•生物编目•

罗霄山脉大型真菌区系分析与资源评价

邓旺秋 李泰辉* 宋宗平 张 明 徐隽彦
黄 浩 钟祥荣 王超群 贺 勇

(广东省微生物研究所华南应用微生物国家重点实验室/广东省菌种保藏与应用重点实验室/
广东省微生物应用新技术公共实验室; 广东省科学院, 广州 510070)

摘要: 本文采用踏查法对罗霄山脉地区大型真菌资源进行了为期5年的调查, 共采集标本5,100多号。结合形态学与分子生物学方法, 鉴定出大型真菌2门7纲20目72科218属672种, 其中幕阜山脉115种、九岭山脉168种、武功山脉77种、万洋山脉220种、诸广山脉193种; 新增罗霄山脉新记录属37个、新记录种514种。对罗霄山脉大型真菌物种组成分析表明, 含10种以上的优势科有18科, 其物种数占物种总数的73.36%, 为多孔菌科、蘑菇科、粉褶蕈科等; 含5种以上的优势属有34属, 其物种数占物种总数的55.36%, 包括粉褶蕈属(*Entoloma*)、鹅膏属(*Amanita*)、小皮伞属(*Marasmius*)等; 在该山脉发现中国特有属2个, 中国特有种46个。大型真菌资源利用价值评估表明, 罗霄山脉有食用菌133种、药用菌136种、毒菌87种, 部分种类具有良好的应用前景。本研究为该地区大型真菌资源的保护、利用和管理提供了较重要的科学依据。

关键词: 真菌区系; 多样性; 优势类群; 经济真菌

Floristic analysis and resource evaluation of macrofungi in the Luoxiao Mountains, China

Wangqiu Deng, Taihui Li*, Zongping Song, Ming Zhang, Junyan Xu, Hao Huang, Xiangrong Zhong, Chaoqun Wang, Yong He

State Key Laboratory of Applied Microbiology Southern China, Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application, Guangdong Open Laboratory of Applied Microbiology, Guangdong Institute of Microbiology; Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070

Abstract: The resources of macrofungi in the Luoxiao Mountains have been investigated for 5 years, and more than 5,100 specimens were collected. A total of 672 species of macrofungi, belonging to 20 orders, 72 families and 218 genera, have been identified based on morphological and molecular analyses. Among them, there were 115 species in the Mufu Mountains, 168 species in the Jiuling Mountains, 77 species in the Wugong Mountains, 220 species in the Wanyang Mountains and 193 species in the Zhuguang Mountains. There were 37 newly recorded genera and 514 newly recorded species in the Luoxiao Mountains. The species composition of macrofungi in the Luoxiao Mountains showed that there were 18 dominant families with more than 10 species, accounting for 73.36% of the total species, including Polyporaceae, Agaricaceae, Entolomataceae, and so on. There were 34 dominant genera with more than 5 species, accounting for 55.36% of the total species, such as *Entoloma*, *Amanita*, *Marasmius*, and so on. There were 2 genera and 46 species endemic to China in this mountain range. The assessment of utilization value of the macrofungi showed that there were 133 edible species, 136 medicinal species and 87 poisonous species in the Luoxiao Mountains, indicating the resources have good application prospects. This study provides important scientific basis for the protection, utilization and management of macrofungal resources in this area.

Key words: fungal flora; diversity; dominant taxa; economic fungi

收稿日期: 2019-12-11; 接受日期: 2020-02-18

基金项目: 国家科技基础性工作专项(2013FY111500)、国家自然科学基金(31670018)和广东省科技计划项目(2018B020205001; 2018B030324001)

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

罗霄山脉位于中国大陆东南部, 总体成南北走向, 地处湖南、湖北、江西三省交界处, 自北向南包括五列山脉, 北段为幕阜山脉和九岭山脉, 中段是武功山脉和万洋山脉, 南段是诸广山脉。罗霄山脉地处中亚热带南缘, 属亚热带湿润季风气候, 雨量丰沛, 四季分明, 是中国大陆东部第三级阶梯最重要的气候区。该区域植被类型丰富, 汇集有北半球湿润区的各种植被类型, 是亚洲东部亚热带常绿阔叶林最典型的代表, 包括暖、温性针叶林, 暖、温性阔叶林, 常绿阔叶林, 落叶阔叶林, 针阔叶混交林, 亚高山矮曲林, 竹林, 山地灌草丛, 亚高山草甸, 苔原等。然而, 罗霄山脉仅有少数自然保护区开展了大型真菌的初步调查研究。林英等(1990)报道了井冈山大型真菌187种; 朱鸿等(2004)报道了武功山的食用菌、药用菌、毒菌61种, 隶属于27科41属; 何宗智和肖满(2006)报道了江西官山自然保护区大型真菌132种; 李振基(2009)报道了九岭山大型真菌9目28科73属144种; 刘小明等(2010)报道了齐云山大型真菌182种; 廖文波等(2018)报道了桃源洞大型真菌98种, 其中食用菌25种、药用菌39种、毒菌12种。此外, 在罗霄山脉地区木材腐朽真菌调查方面, 目前已报道47属92种(Wang et al, 2009; Dai, 2010; Jia & Cui, 2012; Zhou & Dai, 2012; Cui et al, 2019)。经统计, 罗霄山脉地区已报道大型真菌470种, 而幕阜山、万洋山、七溪岭、南风面、诸广山等区域都未见大型真菌调查研究的报道。

大型真菌的多样性与高等植物多样性密切相关。罗霄山脉高等植物种类非常丰富并具大量特有类群, 该山脉同时也蕴藏着丰富的大型真菌资源, 且有不少特有种类。但目前已报道的种类显然不足以反映该区域大型真菌资源的多样性与特色。因此, 作者在罗霄山脉地区全面系统地开展大型真菌资源调查, 以期发掘该区域的重要经济价值菌类和新特有资源, 为其后续开发利用提供种质资源和科学依据。

1 调查与研究方法

1.1 调查方法

野外调查采用踏查法。调查区域以国家级和省级的森林公园和自然保护区为主, 兼顾罗霄山脉生境良好的小地区, 涉及了自北向南五列山脉的43个采集地。野外采集时拍摄生境和子实体照片, 标本

带回室内进行内业整理, 记录采集信息, 包括标本号、照片号、采集时间、采集地点、子实体宏观形态特征等。新鲜标本在烘箱中于50℃烘干, 并长期保存在广东省微生物研究所真菌标本馆(Fungal Herbarium of Guangdong Institute of Microbiology, GDGM)中。

1.2 鉴定方法

采用形态学和分子生物学相结合的方法对大型真菌标本进行分类鉴定。形态学方法包括宏观形态和显微结构特征观察(李玉等, 2015), 其中标本的宏观形态观察包括子实体大小、颜色、菌盖及菌柄表面特征、菌肉厚度及颜色变化、菌褶颜色及宽度(或菌管颜色及长度)、每厘米菌褶数量(或菌孔大小)、菌褶(菌管)着生方式、菌环形态及位置、菌托颜色及形状等特征; 标本的微观形态观察包括在光学显微镜下观察标本的菌髓菌丝走向, 孢子实层细胞形状、担子形状、大小, 担子小梗数量和长度, 担孢子大小、形状、表面特征、是否淀粉质, 囊状体有无及大小形状, 菌盖皮层, 菌柄皮层, 以及菌丝是否具锁状联合及色素。担孢子大小在100倍物镜下, 测量其侧面观的长度和宽度, 每个标本测量20个以上的成熟担孢子。用梅氏试剂(Melzer's reagent)检测其担孢子壁是否为淀粉质。各组织的形状和锁状联合主要在5% KOH和1%刚果红中进行; 色素在KOH中易溶解消失, 因此一般在无菌水中进行观察。

采用真菌基因组DNA快速抽提试剂盒进行DNA提取, 针对不同目的片段(nLSU和ITS)选择对应的扩增引物和反应体系进行PCR扩增(White et al, 1990; Eberhardt, 2012), 扩增产物送华大基因公司测序, 将测序结果良好的序列在GenBank数据库中进行Blast序列比对。最后, 综合标本的形态分类和序列比对结果进行种类鉴定。学名主要参照《孢子植物名词及名称》(郑儒永等, 1990), 分类系统依据第10版*Dictionary of the Fungi* (Kirk et al, 2008)和真菌学名索引数据库 Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>)的真菌分类系统。区系组成的统计和分析方法参考图力古尔和李玉(2000)。

1.3 区系分析与资源评价方法

根据物种分类鉴定结果, 对罗霄山脉的科、属以及种的数量进行统计, 采用Excel将各科所含的属数以及各属所含的种数递减排序, 参考图力古尔

和李玉(2000), 将物种数 ≥ 10 种的科定为优势科, 物种数 ≥ 5 种的属定为优势属。大型真菌资源的食、药用性及有毒种类的分析参考文献(戴玉成和杨祝良, 2008; 戴玉成等, 2010; 图力古尔等, 2014; 陈作红等, 2016; Wu et al, 2019)所报道的食用菌、药用菌以及毒菌的物种名录。

2 结果

作者于2013–2018年在罗霄山脉共采集大型真菌标本5,100多号, 目前鉴定至种级分类单元的有672种(附录1), 隶属于真菌界2门7纲20目72科218属。这些物种在罗霄山脉从北至南的五大山脉分布依次为: 幕阜山脉115种, 九岭山脉168种, 武功山脉77种, 万洋山脉220种, 诸广山脉193种。本次调查新增了罗霄山脉新记录属37个、新记录种514种, 较大地丰富了该山脉大型真菌已知物种的数据信息。

2.1 大型真菌优势科属组成

2.1.1 优势科组成

罗霄山脉大型真菌优势科分析结果显示(表1), 种类最多的优势科为多孔菌科, 共包含25属68种,

表1 罗霄山脉大型真菌优势科列表

Table 1 The dominant families of macrofungi in the Luoxiao Mountains

科 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species (%)
多孔菌科 Polyporaceae	25	68 (10.12)
蘑菇科 Agaricaceae	14	43 (6.40)
粉褶蕈科 Entolomataceae	2	42 (6.25)
牛肝菌科 Boletaceae	18	39 (5.80)
类脐菇科 Omphalotaceae	5	39 (5.80)
红菇科 Russulaceae	4	36 (5.36)
小皮伞科 Marasmiaceae	5	35 (5.22)
锈革菌科 Hymenochaetaceae	10	32 (4.76)
鹅膏科 Amanitaceae	1	30 (4.46)
蜡伞科 Hygrophoraceae	4	20 (2.98)
泡头菌科 Physalacriaceae	9	19 (2.83)
小脆柄菇科 Psathyrellaceae	5	22 (3.27)
小菇科 Mycenaceae	4	15 (2.23)
球盖菇科 Strophariaceae	5	13 (1.93)
鸡油菌科 Cantharellaceae	2	10 (1.49)
虫草科 Cordycipitaceae	3	10 (1.49)
韧革菌科 Stereaceae	3	10 (1.49)
口蘑科 Tricholomataceae	7	10 (1.49)
合计 Total	126	493 (73.36)

占总种数的10.12%; 第二大科是蘑菇科, 共包含14属43种, 占总种数的6.40%; 第三大科是粉褶蕈科42种, 占总种数的6.25%。经统计, 含10种以上的优势科有18科, 包含126属493种, 占目前罗霄山大型真菌种类总数的73.36%。

2.1.2 优势属组成

罗霄山脉优势属分析结果显示(表2), 含5种以

表2 罗霄山脉大型真菌优势属列表

Table 2 Dominant genera of macrofungi in the Luoxiao Mountains

属 Genus	种数 No. of species	%
粉褶蕈属 <i>Entoloma</i>	39	5.80
鹅膏属 <i>Amanita</i>	30	4.46
小皮伞属 <i>Marasmius</i>	30	4.46
裸脚伞属 <i>Gymnopus</i>	28	4.17
红菇属 <i>Russula</i>	23	3.42
湿伞属 <i>Hygrocybe</i>	17	2.53
小脆柄菇属 <i>Psathyrella</i>	14	2.08
乳菇属 <i>Lactarius</i>	12	1.79
小菇属 <i>Mycena</i>	12	1.79
栓孔菌属 <i>Trametes</i>	12	1.79
集毛孔菌属 <i>Coltricia</i>	9	1.34
环柄菇属 <i>Lepiota</i>	9	1.34
多孔菌属 <i>Polyporus</i>	9	1.34
附毛孔菌属 <i>Trichaptum</i>	8	1.19
蘑菇属 <i>Agaricus</i>	7	1.04
灵芝属 <i>Ganoderma</i>	7	1.04
马勃属 <i>Lycoperdon</i>	7	1.04
微皮伞属 <i>Marasmiellus</i>	7	1.04
木层孔菌属 <i>Phellinus</i>	7	1.04
韧革菌属 <i>Stereum</i>	7	1.04
金牛肝菌属 <i>Aureoboletus</i>	6	0.89
鸡油菌属 <i>Cantharellus</i>	6	0.89
虫草属 <i>Cordyceps</i>	6	0.89
裸伞属 <i>Gymnopilus</i>	6	0.89
小孔菌属 <i>Microporus</i>	6	0.89
线虫草属 <i>Ophiocordyceps</i>	6	0.89
小奥德蘑属 <i>Oudemansiella</i>	6	0.89
光柄菇属 <i>Pluteus</i>	6	0.89
靴耳属 <i>Crepidotus</i>	5	0.74
炭角菌属 <i>Xylaria</i>	5	0.74
蜡蘑属 <i>Laccaria</i>	5	0.74
硬皮马勃属 <i>Scleroderma</i>	5	0.74
密孔菌属 <i>Pycnoporus</i>	5	0.74
灼孔菌属 <i>Laetiporus</i>	5	0.74
合计 Total	372	55.36

上的优势属有34个, 合计372种, 占总种数的55.36%。种类最多的优势属为粉褶蕈属(*Entoloma*), 共包含39种, 占总种数的5.80%; 第二大属是鹅膏属(*Amanita*)和小皮伞属(*Marasmius*), 各包含30种, 各占总种数的4.46%; 其次是裸脚伞属(*Gymnopus*) 28种、红菇属(*Russula*) 23种、湿伞属(*Hygrocybe*) 17种等。

2.2 罗霄山脉大型真菌的中国特有类群

罗霄山脉特殊的地理位置、气候和植被, 孕育了丰富而具特色的大型真菌资源。本研究在罗霄山脉发现中国特有属2属, 即红褶牛肝菌属(*Erythrophylloporus*)和华湿伞属(*Sinohygrocybe*); 特有种46种, 包括粉褶蕈属8种, 鹅膏属5种, 灵芝属(*Ganoderma*) 3种, 大环柄菇属(*Macrolepiota*)和层蘑菇属(*Xanthagaricus*)各2种, 以及牛肝菌属

(*Boletus*)、辣牛肝菌属(*Chalciporus*)、裘氏牛肝菌属(*Chiua*)、集毛孔菌属(*Coltricia*)、毛皮伞属(*Crinipellis*)、花耳属(*Dacrymyces*)、冬菇属(*Flammulina*)、湿伞属、产丝齿菌属(*Hyphodontia*)、褐牛肝菌属(*Imleria*)、灼孔菌属(*Laetiporus*)、环柄菇属(*Lepiota*)、小皮伞属、大孢孔菌属(*Megasporia*)、绿僵虫草属(*Metacordyceps*)、新牛肝菌属(*Neoboletus*)、歪盘菌属(*Phillipsia*)、红菇属、喇叭菌属(*Craterellus*)、红褶牛肝菌属、牛舌菌属(*Fistulina*)、小奥德蘑属(*Oudemansiella*)、褶孔牛肝菌属(*Phylloporus*)、桑黄属(*Sanghuangporus*)、华湿伞属和口蘑属(*Tricholoma*)各1种(图1, 表3)。由于全世界的真菌多样性研究还很不充分, 本文所提到的这些特有种目前只在中国有报道, 或许今后通过进一步广泛调查研究后, 在其他地区也可能被发现。

图1 罗霄山脉中国特有大型真菌部分种类形态图。A: 裂皮鹅膏; B: 茶褐新牛肝菌; C: 黄喇叭菌; D: 丛生粉褶蕈; E: 紫芝; F: 脱皮大环柄菇; G: 戴氏绿僵虫草; H: 中华歪盘菌; I: 华苦口蘑。

Fig. 1 Some endemic macrofungi to China from Luoxiao Mountains. A, *Amanita rimosa*; B, *Neoboletus brunneissimus*; C, *Craterellus luteus*; D, *Entoloma caespitosum*; E, *Ganoderma sinense*; F, *Macrolepiota detersa*; G, *Metacordyceps taii*; H, *Phillipsia chinensis*; I, *Tricholoma sinoacerbum*.

表3 罗霄山脉分布的中国特有大型真菌

Table 3 The macrofungi endemic to China from the Luoxiao Mountains

种 Species	模式产地 Type locality	罗霄山脉分布 Distribution in the Luoxiao Mountains
褐烟色鹅膏 <i>Amanita brunneofuliginea</i>	云南 Yunnan	湖南神农谷森林公园 Shennonggu FP, Hunan
灰褶鹅膏 <i>A. griseofolia</i>	云南 Yunnan	湖南八面山自然保护区和九龙江森林公园; 江西井冈山自然保护区 Bamianshan NR and Jiulongjiang FP, Hunan; Jinggangshan NR, Jiangxi
灰疣鹅膏 <i>A. griseoverrucosa</i>	云南 Yunnan	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
裂皮鹅膏 <i>A. rimosa</i>	湖南 Hunan	江西阳岭自然保护区 Yangling NR, Jiangxi
中华鹅膏 <i>A. sinensis</i>	四川 Sichuan	湖南幕阜山森林公园; 江西阳岭自然保护区 Mufushan FP, Hunan; Yangling NR, Jiangxi
辐射辣牛肝菌 <i>Chalciporus radiatus</i> *	湖南 Hunan	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
绿盖裘氏牛肝菌 <i>Chiuia virens</i>	云南 Yunnan	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
厚集毛孔菌 <i>Coltricia crassa</i>	云南 Yunnan	湖南九龙江森林公园、幕阜山森林公园、神农谷森林公园; 江西井冈山自然保护区 Jiulongjiang FP, Mufushan FP and Shennonggu FP, Hunan; Jinggangshan NR, Jiangxi
魏氏集毛孔菌 <i>C. weii</i>	湖南 Hunan	湖南八面山自然保护区和神农谷森林公园; 江西阳岭自然保护区 Bamianshan NR and Shennonggu FP, Hunan; Yangling NR, Jiangxi
黄喇叭菌 <i>Craterellus luteus</i>	广东 Guangdong	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
丛毛毛皮伞 <i>Crinipellis floccosa</i> *	江西 Jiangxi	江西阳岭自然保护区 Yangling NR, Jiangxi
云南花耳 <i>Dacrymyces yunnanensis</i>	云南 Yunnan	湖南云阳山 Yunyang Mountain, Hunan
蓝鳞粉褶蕈 <i>Entoloma azureosquamulosum</i>	广东 Guangdong	湖南八面山自然保护区 Bamianshan NR, Hunan
蓝黄粉褶蕈 <i>E. caeruleoflavum</i>	云南 Yunnan	江西阳岭自然保护区 Yangling NR, Jiangxi
丛生粉褶蕈 <i>E. caespitosum</i>	海南 Hainan	湖南九龙江森林公园; 江西阳岭自然保护区 Jiulongjiang FP, Hunan; Yangling NR, Jiangxi
肉褐粉褶蕈 <i>E. carneobrunneum</i>	海南 Hainan	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
靴耳状粉褶蕈 <i>E. crepidotoides</i>	海南 Hainan	湖南桃源洞自然保护区 Taoyuandong NR, Hunan
辽宁粉褶蕈 <i>E. liaoningense</i>	辽宁 Liaoning	江西官山自然保护区 Guanshan NR, Jiangxi
极脆粉褶蕈 <i>E. praegracile</i>	贵州 Guizhou	湖南大云山森林公园、浏阳市 Dayunshan FP and Liuyang City, Hunan
近薄囊粉褶蕈 <i>E. subtenuicystidium</i> *	广西 Guangxi	湖南浏阳市 Liuyang City, Hunan
红褶牛肝菌 <i>Erythrophylloporus cinnabarinus</i>	海南 Hainan	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
亚牛舌菌 <i>Fistulina subhepatica</i>	云南 Yunnan	江西阳岭自然保护区 Yangling NR, Jiangxi
云南冬菇 <i>Flammulina yunnanensis</i>	云南 Yunnan	湖南幕阜山森林公园 Mufushan FP, Hunan
海南灵芝 <i>Ganoderma hainanense</i>	海南 Hainan	江西井冈山自然保护区 Jinggangshan NR, Jiangxi
灵芝 <i>G. lingzhi</i>	湖北 Hubei	湖南神农谷森林公园 Shennonggu FP, Hunan
紫芝 <i>G. sinense</i>	海南 Hainan	湖南八面山自然保护区 Bamianshan NR, Hunan
稀褶湿伞 <i>Hygrocybe sparsifolia</i>	广东 Guangdong	江西井冈山自然保护区 Jinggangshan NR, Jiangxi
热带丝齿菌 <i>Hyphodontia tropica</i>	台湾 Taiwan	湖南幕阜山森林公园 Mufushan FP, Hunan
亚高山褐牛肝菌 <i>Imleria subalpina</i>	云南 Yunnan	湖南大云山森林公园 Dayunshan FP, Hunan
环纹网孔菌 <i>Laetiporus zonatus</i>	云南 Yunnan	湖南八面山自然保护区、大云山森林公园、九龙江森林公园、神农谷森林公园 Bamianshan NR, Dayunshan FP, Jiulongjiang FP and Shennonggu FP, Hunan
拟冠状环柄菇 <i>Lepiota cristatanea</i>	云南 Yunnan	湖南大云山森林公园 Dayunshan FP, Hunan
脱皮大环柄菇 <i>Macrolepiota detersa</i>	安徽 Anhui	湖南幕阜山森林公园、浏阳市 Mufushan FP and Liuyang City, Hunan
近黄褶大环柄菇 <i>M. subcitrifolia</i>	云南 Yunnan	湖南大云山森林公园 Dayunshan FP, Hunan
拟聚生小皮伞 <i>Marasmius subabundans</i>	广东 Guangdong	江西阳岭自然保护区 Yangling NR, Jiangxi
大孢孔菌 <i>Megasporia major</i>	广东 Guangdong	湖南八面山自然保护区; 江西井冈山自然保护区 Bamianshan NR, Hunan; Jinggangshan NR, Jiangxi
戴氏绿僵虫草 <i>Metacordyceps taii</i>	贵州 Guizhou	江西井冈山自然保护区 Jinggangshan NR, Jiangxi
茶褐新牛肝菌 <i>Neoboletus brunneissimus</i>	云南 Yunnan	湖南省浏阳市 Liuyang City, Hunan
毕氏小奥德蘑 <i>Oudemansiella bii</i>	广东 Guangdong	湖南九龙江森林公园 Jiulongjiang FP, Hunan
中华歪盘菌 <i>Phillipsia chinensis</i>	四川 Sichuan	湖南大围山森林公园、九龙江森林公园; 江西阳岭自然保护区 Daweishan FP and Jiulongjiang FP, Hunan; Yangling NR, Jiangxi
潞西褶孔牛肝菌 <i>Phylloporus luxiensis</i>	云南 Yunnan	湖南幕阜山森林公园 Mufushan FP, Hunan
小红菇小变种 <i>Russula minutula</i> var. <i>minor</i>	广东 Guangdong	湖南九龙江森林公园; 江西官山自然保护区 Jiulongjiang FP, Hunan; Guanshan NR, Jiangxi
桑黄 <i>Sanghuangporus sanghuang</i>	吉林 Jilin	江西井冈山自然保护区 Jinggangshan NR, Jiangxi
绒柄华湿伞 <i>Sinohygrocybe velutipes</i> *	四川 Sichuan	湖南桃源洞自然保护区 Taoyuandong NR, Hunan
华苦口蘑 <i>Tricholoma sinoacerbum</i>	广东 Guangdong	江西井冈山自然保护区 Jinggangshan NR, Jiangxi
蔚蓝层蘑菇 <i>Xanthagaricus caeruleus</i> *	江西 Jiangxi	江西宜春市 Yichun City, Jiangxi
黄丛毛层蘑菇 <i>X. flavosquamosus</i> *	江西 Jiangxi	江西宜春市 Yichun City, Jiangxi

(1) * 本研究过程中发现并已发表的新分类群 The new taxa discovered and published in the study (Xia et al, 2015; Zhang et al, 2015; Hosen et al, 2017a, b; Wang et al, 2018; Zhang & Li, 2018). (2) FP表示森林公园, NR表示自然保护区。FP represents forest park, and NR represents nature reserve.

2.3 罗霄山脉大型真菌资源评价

罗霄山脉具有较为丰富的野生食用菌、药用菌及毒菌资源, 其中食用种类较多的有红菇属10种, 蜡蘑属(*Laccaria*) 9种, 小奥德蘑属6种; 药用种类较多的有灵芝属和木层孔菌属(*Phellinus*), 各7种, 其次是虫草属(*Cordyceps*) 和线虫草属(*Ophiocordyceps*), 各6种, 栓孔菌属(*Trametes*) 5种; 毒蘑菇种类较多的类群为鹅膏属17种, 红菇属5种, 粉褶蕈属、裸伞属(*Gymnopilus*)、斑褶菇属(*Panaeolus*)各3种。

2.3.1 食用菌资源

基于本研究结果, 作者对罗霄山脉的食用菌资源进行统计分析, 结果表明该地区有食用菌133种, 具较好食用价值的种类包括毛木耳(*Auricularia cornea*)、茶褐新牛肝菌(*Neoboletus brunneissimus*)、淡蜡黄鸡油菌(*Cantharellus cerinoalbus*)、小鸡油菌(*C. minor*)、金黄喇叭菌(*Craterellus aureus*)、花脸香蘑(*Lepista sordida*)、卵孢小奥德蘑(*Oudemansiella raphanipes*)、长裙竹荪参照种(*Phallus* cf. *indusiatus*)、糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)、脱皮大环柄菇(*Macrolepiota detersa*)、金耳(*Naematelia aurantialba*)、铜绿红菇(*Russula aeruginea*)、间型鸡枞(*Termitomyces intermedius*)、银耳(*Tremella fuciformis*)等, 其中毛木耳、卵孢小奥德蘑、糙皮侧耳、花脸香蘑、金耳、银耳是可人工栽培驯化的食用菌资源, 淡蜡黄鸡油菌在我国很少被记载, 具有很好的食用价值(宋宗平等, 2017)。

2.3.2 药用菌资源

经统计, 罗霄山脉药用菌有136种, 其中具较好药用价值的种类包括有消炎、利尿、益胃、抑肿瘤作用的假芝(*Amauroderma rugosum*)和紫芝(*Ganoderma sinense*); 具增强免疫力、治疗失眠和抑肿瘤的蜜环菌(*Armillaria mellea*); 具止血化痰、抑肿瘤、抗菌、补肾、治疗支气管炎等功效的蛹虫草(*Cordyceps militaris*); 具祛风、除湿、抑肿瘤作用的红缘拟层孔菌(*Fomitopsis pinicola*); 具健脑、抑肿瘤、降血压、抗血栓、增强免疫等作用的灵芝(*Ganoderma lingzhi*); 具抗炎、抑制肿瘤和抗氧化作用的桑黄(*Sanghuangporus sanghuang*); 具清热、消炎、抑肿瘤和治疗肝病的云芝(*Trametes versicolor*); 以及具利便、补肾、增强免疫力的黑柄炭角菌(*Xylaria nigripes*)(戴玉成和杨祝良, 2008)。

2.3.3 毒蘑菇资源

本研究调查显示, 罗霄山脉毒蘑菇有87种, 常见的毒蘑菇有灰花纹鹅膏(*Amanita fuliginea*)、裂皮鹅膏(*A. rimosa*)、异味鹅膏(*A. kotohiraensis*)、欧氏鹅膏(*A. oberwinklerana*)、假褐云斑鹅膏(*A. pseudoporphyria*)、残托鹅膏有环变型(*A. sychonopyramis* f. *subannulata*)、近江粉褶蕈(*E. omiense*)、臭粉褶蕈(*E. rhodopolium*)、长沟盔孢伞(*Galerina sulciceps*)、裂丝盖伞(*Inocybe rimosa*)、变蓝灰斑褶伞(*Panaeolus cyanescens*)、疸黄粉末牛肝菌(*Pulveroboletus icterinus*)和点柄黄红菇(*Russula senecis*), 其中灰花纹鹅膏、裂皮鹅膏和长沟盔孢伞为剧毒菌, 含极毒的鹅膏毒素, 为肝脏损害型, 有很高的致死率; 异味鹅膏、欧氏鹅膏、假褐云斑鹅膏为急性肾衰竭型毒菌; 残托鹅膏有环变型、裂丝盖伞、变蓝灰斑褶伞为神经精神型毒菌; 近江粉褶蕈、臭粉褶蕈、疸黄粉末牛肝菌、点柄黄红菇为胃肠炎型毒菌。

2.4 罗霄山脉大型真菌区系成分分析

罗霄山脉植物区系研究表明, 在中低海拔地区种子植物区系的优势种以丰富的热带成分为主。本研究调查的罗霄山脉大型真菌也同样显示具有不少明显热带成分的属种, 如, 子囊菌中炭角菌科的炭角菌属(*Xylaria*), 肉杯菌科的毛杯菌属(*Cookeina*)和歪盘菌属; 担子菌中木耳科的木耳属(*Auricularia*); 孔状或耙齿菌类中多孔菌科的小孔菌属(*Microporus*)和微孔菌属(*Microporellus*), 灵芝科的假芝属(*Amauroderma*); 伞菌中粉褶蕈科的斜盖伞属(*Clitopilus*), 小皮伞科的小皮伞属和微皮伞属(*Marasmiellus*), 离褶伞科的鸡枞属(*Termitomyces*)以及小菇科的胶孔菌属(*Favolaschia*)都是热带性较强的属, 其中鸡枞属是典型的热带亚洲和热带非洲分布的与白蚁共生的类群; 罗霄山脉大型真菌热带成分的种也较为丰富, 如黑柄炭角菌、大孢毛杯菌(*Cookeina insititia*), 这些种广布于南亚及东南亚(杨祝良和臧穆, 2003), 卵孢鹅膏(*Amanita ovalispora*)和东方斜盖伞(*Clitopilus orientalis*)之前仅在热带东南亚至我国华南、西南等地有报道。古热带分布的腐生种类有翘鳞香菇(*Lentinus squarrosulus*), 它广泛分布于热带非洲、南亚、东南亚, 南至巴布亚新几内亚、所罗门群岛、新喀里多尼亚等太平洋岛屿, 以及澳大利亚的昆士兰等地(Pegler, 1983)。此外, 罗霄山脉也有一些世界广布的属, 如粉褶蕈属、红

菇属、小脆柄菇属(*Psathyrella*)、栓孔菌属、多孔菌属(*Polyporus*)、密孔菌属(*Pycnoporus*); 以及北温带分布的乳菇属(*Lactarius*)等。已有研究表明, 罗霄山脉是亚洲大陆第三纪古植被、生物区系的重要避难所, 更是冰后期物种重新扩张的发源地, 保存了中生代以来相当数量的古老孑遗物种、活化石、特有种。作者在罗霄山脉的大型真菌调查中发现的小托柄鹅膏(*Amanita farinosa*)和黄粉末牛肝菌(*Pulveroboletus ravenelii*)间断分布于东亚、北美温带及亚热带, 其分布式样也是一种孑遗分布(Halling, 2001)。

2.5 罗霄山脉大型真菌资源保护与可持续性利用

大型真菌是生态系统中不可或缺的组成部分, 在地球生物圈的物质循环和能量流动中发挥着不可替代的作用, 具有重要的生态价值; 许多食药菌与人类生产生活密切相关, 具有重大的社会经济价值。我国是生物多样性受威胁最严重的国家之一。资源过度利用、环境污染、气候变化、生境丧失与破碎化等因素, 不仅导致部分动、植物多样性降低, 也同样威胁大型真菌的多样性(姚一建等, 2020)。罗霄山脉部分生态系统(如亚热带红壤丘陵山地森林生态系统)面临土层变薄、肥力瘠薄、土地严重过垦、土壤质量下降等问题, 对当地大型真菌的生存产生严重影响。如, 我国著名真菌学家戴芳澜先生1944年在井冈山麓(江西省泰和县)发现的子囊菌特有物种——细小地舌菌(*Geoglossum pusillum*) (Tai, 1994), 自发表以来再无报道, 已成为极危物种, 本次调查也未发现。细小地舌菌分布范围有限, 难以适应环境的快速变迁, 栖息地丧失和退化都可能导致其濒危或灭绝(庄文颖等, 2020)。另一方面, 由于人们对大型真菌保护意识薄弱, 过度采挖和不当的采挖方式是食药菌大型真菌受威胁的主要原因(刘冬梅等, 2018)。例如, 易危物种竹黄(*Shiraia bambusicola*)是我国著名药用菌, 应用历史较长, 曾在武功山被报道(朱鸿等, 2004), 但本次调查同样未发现。竹黄的分布范围相对较广, 但作为重要的传统中药材, 主要依赖于野生资源, 大量的人工采摘已对其物种生存造成了严重威胁。朱鸿等(2004)也曾报道武功山有著名食用菌猴头菇(*Hericium erinaceus*), 该物种属易危物种, 本次调查也未发现。虽然猴头菇已经开始规模化人工栽培, 但其野生资源有限, 种群显著衰减, 同样面临着严

重威胁。

对于我国大型真菌资源保护和可持续利用, 菌物学家李玉院士提出在菌物多样性调查的基础上, 构建“一区一馆五库”体系, 这对全面、持续和平衡地保护菌物物种多样性、遗传多样性和生态多样性等具有重要作用。该体系从菌种驯化、发酵生产、生物活性物质筛选及功能基因筛选等方面, 研发菌物资源可持续利用的关键技术, 从而推动保护区菌物资源的可持续发展(宋斌等, 2018)。另外, 由于绝大多数保护区未将大型真菌纳入保护范畴, 大型真菌的保护几近空白。因此, 掌握大型真菌受威胁物种的地理分布和种群现状, 对合理布局大型真菌自然保护地体系具有重要意义(姚一建等, 2020)。对于就地保护无法达到保护目的的物种, 应加强迁地保护的标本和菌种资源保藏工作。本研究在对罗霄山脉大型真菌物种多样性调查的过程中, 将采集鉴定的5,100多号标本进行了数据信息录入, 并长期保存在国际认可的广东省微生物研究所真菌标本馆中, 同时也分离了一些具重要经济价值的菌种进行保藏, 可为其后续研究和开发利用提供标本材料和种质资源, 这对于该地区大型真菌的异地保护和可持续利用具有重要意义。

参考文献

- Bau T, Bao HY, Li Y (2014) A revised checklist of poisonous mushrooms in China. *Mycosystema*, 33, 517–548. (in Chinese with English abstract) [图力古尔, 包海鹰, 李玉 (2014) 中国毒蘑菇名录. 菌物学报, 33, 517–548.]
- Bau T, Li Y (2000) Study on fungal flora diversity in Daqinggou Nature Reserve. *Chinese Biodiversity*, 8, 73–80. (in Chinese with English abstract) [图力古尔, 李玉 (2000) 大青沟自然保护区大型真菌区系多样性的研究. 生物多样性, 8, 73–80.]
- Chen ZH, Yang ZL, Bau T, Li TH (2016) *Poisonous Mushrooms: Recognition and Poisoning Treatment*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [陈作红, 杨祝良, 图力古尔, 李泰辉 (2016) 毒蘑菇识别与中毒防治. 科学出版社, 北京.]
- Cui BK, Li HJ, Ji X, Zhou JL, Song J, Si J, Dai YC (2019) Species diversity, taxonomy and phylogeny of Polyporaceae (Basidiomycota) in China. *Fungal Diversity*, 97, 137–392.
- Dai YC (2010) Hymenochaetaceae (Basidiomycota) in China. *Fungal Diversity*, 45, 131–343.
- Dai YC, Yang ZL (2008) A revised checklist of medicinal fungi in China. *Mycosystema*, 27, 801–824. (in Chinese with English abstract) [戴玉成, 杨祝良 (2008) 中国药用真菌名录及部分名称的修订. 菌物学报, 27, 801–824.]

- Dai YC, Zhou LW, Yang ZL, Wen HA, Bau T, Li TH (2010) A revised checklist of edible fungi in China. *Mycosystema*, 29, 1–21. (in Chinese with English abstract) [戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 文华安, 图力古尔, 李泰辉 (2010) 中国食用菌名录. 菌物学报, 29, 1–21.]
- Eberhardt U (2012) Methods for DNA barcoding of fungi. *DNA Barcodes: Methods in Molecular Biology*, 858, 183–205.
- Halling RE (2001) Ectomycorrhizae: Co-evolution, significance, and biogeography. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 88, 5–13.
- He ZZ, Xiao M (2006) A list of macrofungi in Guanshan Nature Reserve of Jiangxi. *Jiangxi Science*, 24(1), 83–88. (in Chinese with English abstract) [何宗智, 肖满 (2006) 江西省官山自然保护区大型真菌名录. 江西科学, 24(1), 83–88.]
- Hosen MI, Song ZP, Gates G, Li TH (2017a) *Xanthagaricus caeruleus*, a new species with ink-blue lamellae from southeast China. *Mycoscience*, 59, 188–192.
- Hosen MI, Song ZP, Gates G, Karunarathnac SC, Chowdhury MSM, Li TH (2017b) Two new species of *Xanthagaricus* and some notes on *Heinemannomyces* from Asia. *Mycoskeys*, 28, 1–18.
- Jia BS, Cui BK (2012) *Ceriporia* (Basidiomycota, Polyporales) from China with a description of two new species. *Mycotaxon*, 121, 305–312.
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA (2008) *Dictionary of the Fungi*, 10th edn. CAB International, Wallingford.
- Li Y, Li TH, Yang ZL, Bau T, Dai YC (2015) *Atlas of Chinese Macrofungal Resources*. Central China Farmers' Publishing House, Zhengzhou. (in Chinese) [李玉, 李泰辉, 杨祝良, 图力古尔, 戴玉成 (2015) 中国大型菌物资源图鉴. 中原农民出版社, 郑州.]
- Li ZJ (2009) *Report of Scientific Survey on Jiulingshan Nature Reserve of Jiangxi*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [李振基 (2009) 江西九岭山自然保护区综合科学考察报告. 科学出版社, 北京.]
- Liao WB, Wang L, Wang YY, Liu WQ, Jia FL, Shen HX, Fan Q, Li TH, Yang SL (2018) *Study on Biodiversity of the Taoyuandong Nature Reserve in Hunan Province*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [廖文波, 王蕾, 王英永, 刘蔚秋, 贾凤龙, 沈红星, 凡强, 李泰辉, 杨书林 (2018) 湖南炎陵桃源洞自然保护区自然资源综合科学考察报告. 科学出版社, 北京.]
- Lin Y, Lu ZG, Yang FX (1990) *Scientific Survey and Research on Jinggangshan Nature Reserve*. Xinhua Publishing House, Beijing. (in Chinese) [林英, 陆中光, 杨方西 (1990) 井冈山自然保护区考察研究. 新华出版社, 北京.]
- Liu DM, Cai L, Wang K, Li JS, Wei TZ, Yao YJ (2018) Threat assessments, problems and countermeasures of China's macrofungi. *Biodiversity Science*, 26, 1236–1242. (in Chinese with English abstract) [刘冬梅, 蔡蕾, 王科, 李俊生, 魏铁铮, 姚一建 (2018) 中国野生大型真菌受威胁程度评估、问题对策. 生物多样性, 26, 1236–1242.]
- Liu XM, Guo YR, Liu RL (2010) *The Collection of Scientific Exploration of Jiangxi Qiyunshan Nature Reserve*. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [刘小明, 郭英荣, 刘仁林 (2010) 江西齐云山自然保护区综合科学考察集. 中国林业出版社, 北京.]
- Pegler DN (1983) The genus *Lentinus*, a world monograph. *Kew Bulletin Additional Series*, 10, 1–281.
- Song B, Deng WQ, Zhang M, Li TH (2018) The macrofungal diversity in the Nanling Mountains. *Tropical Geography*, 38, 312–320. (in Chinese with English abstract) [宋斌, 邓旺秋, 张明, 李泰辉 (2018) 南岭大型真菌多样性. 热带地理, 38, 312–320.]
- Song ZP, Zhang M, Li TH (2017) *Cantharellus cerinoalbus*—An edible fungus newly recorded in China. *Acta Edulis Fungi*, 24(1), 98–102. (in Chinese with English abstract) [宋宗平, 张明, 李泰辉 (2017) 淡蜡黄鸡油菌——中国食用菌新记录. 食用菌学报, 24(1), 98–102.]
- Tai FL (1944) *Studies in the Geoglossaceae of Yunnan*. *Lloydia*, 7, 146–162.
- Wang B, Dai YC, Du P, Li HJ, Cui BK (2009) Wood-rotting fungi in eastern China. 4. Polypores from Dagang Mountains, Jiangxi Province. *Cryptogamie Mycologie*, 30, 233–241.
- Wang CQ, Zhang M, Li TH, Liang XS, Shen YH (2018) Additions to tribe Chromosereae (Basidiomycota, Hygrophoraceae) from China, including *Sinohygrocybe* gen. nov. and a first report of *Gloioxanthomyces nitidus*. *Mycoskeys*, 38, 59–76.
- White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: *PCR Protocols: A guide to Methods and Applications* (eds Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ), pp. 315–322. Academic Press, San Diego.
- Wu F, Zhou LW, Yang ZL, Bau T, Li TH, Dai YC (2019) Resource diversity of Chinese macrofungi: Edible, medicinal and poisonous species. *Fungal Diversity*, 98, 1–76.
- Xia YW, Li TH, Deng WQ, Xu J (2015) A new *Crinipellis* species with floccose squamules from China. *Mycoscience*, 56, 476–480.
- Yang ZL, Zang M (2003) Tropical affinities of higher fungi in Southern China. *Acta Botanica Yunnanica*, 25, 129–144. (in Chinese with English abstract) [杨祝良, 臧穆 (2003) 中国南部高等真菌的热带亲缘. 云南植物研究, 25, 129–144.]
- Yao YJ, Wei JC, Zhuang WY, Cai L, Liu DM, Li JS, Wei TZ, Li Y, Wang K, Wu HJ (2020) Development of red-list assessment of macrofungi in China. *Biodiversity Science*, 28, 4–10. (in Chinese with English abstract) [姚一建, 魏江春, 庄文颖, 蔡蕾, 刘冬梅, 李俊生, 魏铁铮, 李熠, 王科, 吴海军 (2020) 中国大型真菌红色名录评估研究进展. 生物多样性, 28, 4–10.]
- Zhang M, Li TH (2018) *Erythrophylloporus* (Boletaceae,

- Boletales), a new genus inferred from morphological and molecular data from subtropical and tropical China. *Mycosystema*, 37, 1111–1126.
- Zhang M, Wang CQ, Li TH, Song B (2015) A new species of *Chalciporus* (Boletaceae, Boletales) with strongly radially arranged pores. *Mycoscience*, 57, 20–25.
- Zheng RY, Wei JC, Hu HJ, Yu YN, Wu PC, Xing GX, Liu B (1990) A Glossary of Terms and Names of Cryptogamia. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑儒永, 魏江春, 胡鸿钧, 余永年, 吴鹏程, 邢公侠, 刘波 (1990) 孢子植物名词及名称. 科学出版社, 北京.]
- Zhou LW, Dai YC (2012) Phylogeny and taxonomy of *Phylloporia* (Hymenochaetales): New species and a worldwide key to the genus. *Mycologia*, 104, 211–222.
- Zhu H, Liu PA, Lin DP (2004) Macrofungi resources in Wugong Mountain. *Edible Fungi*, 26(3), 5–6. (in Chinese) [朱鸿, 刘平安, 林德培 (2004) 武功山野生大型真菌资源. 食用菌, 26(3), 5–6.]
- Zhuang WY, Li Y, Zheng HD, Zeng ZQ, Wang XC (2020) Threat status of macro-ascomycetes in China and analysis of its threatening factors. *Biodiversity Science*, 28, 26–40. (in Chinese with English abstract) [庄文颖, 李熠, 郑焕娣, 曾昭清, 王新存 (2020) 中国非地衣型大型子囊菌受威胁现状评估及致危因素. 生物多样性, 28, 26–40.]
- (责任编辑: 杨祝良 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 罗霄山脉大型真菌名录

Appendix 1 List of macrofungi in the Luoxiao Mountains

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019393-1.xlsx>