

文章编号: 1007-7588(2014)02-0282-14

澜沧江—湄公河流域真菌资源研究进展

唐丽萍^{1,2}, 杨祝良¹

(1. 中国科学院昆明植物研究所东亚植物多样性与生物地理学重点实验室, 昆明 650201;

2. 昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室, 昆明 650500)

摘 要: 澜沧江—湄公河流域是世界上生物多样性最丰富的地区之一, 整个流域地形复杂、生境多样, 孕育了极为丰富的真菌资源。本文介绍了澜沧江—湄公河流域真菌资源的研究历史和分布特点及近年来在该地区发现的一些重要真菌物种。该区真菌资源研究始于十九世纪末, 并陆续出版了不少有价值的地区性真菌资源的专著。近30年来的研究更加深入而系统, 主要涉及担子菌类, 如木耳目、花耳目、蘑菇目、红菇目、牛肝菌目、外担菌目、多孔菌目等, 也包括了子囊菌中一些类群, 如盘菌目。在过去十余年的时间, 在该区仅大型真菌就发现了150余新分类群。因气候及小生境差异, 在流域内不同的地区真菌区系成分存在明显的不同: 上游地区的灌丛中及草甸上以病原真菌和腹菌类多见, 寒温性针叶林下的代表类群则以寒温性大型真菌成分为主; 中游地区的常绿阔叶林和暖温性针叶林下主要是温带至亚热带的代表类群; 下游地区和湄公河流域气候湿热, 以热带成分较为普遍。加强该区域真菌资源的深入研究, 不仅具有重要的科学意义, 同时也具有为经济发展服务的现实意义。

关键词: 蘑菇资源; 地理分布; 新分类群; 澜沧江流域; 湄公河流域

1 引言

在欧亚大陆东南部, 从世界屋脊青藏高原到太平洋西岸, 纵贯着一条长河, 在中国境内称之为“澜沧江”, 出境后即成为“湄公河”(Mekong)。澜沧江—湄公河是东亚最重要的河流之一, 也是唯一一条连通六国的国际河流。近年的科考证实了其源头位于青海省玉树藏族自治州杂多县和治多县交界处吉福山山脚^[1], 西源扎阿与东源扎那于西藏东部昌都汇合, 始称“澜沧江”, 即澜沧江零公里处。在我国境内, 澜沧江流经青海、西藏、云南三省区, 于云南省西双版纳州勐腊县出境, 在境外流经缅甸、泰国、老挝、柬埔寨, 在越南胡志明市附近注入南中国海。

澜沧江—湄公河从源头至入海口, 全长4 909 km, 中国境内长2 711 km, 总落差约5 500 m, 流域面积74.4 万 km²^[1]。澜沧江—湄公河流域形状由北向南呈狭长带状, 纵跨12个纬度; 涵盖了寒带、寒温带、温带、暖温带、亚热带、热带6个气候带; 气候类型丰富, 包括了北亚热带、南亚热带、中亚热带、北亚

热带、南温带和高原气候共7个气候类型。整个流域内地貌类型复杂, 具有高山峡谷、中低山宽谷、冲积平原等多种地貌; 涉及草原、草甸、灌丛、森林、湿地、农田等多种生态系统类型。该流域丰富纷呈的自然条件, 加之特殊复杂的地质变迁历史, 如印度板块与亚洲大陆的碰撞、喜马拉雅山脉急剧隆起、青藏高原迅速抬升、横断山脉快速形成, 为各类生物的繁衍栖息提供了良好的条件, 使之成为世界上生物多样性最丰富的地区之一^[2]。在这众多的生物中, 生长在各种生境中的真菌, 更是种类繁多, 异彩纷呈, 在澜沧江流域高度复杂的生态系统中扮演着极其重要的角色。

2 澜沧江—湄公河流域真菌资源的研究历史

澜沧江—湄公河丰富的真菌资源很早就受到各国学者的密切关注。在该流域内, 最早开始真菌资源调查并进行标本采集是西方传教士和学者。如在19世纪末至20世纪初, 法国传教士J M

收稿日期: 2013-11-18; 修订日期: 2014-01-02

基金项目: 国家科技部基础性工作专项: “澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察”(编号: 2008FY110300)。

作者简介: 唐丽萍, 女, 云南大理人, 博士, 主要从事真菌系统学与生物地理学研究。E-mail: lipingtang11@qq.com

通讯作者: 杨祝良, E-mail: fungi@mail.kib.ac.cn

2014年2月

Delavay、R P Farges^[3-5]及奥地利传教士 H Handel-Mazzetti^[6,7]等就在澜沧江中上游地区进行真菌资源的调查活动。

从20世纪开始,国人才逐渐在澜沧江流域开展真菌研究,我国第一代真菌学家如戴芳澜^[8]、裘维蕃^[9-11]等,在物质条件极为匮乏的条件下,均对西南山区及周边的真菌资源状况进行过研究^[12]。除了我国学者,这一时期还有一些外国学者对该地区的真菌资源进行调查,如50年代时期 Balfour-Browne 曾对喜马拉雅山地区的真菌,同时也包括大香格里拉地区特别是西藏东南部的一些真菌进行了标本采集与考察研究^[13]。

20世纪中期以后,我国真菌学家在中国西南地区开始了大规模的科学考察和专题调查,考察范围主要集中于澜沧江中、上游及大香格里拉地区,如1966-1979年的西藏综合科考^[14]和1981-1984年的横断山区综合考察^[15],分别在西藏及横断山区进行了广泛的采集和调查,获得了大量的真菌标本,并收集了真菌资源利用情况的第一手资料;尤其值得一提的是1983-1986年对青藏高原川西地区(包括阿坝藏族羌族自治州、甘孜藏族自治州和凉山彝族自治州部分地区)的真菌资源考察,调查结果表明川西地区,即所谓的“大香格里拉”地区的经济真菌资源相当丰富,其中食用真菌及药用真菌约占我国已报道种类的1/3,菌根真菌及毒菌则达到了我国已知种类的半数以上^[16]。之后,在“七五”期间重大项目“中国生物资源调查与评价”考察过程中,又取得了一系列成果,其间不仅采集了大量标本,同时还发现一些新的真菌资源,发表新种33个,国内新记录种81个^[17]。

以上的科考不仅采集了大批真菌标本,而且还出版了许多代表性的专著,如《中国的真菌》^[18]、《中国真菌总汇》^[19]、《西藏真菌》^[14]、《西藏大型经济真菌》^[20]、《西南地区大型经济真菌》^[17]、《川西地区大型经济真菌》^[16]、《四川省甘孜州菌类志》^[21]、《四川蕈菌》^[22]及《横断山区真菌》^[23]等。这些专著中记载了大量有关澜沧江流域的真菌资源分布状况,为深入研究该流域的真菌资源的多样性奠定良好的基础。

除了在澜沧江上游、中游地区开展了一系列的

真菌资源调查活动,发现了极其丰富的真菌资源,下游及境外地区(即湄公河流域)真菌资源的研究历史也比较悠久。湄公河所流经的5个国家中,以泰国对该流域真菌资源的了解最为透彻。早在1902年,Rostrup^[24]与同事便在湄公河流域对泰国地区进行真菌资源的调查,并记录了80种真菌。之后,其他真菌学家如 Massee^[25]、Carroll^[26]、Dissing^[27]、Phanichapol^[28]以及 Cansriku^[29]都在该流域进行了真菌标本采集。至20世纪中期以后,越来越多的泰国本土真菌学家开始关注湄公河流域丰富的真菌资源,并对鹅膏属(*Amanita* Pers.)^[30]、牛肝菌属(*Boletus* L.)、环柄菇属[*Lepiota* (Pers.) Gray]^[31]、小皮伞属(*Marasmius* Frs.)等重要类群以及药用真菌^[32]和有毒蘑菇^[33]进行重点研究,并陆续出版了一些专著,如《Thai Fungal Diversity》、《Diversity of Mushroom and Macrofungi in Thailand》、《Atlas of Invertebrate-Pathogenic Fungi of Thailand》(Volume 1, 2)。越南国土呈狭长形,大部分国土区域位于湄公河流域,如北部部分地区、中部及南部地区,也是真菌资源非常丰富的地区之一。早在1890年,越南地区丰富的真菌资源就已经吸引了一些外国的业余植物学家或旅行者在其境内进行过一些零星的真菌标本采集工作。20世纪中期,越南本土真菌学者开始关注国内真菌资源状况,并发表一些相关论文。但是由于发表的成果大多以越南文发表,故越南境内湄公河流域的真菌多样性并不为国外学者所了解^[34]。位于湄公河流域的国家还有缅甸,对其境内丰富的真菌资源进行早期研究的学者多为外国人^[35],如印度皇家植物标本馆的馆长 Wilhelm Sulpiz Kurz,印度真菌学家 Edwin J. Bulter,他们分别于1864-1866年期间和1908年在该流域内进行了真菌标本的采集。缅甸本土真菌学家的研究工作则始于20世纪初,Viz. Rhind, Seth 以及 Su 进行了连续多年的标本采集和真菌资源调查,直到第二次世界大战爆发,相关的研究工作才被迫停止^[35]。他们的采集范围非常广,覆盖了缅甸大部分地区,其中也包括了国内湄公河流域地区。尽管湄公河流域还包括了老挝和柬埔寨的广大地区,但较为遗憾的是,至今相关的真菌研究资料不多^[36,37]。

3 澜沧江－湄公河流域真菌资源的分布特点

澜沧江－湄公河流域地质变迁历史复杂、面积广袤、地形地貌多样、气候类型复杂,以上诸多因素造就了该区域丰富迥异的生境,为各类真菌的繁衍栖息提供了良好的条件。由于真菌的发生与地理位置、气候条件以及植被类型密切相关,因此,沿澜沧江－湄公河顺流而下,不同的流域其真菌区系组成存在明显的差异。

在上游的亚高山灌丛中和草甸上,大型真菌较少,但是寄生在各种植物上的病原真菌却屡见不鲜,如感染密生苔草(*Carex creba*)子房的丝状炭黑粉菌(*Anthracoidea filamentosae* L. Guo)、生长在亚高山草甸上唐松草属(*Thalictrum* spp.)植物茎秆上的隐匿柄锈菌(*Puccinia recondita* Roberge ex Desmazières, 见图 1a),专性寄生于农作物青稞颖果的大麦黑粉菌(*Ustilago nuda* (Jensen) Kellerman & Swingle, 见图 1b)、杜鹃花植物上则常见外担菌类(*Exobasidium* spp.)等^[14-23, 38-40];除了病原真菌,生长在高山草甸雪线以上的一种重要药用真菌资源十分引人注目,即冬虫夏草(*Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) G.H. Sung et al.)^[14-23],该真菌是中国的传统中药,在我国已有数百年的应用历史。不过,值得一提的,由于连续多年过度采挖,在野外冬虫夏草已十分少见,正面临枯竭的危险。

澜沧江上游的高山或亚高山地带河谷山坡上,土壤贫瘠,环境极度干旱寒冷,植被十分稀疏,但在如此恶劣的环境中仍有某些腹菌类真菌生长^[14-23]。例如,在西藏昌都县海拔3 500m发现一种柄灰包属(*Tulostoma* sp., 见图 1c)真菌,为了适应当地的干旱环境,仅在子实体生长后期,菌盖部分才稍稍露出地面,其余时间都埋生于土中。

在上游海拔3 500m以上的主要植被类型之一寒温性针叶林下,腐质层较厚,一些适应寒温性气候特点的大型真菌则较为常见,代表性种类如李逵鹅膏(*Am. liquii* Zhu L. Yang et al., 见图 1d)、网盖牛肝菌(*Bo. reticuloceps* (M. Zang et al.) Q. B. Wang & Y. J. Yao)、平截棒瑚菌(*Clavariadelphus truncatus* (Quél.) Donk., 见图 1e)、蓝丝膜菌(*Cortinarius*

caerulescens (Schaeff.) Fr.]、金舌耳(*Dacryoscyphus chrysophilus* R. Kirschner & Zhu L. Yang)、翘鳞乳菇(*Lactarius imbricatus* M. X. Zhou & H. A. Wen)、翘鳞肉齿菌(*Sarcodon imbricatus* (L.: Fr.) P. Karst.)、卵碟菌(*Ovipoculum album* Zhu L. Yang & R. Kirschner)、胶质刺银耳(*Pseudohydnum getatinosum* (Scop) Pers.),等^[14-23, 41-45]。

澜沧江中游和中上游海拔2 300~3 500m的山地主要以中山湿性常绿阔叶林和暖温性针阔混交林为主,前者以壳斗科和木兰科植物较常见,后者以云南松为主。在这些森林类型下,温带至亚热带的代表性真菌类群多见,如粉褶鹅膏(*Am. incarnatifolia* Zhu L. Yang)、袁氏鹅膏(*Am. yuaniana* Zhu L. Yang)、黑木耳(*Auricularia auricula* (L. ex Hook.) Underw)、易混色钉菇(*Chroogomphus confusus* Yan C. Li & Zhu L. Yang)、牛舌菌(*Fistulina hepatica* (Schaeff.) Fr.)、香菇(*Lentinula edodes* (Berk.) Singer)、干巴菌(*Thelephora ganbajun* M. Zang)、松口蘑(俗名松茸)[*Tricholoma matsutake* (S. Ito & S. Imai) Singer],等等^[16-23, 41, 42, 46]。

澜沧江下游和湄公河流域气候炎热湿润,发育着大片的原始热带雨林,在植物种类极其丰富的热带植被下,热带真菌十分常见。我国滇南西双版纳和泰国北部分别位于澜沧江下游和湄公河的上游,由于地理位置相邻,共有种较多,如红黄鹅膏(*Am. hemibapha* (Berk. & Broome) Sacc.)、刻鳞鹅膏(*Am. sculpta* Corner & Bas)、毛杯菌(*Cookeina tricholoma* (Mont.) Kuntze, 见图 1g)、中华隐孔菌(*Cryptoporus sinensis* S.H. Wu & M. Zang)、中华地衣棒瑚菌(*Multiculavula sinensis* R.H. Petersen & M. Zang, 一种与藻类形成共生关系的担子菌型地衣,见图 1h)、黄纱松塔牛肝菌(*Strobilomyces mirandus* Corner)、金黄蚁巢伞(*Termitomyces autantiacus* Heim)、盾尖蚁巢伞(*Ter. clypeatus* Heim.)、蚁巢伞(*Ter. eurhizus* Heim, 俗名鸡枞)、等等^[16-23, 41, 42, 46-51]。

4 澜沧江－湄公河流域的真菌资源多样性研究进展

尽管前人已经对澜沧江－湄公河流域的真菌资源作过不少调查,对该流域的真菌资源情况有了



图1 澜沧江—湄公河流域真菌资源的代表类群

Fig.1 Representative species of fungal resource distributing in Lancang-Mekong River watershed

- a. 隐匿柄锈菌 生于唐松草属植物上, 西藏贡觉亚高山草甸, 杨祝良摄
a. Puccinia recondite parasitizing on *Thalictrum* spp., at subalpine meadow in Gongjue county, Tibet, by Zhu Liang Yang
- b. 大麦黑粉菌 生于青稞上, 西藏贡觉亚高山地区, 杨祝良摄
b. Ustilago nuda parasitizing on *Hordeum vulgare* var. *nudu*, at subalpine zone in Gongjue county, Tibet, by ZhuLiang Yang
- c. 柄灰包属一种, 西藏昌都干热河谷山坡地上, 杨祝良摄
c. Tulostoma sp. growing at dry-hot valley in Changdu county, Tibet, by ZhuLiang Yang
- d. 李遼鹅膏 云南香格里拉哈巴雪山暗针叶林下, 唐丽萍摄
d. Amanita liquii growing under dark coniferous forest of Haba Snow Mountain in Shangri-La county, Yunnan, by LiPing Tang
- e. 平截棒瑚菌 云南香格里拉哈巴雪山暗针叶林下, 唐丽萍摄
e. Clavariadelphus truncatus growing under dark coniferous forest of Haba Snow Mountain in Shangri-La county, Yunnan, by LiPing Tang
- f. 翘鳞褶孔牛肝菌 云南丽江老君山暗针叶林下, 唐丽萍摄
f. Phylloporus imbricatus growing under dark coniferous forest of Laojun Mountain in Lijiang, Yunnan, by LiPing Tang
- g. 毛杯菌 生腐木上, 云南西双版纳热带沟谷雨林, 杨祝良摄
g. Cookeina tricholoma growing on rotted logs of tropical rainforest in Xishuanbanna, Yunnan, by ZhuLiang Yang
- h. 中华地衣棒瑚菌 与地衣共生, 云南西双版纳路边土坡上, 曾念开摄
h. Multiclavula sinensis growing with algae on bare soil in Xishuanbanna, Yunnan, by Niankai Zeng
- i. 灰肉红菇(大红菌) 云南西双版纳印度栲林下地上, 杨祝良摄
i. Russula griseocarnosa growing under *Castanopsis indica* in Xishuanbanna, Yunnan, by ZhuLiang Yang

一定的了解,但仍不全面。最近的10余年以来,国内外学者对澜沧江-湄公河流域地区的高等真菌进行了较为深入而系统的研究,取得了一系列的成果,发现了大量新物种。

本文统计了2000年以后发表的大部分真菌文献,根据澜沧江流域的标本已经正式发表了3个新属、100余个新种(含新组合、变种、或变型)和部分新记录属种。需要说明是,该数据仅以大型高等真菌为主,小型真菌和木生真菌并未统计在内。这些新的真菌资源多数来自担子菌类,如窄褶干盖锈伞(*Anamika angustilamellata* Zhu L. Yang & Z.W. Ge)、长柄鹅膏(*Am. altipes* Zhu L. Yang et al.)、小豹斑鹅膏(*Am. parvipatherina* Zhu L. Yang et al.)、李逵鹅膏、东方黄盖鹅膏(*Am. orientifulva* Zhu L. Yang et al.)、灰黄地花菌(*Albatrellus fumosus* H.D. Zheng & P.G. Liu)、小果地花菌(*Al. microcarpus* H.D. Zheng & P.G. Liu)、西藏地花菌(*Al. xizanensis* H.D. Zheng & P.G. Liu)、藏氏鸡油菌(*Cantharellus zangii* X.F. Tian et al.)、杏仁形斜盖伞(*Clitopilus amygdaliformis* Zhu L. Yang)、巨孢斜盖伞(*Cli. gigasporus* M. Zang)、蓝黄粉褶蕈(*Entoloma caeruleoflavum* Xiao Lan He & T.H. Li)、云南冬菇(*Flammulina yunnanensis* Z. W. Ge & Zhu L. Yang)、灵芝(*Ganoderma mutabile* Y. Cao & S. H. Yuan)、黄绿枝瑚菌(*Ramaria luteoeruginea* P. Zhang & Zhu L. Yang)、淡紫枝瑚菌(*Ra. pallidolilacina* P. Zhang & Zhu L. Yang)、球根蚁巢伞(*Ter. bulborhizus* T. Z. Wei et al.)、硬毛干蘑(*Xerula strigosa* Zhu L. Yang et al.)等^[42, 52-63];少数来自子囊菌,如思茅虫草(*Cordyceps szemanensis* M. Zang)、短孢地杖菌(*Mitruia brevispora* Zheng Wang)、迪庆羊肚菌(*Morchella deqinensis* Shu H. Li et al.)、梅里羊肚菌(*Mor. meiliensis* Y.C. Zhao et al.)、白毛盾盘菌(*Scutellinia hyalohirsuta* W.Y. Zhuang)等^[57, 64-66]。

同期,湄公河流域真菌资源的研究也取得了卓有成效的成果。据不完全统计,以该流域的标本为模式已描述了1个新属、近50新种,以及若干新记录种,主要为担子菌,如泰国鹅膏(*Am. siamensis* Sanmee et al.)、恶臭硬皮地星(*Astraeus odoratus* Phosri et al.)、泰国胶球菌(*Entonaema siamensis*

Sihan. et al.)、浅黄盖小皮伞(*Marasmius straminiceps* Wannathes et al.)、玫红剥管菌(*Piptoporus roseovinaceus* Choeyklin et al.)、隐匿豆包菌(*Pisolithus abditus* Kanch. et al.)、肉红紫孢腹菌(*Rhodactina incarnata* Zhu L. Yang et al.)、泰国红菇(*Rus. siamensis* Yomyart et al.)等等^[67-74]。

以下是对2000年以后,根据澜沧江-湄公河流域的标本正式发表的部分重要类群所作简要介绍。

4.1 盘菌目

块菌属是一类生长在地下的真菌,隶属于盘菌目块菌科,也是子囊菌中经济价值最高的类群之一。其子囊果具有独特的香味,在欧洲尤其受到人们的喜爱。中国已知17种,75%以上的物种分布于我国西南。凭借西南地区独特的真菌资源优势,块菌已经成为近年来西南地区大宗出口创汇的主要野生食用菌种类^[75]。并且,在澜沧江中上游地区仍有新资源不断被发现。近年来,根据该地区的模式标本先后发表了共计12个块菌新物种^[76-81]:分别是会东块菌(*Tuber huidongense* Y. Wang)、阔孢块菌(*Tu. latissporum* Juan Chen & P.G. Liu)、丽江块菌(*Tu. ligiangensis* L. Fan & J.X. Cao)、小网孢块菌(*Tu. microspiculatum* L. Fan & Yu Li)、小球孢块菌(*Tu. microsphaerosporum* L. Fan & Yu Li)、小孢块菌(*Tu. microsperum* L. Fan & J.Z. Cao)、攀枝花白块菌(*Tu. panzhihuanense* Xiao Juan Deng & Y. Wang)、多孢块菌(*Tu. polyspermum* L. Fan & C.L. Hou)、中华白块菌(*Tu. sinoalbidum* L. Fan & J.Z. Cao)、中华凹陷块菌(*Tu. sinoexcavatum* L. Fan & Yu Li)、脐凹块菌(*Tu. umbilicatum* Juan Chen & P.G. Liu)、中甸块菌(*Tu. zhongdianense* X. Y. He et al.)、以及2个中国新记录种,即凹陷块菌(*Tu. excavatum* Vittad.)和波氏块菌球孢变种(*Tu. borchii* var. *sphaerosperma* Malencon)。

4.2 花耳目特殊类群的研究

花耳目是木材腐朽菌,其担子果生于枯枝、腐木或死树桩上,该目是森林生态系统的重要降解者之一。花耳目中多数种类的子实体呈胶质状,颜色多鲜艳,一般呈鲜黄或桔黄色,担子通常具2小梗。花耳目全球仅1科,9属,共101种^[82]。近年来,杨祝良等发现了花耳目下1个新属,即金舌耳属

2014年2月

(*Dacryoscyphus* R. Kirschner & Zhu L. Yang), 该新属仅包括一个种金舌耳^[43]。该种真菌个体较小, 形如耳朵或舌头, 边缘呈金黄色, 具极短的小柄, 一般生长在杜鹃属枯枝或腐竹上。其质地、色泽与银耳目的种类极其相似, 但孢子体为无性型, 产生有隔、分枝状或佛手状的分生孢子, 目前还没有发现该种真菌的有性型。这个独特的新类群分布于澜沧江中上游海拔3 400~4 100m的暗针叶林, 是西南地区高山的特有属种, 目前仅见于云南省剑川县老君山和四川省乡城。

4.3 木耳目特殊类群的研究

木耳目多数为腐生菌, 生于阔叶树的死树桩、倒木或树枝上, 该目是森林生态系统中重要的功能有机体, 对物质的循环起着重要的作用。木耳目是担子菌中的一个小类群, 仅1科, 全球约21属^[82], 其中木耳属是该科中经济价值较高的一个属, 其中多数种类可食, 木耳、角木耳是东亚地区广泛栽培的食用种类。

在澜沧江上游云南省香格里拉县和玉龙纳西族自治县老君山海拔3 000m以上的竹亚科箭竹属(*Fargesia* sp.)植物的腐竹秆上生长着一种透明至近白色的无性型真菌。该真菌的孢子体与花耳目金舌耳属金舌耳极其相似, 但前者可产生球状或卵状的分生孢子, 而后者则产生佛手状分生孢子。更有意思的是, 对该真菌进行了详细的形态解剖学和分子系统发育学的研究之后, 结果显示该菌与花耳并没有亲缘关系, 而是木耳目的成员。据此描述了木耳目下的一个新属, 即卵碟菌属(*Ovipoculum* Zhu L. Yang & R. Kirschner)和新种卵碟菌^[45]。

值得一提的是, 目前该属仅发现一种, 分布于在澜沧江中、上游地区, 也是西南地区高山的特有属、种, 并且其系统位置较为特殊, 有待进一步深入研究。

4.4 蘑菇目的研究

蘑菇目是人们最熟悉的一类真菌, 同时也是担子菌中一个十分庞大的类群。根据2008版真菌词典的记载, 蘑菇目现存33个科, 共413属, 全球已描述的物种超过13 000种^[82]。该目种类十分丰富, 生活类型极其复杂多样, 如腐生型的种类, 分解林中的动植物残骸, 生于各种基物上, 如枯枝落叶、粪堆

上; 也有共生型的, 这些成员则能与植物形成互惠互利的共生关系, 多生于林中; 还有寄生型的, 生于腐朽的其他真菌的子实体上。蘑菇目不仅是森林生态系统中重要组成部分, 对维护生态系统的平衡具有极其重要的作用, 该目中还有不少优良的食用种类具有较高的营养价值, 如松茸、香菇、双孢蘑菇 [*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach]、洋蘑菇 (*Aga. brunnescens* Peck)、金针菇 [*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer]、糙皮侧耳 [*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.]、草菇 [*Volvariella volvacea* (Bull.) Singer]等著名食用菌在澜沧江流域均有分布。当然, 蘑菇目中也包括了一些臭名昭著的有毒种类, 如鹅膏属、斑褶伞属 [*Panaeolus* (Fr.) Quél.]、裸盖伞属 [*Psilocybe* (Fr.) P. Kumm.]、盔孢伞属 (*Galerina* Earle) 中的不少物种。

同时, 蘑菇目也是澜沧江流域—湄公河流域的最大真菌类群, 代表科属众多, 根据不完全统计, 该地区蘑菇目的物种至少有400余种。

鹅膏属是蘑菇目中的一个世界性分布的大属, 全球描述的物种已超过500种, 除少数种类为腐生型, 多数种类与高等植物形成共生关系^[42]。该属又名毒伞属, 因其多数种类有毒, 并且最严重的蘑菇中毒类型是由鹅膏属的一些种类引起的, 如欧洲的毁灭天使即绿盖鹅膏 [*Am. phalloides* (Fr.: Fr) Link.]、致幻的毒蝇鹅膏 [*Am. muscaria* (L.: Fr.) Lam.]、以及亚洲的致命鹅膏 (*Am. exitialis* Zhu L. Yang & T. H. Li) 都是剧毒鹅膏的典型代表。其实, 该属中一些种类毒性很低或无毒, 是食用历史悠久的美味野生菌, 如欧洲的凯撒鹅膏 [*Am. caesarea* (Scop.) Pers.]、非洲的露西鹅膏 (*Am. loosii* Beeli, 即赞比亚鹅膏 *Am. zambiana* Pegler & Pearce)、亚洲的高大鹅膏 (*Am. princeps* Corner & Bas) 和白条盖鹅膏 (*Am. chepangiana* Tulloss & Bhandary)。澜沧江流域的鹅膏属物种十分丰富, 其中以该地区的标本为模式已描述了13个新种^[42], 如灰褶鹅膏 (*Am. griseofolia* Zhu L. Yang)、李逵鹅膏等。同时, 随着研究的不断深入, 新物种仍然不时被发现。如剧毒种类淡红鹅膏 (*Am. pallidrosea* Ping Zhang & Zhu L. Yang) 是2010年发表的新种, 模式标本采自重庆, 华北、华南均有分布^[83]。在野外考察时, 我们发现云南

省怒江州也有分布。另外,笔者未发表的数据表明,一些形态特征十分相似的鹅膏复合群在分子系统发育树上位于多个完全不同系统分枝上,这些不同的分枝显然代表着未描述的新物种,在澜沧江流域未描述的鹅膏属新物种至少还有20个以上。

白环蘑属(*Leucoagaricus* Locq. ex Singer)隶属于蘑菇科,该属的多数种类分布于北温带,如北美和欧洲,人们对热带地区该属的真菌资源状况知之甚少。梁俊峰等^[84]对白环蘑属的真菌资源进行调查时,在澜沧江下游热带地区西双版纳发现了2个不同寻常的新分类单元,即变绿白环蘑(*Leu. flavovirens* J.F. Liang et al.)和变蓝白环蘑(*Leu. atroazureus* J.F. Liang et al.),其菌柄受伤后可变成蓝绿色或深蓝色。

大环柄菇属(*Macrolepiota* Singer)隶属于蘑菇科,已描述的物种全球约有30个。在中国该属成员鲜有报道,仅发现了4种。近几年来,先后在我国发现了该属的3个新种^[85, 86],即东方裂皮大环柄菇(*Ma. orientiexcoriata* Z.W. Ge et al.)、具托大环柄菇(*Ma. velosa* Vellinga & Zhu L. Yang)和脱鳞大环柄菇(*Ma. detersa* Z.W. Ge et al.),前者分布于澜沧江上游大香格里拉地区如四川省乡城县,后两个种见于澜沧江下游热带地区,如西双版纳。

环柄菇属(*Lepiota* (Pers.) Gray)也是蘑菇科中的成员,多数为腐生类群,最近在澜沧江流域发现了4个新种,分布于澜沧江流域亚高山地区至下游的热带雨林^[87-89]。在湄公河上游泰国北部也发现了2个新种和11个新记录^[90]。

沟褶菌(*Trogia* Fr.)则是小皮伞科中的一个颇有争议的属,不同的作者承认的物种数目差距较大,从3种至90种不等。该属在澜沧江流域分布2种:其中,沟褶菌(*Tro. infundibuliformis* Berk. & Broome)的模式标本产于东南亚,在中国该种仅见于海南省及澜沧江下游地区云南省西双版纳、瑞丽市盈江县等地热带雨林中,居群数量较小;而毒沟褶菌(*Tro. venenata* Zhu L. Yang et al.)是2012年刚发表的一个新种^[91],分布于澜沧江中上游大部分地区海拔2 000~2 900m,如大理、丽江、保山、楚雄等,生长在在倒木或腐木。在云南地区俗称小白菌、指甲菌、蝴蝶菌、鸡冠菌等。该菌的子实体近白色,半

圆形至扇形、花瓣状。雨水充沛时,该菌生长十分茂盛,远看宛如盛开的白色花朵。毒沟褶菌在云南省各地可能引起过数百起不明原因的猝死,其有毒成分是游离的非蛋白质氨基酸。该菌在云南资源蕴藏量较丰富,是澜沧江流域常见的类群,因其有毒,应加强对该菌的宣传,防范当地人误食引起中毒事件的发生。

玫耳属(*Rhodotus* Maire)原是一个单种属,自发表以来其系统位置不定,曾先后被置于鹅膏科(Amanitaceae)、白蘑科(Tricholomaceae)、粉褶蕈科(Entolomaceae),甚至还成立了新科(玫耳科Rhodotaceae)^[82]。直到近年来,随着分子系统研究的不断深入,才明确该属是珊瑚菌科(Physalacriaceae)的成员^[82]。该属自成立80余年来,仅发表了玫耳[*Rho. palmatus*(Bull. : Fr.)Maire]一个物种。其模式标本产自欧洲,该种广泛分布于欧洲、北美以及东亚^[92, 93]。玫耳富含多糖类成分^[94],具有较好的抗真菌作用^[95]。在近年来的野外考察过程中,笔者在澜沧江中下游地区,即云南的热带和亚热带地区,采集到了玫耳属的一些标本。采用形态解剖学和分子系统分析相结合的方法,我们比较了云南的材料和欧洲的玫耳之后,发现尽管云南居群与温带的玫耳在外部形态特征十分相似,但是云南居群却代表了一个新的分类单元,即糙孢玫耳(*Rho. asperior* L.P. Tang et al.)^[96]。该种与玫耳的分布区截然不同,目前该新种仅分布于我国西南热带及亚热带地区,并且两者的显微特征也有所不同:新种的孢子较小,呈椭圆形至亚球形,孢子表面的刺突较长而密;囊状体较长,而壁稍加厚。而已知种的孢子较大,以球形多见,纹饰短而疏;囊状体较短,胞壁较薄。

以上发现的新类群主要分布在澜沧江流域,近年在湄公河流域的上游泰国北部地区,也发现了一些蘑菇目的新类群,包括香菇属中3个新种和1个新记录种^[97, 98]以及小奥德蘑属中4个新记录种^[99];裸盖伞属[*Pisilocybe* (Fr.) P. Kumm.]是蘑菇目一类有毒蘑菇,具有致幻作用,最近报道了4个受伤后变蓝的独特新种^[100]。

4.5 红菇目真菌的研究

红菇目是担子菌中较为独特的进化支系,尽管与蘑菇目的类群相似,但二者并无亲缘关系。根据

2014年2月

2008版真菌词典的记载,该目含12科,80属,全球共1767种^[82]。

红菇目中多数种类能与高等植物形成共生关系。菌根菌能扩大植物根系的吸收面积和吸收范围,增强宿主植物对营养成分的吸收与利用,合成植物激素协调共生双方的生长,有利于提高宿主植物的抗病和抗逆能力。因此,菌根菌是森林生态系统中的重要成员,其多样性对保持森林中植物多样性、维护生态系统的稳定及生产率方面具有重要作用。另外,红菇目中不少种类也是常见野生食用菌,如变绿红菇[*Russula virescens* (Schaeff.) Fr.]、灰肉红菇(*Rus. griseocarnosa* X.H. Wang et al.)、红汁乳菇[*Lac. hatsudake* Nobuj. Tanaka]、松乳菇[*Lac. deliciosus* (L.) Gray]、辣味乳菇[*Lac. piperatus* (L.) Pers.]、多汁乳菇[*Lac. volemus* (Fr.) Fr.]等。

红菇目是澜沧江流域—湄公河流域的第二大真菌类群,其中红菇科(Russulaceae)的成员最为丰富。其中尤为引人注目的是一种当地人称为“大红菌”的伞菌,该菌色泽红艳,味道鲜美,广泛分布于澜沧江下游和湄公河上游的热带地区,深受人们青睐。但是长期以来,该菌一直被误定为“正红菇(*Rus. vinosa* Lindblad)”或红菇属其他物种。通过形态解剖学及分子系统学的研究,发现该菌并不是正红菇,而是红菇属的一个新物种—灰肉红菇(*Rus. griseocarnosa* X.H. Wang et al., 见图1i)^[101]。

乳菇属(*Lactarius* Pers.)是红菇科中一个大属,全球约500余种,主要分布温带地区,少数见于热带。所有种均为外生菌根真菌,与杨柳科、壳斗科、桦木科、松科等树种形成外生菌根。该属的经济价值较高,许多种类质地脆嫩,味道鲜美是重要的野生食用菌。

在澜沧江流域,乳菇属物种极其丰富,至少分布了95个分类群(含变种)^[102]。根据澜沧江流域的标本,目前已正式发表了5个新物种,即翘鳞乳菇(*Lac. imbricatus* M.X. Zhou & H. A. Wen)、长毛乳菇(*Lac. longivelutinus* X. H. Wang & Verbeken)、赭汁乳菇(*Lac. ochrogalactus* M. Hashiya)、拟黄柄乳菇(*Lac. pseudoluteopus* X. H. Wang & Verbeken)、薄囊体乳菇(*Lac. tenuicystidiatus* X. H. Wang & Verbeken)^[103-105]以及22个新记录种,待描述的新分

类群至少还有30余个^[102]。

叉褶菇属(*Multifurca* Buyck & V. Hofst.)是红菇科中新成立的一个小属,该属种类极少,全球仅描述了5个种。最近,在澜沧江下游地区云南省西双版纳、思茅等首次发现了该属及属下两个物种叉褶菇[*Mul. furcata* (Coker) Buyck & V. Hofst.]和环状叉褶菇[*Mul. zonaria* (Buyck & Desjardin) Buyck & V. Hofst.]^[106],在中国这是首次发现该属的分布。

在湄公河流域,乳菇属也是一个倍受关注的类群,新物种和新记录种不断被报道^[102, 107],如厚盖乳菇(*Lac. crassiusculus* H.T. Le & Stubbe)、熏衣草色乳菇(*Lac. lavandulus* H.T. Le & Stubbe)、脆乳菇(*Lac. friabilis* H.T. Le & Stubbe)、亚变红乳菇清迈变种(*Lac. subplinthogalus* var. *chiangmaiensis* H.T. Le & Stubbe)。虽然欧姆斯乳菇(*Lac. oomsisiensis* Verbeken & Halling)和蒙氏乳菇(*Lac. montoyae* Das K. & Sharma J.R.)的模式标本产自新几内亚,近年报道了这两个种在澜沧流域中下游和湄公河上游地区均有分布。

4.6 牛肝菌目真菌的研究

牛肝菌目是森林中十分常见的类群,多数成员与高等植物形成共生关系,是森林生态系统中的重要成分。同时,牛肝菌类也是经济价值极高的一个类群,许多种类是优良的野生食用菌,我国已知的可食用牛肝菌种类达100余种,如美味牛肝菌(*Bo. edulis* Bull. s.l.)、茶褐牛肝菌(*Bo. brunneissimus* W. F. Chiu)、远东疣柄牛肝菌[*Leccinum extremiorientale* (Lar.N. Vassiljeva) Singer]等^[108]。一些牛肝菌还有药用价值,可以治疗腰腿酸痛、手足麻木、神经性皮炎、大骨节病等,部分种类还具有抗肿瘤活性^[109-111]。

在澜沧江流域—湄公河流域,牛肝菌目真菌极其丰富,是该地区的三大真菌类群之一(蘑菇目、红菇目和牛肝菌目)。其中有关牛肝菌科的研究成果最为丰硕,近年来,根据该区域的标本已正式发表了1新属和30多个新物种。

粉孢牛肝菌通常指具有粉色子实层的一类牛肝菌。李艳春等^[112]对该类群进行了系统地研究,发现该复合群不是一个单系类群,实际上包括了多个属的成员,并把其中一个类群作为牛肝菌科下的一

个新属提出,即臧氏牛肝菌属(*Zangia* Yan C. Li & Zhu L. Yang)及属下6个新种:即橙黄臧氏牛肝菌(*Zan. citrina* Yan C. Li & Zhu L. Yang)、变蓝臧氏牛肝菌[*Zan. chlorinosma* (Wolfe & Bougher) Yan C. Li & Zhu L. Yang]、血红臧氏牛肝菌(*Zan. erythrocephala* Yan C. Li & Zhu L. Yang)、红褐臧氏牛肝菌(*Zan. olivaceobrunnea* Yan C. Li & Zhu L. Yang)、橄榄臧氏牛肝菌(*Zan. olivacea* Yan C. Li & Zhu L. Yang)和臧氏牛肝菌(*Zan. rosella* Yan C. Li & Zhu L. Yang)。

色钉菇属[*Chroogomphus* (Singer) O.K. Mill.]则是牛肝菌目铆钉菇科中的类群,它们不仅是森林生态系统中的重要成员,有些种类则是美味的食用菌。该属也是为数不多的具有菌褶的牛肝菌类群,在牛肝菌目中显得较为特别,过去我国仅记载了两种。近年的研究显示了该属在西南有着较丰富的资源,发现了4个新种,2个新记录种,还提出了一个新组合^[46],即易混色钉菇、细鳞色钉菇(*Chroo. filiformis* Yan C. Li & Zhu L. Yang)、东方色钉菇(*Chroo. orientirutilus* Yan C. Li & Zhu L. Yang)、瑰色色钉菇(*Chroo. roseolus* Yan C. Li & Zhu L. Yang);而拟绒盖色钉菇(*Chroo. pseudotomentosus* O.K. Mill. & Aime)和灰紫色钉菇[*Chroo. purpurascens* (Lj.N. Vassiljeva) M.M. Nazarova]在中国首次发现其发布;还有新组合[*Chroo. albipes* (Zeller) Yan C. Li & Zhu L. Yang]。色钉菇属真菌与宿主植物在协同演化过程中专一性逐渐加强,但是具有明显亲缘关系的色钉菇属真菌在松属中两个亚属间曾发生过多次宿主转换。

褶孔牛肝菌属(*Phylloporus* Quél.)在牛肝菌科中较为特殊,因子实层呈菌褶状,而非孔状,明显有别于牛肝菌科中其他属成员,该属真菌主要分布于热带和亚热带地区。褶孔牛肝菌属中真菌绝大多数种是专性菌根菌,能与松科、壳斗科、龙脑香科等植物形成共生互惠的外生菌根关系,对森林保育等方面具有重要意义。同时,该属中许多种类也是澜沧江流域重要的野生食用菌资源,因其菌肉鲜黄,味美可食,在云南地区俗称“荞面粑粑菌”,夏秋时节在农贸市场较常见,但产量较小。我国对褶孔牛肝菌属的研究较少,散见于各种专业期刊和地区性

真菌志书,过去曾报道过13种1变种。最新的研究结果则认为,在我国分布的多数褶孔牛肝菌为未描述的新物种,可接受的分类单元仅有4个,并提出了7个新物种和1个中国新记录种^[113],即褐盖褶孔牛肝菌(*Phy. brunneiceps* N.K. Zeng et al.)、翘鳞褶孔牛肝菌(*Phy. imbricatus* N.K. Zeng et al.,见图1f)、斑盖褶孔牛肝菌(*Phy. maculatus* N.K. Zeng et al.)、厚囊褶孔牛肝菌(*Phy. pachycystidiatus* N.K. Zeng et al.)、近红盖褶孔牛肝菌(*Phy. rubeolus* N.K. Zeng et al.)、红鳞褶孔牛肝菌(*Phy. rubrosquamosus* N.K. Zeng et al.)、云南褶孔牛肝菌(*Phy. yunnanensis* N.K. Zeng et al.)及变红褶孔牛肝菌(*Phy. rufescens* Corner)。值得一提的是,这7个新种的模式标本均采自澜沧江中下游流域。同时,文中也指出,由于有的标本质量不佳或数量太少,该属还有一些新物种未正式提出,澜沧江流域丰富的牛肝菌资源由此可见一斑。

罗氏腹菌属(*Rossbeevera* T. Lebel & Orihara)是牛肝菌科中2012年刚成立的一个新属,共9种,该属生于地下,子实体均呈灰菇包型,即子实体腹菌化。中国分布2种,其中一个种的模式标本产自云南楚雄^[114]。另外一个灰菇包型的牛肝菌类—变紫奥腹菌(*Octaviania violascens* Choeyklin et al.)则发现于湄公河上游的泰国北部地区^[115]。

其余零星发现的牛肝菌科新物种,如分布于澜沧江中游地区的蔚青华牛肝菌(*Sinoboletus wangii* M. Zang et al.)^[116]和刺鳞松塔牛肝菌(*Stro. echinocephalus* Gelardi & Vizzini)^[117]。最新的分子系统发育研究结果再次揭示了澜沧江流域牛肝菌类丰富的物种多样性,探测到了15个新的系统发育种^[118]。

4.7 外担菌目

外担菌目是一类植物病原菌,浸染植物的茎、叶、芽等部位,引起病斑,尤其在杜鹃科植株上较常见。外担菌与寄主植物的专一性非常强,在澜沧江流域杜鹃科植物十分常见,种类繁多,相应地外担菌种类真菌的物种多样性也比较高。目前,在该地区先后已发现了8个新物种^[119-122],即紫蓝杜鹃外担菌(*Exo. rhododendri-russati* Z. Y. Li & L. Guo)、雪白杜鹃外担菌(*Exo. rhododendri-nivalis* Z. Y. Li & L. Guo)和德钦外担菌(*Exo. degenense* Zhen Ying Li & L. Guo)分布于澜沧江上游高寒山区(海拔多在4

2014年2月

000m以上),主要寄生植物为杜鹃属。而小果珍珠花外担菌(*Exo. ovalifoliae* Z. Y. Li & L. Guo)、昆明外担菌(*Exo. kunmingense* Z. Y. Li & L. Guo)、鹿蹄草叶白珠外担菌(*Exo. pyrolloides* ZhenYing Li & L. Guo)、腾冲外担菌(*Exo. tengchongense* Z.Y. Li & L. Guo)、和云南外担菌(*Exo. yunnanense* Z.Y. Li & L. Guo)则见于澜沧江中下游的保山、昆明等地,寄主植物主要是杜鹃科的植物白珠属小果珍珠花、小果珍珠花变种、鹿蹄草叶白珠以及马醉木属美丽马醉木等,也有茶科植物茶。

4.8 多孔菌目

多孔菌目是担子菌门中庞大而复杂的类群,多数生于腐木上,少数生于腐殖质土壤上,极少数属寄生类型。本目在维护森林生态系统稳定方面起到了极其重要的作用,同时一些种类还是重要的药用真菌和食用真菌的资源,但是有些种类也是森林和经济林木的重要病原菌,常常造成了林木种植的重大经济损失。

绣球菌属(*Sparassis* Fr.)是多孔菌目中较为特别的类群,全球共17种,主要分于温带森林。其子实体肉质,瓣片状,形如巨大的绣球,多生于林下肥沃的腐质土上或各种朽木上。该属的多数种类质地脆嫩可食,味道较好,是近年开发的优良食用菌种类,同时还有一定的药用价值。美中不足的是,该属的资源蕴藏量比较稀少。广叶绣球菌(*Spa. latifolia* Y.C. Dai & Zheng Wang)是近年发表的一个新种,其模式标本产于我国东北^[123],野外调查时发现该种在澜沧江上游和中游地区分布广泛,如四川省稻城、云南省迪庆、丽江、大理等。最近在澜沧江中、下游地区又发现了绣球菌属的2个分类单位,即亚高山绣球菌(*Spa. subalpina* Q. Zhao et al.)和囊状体绣球菌宽瓣变型(*Spa. cystidiosa* f. *flabelliformis* Q. Zhao et al.)^[124]。

5 结论与讨论

澜沧江—湄公河流域广阔,气候类型多样,地形地貌复杂,孕育了极其丰富的真菌资源。在过去的10余年中,在该流域仅大型真菌就发现了150余个新物种,涉及子囊菌和担子菌中的盘菌目、花耳目、木耳目、蘑菇目、红菇目、牛肝菌目、外担菌目、多孔菌目等具有较高经济价值的重要类群。应该

指出的是,以上的研究内容仅涉及了大型真菌的部分类群,但是目前的研究成果却足以显示澜沧江—湄公河流域拥有极其丰富的物种多样性。大量新物种的发现进一步证实了对该区域真菌资源的认识还远远不够深入。同时,在本文中提到的多个类群中,有些物种的形态特征与已知种十分相似,并且一直被当作已知种,但是深入系统的研究却显示它们是完全不同的物种。因此,在将来的研究中,应用分子系统发育和形态解剖相结合的综合方法对一些重点类群开展深入的研究是十分必要的,只有这样才能全面、客观地揭示澜沧江—湄公河流域真菌资源的多样性,真正了解该区域的资源现状,才能真正为保护和有效合理的利用该区域丰富的真菌资源提供有价值的本底数据。

致谢:感谢海南医学院曾念开博士对本文的修改与润色及提供部分图片。

参考文献(References):

- [1] Liu S, Liu P, Liu D, et al. Pinpointing source of Mekong and measuring its length through analysis of satellite imagery and field investigations[J]. *Geo-Spatial Information Science*, 2007, 10 (1): 51-56.
- [2] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities[J]. *Nature*, 2000, 403 (6772): 853-858.
- [3] Patouillard N. Quelques champignons de la chine récoltés par M. l'abbé Delavay[J]. *Rev Mycol*, 1890, 12: 135-136.
- [4] Patouillard N. Quelques champignons du Thibet[J]. *Journ Bot (Morot)*, 1893, 7: 343-344.
- [5] Patouillard N. Énumération des champignons récoltés par les RR. PP. Farges et Soulié, dans le Thibet oriental et Su-tchuen[J]. *Bull Soc Mycol France*, 1895, 11: 196-199.
- [6] Handel-Mazzetti H. *Symbolae Sinicae*[M]. Vienna: Julius Springer, 1937.
- [7] Singer R. Supplemente zu meiner Monographie der Gattung Russula[J]. *Ann Mycol*, 1935, 33: 297-352.
- [8] Tai F L. Studies on the Geoglossaceae of Yunnan[J]. *Llyodia*, 1944, 7: 145-157.
- [9] Chiu W F. The Russulaceae of Yunnan[J]. *Llyodia*, 1945, 8: 172-200.
- [10] Chiu W F. The Amanitaceae of Yunnan[J]. *Sci Rept Natl Tsing*

- Hua Univ Ser B, Biol & Psychol Sci*, 1948, 3(3): 165-178.
- [11] Chiu W F. The boletes of Yunnan[J]. *Mycologia*, 1948, 40(2): 199-231.
- [12] 臧穆, 黎兴江. 云南真菌学与苔藓植物学研究百年记-回顾与展望[J]. 云南植物研究, 2008, (3): 382-386.
- [13] Balfour-Browne F L. Some Himalayan fungi[J]. *Bull Brit Mus (Nat Hist) Bot*, 1955, 1(7): 187-218.
- [14] 王云章, 臧穆, 马启明, 等. 西藏真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [15] 哀牢山自然保护区综合考察团. 哀牢山自然保护区综合考察报告集[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1988.
- [16] 应建浙, 文华安, 宗毓臣, 等. 川西地区大型经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [17] 应建浙, 臧穆, 宗毓臣, 等. 西南地区大型经济真菌[M]. 北京: 科学出版, 1994.
- [18] 邓叔群. 中国的真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [19] 戴芳澜. 中国真菌总汇[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [20] 卯晓岚, 蒋长坪, 欧珠次旺. 西藏大型经济真菌[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993.
- [21] 戴贤才, 李泰辉. 四川省甘孜州菌类志[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [22] 袁明生, 孙佩琼. 四川草菌[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1995.
- [23] 臧穆, 李滨, 郝建勋. 横断山区真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [24] Rostrup E. Fungi[A]. Schmidt J. Flora of Koh Chang. Contribution to the knowledge of the vegetation in the Gulf of Siam, Part 6.[M]. Copenhagen : B. Luno, 1902.
- [25] Massee G. Fungi. Agaricinea[A]. Schmidt J. Flora of Koh Chang. Contribution to the knowledge of the vegetation in the Gulf of Siam [M]. Copenhagen : B. Luno, 1902.
- [26] Carrol G. Pyrenomycetes[J]. *Dansk Bot. Arkiv*, 1963, 23: 101-114.
- [27] Dissing H. Discomycetes and gasteromycetes[J]. *Dansk Bot Arkiv*, 1963, 23: 115-130.
- [28] Phanichapol D. Check-list of fungi in the forest Herbarium[J]. *Nat Hist Bull Siam Soc*, 1968, 22: 263-269.
- [29] Cansirikul A. Mushrooms in Thailand[M]. Bangkok: Thai Watanaphanich, 1977.
- [30] Chandrasrikul A, Saifa Y, Panichpol D. The Amanitas of Thailand [C]. Tokyo: Third International Mycological Congress, 1983.
- [31] Chandrasrikul A, Pohgern K, Ratanaprapa D. Notes on Thai Lepiotas[C]. Bangkok: 5th International Congress of Culture Collection, 1984.
- [32] Chandrasrikul A, Visessung A, Chravong V. Medicine Fungi in Thailand[C]. Bangkok: 16th Annual Conference on Agricultural and Biological Science, 1978.
- [33] Chandrasrikul A, Chubumrung V, Loswodi S. Some Poisonous Mushrooms of Thailand[C]. Bangkok: 16th Annual Conference on Agricultural and Biological Science, 1978.
- [34] Kiet T T. Preliminary checklist of macrofungi of Vietnam[J]. *Feddes Reportorium*, 1998, 109(3-4): 257-277.
- [35] Thaung M M. A preliminary survey of macromycocetes in Burma [J]. *Australasian mycologist*, 2007, 26(1): 16-36.
- [36] Patouillard N. Herborizations Mycologiques au Cambodge[J]. *Bulletin de la Società Mycologique de France*, 1923, 39: 46-58.
- [37] Lumyong S, Sanmee R, Lumyong P, et al. Mycoamaranthus cambodgensis comb. nov., a widely distributed sequestrate basidiomycete from Australia and southeastern Asia[J]. *Mycol Progr*, 2003, 2(4): 323-325.
- [38] 王云章, 庄剑云. 中国真菌志·第十卷·锈菌目(一)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [39] 郭林. 中国真菌志·第十二卷·黑粉菌科[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [40] 郭林. 中国真菌志·第三十九卷·腥黑粉菌目、条黑粉菌目及相关真菌[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [41] 卯晓岚. 中国草菌[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [42] 杨祝良. 中国真菌志·27卷·鹅膏科[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [43] Kirschner R, Yang Z L. Dacryosecyphus chrysoschilus, a new staurosporous anamorph with cupulate conidiomata from China and with affinities to the Dacrymycetales (Basidiomycota) [J]. *Antonie van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*, 2005, 87(4): 329-337.
- [44] 周茂新, 文华安. 中国乳菇属的研究Ⅲ一个采自西藏的新种[J]. 菌物学报, 2007, 26(1): 1-3.
- [45] Kirschner R, Yang Z L, Zhao Q, et al. Ovipoculum album, a new anamorph with gelatinous cupulate bulbilliferous conidiomata with affinities to the Auriculariales (Basidiomycota) [J]. *Fungal Divers*, 2010, 43(1): 55-65.
- [46] Li Y C, Yang Z L, Tolgor B. Phylogenetic and biogeographic relationships of Chroogomphus species as inferred from molecular and morphological data[J]. *Fungal Divers*, 2009, 38: 85-104.
- [47] 彼特逊 RH, 臧穆. 妙趣横生的滇产珊瑚菌类及其新种[J]. 云南植物研究, 1986, 8(3): 281-294.
- [48] Wu SH, Zang M. Cryptoporus sinensis sp. nov., a new polypore found in China[J]. *Mycotaxon*, 2000, 74(2): 415-422.
- [49] 葛再伟, 杨祝良. 松塔牛肝菌属中国一新记录种-黄沙松塔牛肝菌[J]. 菌物学报, 2005, 24(1): 134-144.
- [50] 臧穆. 云南鸡枞菌属的分类与分布的研究[J]. 云南植物研究, 1981, 3(3): 367-374.
- [51] 杨祝良, 帅建国. 云南西双版纳的几种鸡枞菌[J]. 食用菌, 1990, 12(6): 1.
- [52] Yang Z L, Matheny P B, Ge Z W, et al. New Asian species of the genus Anamika (euagarics, hebelomatoid clade) based on

2014年2月

- morphology and ribosomal DNA sequences[J]. *Mycol Res*, 2005, 109(11):1259–1267.
- [53] Yang Z L, Weiss M, Oberwinkler F. New species of *Amanita* from eastern Himalaya and adjacent regions[J]. *Mycologia*, 2004, 96(3):636–646.
- [54] Zheng H D, Liu P G. Additions to our knowledge of the genus *Albatrellus* (Basidiomycota) in China[J]. *Fungal Divers*, 2008, 32:157–170.
- [55] Tian X F, Buyck B, Shao S C, *et al.* *Cantharella zangii*, a new subalpine basidiomycete from southwestern China[J]. *Mycotaxon*, 2012, 120(1):99–103.
- [56] Yang Z L. *Clitopilus amygdaliformis*, a new species from tropical China[J]. *Mycotaxon*, 2007, 100:241–246.
- [57] 臧穆. 我国热带真菌两新种[J]. 云南植物研究, 2001, 23(3):295–297.
- [58] He X L, Li T H, Jiang Z D, *et al.* Four new species of *Entoloma* s.l. (Agaricales) from southern China[J]. *Mycol Progr*, 2012, 11(4):915–925.
- [59] Ge Z W, Yang Z L, Zhang P, *et al.* *Flammulina* species from China inferred by morphological and molecular data[J]. *Fungal Divers*, 2008, 32:59–68.
- [60] Cao Y, Yuan H S. *Ganoderma mutabile* sp. nov. from southwestern China based on morphological and molecular data[J]. *Mycol Res*, 2013, 12(1):121–126.
- [61] Zhang P, Yang Z L, Ge Z W. Two new species of *Ramaria* from southwestern China[J]. *Mycotaxon*, 2005, 94:235–240.
- [62] Wei T Z, Yao Y J, Wang B, *et al.* *Termitomyces bulborrhizus* sp. nov. from China, with a key to allied species[J]. *Mycol Res*, 2004, 108(12):1458–1462.
- [63] 王岚, 杨祝良, 张丽芳, 等. 狭义干蘑属(蘑菇目)概要及新的系统学处理[J]. 云南植物研究, 2008, 30(6):631–644.
- [64] Wang Z, Binder M, Hibbett D S. Life history and systematics of the aquatic discomycete *Mitula* (Helotiales, Ascomycota) based on cultural, morphological, and molecular studies[J]. *American Journal of Botany*, 2005, 92(9):1565–1574.
- [65] Li S H, Zhao Y C, Chai H M, *et al.* Two new species in the genus *Morchella* (Pezizales, Morchellaceae) from China[J]. *Mycotaxon*, 2005, 95:319–322.
- [66] Zhuang W Y, Yang Z L. Some pezizalean fungi from alpine areas of southwestern China[J]. *Mycol Monten*, 2008, 10:235–249.
- [67] Sanmee R, Yang Z L, Lumyong P, *et al.* *Amanita siamensis*, a new species of *Amanita* from Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2003, 88:225–228.
- [68] Phosri C, Watling R, Martin M P, *et al.* The genus *Astraeus* in Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2004, 89(2):453–464.
- [69] Sihanonth P, Thienhirun S, Whalley AJS. *Entonaema* in Thailand [J]. *Mycol Res*, 1998, 102(4):458–460.
- [70] Wannathes N, Desjardin D E, Lumyong S. Mating studies, new species, and new reports of *Marasmius* from northern Thailand[J]. *Mycol Res*, 2007, 111(8):985–996.
- [71] Choeyklin R, Hattori T, Jaritkuan S, *et al.* Bambusicolous polypores collected in central Thailand[J]. *Fungal Divers*, 2009, 36:121–128.
- [72] Kanchanaprayudh J, Zhou Z, Yomyart S, *et al.* A new species, *Pisolithus abditus*, an ectomycorrhizal fungus associated with *Dipterocarps* in Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2003, 88:463–467.
- [73] Yang Z L, Trappe J M, Binder M, *et al.* The sequestrate genus *Rhodactina* (Basidiomycota, Boletales) in northern Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2006, 96:133–140.
- [74] Yomyart S, Piapukiew J, Watling R, *et al.* *Russula siamensis*: A new species of annulate *Russula* from Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2006, 95:247–254.
- [75] 陈娟, 邓晓娟, 陈吉岳, 等. 中国块菌属多样性[J]. 菌物研究, 2011, 9(4):244–254.
- [76] He X Y, Li H M, Wang Y. *Tuber zhondianense* sp. nov. from China [J]. *Mycotaxon*, 2004, 90:213–216.
- [77] Fan L, Cao J Z, Liu Y Y, *et al.* Two new species of *Tuber* from China[J]. *Mycotaxon*, 2011, 116(1):349–354.
- [78] Fan L, Hou C L, Cao J Z. *Tuber sinoalbidum* and *T. polyspermum*—new species from China[J]. *Mycotaxon*, 2011, 118(1):403–410.
- [79] Fan L, Cao J Z, Li Y, *et al.* *Tuber microsphaerosporum* and *Paradoxa sinensis* spp. nov.[J]. *Mycotaxon*, 2012, 120(1):471–475.
- [80] Fan L, Cao J Z, Zheng Z H, *et al.* *Tuber* in China: *T. microspermum* and *T. microspiculatum* spp. nov.[J]. *Mycotaxon*, 2012, 119(1):391–395.
- [81] Deng X J, Liu P G, Liu C Y, *et al.* A new white truffle species, *Tuber panzhihuanense* from China[J]. *Mycol Progr*, 2012, 12(3):557–561.
- [82] Kirk P M, Cannon P F, Minter D W, *et al.* Dictionary of the Fungi (10th Edition)[M]. Trowbridge: Cromwell Press, 2008.
- [83] Zhang P, Chen Z H, Xiao B, *et al.* Lethal amanitas of East Asia characterized by morphological and molecular data[J]. *Fungal Divers*, 2010, 42(1):119–133.
- [84] Liang J F, Yang Z L, Xu J, *et al.* Two new unusual *Leucoagaricus* species (Agaricaceae) from tropical China with blue–green staining reactions[J]. *Mycologia*, 2010, 102(5):1141–1152.
- [85] Vellinga E C, Yang Z L. *Volvolepiota* and *Macrolepiota*—*Macrolepiota velosa*, a new species from China[J]. *Mycotaxon*, 2003, 85:183–186.
- [86] Ge Z W, Yang Z L, Vellinga E C. The genus *Macrolepiota* (Agaricaceae, Basidiomycota) in China[J]. *Fungal Divers*, 2010, 45(1):81–98.

- [87] Wang H C, Yang Z L. A new species of *Lepiota* (Agaricaceae, Basidiomycetes) from China[J]. *Mycotaxon*, 2005, 94: 51–54.
- [88] Liang J F, Yang Z L. Two new taxa to *Lepiota cristata* from China [J]. *Mycotaxon*, 2011, 116(1): 387–394.
- [89] Liang J F, Yang Z L. A new species of *Lepiota* (Agaricaceae) from southwestern China[J]. *Mycotaxon*, 2011, 117(1): 359–363.
- [90] Sysouphanthong P, Hyde K D, Chukeatirote E, et al. *Lepiota* (Agaricales) in northern Thailand – 1 L. section *Stenospora*[J]. *Mycotaxon*, 2011, 117: 53–85.
- [91] Yang Z L, Li Y C, Tang L P, et al. *Trogia venenata* (Agaricales), a novel poisonous species which has caused hundreds of deaths in southwestern China[J]. *Mycol Progr*, 2012, 11(4): 937–945.
- [92] 何显. 白蘑科一新种和一新记录种[J]. 真菌学报, 1992, 11(1): 18–22.
- [93] 王柏, 张明杰. 网盖粉菇属新记录种[J]. 微生物学通报, 1992, 19(2): 10–10.
- [94] 孙仓, 常骥, 常桂英. 掌状玫耳多糖的提取与组成分析[J]. 食用菌学报, 1998, 17(5): 40–41.
- [95] Suay I, Arenal F, Asensio F J, et al. Screening of basidiomycetes for antimicrobial activities[J]. *Antonie van Leeuwenhoek*, 2000, 78(2): 129–139.
- [96] Tang L P, Hao Y J, Cai Q, et al. Morphological and molecular evidence for a new species of *Rhodotus* from tropical and subtropical Yunnan, China[J]. *Mycol Progr*, 2013, DOI: 10.1007/s11557-013-0890-x
- [97] Karunarathna S C, Yang Z L, Raspé O, et al. *Lentinus giganteus* revisited: New collections from Sri Lanka and Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2011, 118(1): 57–71.
- [98] Karunarathna S C, Yang Z L, Zhao R L, et al. Three new species of *Lentinus* from northern Thailand[J]. *Mycol Progr*, 2012, DOI 10.1007/s11557-010-0701-6.
- [99] Liu J K, Zhao R L, Hyde K. Four species of *Oudemansiella* and *Xerula* newly recorded from Thailand[J]. *Cryptogamie Mycologie*, 2009, 30(4): 341–353.
- [100] Guzmán G, Guilién F R, Hyde K, et al. *Psilocybe* s. s. in Thailand: Four new species and a review of previously recorded species[J]. *Mycotaxon*, 2012, 119(1): 65–81.
- [101] Wang X H, Yang Z L, Li Y C, et al. *Russula griseocarnosa* sp. nov. (Russulaceae, Russulales), a commercially important edible mushroom in tropical China: mycorrhiza, phylogenetic position, and taxonomy[J]. *Nova Hedwigia*, 2009, 88(1–2): 269–282.
- [102] 王向华. 中国西南的乳菇属: 分类、个体发育与区系地理[D]. 昆明: 中科院昆明植物所, 2008.
- [103] Wang X H, Hashiya M, Verbeken A. *Lactarius ochrogalactus*, a new species of the genus *Lactarius* (Russulaceae, Russulales) with yellowish–brown latex[J]. *Mycoscience*, 2006, 47(4): 232–234.
- [104] Wang X H, Verbeken A. Three new species of *Lactarius* subgenus *Lactiflui* (Russulaceae, Russulales) in southwestern China[J]. *Nova Hedwigia*, 2006, 83(1–2): 167–176.
- [105] 周茂新, 文华安. 中国乳菇属的研究 III 一个采自西藏的新种[J]. 菌物学报, 2007, 26(1): 1–3.
- [106] Wang X H, Liu P G. *Multifurca* (Russulales) a genus new to China[J]. *Cryptogamie Mycologie*, 2010, 31(1): 9–16.
- [107] Le H T, Stubbe D, Verbeken A, et al. *Lactarius* in Northern Thailand: 2. *Lactarius* subgenus *Plinthogali*[J]. *Fungal Divers*, 2007, 27(1): 61–94.
- [108] 李泰辉, 宋斌. 中国食用牛肝菌的种类及其分布[J]. 食用菌学报, 2002, 9(2): 22–30.
- [109] 戴玉成, 杨祝良. 中国药用真菌名录及部分名称的修订[J]. 菌物学报. 2008, 27(6): 801–824.
- [110] 应建浙, 卯晓岚, 马启明. 中国药用真菌图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [111] 卯晓岚. 中国经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [112] Li Y C, Feng B, Yang Z L. *Zangia*, a new genus of Boletaceae supported by molecular and morphological evidence[J]. *Fungal Divers*, 2011, 49(1): 125–143.
- [113] Zeng N K, Tang L P, Li Y C, et al. The genus *Phylloporus* (Boletaceae, Boletales) from China: Morphological and multilocus DNA sequence analyses[J]. *Fungal Divers*, 2012, DOI 10.1007/s13225-012-0184-7.
- [114] Orihara T, Smith M E, Ge Z W, et al. *Rossbeevera yunnanensis* (Boletaceae, Boletales) a new sequestrate species from southern China[J]. *Mycotaxon*, 2012, 120(1): 139–147.
- [115] Choecklin R, Boonpratuang T, Sommai S, et al. *Octaviania violascens*: A new sequestrate bolete from Thailand[J]. *Mycotaxon*, 2012, 120: 149–155.
- [116] 臧穆, 杨祝良, 张颖. 牛肝菌类一新种—蕨青华牛肝菌[J]. 菌物学报, 2006, 25(3): 366–367.
- [117] Gelardi M, Vizzini A, Ercole E, et al. *Strobilomyces echinocephalus* sp. nov. (Boletales) from southwestern China, and a key to the genus *Strobilomyces* worldwide[J]. *Mycol Progr*, 2013, 12(3): 575–588.
- [118] Feng B, Xu J, Wu G, et al. DNA sequence analyses reveal abundant diversity, endemism and evidence for Asian origin of the porcini mushrooms[J]. *PLoS ONE*, 2012, 7(5): 1–12.
- [119] Li Z Y, Guo L. Two new species of *Exobasidium* (Exobasidiales) from China[J]. *Mycotaxon*, 2008, 104: 331–336.
- [120] Li Z Y, Guo L. Two new species and a new Chinese record of *Exobasidium* (Exobasidiales) from China[J]. *Mycotaxon*, 2008, 105: 331–336.
- [121] Li Z Y, Guo L. Three new species of *Exobasidium* (Exobasidiales) from China[J]. *Mycotaxon*, 2009, 107(1): 215–220.

2014年2月

- [122] Li Z Y, Guo L. Two new species and a new Chinese record of *Exobasidium* (Exobasidiales) [J]. *Mycotaxon*, 2009, 108 (1) : 479–484.
- [123] Dai Y C, Wang Z, Binder M, *et al.* Phylogeny and a new species of *Sparassis* (Polyporales, Basidiomycota) : Evidence from mitochondrial *atp6*, nuclear DNA and *rpb2* genes[J]. *Mycologia*, 2006, 98(4):584–592.
- [124] Zhao Q, Feng B, Yang Z L, *et al.* New species and distinctive geographical divergences of the genus *Sparassis* (Basidiomycota) : Evidence from morphological and molecular data[J]. *Mycol Progr*, 2012, 12(2):445–454.

Recent Studies on Fungal Species Diversity in the Lancang–Mekong River Watershed

TANG Liping^{1,2}, YANG Zhuliang¹

(1. Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of Eastern Asia,

Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China;

2. School of Pharmaceutical Sciences and Yunnan Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products,

Kunming Medical University, Kunming 650500, China)

Abstract: The Lancang-Mekong River watershed is one of the most biologically diverse river systems in the world. This watershed is characterized by its complicated topography with high mountains and deep valleys. It is of extraordinarily diverse habitats, and is an ideal region for diversification and speciation of fungi. In this paper, fungal exploration history, fungal distribution characteristics and major progress on new fungal resources in the Lancang-Mekong River watershed are reviewed. There is regional differentiation in fungal community composition along the Lancang-Mekong River. In the upper reaches of Lancang River, plant pathogenic fungi and false truffles are common under alpine shrubs and on the alpine to subalpine meadows, and cold temperate macrofungi are representative groups under dark coniferous forest. In the middle reaches of the Lancang River, there are a lot of temperate to subtropical representatives under evergreen broad-leaved forests. In the Lower reaches of the Lancang River and the whole Mekong watershed, tropical compositions are quite common. Resource studies in the Lancang-Mekong River watershed began at the end of 19th century, later interrelated activities are ongoing, and valuable regional monographs about fungal resources have been intermittently published. Recent studies are deeper and more systematic, not only on basidiomycetes, such as Agaricales, Auriculariales, Boletales, Dacryomycetales, Exbasidiales, Polyporales, and Russulales, but also on Ascomycetes, for example, Pezizales. In the past ten years, more than 150 new macrofungi taxa were found and described from this region. Scientifically and economically, it is very important to promote the study of fungal resources in this region.

Key words: mushroom resources; geographical distribution; new taxa; Lancang River watershed; Mekong River watershed