

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.04.028

杨鸿雁, 罗绪强, 杨帆, 等. 贵州雷公山国家级自然保护区藻类植物区系研究[J]. 广西植物, 2014, 34(4): 570—574

Yang HY, Luo XQ, Yang F, et al. Algae flora of Leigong Mountain Nature Reserve of Guizhou[J]. *Guihaia*, 2014, 34(4): 570—574

# 贵州雷公山国家级自然保护区藻类植物区系研究

杨鸿雁<sup>1\*</sup>, 罗绪强<sup>1</sup>, 杨帆<sup>2</sup>

(1. 贵州师范学院 地理与旅游学院, 贵阳 550018; 2. 贵州省广播电视局五〇一台, 贵阳 550004)

**摘要:** 在野外调查与室内分类研究的基础上, 首次对雷公山自然保护区藻类植物进行了区系分析。结果表明: 该区有藻类植物 432 种(含 54 个变种和 2 个变型), 隶属于 6 门 8 纲 24 目 45 科 96 属。其区系成分以国内外广泛分布为主, 占总种数的 38.44%, 还出现热带种类和高海拔高纬度冷水性种类。此外, 属和种的相似性系数比较反映了分类级别越高, 其相似性就越大。

**关键词:** 藻类植物; 区系; 雷公山自然保护区; 贵州

中图分类号: Q948.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2014)04-0570-05

## Algae flora of Leigong Mountain Nature Reserve of Guizhou

YANG Hong-Yan<sup>1\*</sup>, LUO Xu-Qiang<sup>1</sup>, YANG Fan<sup>2</sup>

(1. School of Geography and Tourism, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China; 2. The 501 of Guizhou of Administration of Radio, Film and Television, Guiyang 550004, China)

**Abstract:** Based on the investigation and data access through inside, the floristic analysis of algae Leigong Mountain Nature Reserve was studied for the first time. The results indicated that in this area there were 432 species (including 54 varieties and 2 forms) belonging to 96 genera 45 families 24 orders 8 classes and 6 divisions. The total elements were ahead by widely distributed both at home and abroad types representing 38.44% of the entire species, followed by the element of high altitude and latitude is that living in cold water, as well as Tropical element. In addition, the similarity of genus and species reflected higher level of the classification, the greater the similarity.

**Key words:** algae; flora; Leigong Mountain Nature Reserve; Guizhou

藻类植物是一群分布广、种类繁多且古老而原始的自养植物(桑正林等, 2005)。关于藻类植物区系, 国内外学者早在 1786 年就有了相关研究(毕列爵等, 2000)。我国最早的一篇藻类植物系统分类学的文章是由毕祖高著的名为《武昌长湖之藻类》的文章(毕列爵等, 2000), 但直到 20 世纪 80 年代, 才出版了较为系统的淡水藻类分类书——《中国淡水藻类》。贵州藻类植物区系研究, 在 20 世纪 40 年代有了零星的标本采集和记录, 相关的研究成果有《贵州

湿地》(1998)等。这些研究主要集中在藻类植物的种类组成方面, 只有少数文章涉及到藻类植物区系地理成分。

对于雷公山自然保护区的研究主要集中在动植物和地质方面。目前, 涉及藻类植物的研究鲜见, 尤其涉及藻类植物区系的系统研究尚未见报道。本文在对雷公山自然保护区藻类植物进行一定范围野外调查及标本鉴定的基础上分析该区藻类植物的区系特点, 以为贵州藻类植物区系研究提供基础资料。

收稿日期: 2013-12-20 修回日期: 2014-03-21

基金项目: 国家自然科学基金(31100187); 贵州省环境科学教学团队项目(黔教高[2012]426号)。

作者简介: 杨鸿雁(1981-), 女, 贵州黔东南人, 讲师, 主要研究方向为藻类植物生物学, (E-mail)flyerlouren@163.com。

\*通讯作者

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区自然概况

雷公山国家级自然保护区建立于 1982 年,位于贵州省的东南部,地跨雷山、榕江、剑河、台江 4 个县的 11 个乡镇行政区,42 个村寨(陈继军,2000)。地理位置为  $108^{\circ}5' \sim 108^{\circ}24' E$ ,  $26^{\circ}15' \sim 26^{\circ}32' N$ ,面积  $47\,300\text{ hm}^2$ ; 最高海拔  $2\,178.8\text{ m}$ ,最低海拔  $650\text{ m}$ ,相对高差大于  $1\,500\text{ m}$ (陈继军,2000)。生物资源丰富,区系成分古老,是国内第一个以保护秃杉林为主的自然保护区(张林等,2005)。雷公山自然保护区气候具有明显的中亚热带季风山地湿润气候,雨量充沛;年平均气温山麓为  $14 \sim 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、山顶  $9.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量在  $1\,300 \sim 1\,600\text{ mm}$  之间(陈继军,2000)。保护区是清水江和都柳江主要支流的发源地(张林等,2005)。

### 1.2 野外考察和标本鉴定

2007 年 5—6 月和 9—10 月,对雷公山自然保护区进行藻类植物的野外调查和采集。由于雷公山自然保护区跨度较大,所以对保护区藻类植物采取点、线、面相结合的方式。以 6 个典型区域(小丹江、西江、响水岩、方祥、雷公坪、雷公山)为雷公山自然保护区藻类植物主要采集地进行全面采集。

选择不同生活环境(气生、亚气生和水生)的藻类植物进行全面采集。其中水生浮游藻类样品使用  $25^{\#}$  浮游植物网,在水面和水下以  $20 \sim 30\text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  的速度作“∞”字形拖动  $2 \sim 3\text{ min}$ (章宗涉等,1991);气生和亚气生标本用小刀划取石壁、树干、土壤表面不同形态和颜色的藻类植物群落,置于盛有甘油-甲醛-水溶液(1:1:8)固定剂的标本瓶中(朱浩然等,1982),并做好采集记录。通过采集共获得藻类植物标本 238 号(其中小丹江 39 号,西江 53 号,响水岩 52 号,方祥 22 号,雷公坪 27 号,雷公山 45 号)。依据藻类植物分类工具书(胡鸿均等,2006),显微镜下对微物片中的藻类植物进行分类鉴定。

### 1.3 数据分析

采用物种数和植物区系成分综合系数作为藻类植物多样性的指标,并利用属和种的相似性系数对雷公山自然保护区藻类植物区系进行分析。

(1)藻类植物区系成分的综合系数计算公式(左

$$\text{家哺等,1990): } S_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{X_{ij} - \bar{X}_{ij}}{\bar{X}_{ij}}}{\bar{X}_{ij}}$$

式中,  $X_{ij}$  表示  $k$  个地区中  $n$  个分类单位中第  $j$  个分类单位的平均值;  $\bar{X}_{ij}$  表示  $k$  个地区中第  $i$  个地区  $n$  分类单元中的第  $j$  个分类单位数据;  $n$  表示分类阶层数;  $S_j$  表示  $k$  个地区中第  $i$  个地区植物区系成分的综合系数。

(2)属和种的相似性系数计算公式:

$$S = a / (a + b + c)$$

$S$  表示两地的属(或种)的相似性系数,  $a$  表示两地共有属(或种)数,  $b$ 、 $c$  分别表示仅出现于一地的属(或种)数(左家哺,1990)。

## 2 结果与分析

### 2.1 区系的组成

据野外调查和室内标本鉴定,雷公山自然保护区共记录藻类植物 432 种(含 54 个变种,2 个变型),隶属于 6 门,8 纲,24 目,45 科,96 属。其中蓝藻门、红藻门、金藻门、硅藻门、裸藻门、绿藻门分别占保护区藻类植物总种数的 22.9%、0.23%、0.23%、46.30%、0.46%、29.86%。综合分析,研究区硅藻门的种类数占首位,其种类数由多到少依次排列为硅藻门 > 绿藻门 > 蓝藻门 > 裸藻门 > 红藻门 = 金藻门。

2.1.1 科的组成 雷公山自然保护区藻类植物属数  $\geq 4$  属,且藻类植物种数  $\geq 16$  种的科定为优势科(刘红敏,2007)。通过这一原则得出,该保护区有 4 个科为优势科(表 1),占该研究区总科数的 8.89%。这 4 个优势科共含 28 个属 179 个种,分别占雷公山自然保护区藻类植物总属数和总种数的 29.17% 和 41.44%。表 2 中的 4 个科在雷公山自然保护区中具有明显的种群数量优势。表明该研究区的藻类植物大量集中于少数科中,优势科的现象较明显。因此,这 4 个科是构成雷公山自然保护区藻类植物区系的主要成分。同时,研究地中的寡种科和单种科的比例达 51.11%,这些寡种科和单种科的丰富性,不但反映了本地区藻类植物区系成分的复杂性,而且在一定程度上反映雷公山自然保护区藻类植物区系起源的古老性(谢宜飞等,2013)。

2.1.2 属的组成 雷公山自然保护区藻类植物种数  $\geq 16$  种的属定为优势属(刘红敏,2007)。通过这一原则得出,该保护区有 5 个属为优势属,占总属数的 5.21%,在这 5 个属中包含 131 个种,占总种数 30.3%(表 2)。研究区中的寡种属和单种属的属数

表1 雷公山自然保护区藻类植物优势科  
Table 1 Statistics of algae dominant families in  
Leigong Mountain Nature Reserve

科名 Name of family	属数 No. of genus	%	种数 No. of species	%
舟形藻科 Naviculaceae	11	11.46	91	20.78
鼓藻科 Desmidiaceae	8	8.33	43	9.82
脆杆藻科 Fragilariaceae	5	5.21	23	5.25
双星藻科 Zygnemataceae	4	4.17	22	5.02
合计 Total	28	29.17	179	41.44

表2 雷公山自然保护区藻类植物优势属  
Table 2 Statistics of algae dominant genus in  
Leigong Mountain Nature Reserve

属名 Name of genus	种数 No. of species	%
颤藻属 <i>Oscillatoria</i>	18	4.11
鼓藻属 <i>Cosmarium</i>	18	4.11
桥弯藻属 <i>Cymbella</i>	24	5.48
羽纹藻属 <i>Pinnularia</i>	26	5.94
舟形藻属 <i>Navicula</i>	45	10.27
合计 Total	131	29.91

和种数为 73 个属和 136 种, 分别占总属数的 76.04% 和总种数的 31.48%。说明该保护区藻类植物寡种属和单种属丰富, 藻类植物种类组成较为集中, 藻类植物种类的分化程度较高, 在一定程度上反映雷公山自然保护区藻类植物区系起源的古老性(谢宜飞等, 2013)。

2.1.3 种的组成 雷公山自然保护区藻类植物有 432 种(包括 54 个变种 2 个变型), 含中国特有种 1 种, 占保护区藻类植物总种数的 0.23%。虽然中国特有种不丰富仅 1 种, 但这里有中国特有属的分布, 说明研究区藻类植物区系组成和形成具有一定独立性, 同时也是与其他地区长期交汇和渗透有关。由于中国特有成分比率低, 表明雷公山自然保护区藻类植物在起源方面个性特征不显著。而蓝藻种类所占比例较高(22.9%), 则说明研究区的藻类植物区系具有古老性的特点。

## 2.2 区系地理成分

通过划分研究区藻类植物区系地理成分, 可以了解雷公山自然保护区藻类植物区系的分布结构及研究区与其它地区植物区系间的关系, 并为研究藻类植物区系和地理环境变化的历史奠定了一定的基础。由于藻类植物区系地理成分至今没有明确的划分方法, 因此, 本文依据现代地理分布对雷公山自然保护区藻类植物的地理区系进行划分。

在雷公山自然保护区的 432 种(变种和变形)藻类植物中, 国内外广泛分布种有 166 种, 拟短形颤藻(*O. subbrevis*)(胡春香等, 1993); 紫球藻(*P. cruentum*)(胡鸿均等, 2006); 硅藻门中的颗粒直链藻(*M. granulata*)(胡鸿均等, 2006); 绿藻门中的膨胀新月藻(*C. tumidum*)(胡鸿均等, 2006)等, 占雷公山自然保护区总种数的 38.44%。淡水普生性种类 14 种, 箱形桥弯藻(*C. cistula*); 项圈新月藻(*C. moniliform*)(谭明初等, 1984)等, 占雷公山自然保护区总种数的 3.24%。非淡水普生性种类 2 种, 微绿舟形藻(*N. viridula*)和银灰平裂藻(*M. glauca*), 占雷公山自然保护区总种数的 0.46%。高纬度和高海拔地区冷水性种类 10 种, 橄榄绿异极藻(*G. olivaceum*)(饶钦止, 1964)等, 占雷公山自然保护区总种数的 2.31%。山区普生性种类 6 种, 纤细桥弯藻(*C. gracilis*)(胡春香等, 2003)等, 占雷公山自然保护区总种数的 1.39%。热带、温带地区种类 6 种, 纤细异极藻(*G. gracile*); 方鼓藻(*C. quadrum*)(钟肇新等, 1986)等; 占总种数的 1.39%。环北、地中海共有成分种类——克伦地亚双星藻(*Z. carinthiacum*)和泛北极广布成分——梯接转板藻(*M. Scalaris*); 占总种数的 0.46%。此外, 中国特有种 1 种, 占雷公山自然保护区藻类植物总种数的 0.23%, 所占比例最低。因此, 研究区藻类植物种的地理分布说明雷公山自然保护区藻类植物区系成分较复杂, 且具有亚热带向暖温带过渡的特点。

## 2.3 区系相似性系数

区系相似性系数是从不同分类学水平来比较两区域植物区系的相似程度, 用以阐明区系发生发展等不同层次的理论问题(张懿铨等, 1998)。同时, 可以得到不同地区之间植物区系亲密程度及帮助推断其起源, 而且对于植物区系分区和过渡地区植物区系地理属性的研究具有较大意义(王荷生, 1992)。

2.3.1 样点的比较分析 运用左家哺(1990)《植物区系的数值分析》中关于种的相似性系数等级(表 3)来分析表 4。雷公山自然保护区藻类植物从属和种的相似性系数数值发现:(1)属的相似性系数大于种的相似性系数, 说明分类级别越高, 其相似性就越大, 这与其它植物类群区系相似性研究结果相一致。(2)从属的相似性系数可知, 各样地之间亲缘关系表现较亲密, 而种的相似性系数则存在着比较亲近和比较疏远两种亲缘关系。结果表明, 研究区藻类植物虽然起源相同, 但由于要适应各自生存的微环境,

表 3 种相似性系数的等级 (王荷生, 1992)

Table 3 Grades of similarity coefficient of the species

相似性系数 (Sc)	亲密程度 Closeness
$Sc \geq 0.50$	很亲近 Very intimate
$0.3 \leq Sc < 0.5$	亲近 Close
$0.2 \leq Sc < 0.3$	比较亲近 Closest
$0.1 \leq Sc < 0.2$	比较疏远 More isolated
$0.05 \leq Sc < 0.1$	疏远 Estranged
$0.01 \leq Sc < 0.05$	很疏远 Very distant
$Sc = 0$	无关系 No relationship

表 4 雷公山自然保护区 6 样点藻类

植物区系相似性系数比较

Table 4 Comparison of coefficient of similarity of algae flora in 6 sites of Leigong Mountain Nature Reserve

种 Species	属 Genus					
	小丹江 XDJ	西江 XJ	方祥 FX	响水岩 XSY	雷公坪 LGP	雷公山 LGS
小丹江 XDJ	—	0.491	0.483	0.457	0.451	0.541
西江 XJ	0.177*	—	0.413	0.347	0.254	0.382
方祥 FX	0.261*	0.171*	—	0.486	0.351	0.565
响水岩 XSY	0.276*	0.189*	0.209*	—	0.406	0.447
雷公坪 LGP	0.186*	0.154*	0.144*	0.227*	—	0.390
雷公山 LGS	0.233*	0.176*	0.256*	0.253*	0.191*	—

注：带 \* 号表示种的相似性系数；不带 \* 表示属的相似性系数。

Notes: \* indicate coefficient of similarity of species; no \* indicate coefficient of similarity of genera;

表 5 雷公山自然保护区与其他地区藻类

植物种相似性系数比较

Table 5 Comparison of similarity coefficient in Leigong Mountain Nature Reserve with other areas

地区 Mountain	地理位置 Geographical location	共有种数/相似性系数 Species/Sc
福建武夷山 Wuyishan Nature Reserve	27°35'~27°55' N, 117°24'~118°0' E	54/0.0875
四川青城山 Qingcheng Mountain	30°45'~31°22' N, 107°22'~103°47' E	20/0.0438
西藏工布自然保护区 Gongbu Nature Reserve	28°39'~30°20' N, 92°54'~94°54' E	81/0.15
贵州荔波小七孔 Xiaohikong	25°27' N, 107°37' E	25/0.0519
兰州五泉山 Wuquanshan	36°19' N, 103°58' E	25/0.0530

从而导致藻类植物亲缘关系随着分类单位等级越低,亲缘关系逐渐疏远。

2.3.2 与其他保护区的比较分析 不同地区间区系亲缘关系要以种的分布区类型为依据(谢宜飞等, 2013)。本文以福建武夷山(梁良弼, 1994)、四川青城山(解冬等, 2006)、西藏工布自然保护区(李博等, 2012)、贵州荔波小七孔(向刚等, 2002)、兰州五泉山(胡春香等, 2003)的藻类植物与贵州雷公山自然保

护区进行种的相似性比较(表 5)。

通过种的区系相似性分析,既能看出雷公山与其它区系的联系紧密程度,又反映了“种的分布主要与具体生态环境特点密切联系”的规律,即“属以上分类等级的分布类型反映的是区系的历史性质,而种分布类型反映的是现代藻类植物的分布格局,但种的现代分布格局又主要受制于现代生态环境”。

### 3 结论

#### 3.1 藻类植物多样性丰富

雷公山自然保护区气候具有明显的中亚热带季风山地湿润气候,地理位置复杂,高山峡谷交错,不同海拔和气候条件的影响形成各种生态小环境,为藻类植物提供了良好的生长环境,孕育了丰富的藻类植物,有藻类植物 6 门 8 纲 24 目 45 科 96 属 432 种(含 54 个变种, 2 个变型),且以硅藻占优势。人为干扰导致的生境片段化所体现的藻类植物多样性的丧失在研究区中表现较明显。贫营养环境的指示藻类植物——舟形藻科(Naviculaceae)和鼓藻科(Desmidiaceae)是组成该研究区的优势科,并且优势科的现象较明显,可见雷公山自然保护区的自然生态环境良好。

#### 3.2 区系起源个性特征的不显著及其古老性

雷公山自然保护区中国特有成分比率低,表明研究区藻类植物在起源方面个性特征不显著。而研究区中的寡种科和单种科的比例达 51.11%,寡种属和单种属的比例达 76.04%,且蓝藻种类所占比例较高(22.9%),这些区系组成特点都反映了雷公山自然保护区藻类植物区系起源的古老性。

#### 3.3 地理区系成分

雷公山自然保护区藻类植物地理区系成分是以国内外广泛分布种为主,同时出现了热带地区种类、山区冷水性种类和高海拔,高纬度地区冷水性种类。且研究区单种科、寡种科和单种属、寡种属的丰富性高(所占比例分别为 51.11% 和 76.04%)。总之,雷公山自然保护区藻类植物地理区系成分复杂,从地理成分组成的特点,可反映出该研究区是属于亚热带与暖温带的过渡地区。

#### 3.4 区系相似性系数

通过对研究区藻类植物亲缘关系变化的情况及雷公山自然保护区与其它 5 个保护区的区系相似性分析表明:(1)研究区藻类植物属的相似性系数范围

在 0.254~0.565 之间,种的相似性系数范围在 0.144~0.261 之间,即属的相似性系数较种的相似性系数高;(2)与其它地区相比:种的相似性系数依次是西藏工布(0.15)>福建武夷山(0.0875)>兰州五泉山(0.053)>贵州荔波小七孔(0.0519)>四川青城山(0.0438)。分析说明雷公山自然保护区区内及与其它地区区系的联系紧密程度,反映了藻类植物虽然起源相同,但为适应各自生存的微环境的变化,呈现出分类级别与亲缘关系之间的正相关性,即分类级别越高,其相似性就越大。同时也反映了,种的分布主要与具体的生态环境有关,即种的分布类型反映的是现代藻类植物的分布格局。

在今后的研究中需进一步探讨种的分布与海拔梯度、人类干扰程度等生态环境相关性体系的建立,为自然保护区的管理、开发及可持续发展提供相应的理论指导。

## 参考文献:

Bi LJ(毕列爵), Xu ZP(徐正榜), Liu GX(刘国祥). 2000. The first paper on taxonomy of Chinese fresh water algae in China and its author(我国早期的一篇淡水藻类分类学论文及其作者)[J]. *J Wuhan Univ: Nat Sci Edit*(武汉大学学报·自然科学版), **46**:453-454

Chen JJ(陈继军). 2000. Characteristics and development of tourism resources in Leigong Mountain(雷公山旅游资源的特点与开发构想)[J]. *J Guizhou Coll Educ*(贵州教育学院学报), **11**:19-23

Hu CX(胡春香). 1993. The ecology distribution of *Oscillatoria* of Gansu, Ningxia, Qinhai and Xinjiang Provinces(甘肃、宁夏、青海、新疆颤藻生态分布)[J]. *J Northwest Norm Univ: Nat Sci Edit*(西北师范大学学报·自然科学版), **29**:55-68

Hu CX(胡春香), Ma HY(马红樱), Pang HL(庞海龙), et al. 2003. Species composition and distribution of algae in Wuquanshan of Lanzhou(兰州五泉山的藻类及其分布)[J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin*(西北植物学报), **23**:2 099-2 106

Hu HJ(胡鸿钧), Wei YX(魏印心). 2006. The Freshwater Algae of China: Systematics, and Ecology(中国淡水藻类—系统、分类及生态)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社):1-915

Li B(李博), Feng J(冯佳), Xie SL(谢树莲). 2012. Distribution and floristic characteristics of algae in the Gongbu Nature Reserve, Tibet(西藏工布自然保护区藻类植物区系及分布特点)[J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin*(西北植物学报), **32**:807-814

Lang LB(梁良弼). 1994. A list of the algae flora of the Wuyishan Nature Reserve, Fujian, China(武夷山自然保护区藻类植物名录)[J]. *Wuyi Sci JI*(武夷科学), **11**:167-178

Mei H(梅洪), Zhao XF(赵先富), Guo B(郭斌), et al. 2003. Advances in freshwater algal biodiversity in China(中国淡水藻类

生物多样性研究进展)[J]. *Ecol Sci*(生态科学), **22**:356-359

Rao QZ(饶钦止). 1964. Some fresh-water algae from southern Tibet(西藏南部地区的藻类)[J]. *Oceanol & Limnol Sin*(海洋与湖沼), **6**:169-180

Sang ZL(桑正林), Tian H(田虹), Dai X(代勋). 2005. A research for algae resources in Zhaotong city(昭通市藻类植物资源研究)[J]. *J Zhaotong Teacher's Coll*(昭通师范高等专科学校学报), **27**:29-31

Tan MC(谭明初), Zhong ZX(钟肇新), Bao SK(包少康). 1984. The desmids in Dai Lake of Jinyun Mountain, BeiBei, Chongqing(a continued report)(北碚缙云山湖的鼓藻类植物续报)[J]. *J Southwest Teach Coll*(西南师范学院学报), **6**:82-92

You QM(尤庆敏), Li HL(李海铃), Wang QX(王全喜). 2005. Preliminary studies on diatoms from Kanasi in Xinjiang Uighur autonomous(新疆喀纳斯地区硅藻初报)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), **23**:247-256

Xiang G(向刚), Chen C(陈椽), Liu N(刘宁). 2002. A preliminary study on the diversity of the tufa algae in Xiaoqikong area, Libo(荔波小七孔钙华藻类多样性初步研究)[J]. *J Guizhou Norm Univ: Nat Sci Edit*(贵州师范大学学报·自然科学版), **20**:35-40

Xie D(解冬), Yu SH(于树华), Wang YG(王岳光), et al. 2006. An initial study on the algae species of the Qingcheng Mountain in Sichuan Province(青城山藻类植物初步研究)[J]. *J Sichuan Normal Univ: Nat Sci Edit*(四川师范大学学报·自然科学版), **29**:348-351

Xie YF(谢宜飞), Zhu H(朱恒), Chen H(陈慧), et al. 2013. Pteridophyte flora of Ganjiangyuan Nature Reserve(赣江源自然保护区蕨类植物区系研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **33**:804-811

Zhang L(张林), Wang ZC(王志成). 2005. Causes and countermeasures of the forest protection district in Leigong Mountain(雷公山保护区森林火灾的成因及对策)[J]. *For Fire*(森林防火), **84**:16-17

Zhang YL(张懿翎), Zhang XM(张雪梅). 1998. Coefficient of similarity-an important parameter in floristic geography(植物区系地理研究中的重要参数——相似性系数)[J]. *Arid Zone Res*(干旱区研究), **15**:59-63

Zhang ZS(章宗涉), Huang XF(黄祥飞). 1991. Method for the study of freshwater plankton(淡水浮游植物研究方法)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社):1-426

Zhong ZX(钟肇新), Bao SK(包少康), Tan MC(谭明初), et al. 1986. Preliminary investigation on the diatoms in Dai Lake Area of Jinyun Mountain, BeiBei, Chongqing(北碚缙云山湖水域硅藻植物研究初报)[J]. *J Southwest Teach Univ*(西南师范学院学报), **4**:103-113

Zhu HR(朱浩然). 1982. Cyanophyta collection, preservation and micro fabric production method(蓝藻类的标本采集、保存及微物制片法)[J]. *J Nanjing Univ: Algae Album*(南京大学学报·藻类专辑)

Zuo JB(左家哺). 1990. A numerical analysis of flora(植物区系的数值分析)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **12**:179-185