 2019-02-14)
- Johnson DE, Ferreira DM, Kenchington E (2018a) Climate change is likely to severely limit the effectiveness of deep-sea ABMTs in the North Atlantic. *Marine Policy*, 87, 111–122.
- Johnson DE, Barrio F, Turner PJ, Weaver P, Gunn V, Dunn DC, Halpin P, Bax NJ, Dunstan, PK (2018b) Reviewing the EBSA process: Improving on success. *Marine Policy*, 88, 75–85.
- Kvalvik I (2012) Managing institutional overlap in the protection of marine ecosystems on the high seas, the case of the North East Atlantic. *Ocean & Coastal Management*, 56, 35–43.
- Molenaar EJ (2014) The international legal framework relating to area-based measures for merchant shipping at the global level. <https://uit.no/Content/400311/Molenaar%20Int%20Leg%20Framework%20ABM%20Global%20Level%202014>

- %2012%2009.pdf/. (accessed on 2019-02-14)
- Nele ML, Johannes F (2014) The impact of OSPAR on protected area management beyond national jurisdiction: Effective regional cooperation or a network of paper parks? *Marine Policy*, 49, 155–166.
- Rochette J, Unger S, Herr D, Johnson D, Nakamura T, Packeiser T, Proelss A, Visbeck M, Wright A, Cebrian D (2014) The regional approach to the conservation and sustainable use of marine biodiversity in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, 49, 109–117.
- Smith D, Jabour J (2018) MPAs in ABNJ: Lessons from two high seas regimes. *ICES Journal of Marine Science*, 75, 417–425.
- Tiller R, Santo ED, Mendenhall E, Nyman E (2019) The once and future treaty: Towards a new regime for biodiversity in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, 99, 239–242.
- Tang JY (2016) The practice of establishing marine protected areas in the southern ocean and related legal and political debates. *Chinese Journal of Polar Research*, 28, 370–380. (in Chinese with English abstract) [唐建业 (2016) 南极海洋保护区建设及法律政治争论. 极地研究, 28, 370–380.]
- United Nations (UN) (2014) United Nations Convention on the Law of the Sea. Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [联合国 (2014) 联合国海洋法公约. 海洋出版社, 北京.]
- United Nations (UN) (2018) Intergovernmental Conference on An International Legally Binding Instrument under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the Conservation and Sustainable Use of Marine Biological Diversity of Areas Beyond National Jurisdiction, Second Session: President's Aid to Negotiations. <https://undocs.org/A/CONF.232/2019/1/>. (accessed on 2019-02-14)
- Vierros M, Dunn D, O'Hara T, Grorud-Colvert K, Morgan L, Halpin P (2016) Space for Conservation and Sustainable Use: Area-based Management in Areas Beyond National Jurisdiction. <https://nereusprogram.org/wp-content/uploads/2018/09/BBNJ-Policy-brief-area-based-management-1.pdf/>. (accessed on 2019-02-14)
- Wright G, Rochette J, Gjerde KM, Levin LA (2018) Protect the neglected half of our blue planet. *Nature*, 554, 163–165.
- Wedding LM, Friedlander AM, Kittinger JN, Watling L, Gaines SD, Bennett M, Hardy SM, Smith CR (2013) From principles to practice: A spatial approach to systematic conservation planning in the deep sea. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Science*, 280, 1–10.
- Xu J, Zheng MZ, Liu Y, Liu WJ, Yin SL, Li JS (2016) Establishment of a mechanism on sharing the benefits arising from the utilization of marine genetic resources in areas beyond national jurisdiction. *Biodiversity Science*, 24, 108–113. (in Chinese with English abstract) [徐靖, 郑苗壮, 刘岩, 刘文静, 银森录, 李俊生 (2016) 国家管辖范围外海域遗传资源获取和惠益分享机制构建建议. 生物多样性, 24, 108–113.]
- Yin SI, Zheng MZ, Xu J, Liu Y, Liu WJ (2016) Negotiation focus, impacts, and China's implementation strategies of marine and coastal biodiversity in the Convention on Biological Diversity. *Biodiversity Science*, 24, 855–860. (in Chinese with English abstract) [银森录, 郑苗壮, 徐靖, 刘岩, 刘文静 (2016) 《生物多样性公约》海洋生物多样性议题的谈判焦点、影响及我国对策. 生物多样性, 24, 855–860.]
- Zheng MZ, Liu Y, Qiu WF (2017) Focal issues of marine biological diversity beyond areas of national jurisdiction. *Journal of Ocean University of China (Social Sciences)*, (1), 62–69. (in Chinese with English abstract) [郑苗壮, 刘岩, 裴婉飞 (2017) 国家管辖范围以外区域海洋生物多样性焦点问题研究. 中国海洋大学学报(社会科学版), (1), 62–69.]

(责任编辑: 薛达元 责任编辑: 黄祥忠)



•论坛•

# 全球植物保护战略(GSPC)都江堰共识

2019全球植物保护战略(GSPC)国际研讨会组织委员会\*

中国野生植物保护协会联合中国科学院生物多样性委员会、国际植物园保护联盟(BGCI)、全球植物保护伙伴(GPPC)、世界自然保护联盟(IUCN)和阿拉善SEE基金会、中国林学会、四川省林业和草原局等单位,于2019年10月28–30日在四川省都江堰市举办了“2019全球植物保护战略(GSPC)国际研讨会”。经参会人员认真讨论,一致同意发布以下共识。

## 概述

作为2020后全球生物多样性框架磋商进程的一部分,在《生物多样性公约》(CBD)秘书处的支持下,2019全球植物保护战略(GSPC)国际研讨会在四川省都江堰市举行。会议通过将《全球植物保护战略》作为世界各国植物保护行动的政策框架。鉴于中国将作为2020年召开的《生物多样性公约》缔约方大会第十五次会议(COP15)的主办方,会议呼吁中国政府与其他缔约方、政府和利益攸关方共同努力,将GSPC纳入2020年后全球生物多样性框架。同时,会议也祝贺中国在实施GSPC方面所做出的努力,并认识到中国在即将召开的COP15中将发挥杰出的领导作用,呼吁中国政府、其他缔约方以及《生物多样性公约》秘书处为实施2020后全球植物保护战略发挥领导作用。

## 导言

2019年10月28–30日,由中国野生植物保护协会(CWPCA)组织发起,并与中科院生物多样性委员会(BC-CAS)、国际植物园保护联盟(BGCI)、全球植物保护伙伴(GPPC)、世界自然保护联盟(IUCN)、阿拉善SEE基金会等机构共同举办的“2019全球植物保护战略国际研讨会”在中国四川都江堰市举行。来自中国和其他国家的专家和相关人员参加了会议。《生物多样性公约》秘书处对全球植物保护战略国际研讨会表示欢迎和支持。

会议指出,《生物多样性公约》第十五次缔约方

大会(CBD COP15)将于2020年在中国举行,该会议将建立下一个十年全球生物多样性保护战略框架,提出2021–2030年的全球生物多样性保护目标,并纳入到2050年全球生物多样性保护远景框架内。

与会者注意到,2019年1月在中国云南西双版纳热带植物园召开的重要会议以及国际植物园保护联盟和全球植物保护伙伴组织的其他利益攸关方的磋商进程。在《生物多样性公约》第十五次缔约方会议召开前一年,作为国际利益攸关方磋商进程的组成部分,组织了本次“2019全球植物保护战略国际研讨会”,在拟议的全球生物多样性框架背景下,重点讨论和回顾了以下内容:

1. 回顾《全球植物保护战略(2011–2020)》在全球范围内的植物保护最新进展;
2. 交流全球植物保护计划实施过程中的经验与教训,为今后全球范围内植物的优先保护和方法提供参考;
3. 阐述关于2020后全球生物多样性框架的观点、立场和建议;
4. 讨论并提出与全球生物多样性总体框架相衔接的2020后“全球植物保护战略”框架。

他们还强调了利用其他即将召开的重要会议进一步讨论GSPC,特别是在世界自然保护大会(World Conservation Congress, 2020年6月)上再次展开讨论。

## 声明如下:

2019全球植物保护战略国际研讨会(中国都江

\* 联系人:中国野生植物保护协会李润明([cwPCA@wPCA.org.cn](mailto:cwPCA@wPCA.org.cn));中国科学院生物多样性委员会马克平([kpmA@ibcas.ac.cn](mailto:kpmA@ibcas.ac.cn));国际植物园保护联盟 Paul Smith ([paul.smith@bgci.org](mailto:paul.smith@bgci.org))和全球植物保护伙伴 Peter Wyse Jackson ([peter.WyseJackson@mobot.org](mailto:peter.WyseJackson@mobot.org))  
The English version is available at: <http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019357-1.pdf>.

堰)的与会者一致认为,地球是全人类赖以生存的唯一家园,山水林田湖草是一个生命共同体,其中的植物多样性对人类未来具有不可估量的价值,维系着地球上生命系统的和谐发展。广大的国际植物科学和保护群体,包括众多的政府机构和非政府组织、植物园、研究所、高等院校、博物馆、保护区管理部门、全球无数科学家和公众,运用保护、园艺、科学研究等相关举措和方法不遗余力地保护植物物种和它们的栖息地,并促进可持续发展和生态文明建设。

大会表示,大力支持《生物多样性公约》缔约方大会制订和通过“2020后全球植物保护战略”,并决定将本次会议成果提交至《生物多样性公约》秘书处,为2020后全球生物多样性框架的规划和实现“生物多样性2050愿景”与“2030年可持续发展议程”之目标(SDGs)作出贡献。会议指出,植物及其保护在有效应对可持续发展所面临的全球挑战中至关重要。

会议重点强调了在2002年首次通过的全球植物保护战略的指导下,植物学界,包括植物园和标本馆在保护方面取得的显著进展。会议重申将大力支持并承诺实现全球植物保护战略目标,强调应该在《生物多样性公约》框架内保持全球植物保护战略的延续性。

会议指出,《生物多样性公约》已经认识到植物对维系地球生命系统具有不可替代的作用,是大多数陆地生态系统、生态系统服务、粮食安全保障和人类其他资源需求的重要基础。因此,仍然需要采取具体措施,保护世界各地受到威胁的成千上万种植物,并确保这些植物在2050年前得到修复和恢复,能够继续供我们的后代使用。

会议再次强调继续支持《生物多样性公约》及其三个目标,并指出全球植物保护战略在确保植物学界与《生物多样性公约》相向而行发挥了重要作用,及时更新的2020后全球植物保护战略框架将继续保持并发展这一良好态势。

会议指出,希望全球植物保护战略能够进一步融入各国生物多样性政策与规划,从而有效地与2020后全球生物多样性框架形成有机整体,为国际社会所接受。为此,与会各方建议在继续对植物物种采取有效保护措施的同时,深入探讨2020后全球植物保护战略与“联合国可持续发展目标”之间的关系,使目标和行动更能与《联合国可持续发展议程》

相协调。此外,应与《联合国气候变化框架公约》和其他生物多样性相关的国际公约实现协同增效。然而,在与其他公约相协调时,更应注意坚守以物种保护为出发点的全球植物保护战略目标,特别是在物种没有明确用途时,也应坚持这一原则。

会议呼吁,《生物多样性公约》及其《名古屋议定书》有必要解决目前在获取植物材料方面所面临的挑战和限制,以支持全球范围内的保护、可持续利用和科学研究之急需。

呼吁中国政府作为《生物多样性公约》第十五次缔约方会议的主办方,与《生物多样性公约》秘书处以及其他缔约方、政府和利益攸关方共同探讨建立新的资金机制,包括与全球环境基金(GEF)、绿色气候基金(GCF)和其他资金机制合作,以支持生物多样性保护,特别是加强发展中国家、经济转型国家和岛屿国家的能力建设。

与会的植物学相关领域专家也支持“世界自然保护联盟物种生存委员会”和其物种保护行动的阿布扎比呼吁,包括:支持物种保护和恢复行动计划的需求、保护地的建立和有效管理,并由政府主导投入更多经费和强化物种保護政策。

会议指出,植物研究机构保存了数以亿计的植物标本(包括活体植物、蜡叶标本、种子、组织和其他生物材料),对保护和生态恢复具有巨大的价值。此外,他们的科学研究和园艺学专业知识、工作经验和区域网络,是在全世界开展与支持植物保护和恢复行动的重要资源,各国间应进一步开放和共享相关资源、信息、经验与知识。

会议承诺,将与《生物多样性公约》缔约方和秘书处开展不同形式的密切合作,制定2020后全球生物多样性框架,并确保植物保护在该框架中有明确的体现。

会议欢迎制订新的《中国植物保护战略》,这是自2008年首次制定该战略后的更新,并承诺支持该战略的实施。

与会各方祝贺中国在实施全球植物保护战略方面取得的卓越进展,一致肯定中国在主办本次国际研讨会和即将于2020年召开的《生物多样性公约》第十五次缔约方会议中发挥重要领导作用,并希望中国与其他缔约方和《生物多样性公约》秘书处在未来全球植物保护战略实施中继续发挥领导作用。

## The English Version

# Declaration from the World Forum on Global Strategy for Plant Conservation (GSPC), Dujiangyan, Sichuan Province, China

Organizing Committee of the World Forum on Global Strategy for Plant Conservation\*

China Wild Plant Conservation Association (CWPCA) together with Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences (BC-CAS), Botanic Gardens Conservation International (BGCI), Global Partnership for Plant Conservation (GPPC), International Union for Conservation of Nature (IUCN), and SEE Foundation organized the 2019 World Forum on Global Strategy for Plant Conservation on October 28–30, 2019, in Dujiangyan City, Sichuan Province, China. After discussion, participants agreed on the below declaration.

### **Summary:**

As part of the consultation process towards a post-2020 Global Biodiversity Framework, and with the endorsement of the Secretariat of the Convention on Biological Diversity, an International Forum on the Global Strategy for Plant Conservation was held in Dujiangyan, Sichuan Province, China. The Forum endorsed the Global Strategy for Plant Conservation as the policy framework for plant conservation action for the countries of the world. They called on the Chinese government, as the host of the 15<sup>th</sup> Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (CBD COP 15) to work with other parties, governments and stakeholders to incorporate the GSPC into the proposed new post-2020 Global Biodiversity Framework. China was congratulated for its work in implementing the GSPC in China. The Forum also recognized the outstanding leadership being offered by China in hosting the upcoming CBD COP 15 in 2020 and they called on the Chinese government, and other Parties, as well as the CBD Secretariat, to play a leadership role for a future post-2020 Global Strategy for Plant Conservation.

### **Preamble:**

An International Forum on the Global Strategy for Plant Conservation was held from 28–30 October, 2019, in Dujiangyan, Sichuan Province, China, organized by the China Wild Plant Conservation Association (CWPCA), and co-organized with the Biodiversity Committee of the Chinese Academy of Sciences (BC-CAS), Botanic Gardens Conservation International (BGCI), the Global Partnership for Plant Conservation (GPPC), International Union for Conservation of Nature (IUCN), and SEE Foundation. The Forum included invited experts, colleagues and other guests from all over the world and China who participated in and contributed to the meeting. The World Forum of the Global Strategy for Plant

Conservation was welcomed and endorsed by the Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

The Forum noted that the 15<sup>th</sup> Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity will establish a global strategic framework for biodiversity conservation to be achieved over the next decade, incorporating global biodiversity conservation targets for the period 2021–2030, within the broader framework of a vision for the world's biodiversity up to 2050.

The participants pointed out that the period leading up to the Forum had included an important meeting held at the Xishuangbanna Tropical Botanical Garden in China in January 2019, as well as stakeholder consultations led by the BGCI and GPPC. The year before the CBD COP 15, the World Forum on the Global Strategy for Plant Conservation was organized within the context of international stakeholder consultations on this proposed global biodiversity framework to discuss and review:

1. The current status on progress in the achievement of plant conservation worldwide, as guided by the GSPC (2011–2020);
2. Lessons learnt from GSPC implementation, which may inform future priorities and approaches to plant conservation worldwide;
3. Views, positions and perspectives on the post-2020 Global Biodiversity Framework;
4. A draft GSPC framework for the post-2020 period, linked to the over-arching global biodiversity framework.

They also highlighted other important upcoming events when the GSPC could be further developed, most notably the World Conservation Congress (June 2020).

### **Statement:**

The participants of the World Forum on the Global Strategy for Plant Conservation, Dujiangyan, Sichuan

\* Correspondents: China Wild Plant Conservation Association (Runming Li, cwpca@wcpca.org.cn); Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences (Keping Ma, kpma@ibcas.ac.cn); Botanic Gardens Conservation International (Paul Smith, paul.smith@bgci.org); Global Partnership for Plant Conservation (Peter Wyse Jackson, peter.Wysejackson@mobot.org)

Province, China pointed out that plant diversity is of immeasurable value to humanity, supporting all aspects of life on Earth. They recognized and acknowledged that the international botanical community, including a vast diversity of governmental and non-governmental organisations, botanic gardens, research institutes, universities, museums, protected area managers and innumerable scientists and other citizens worldwide are undertaking actions that safeguard plant species and their habitats, including through measures related to conservation, horticulture, scientific research, promoting sustainability and environmental education.

They expressed their strong support for the development and adoption by the Parties to the Convention on Biological Diversity of a global plant conservation strategy for the post-2020 period. They resolved to provide the results of the Forum to the Convention on Biological Diversity (CBD) as a contribution towards future strategic and action plans of the post-2020 global biodiversity framework, contributing to the achievement of the 2050 Vision for Biodiversity and the 2030 Agenda for Sustainable Development and itsGoals (the SDGs). They noted the importance of plants and their conservation in helping to address many of the global challenges identified by the SDGs.

Furthermore, they reiterated their strong support for and commitment to the achievement of the Global Strategy for Plant Conservation under the Convention on Biological Diversity and emphasized that the continuation of the GSPC, within the context of the CBD, is essential for continued success in plant conservation at all levels. They highlighted the particular and unique roles of the botanical community, including botanic gardens and herbaria, in conservation and the outstanding progress achieved since 2002, supported through the guidance and framework provided by the GSPC first adopted in that year.

They noted that the CBD had recognized the special importance of plants for sustaining life on earth, as the basis of most terrestrial ecosystems and their importance for ecosystem services, food security and for the provision of many other resources for humanity. Therefore, there is a continuing need to have specific measures adopted to safeguard the tens of thousands of plant species worldwide that are threatened and to ensure their restoration and recovery by 2050 and so guarantee that these plants remain available to support future generations.

They also noted their continued support for the CBD and its three objectives and pointed out that the GSPC has played an essential role in ensuring that the botanical community and other stakeholders are closely aligned with the CBD, which the renewal of a GSPC framework in the post-2020 period will con-

tinue to sustain and further develop.

They expressed the hope that the GSPC could be increasingly mainstreamed into national biodiversity frameworks so that it becomes effectively nested into a post-2020 global biodiversity framework which will be adopted by the world community. In this regard, they suggested that links between a post-2020 GSPC and the Sustainable Development Goals be explored so that objectives and actions can be harmonized with the Sustainable Development Agenda, while at the same time ensuring that effective species conservation measures are amplified in the future. Similarly, synergies should be explored with complementary conventions such as the Climate Change Convention and other biodiversity related conventions. However, care should be taken not to dilute or lose the species conservation focus of targets of the GSPC, particularly where species have no immediately demonstrable use to humans, yet of uncontested ecological and intrinsic value.

They pointed out the need for the CBD and its Nagoya Protocol to address the current challenges and constraints on achieving access to plant material to support urgent conservation, sustainable use and research needs worldwide.

They requested the Chinese government as the host of COP 15 to work with the CBD Secretariat and other parties, governments and stakeholders, to explore the development of new financial mechanisms to support biodiversity conservation. This should include working in collaboration with the Global Environment Fund (GEF), the Green Climate Fund (GCF) and other funding mechanisms, in particular to increase capacity in developing countries and countries in transition, including island nations.

These botanical leaders also supported the IUCN Species Survival Commission and its Abu Dhabi Call for Species Conservation Action, in calling for more emphasis on, and resources to support, species conservation, including the need for species conservation and recovery action plans, the establishment and effective management of protected areas, greater accountability and enforcement by Governments and sufficient funding and political support for species conservation.

They pointed out that botanical institutions contain collections of millions of fully documented accessions and associated knowledge (of living plants, herbarium specimens, seeds, tissue collections and other biological material) of immense value to support conservation and ecological restoration. Furthermore, their scientific and horticultural expertise, experience and networks in all regions are a remarkable global resource available to undertake and support plant conservation and restoration actions throughout the world. They reiterated the importance of renewed

2019全球植物保护战略(GSPC)国际研讨会组织委员会: 全球植物保护战略(GSPC)都江堰共识. 生物多样性, 2019, **27** (10): 1162–1163. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019357>

efforts in capacity building and resource mobilization.

The participants of the Forum committed themselves to work collectively and individually with Parties to the Convention on Biological Diversity and the CBD Secretariat in the development of the post-2020 global biodiversity framework and ensuring a clear role for plant conservation within this framework.

They welcomed the development of an updated China Plant Conservation Strategy, a successor for the 1st such strategy prepared in 2008 and committed themselves to supporting its implementation.

The participants congratulated China for the excellent progress that has been achieved in implementing the GSPC in China. The Forum also recognized the outstanding leadership being offered by China in hosting this Forum and for the upcoming CBD COP 15 in 2020 and they expressed the hope that the Chinese government, and other parties, as well as the CBD Secretariat, would continue to play a leadership role in relation to a future post-2020 Global Strategy for Plant Conservation.

---

\* Correspondents: China Wild Plant Conservation Association (Runming Li, cwpca@wPCA.org.cn); Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences (Keping Ma, kpma@ibcas.ac.cn); Botanic Gardens Conservation International (Paul Smith, paul.smith@bgci.org); Global Partnership for Plant Conservation (Peter Wyse Jackson, peter.Wysejackson@mobot.org)



•论坛•

# 深圳共识

## 第一届中国自然保护国际论坛组委会\*

2019年10月30日至11月1日,来自奥地利、澳大利亚、加拿大、中国(包括香港)、德国、希腊、日本、南非、英国、新西兰、美国等十余个国家和地区的自然保护和生物多样性方面的政府、研究机构和保护组织的代表、专家学者总计约500人,参加了由中国国家林业和草原局(国家公园管理局)、广东省人民政府和世界自然保护联盟(IUCN)共同主办的中国自然保护国际论坛。代表们就如何共同努力以保护全球生物多样性和生态系统服务进行了深入交流,并达成如下共识。

**会议强调** 全球自然保护总体形势依然十分严峻。自然保护地受到人类活动的挑战,野生动植物栖息地不断退化和破碎化,生物多样性不断丧失。持续的环境退化和污染、气候变化、灾害频发,人类面临的生态危机愈发凸显,国际社会必须采取强有力的措施,携手应对。

**会议指出** 由生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(IPBES)于2019年5月发布的《全球生物多样性和生态系统服务评估报告》指出,现在约有100万种动植物物种面临灭绝的威胁,75%的陆地环境和约66%的海洋环境受到人类活动的影响显著改变。20个关于生物多样性的爱知目标中只有4个取得了实质进展。

**会议强调** 自然保护与贫困、污染、气候变化、过度开发等问题密切相关,是复杂的社会、经济、安全、公平问题。有效的保护可以成为减少贫困和实现其他可持续发展目标的部分解决方案。只有平衡好保护和发展的关系,建立公平公正的法律、政策、制度体系,才能实现自然保护的目标。

**会议指出** 中国提出树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,并明确了建立以国家公园为主体的自然保护地体系及其在中国生态文明体制改革中的重要地位。

**会议关注** 2020年10月将在中国昆明召开《生物多样性公约》第十五届缔约方大会,会议将审议通过2021–2030年全球生物多样性保护框架。

**会议认为** 生态文明思想的树立,有利于提升公众自然保护意识;应当弘扬山水林田湖草是一个

生命共同体的系统保护理念。

**会议指出** 建立自然保护地体系是保护包括物种、遗传资源和生态系统多样性的重要手段;应当对生物多样性重要区域进行评估,不断填补完善保护空缺。

**会议强调** 自然保护是全民公益事业,应当积极开展自然保护地宣传,普及自然保护理念,并将其引入各个主流经济部门的评价体系;会议认识到当地社区在保护自然中发挥重要作用,应当引导并扶持自然保护地及周边社区可持续发展,以形成保护合力并使自然和文化得以平衡。

**会议倡议** 所有部门和团体从以下几方面加强中国的自然保护工作:一是强化构建完备的自然保护法律体系,建立以《自然保护地法》为基本法、自然保护区等单行法律法规为补充的自然保护地法律体系;二是建立包括但不限于生态补偿、转移支付及利益分享的政策机制;三是建立基于国际标准的监测体系,以评估自然保护地的有效性;四是加强自然保护地治理和管理方面的国际交流与合作,积极促进自然保护领域的理念、政策、科学和技术等方面的信息沟通与协同;五是促进当地社区发展,倡导社会参与和介入自然保护,积极开展提升公众意识的自然保护教育;六是采用科学的、先进的空间规划理念,推动自然保护地优化整合,形成以国家公园为主体的中国特色的自然保护地体系,为全球实现绿色发展和生态文明提供中国方案;七是加大对自然保护地基础设施和管理(包括但不限于车辆、设备、培训)的投入力度。

\*联系人:周志华(citeszzh@sina.com)和罗颖(ly\_sfa@163.com),国家林业和草原局,北京,100714。  
The English version is available at: <http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019358-1.pdf>.

## The English Version

### Shenzhen Consensus

*Organizing Committee of the 1st World Forum on Nature Conservation • China\**

We, representatives from governmental agencies, research institutes, conservation organizations from more than 10 countries or regions, including Austria, Australia, Canada, China (including Hong Kong), Germany, Greece, Japan, South Africa, United Kingdom, New Zealand, United States, as well as experts and researchers in the field of nature conservation and biodiversity, participated in the **1st World Forum on Nature Conservation • China**, which is jointly organized by the National Forestry and Grassland Administration (National Parks Administration) of P. R. China, Provincial People's Government of Guangdong of P. R. China, and International Union of Conservation of Nature (IUCN), during 30 October and 1 November 2019 in Shenzhen, China. We have exchanged views on how to improve our efforts to conserve biodiversity and ecosystem services globally, and have reached the following consensus.

We emphasize that the situation of global nature conservation is still critical. Protected and conserved areas are challenged by human activities and, wildlife habitat continues to degrade and become fragmented, and the biodiversity continue to be lost; Continuing environmental degradation, pollution, climate change, and increased intensity of natural disasters indicated that the ecological crisis faced by mankind is ever more severe. All of these require a stronger global momentum to address through effective measures and joint efforts.

We recall the *2019 Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services* promulgated by the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) which pointed out that, around 1 million species of wild fauna and flora are threatened by extinction, 75% of terrestrial environment and 66% of marine environment are significantly changed by human activity. Only 4 of the 20 Aichi Targets on biodiversity have achieved substantial progress.

We emphasize that, nature conservation is a complex issue of social, economy, security and equality, and closely related to poverty, pollution, over-exploitation and climate change. A good balance between conservation and development is required. Effective conservation can be part of the solution to achieving poverty reduction and the other goals of sustainable development. The target of conservation can only be achieved if it is based on fair and equitable governance including law, policy and rules.

We acknowledge the concept of ecological civilization proposed by China, which stresses respecting nature, following the law of nature and conserving nature, and the importance of setting up

the system of natural protected areas with national parks as the main body in China, as well as its role in the course of realizing ecological civilization.

We recognize the upcoming 15th Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, to be held in Kunming, China in October 2020, that will discuss and approve the global biodiversity framework 2021–2030.

We consider that highlighting the idea of ecological civilization will improve public awareness on nature conservation. The systematic conservation concepts, which regard mountains, water, forests, cropland, lakes and grassland as living communities, should be promoted.

We realize that establishing an effective protected area system is one of the best approaches available to conserve the diversity of species, genetic resources and ecological system. Evaluation of areas of biodiversity importance should be taken and conservation gaps should be filled.

We emphasize that nature conservation is an issue of public welfare. Nature education should be encouraged, and the concept of nature conservation should be publicized and introduced into the evaluation system of mainstreaming economic sectors. We realize the important role of local community in safeguarding nature, and it is necessary to induct and help the sustainable development of protected areas and local communities, so that the joined strength of nature conservation can be formed, and the nature and culture can be balanced.

We call upon all relevant institutions and communities to enhance nature conservation of China from the following aspects:

1. To strengthen and refine the legislation system of

\* Correspondents: Zhihua Zhou ([citeszzh@sina.com](mailto:citeszzh@sina.com)) and Ying Luo ([ly\\_sfa@163.com](mailto:ly_sfa@163.com)) from National Forestry and Grassland Administration, Beijing, 100714, China

nature conservation, which use the Law of Protected Area as a basis, and Regulations on Nature Reserve and other aspects, as supplements.

2. To develop supporting policies, including but not limited to ecological compensation, financial transfer payment system and benefit sharing.

3. To establish a system to monitor and assess the effectiveness of protected and conserved areas based on the application of international standards, which will greatly improve the capacity of landscape planning and managing.

4. To enhance the international exchange related to protected areas governance and management, and to encourage communication and synergy of concept, policy, science and technology.

5. To promote sustainable development of local communities, and encourage public participation and involvement in nature conservation. To enhance nature education for public awareness.

6. In accordance with scientific and advanced space planning concept, to push forward the refining and integration of protected areas in China, so that the protected area system of Chinese characteristic and with national parks as its main body can be established, as a contribution to the global course of realizing green development and developing ecological civilization.

7. To invest more in infrastructure and management needs (included but not limited to vehicles, equipments, training etc).