

贵州羊昌河夏季 PFU岩溶水生原生动物群落生态研究*

Ecology of PFU Protozoa Communities from Yangchang Karst River in Summer, Guizhou

王智慧^{1,2},张朝晖²,李建华^{1,*}

WANG, Zhi-hui^{1,2}, ZHANG Zhao-hui², LI Jian-hua^{1,*}

(1.同济大学环境科学与工程学院 长江水环境教育部重点实验室,上海 200092; 2 贵州师范大学地理与生物科学学院 贵州省山地环境重点实验室,贵州贵阳 550001)

(1. School of Environmental Science & Engineering, Key Laboratory of Yangtze River Water Environment of Ministry of Education, Shanghai, 200092, China; 2 School of Geography and Biology Guizhou Provincial Laboratory for Mountainous Environment, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou, 550001, China)

摘要:采用 PFU法,于2004年夏季采集贵州羊昌河岩溶水生原生动物群落。生物样和水样进行室内岩溶水生原生动物培养、分离和鉴定,研究羊昌河岩溶水生原生动物群落的组成、功能营养类群及其生态类群特征。结果得出,羊昌河岩溶水生原生动物群落物种组成含1目3属36种;该岩溶水生原生动物群落含5个功能营养群,其中,光合营养群含有3个种,占总数的8.33%,细菌碎屑取食者群含有19个种,占总数的52.78%,食藻者类群含有11个种,占总数的30.56%,非选择性杂食者群含有1个种,占总数的2.78%,食肉者群含有2个种,占总数的5.56%;该岩溶水生原生动物群落的 Maglaef多样性指数和异养性指数,分别是3.52和103

关键词:动物群落 原生动物 水生 物种多样性 生物指数 功能营养群 岩溶河流

中图分类号: Q958.15 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2008)03-0312-05

Abstract By the method of PFU, 48 samples and specimens of aquatic protozoa communities were collected from Yangchang karst rivers in Guizhou in summer, 2004. The results show: 1) The aquatic protozoa communities consists of thirty-six taxa in thirty-three genera and seventeen orders; (2) Maglaef Diversity Index (MDI) and Hetero-trophic Index (HI) of aquatic protozoa communities are analysed in this paper; (3) The groups of ecological function include Photosynthetic autotrophs (P groups, 8.33%), Bactivores detritivores (B groups, 52.78%), Algivores (A groups, 30.56%), Nonselective omnivores (N groups, 1.78%) and Raptors (R groups, 5.56%).

Key words animal communities, protozoa, aquatic, species biodiversity, biodiversity index, ecological function groups, karst river

水生原生动物是岩溶地区河流、山溪、湖泊和沼泽各种淡水环境中最常见、最简单、最原始和最低等的单细胞生物类型之一,它由单一的细胞个体群集构成却有着完整和复杂的生命活动功能^[1-3]。由于水生

原生动物具有很高的多样性^[4-6],它们在岩溶河流水环境中的分布极广泛。一般只要有岩溶河流的地方,都存在原生动物群落。从生态学角度来看,一方面原生动物群落组成了岩溶河流生态系统的一大生物群落类群^[7-9],它们所形成的复杂群落聚合体构成了一个完整的生态单元,显示出整个岩溶河流水生生态系统结构与功能的许多特征,如河流群落的稳定性、群落演替规律以及对环境变化的反应等等;另一方面,原生动物种类组成和数量变化在很大程度上可以影响到河流水生食物网的组成,直接或间接地影响岩溶河流水生生物群落的分布与丰度。因此,研究河流原生动物,对我们理解岩溶地区河流生态系统的结构与

收稿日期: 2007-11-21

修回日期: 2008-01-08

作者简介:王智慧(1969-),女,博士研究生,副教授,主要从事环境生态学研究。

* 国家自然科学基金项目(No. 30460014),国家人事部留学人员择优项目(国人部发(2003)50号)及贵州省科技厅基金项目(黔科通(2001)106号)资助。

** 通讯作者。

功能具有重要的理论意义。

贵州是中国岩溶地貌分布类型最复杂、面积最大、分布最集中的省区之一,碳酸盐岩分布总面积约占全省总面积的73%。在亚热带湿润季风气候背景下,地处长江水系和珠江水系上游地段的贵州高原,发育了大大小小数以百计的岩溶河流,在喀斯特峰丛山地地貌及其相应的水土光热条件的影响下,构成一个特殊的水生态环境,维持了十分丰富和多样化的原生动动物区系^[10-14]。

本文以贵州羊昌河为代表,采用PFU法,初步探讨贵州岩溶河流水生原生动物群落组成、功能营养群及其生态类群特征,以期为深入研究中国西南岩溶原生动物群落特征、起源和演化,以及为相关的环境保护监测部门积累基础科学数据和资料。

1 研究地点及方法

1.1 研究地点

研究地点位于贵州省平坝县境内的羊昌河。该河属长江水系中的乌江支流,是贵州省重要的人工岩溶湖泊——红枫湖国家级风景名胜区上游一条主要补水水源。地理坐标为东经106°19',北纬26°26';海拔1200~1210m;属亚热带高原性湿润季风气候,7月平均气温22.7℃,1月平均气温3.8℃,全年平均气温14.7℃,年平均降水量1298mm,年平均相对湿度77%。羊昌河流域内碳酸盐岩分布广泛,在过境河流溶蚀和切割下,岩溶地貌发育。常见岩溶地貌有中山、低山、丘陵及溶蚀盆地等,形成许多岩溶峰林-溶盆、浅丘-坡地、深丘-谷地和中山-槽谷等地貌组合类型。该地属亚热带常绿阔叶林分布地带,岩溶生物资源较丰富,但是岩溶植被受人类活动影响严重,主要是次生植被,仅局部地区有原生林。

调查期间,按常规方法采样分析羊昌河水体的11个理化参数平均值是DO 10.05mg/L, BOD₅ 3.5mg/L, COD_{Cr} 9.256mg/L, T-N 1.226mg/L, T-P 0.023mg/L, 水温 26.5℃, pH值 7.01, SD 1.5m, Ca²⁺ 55.27mg/L, Mg²⁺ 4.94mg/L。除总氮外,该水体其它参数达到国家地表水标准的III类水质(参见GB3838-2002),贵州羊昌河岩溶水体水型属于HCO₃-Ca-HCO₃-Ca-Mg型的重碳酸盐型水体。

1.2 研究方法

1.2.1 野外采样

2004年7月15~30日,在羊昌河下游距洪枫湖约2.5km处,分别于河流中心设2个采样点、距左岸和右岸1.5m处各设3个采样点,共8个样点。根据《水质—微型生物群落监测—PFU法》法^[14,15],将规格为

5cm×6.5cm×7.5cm的聚氨酯泡沫塑料(PFU, Polyurethane foam unit)小块分别挂放在水下0.5~1m处,暴露10d后取出,放入无毒黑色方便袋中带回实验室。返回室内后,将PFU中的水尽可能地完全挤出放在1个干净的500ml烧杯中,把袋中的水也倒入同一烧杯中,48h内完成种类(活体)鉴定。待检样品放在恒温(11℃)培养箱中保存。每个样点各随机采集4份生物平行样(2份用于种类鉴定,2份用于定量计算)和2份水平行样。

采集PFU的同时,按水质分析常规方法采集水样。每个样点采集2份水平行样。

野外共采集生物样和水样共48个。

1.2.2 室内工作

1.2.2.1 种类鉴定 利用相差显微镜、倒置显微镜等,采用活体镜检的方法和技术鉴定水样中的原生动物^[17,16]。镜检时,每次从烧杯底部吸3滴水样制作成玻片观察,重复观察3片。鉴定原生动物种类,记录优势种、常见种和偶见种的相对数量。

1.2.2.2 定量分析 把烧杯中的水样摇匀,用吸管吸出0.1ml水样放入0.1ml计数框内,在进行全片活体计数,重复观察3片后取其平均值,然后换算成每毫升个体数^[15]。生物量采用的是去灰分干重法^[15]。

1.2.2.3 生物指数计算 (1) Maglaef多样性指数 $D = (S - 1) / \ln N$, 其中 S 为原生动物种数, N 为原生动物丰度(个/10ml); (2) 异养性指数 $HI = \text{生物量} / \text{叶绿素 } a$, 其中,生物量用去灰分干重表示,无灰分干重的测定方法是根据标准方法(APHA, 1980)和 Vollemlinder (1969)所修改的方法,叶绿素 a 测定采用分光光度计法^[15]。

1.2.2.4 功能营养群分析 根据 Paratt 和 Cairns (1985)的分类标准^[16],从食性角度划分羊昌河水生原生动物生态功能营养群。

2 研究结果

2.1 羊昌河岩溶水生原生动物群落物种组成

贵州省羊昌河岩溶水生原生动物群落物种组成较丰富,共含有1目3属36种(见表1)。其中植鞭毛虫6种,动鞭毛虫3种,肉足虫3种,纤毛虫2种。植鞭毛虫占全部种类的16.7%,动鞭毛虫占8.3%,肉足虫占13.9%,纤毛虫所占比例最大,为61.1%。

羊昌河岩溶水生原生动物中常见的科有隐鞭藻科(Cryptomonadaceae)、波豆虫科(Bodoniidae)、钟形科(Vorticellidae)等。其中,波豆虫科斜管科(Chilodonellidae)、钟形科和游仆科(Euplotidae)等是优势科。

在羊昌河岩溶水生原生动物群落中,多数属是单属单种原生动物,如红胞藻属 (*Rhodomonas*) 的湖生红胞藻 (*Rhodomonas lacustris*)、颤变虫属 (*Oscillosignum*) 的象鼻颤变形虫 (*Oscillosignum proboscidium*) 等等。仅有 3 属含 2 种原生动物,如波豆虫属 (*Bodo*) 含球波豆虫 (*Bodo globosus*) 和倒卵波豆虫 (*Bodo obovatus*); 漫游虫属 (*Litonotus*) 含薄漫游虫 (*Litonotus lamella*) 和天鹅漫游虫 (*Litonotus cygnus*) 等等。

羊昌河岩溶水生原生动物群落中的优势种是: 平截杯隐藻 (*Cyathomonas truncata*)、内卷瓣胞藻 (*Petalomonas involuta*)、球波豆虫 (*Bodo globosus*)。月表 1 贵州羊昌河夏季岩溶水生原生动物种类组成

Table 1 Specific composition of aquatic protozoa from Yangchang karst river in summer

类群 Group	属名 Genus	种名 Species
肉鞭门 Sarcomastigophora		
鞭毛亚门 Mastigophora		
植鞭毛纲 Phytomastigophorea		
隐藻目 Cryptomonadales	红胞藻属 <i>Rhodomonas</i>	湖生红胞藻 <i>Rhodomonas lacustris</i>
	杯隐藻属 <i>Cyathomonas</i>	平截杯隐藻 <i>Cyathomonas truncata</i>
裸甲藻目 Gymnodiniales	裸甲藻属 <i>Gymnodinium</i>	裸甲藻 <i>Gymnodinium aeruginosum</i>
	楔胞藻属 <i>Sphenomonas</i>	四棱楔胞藻 <i>Sphenomonas quadrangularis</i>
裸藻目 Euglenales	瓣胞藻属 <i>Petalomonas</i>	内卷瓣胞藻 <i>Petalomonas involuta</i>
	异鞭藻属 <i>Anisonema</i>	广卵异鞭藻 <i>Anisonema prosgaebium</i>
动鞭毛纲 Zoomastigophorea		
动基体目 Kinetoplastida	叶鞭虫属 <i>Phyllomitus</i>	波动叶鞭虫 <i>Phyllomitus undulans</i>
	波豆虫属 <i>Bodo</i>	球波豆虫 <i>Bodo globosus</i>
		倒卵波豆虫 <i>Bodo obovatus</i>
肉足亚门 Sarcodina		
变形目 Amoebina	卡变虫属 <i>Cashia</i>	近蛞蝓卡变虫 <i>Cashia limacoides</i>
	颤变虫属 <i>Oscillosignum</i>	象鼻颤变形虫 <i>Oscillosignum proboscidium</i>
单室目 Monothalamidae	薄壳虫属 <i>Lieberkuhnia</i>	柔薄壳虫 <i>Lieberkuhnia wagneri</i>
太阳虫目 Heliozoida	太阳虫属 <i>Actinophrys</i>	放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>
	刺胞虫属 <i>Acanthocystis</i>	月形刺胞虫 <i>Acanthocystis erinaceus</i>
纤毛门 Ciliophora		
前口目 Prostomatida	尾毛虫属 <i>Urotricha</i>	武装尾毛虫 <i>Urotricha armatus</i>
	板壳虫属 <i>Coleps</i>	小毛板壳虫 <i>Coleps hirtus minor</i>
刺钩目 Haptonda	长吻虫属 <i>Lacrymaria</i>	天鹅长吻虫 <i>Lacrymaria olor</i>
	管叶虫属 <i>Trachelophyllum</i>	智利管叶虫 <i>Trachelophyllum chilense</i>
侧口目 Pleurotomatida	漫游虫属 <i>Litonotus</i>	天鹅漫游虫 <i>Litonotus cygnus</i>
		薄漫游虫 <i>Litonotus lamella</i>
管口目 Cyrtophorida	斜管属 <i>Chilodonella</i>	非游斜管虫 <i>Chilodonella aplanata</i>
	轮毛虫属 <i>Trochilia</i>	小轮毛虫 <i>Trochilia minuta</i>
膜口目 Hymenostomata	拟瞬目虫属 <i>Pseudoglaucoma</i>	苔藓拟瞬目虫 <i>Pseudoglaucoma musorum</i>
	草履虫属 <i>Paramecium</i>	旋毛草履虫 <i>Paramecium trichium</i>
盾纤毛目 Scuticociliatida	帆口虫属 <i>Pleuronema</i>	冠帆口虫 <i>Pleuronema ornatum</i>
	膜袋虫属 <i>Cyclidium</i>	纵长膜袋虫 <i>Cyclidium elongatum</i>
	发袋虫属 <i>Cristigera</i>	被发袋虫 <i>Cristigera vestita</i>
缘毛目 Peritrichida	钟虫属 <i>Vorticella</i>	沟钟虫 <i>Vorticella convallaria</i>
		钟形钟虫 <i>Vorticella campanula</i>
异毛目 Heterotrichida	喇叭虫属 <i>Stentor</i>	多态喇叭虫 <i>Stentor polymorphus</i>
寡毛目 Oligotrichida	铃壳虫属 <i>Tintinnopsis</i>	王氏似铃壳虫 <i>Tintinnopsis wangi</i>
下毛目 Hypotrichida	尾枝虫属 <i>Urostyla</i>	绿尾枝虫 <i>Urostyla viridis</i>
	全列虫属 <i>Holosticha</i>	纺锤全列虫 <i>Holosticha kessleri</i>
	瘦尾虫属 <i>Uroleptus</i>	差异瘦尾虫 <i>Uroleptus dispar</i>
	后毛虫属 <i>Opisthotricha</i>	贪食后毛虫 <i>Opisthotricha euglenivora</i>
	游仆虫属 <i>Euplotes</i>	粘游仆虫 <i>Euplotes muscicola</i>

形刺胞虫 (*Acanthocystis erinaceus*)、非游斜管虫 (*Chilodonella aplanata*)、薄漫游虫 (*Litonotus lamella*) 和纺锤全列虫 (*Holosticha kessleri*)

2.2 羊昌河岩溶水生原生动物群落密度、生物量和多样性指数

贵州羊昌河 PFU 岩溶水生原生动物群落的丰度为 $3.1 \times 10^3 \sim 5.3 \times 10^3$ ind/L, 平均丰度 4.23×10^3 ind/L; 生物量为 1.5~ 2.8 mg/L, 平均生物量为 2.06 mg/L; Maglaef 多样性指数变动范围是 2.82~ 3.96, 异养性指数最大值达到 121, 最小值是 68, 详见表 2

表2 贵州羊昌河夏季岩溶水生原生动物群落密度、生物量和多样性指数

Table 2 The densities, biomass and diversity indexes of aquatic protozoa communities from Yangchang karst river in summer

群落参数 Group parameter	物种数 S Species number	丰度 N Abundance (ind/L)	生物量 B Biomass (mg/L)	叶绿素 a Chlorophyll a D (mg/L)	HI
I	35	5300	2.8	0.0413	3.96
II	30	4700	2.3	0.0189	3.43
III	29	3900	1.7	0.0143	3.39
IV	31	4200	1.9	0.0176	3.60
V	24	3500	1.6	0.0167	2.82
VI	33	4800	2.7	0.0285	3.78
VII	32	4300	2.0	0.0178	3.71
VIII	29	3100	1.5	0.0145	3.48
平均值 Average	30.4	4225	2.06	0.0212	3.52

2.3 羊昌河岩溶水生原生动物群落功能营养类群

Parati和 Cairns(1985)从食性角度分类^[16],划分原生动物群落为光合营养群(P群, Photosynthetic autotrophs) 细菌取食者群(B群, Bactivores etritivores) 腐生营养类群(S群, Saprotrophs) 食藻者类群(A群, Algivores) 非选择性杂食者群(N群, Nonselective omnivores) 和食肉者群(R群, Raptors)。在贵州羊昌河岩溶水环境中,我们仅发现了5个类群(表3),没有记录到腐生营养类群。

表3 贵州羊昌河夏季原生动物群落功能营养类群

Table 3 Functional groups of protozoa communities from Yangchang karst river in summer

功能营养类群 Ecological function group	数量 Number (个)	所占比例 Percent (%)	代表性物种 Representative species
P群 P groups	3	8.33	旋毛草履虫 <i>Paramecium trichium</i> 湖生红胞藻 <i>Rhodomonas lacustris</i>
B群 B groups	19	52.78	倒卵波豆虫 <i>Bodo obovatus</i> 球波豆虫 <i>Bodo globosus</i> 钟形钟虫 <i>Vorticella campanula</i>
A群 A groups	11	30.56	多态喇叭虫 <i>Stentor polymorphus</i> 纺锤全系列虫 <i>Holosticha kessleri</i>
N群 N groups	1	2.78	放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>
R群 R groups	2	5.56	天鹅长吻虫 <i>Lacrymaria olor</i> 薄漫游虫 <i>Litonotus lamella</i>
合计 Total	36	100	

从表3可以看出,食藻者群(A群,占总物种数的30.56%)和细菌碎屑取食者群(B群,占总物种数的52.78%)在贵州羊昌河岩溶水生原生动物群落中占绝大多数。

3 结论

通过对贵州羊昌河2004年夏季PFU岩溶水生原生动物群落研究,我们得出如下结论

(1)羊昌河岩溶水生原生动物群落种类,也常见于其它岩溶水环境之中^[12-14]。自养型植鞭毛虫仅占全部种类的16.7%,表明该岩溶水体中的原生动物群落以异养型种类为主

(2)国家标准GB/T 12990-9和美国公共卫生协会编著的《水和废水标准检验法》中指出异养性指数HI的正常值范围在50~200之间,其中:HI < 40是干净的水体,40~100是中度污染,>100是严重污染,>200是重度污染^[17]。从这个参数角度看,岩溶河流羊昌河的原生动物群落HI最大值达到121,平均值达103,河水已呈中度污染。

许木启(1996)提出,原生动物群落Maglaef多样性指数D值与水体污染程度关系可分成6个等级:D值为0~1的属重度污染;1~2为严重污染;2~4为中度污染;4~6为轻度污染;D > 6为清洁水^[18]。羊昌河岩溶水生原生动物群落D值为2.82~3.96,指示河水呈中度污染。

(3)原生动物功能营养类群中,如果P群和A群占的比例大,反映水质较优;S群和B群占的比例大,反映水质较差^[17]。在羊昌河岩溶水生原生动物群落中,我们记录到除S群外的其它5个功能营养类群,其中B群占52.78%。这一研究结果,与我们在贵州省其它岩溶水体生境中研究的结果^[13]接近。

参考文献:

- [1] Farmer J N. The protozoa introduction to protozoology [M]. The C V Mosby Company, 1980.
- [2] Fenchel T. The role of protozoa in nature in terms of functional properties related size [J]. Zoological Science, 1990, 7 Supplement: 51-58.
- [3] Hausmann K, Hiesmann N. Protozoology [M]. Inc New York Thieme Medical Publishers, 1996: 1-338.
- [4] Patterson D J. Protozoa: evolution and system, progress in protozoology [M]. Berlin: Proceedings of the IX International Congress of Protozoology, 1993: 1-4.
- [5] Finlay B J, Fenchel T. Ecology: role of ciliates in the natural environment [M] // Eds: Ciliates: Cells as Organisms, Hausmann K, Bradbury P C, 1996: 417-440.

[6] Finlay B J, Esteban G F. Freshwater protozoa biodiversity and ecological function[J]. Biodiversity and Conservation, 1998, 7: 1163-1186.

[7] Prime-Habdija B, Habdija I, Matonickin R, et al. Development of ciliate community on artificial substrates associated with vertical gradients of environmental conditions in a karstic lake[J]. Archiv für Hydrobiologie, 2005, 164: 513-527.

[8] Prime-Habdija B, Habdija I, Plenkovicomraj A. Tufa deposition and periphyton overgrowth as factors affecting the ciliate community on travertine barriers in different current velocity conditions[J]. Hydrobiologia, 2001, 457: 87-96.

[9] Walsh S J. Fresh water macrofauna of Florida karst habitats, in Kuniansky [M]. E L, ed. U S Geological Survey Karst Interest Group Proceedings, U S Geological Survey Water-Resources Investigations Report 01-4011, 2001: 78-88.

[10] 张朝晖, 陈家宽. 桂西南喀斯特瀑布水生苔藓植物生物多样性与生态沉积类型研究 [J]. 沉积学报, 2007, 25(4): 21-29.

[11] 张朝晖, 陈家宽. 黔中瀑布水生苔藓植物区系及其生物

喀斯特沉积生态类型研究 [J]. 中国岩溶, 2007, 26(2): 170-177.

[12] 王智慧, 张朝晖, 李建华. 琵琶潭瀑布岩溶沉积物生物多样性研究 [J]. 中国岩溶, 2007, 26(2): 178-182.

[13] 王智慧, 张朝晖, 李建华. 贵州香纸沟岩溶藓类附生水生原生动物群落生态 [J]. 中国岩溶, 2007, 26(3): 249-254.

[14] 王智慧, 杨祖丽. 红枫湖春季原生动物群落与水质的初步研究 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2004, 22: 25-29.

[15] 沈韞芬. 原生动物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[16] Pratt J R, Cairns J Jr. Functional groups in the Protozoa roles in differing ecosystems [J]. J Protozool, 1985, 22: 112-114.

[17] 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 微型生物监测新技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.

[18] 许木启. 从浮游动物群落结构与功能的变化看府河——白洋淀水体的自净效果 [J]. 水生生物学报, 1996, 20(3): 212-219.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 31 页 Continue from page 311)

3 结论

小叶大戟, 斑地锦, 匍根大戟为首次在广西被发现。文献 [4] 曾经提及广西南部有斑地锦分布, 但是编者未见标本。本次调查获得了标本, 确实证明其在广西有分布。

种广西新记录植物各自的形态特征明显, 与干根草和匍匐大戟的区别亦很明晰, 可以作为鉴别的依据。为了便于读者鉴别, 特地列出 5 种植物的分种检索表如下。

分种检索表

1. 全株光滑无毛; 叶全缘。

2. 茎红色或紫红色; 花序单生于叶腋, 少 2 个簇生 小叶大戟 *E. makinoi* Hayata

2. 茎淡绿色; 花序单生于叶腋

..... 匍根大戟 *E. serpens* H. B. K.

1. 茎被毛或几无毛; 子房有毛; 叶缘多少具明显或不明显的细锯齿。

3. 茎近轴面被白色长柔毛; 叶上面具紫色斑; 子房柄及子房 (除背缝线凹沟外) 被贴伏短柔毛. ...

..... 斑地锦 *E. maculata* Linn.

3. 茎近轴面被白色开展绒毛或疏柔毛; 叶上面黄绿色; 子房被伏贴短柔毛

..... 干根草 *E. thymifolia* Linn.

3. 茎近轴面被白色伏短柔毛, 毛常倒向, 或几无毛; 叶缘具睫毛; 子房柄被白色短柔毛; 子房除棱脊上被白色柔毛外, 余无毛

..... 匍匐大戟 *E. prostrata* Ait.

参考文献:

[1] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草: 第 4 卷 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1999: 789-791.

[2] 广西中药资源普查办公室. 广西中药资源名录 [M]. 南宁: 广西民族出版社, 1993: 102.

[3] 马金双, 程用谦. 中国植物志: 第 4 卷第三分册 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 30, 47-53.

[4] 广西植物研究所. 广西植物志: 第二卷 [M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2005: 178.

(责任编辑: 邓大玉)