

# 安徽省山地大型真菌多样性

孟俊言<sup>1,2</sup>, 巩银平<sup>2</sup>, 陈梦兰<sup>2</sup>, 罗侠<sup>2\*</sup>

1 安徽大学生命科学与医学工程学院, 安徽 合肥 230601

2 滁州学院生物与食品工程学院, 安徽 滁州 239000

**摘要:** 安徽省地处中国东部暖温带与亚热带交汇区域, 地形复杂、气候多样, 孕育了丰富的野生大型真菌资源。为系统掌握该地区的大型真菌多样性格局, 本研究对牯牛降、大别山、黄山、马鬃岭等安徽省山地开展了系统调查采样, 结合形态学观察与核糖体内转录间隔区(ITS)序列进行物种鉴定与分类统计, 共采集标本 2 682 份, 隶属于 2 门、8 纲、25 目、95 科、280 属、922 种, 其中红菇科 Russulaceae、牛肝菌科 Boletaceae、鹅膏科 Amanitaceae、多孔菌科 Polyporaceae、蘑菇科 Agaricaceae、粉褶菌科 Entolomataceae 等 23 个科为优势科; 红菇属 *Russula*、鹅膏属 *Amanita*、粉褶菌属 *Entoloma*、乳菇属 *Lactarius*、小皮伞属 *Marasmius*、丝盖伞属 *Inocybe* 等 42 个属为优势属。资源评价分析显示, 食用菌 68 种、药用菌 57 种、有毒菌 78 种、食药兼用菌 60 种、药毒两用菌 24 种。区系分析显示, 世界广布属、北温带分布属和热带-亚热带分布属为主导成分。本研究系统揭示了安徽省山地大型真菌多样性现状, 为区域菌物资源的分类整理、生态保护及产业开发提供了基础数据支撑。

**关键词:** 大型真菌; 物种多样性; 经济价值; 区系成分

## [引用本文]

孟俊言, 巩银平, 陈梦兰, 罗侠, 2026. 安徽省山地大型真菌多样性. 菌物学报, 45(4): 250236

Meng JY, Gong YP, Chen ML, Luo X, 2026. Macrofungal diversity in the mountainous regions of Anhui Province, East China. Mycosystema, 45(4): 250236

资助项目: 滁州学院重点项目(2025qd20); 教育厅重大项目(2023AH040224); 合肥菌物谷创新研究院(jwg202304)

This work was supported by the Key Project of Chuzhou University (2025qd20), the Major Project of the Department of Education (2023AH040224), and the Hefei Mycological Valley Innovation Institute (jwg202304).

\*Corresponding author. E-mail: luoxiacz@163.com

ORCID: MENG Junyan (0009-0005-1197-7348)

Received: 2025-07-28; Accepted: 2025-09-14

# Macrofungal diversity in the mountainous regions of Anhui Province, East China

MENG Junyan<sup>1,2</sup>, GONG Yiping<sup>2</sup>, CHEN Menglan<sup>2</sup>, LUO Xia<sup>2\*</sup>

1 School of Life Sciences and Medical Engineering, Anhui University, Hefei 230601, Anhui, China

2 School of Biological and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, Anhui, China

**Abstract:** Anhui Province is located in the transitional region between the warm temperate zone and the subtropical zone in eastern China. Its complex terrain and diverse climate have fostered abundant macrofungal resources. Systematic surveys and sampling of macrofungi in Guniujiang, Dabie Mountain, Huangshan, and Mazongling mountainous areas in the province were conducted. Species identification and taxonomic statistics were carried out based on combining morphological characteristics and molecular analysis. A total of 2 682 specimens was collected, belonging to 2 phyla, 8 classes, 25 orders, 95 families, 280 genera, and 922 species. Among them, 23 families including Russulaceae, Boletaceae, Amanitaceae, Polyporaceae, Agaricaceae, and Entolomataceae are dominant. Dominant genera totaled 42, including *Russula*, *Amanita*, *Entoloma*, *Lactarius*, *Marasmius*, and *Inocybe*. There are 68 species of edible fungi, 57 species of medicinal fungi, 78 species of poisonous fungi, 60 species of edible and medicinal dual-purpose fungi, and 24 species of simultaneously medicinal and toxic fungi. Funga analysis revealed that cosmopolitan genera, northern temperate genera, and tropical-subtropical genera were the dominant components. This study provides fundamental data supporting taxonomic statistics, ecological conservation, and industrial development of regional fungal resources.

**Keywords:** macrofungi; species diversity; economic value; floristic components

大型真菌(macrofungi)通常是指徒手可摘,能够产生肉眼可见子实体的真菌(李玉等 2015; 武崇高等 2025)。作为森林生态系统中的主要分解者,大型真菌在维系生态系统物质循环与能量流动、促进植物生长、维持生态平衡等方面发挥着不可替代的作用(Wang *et al.* 2013; Wu *et al.* 2016; Alves *et al.* 2019; Liu *et al.* 2020; Yuan *et al.* 2023), 尤其在与植物共生关系中发挥重要作用(Bogar *et al.* 2019; Hu *et al.* 2022)。此外,大型真菌包含大量的食用菌、药用菌和毒菌等物种,是食物、药物和生物防治的重要来源(戴玉成和杨祝良 2008; 戴玉成等 2010; 图力古尔等 2014, 2024; Wu *et al.* 2019; 包海鹰等 2021)。

森林生态系统作为大型真菌的主要栖息地,其独特的微环境为真菌的繁殖与多样性维持提供了关键生境条件(图力古尔等 2010; 戴玉成等 2021)。森林生态系统相较于平原农田或城市绿地,具有更高的生境异质性和宿主植物多样性,能支持更复杂的真菌功能群落共存,因此系统性

调查此类区域对揭示山地真菌多样性格局具有典型性和代表性(Yang *et al.* 2021)。近年来,随着分子生物学技术的发展,我国学者相继在东北、西南、华南等地区开展了系统的大型真菌多样性调查,发现了大量新种及新记录种(孙雅丽 2021; 武英达等 2021; Mao *et al.* 2023; Wang *et al.* 2023; 王科和蔡磊 2023; 王文和李梅 2023; 辛琪等 2023; Zhang *et al.* 2023; Zhou *et al.* 2023; Cui *et al.* 2024; 韩西茜等 2024; 苏锡钧等 2024; Wang & Bau 2024; 庾拥兰等 2024; Qin *et al.* 2025; 杨云深等 2025)。最新资料表明,全球真菌种类约达 380 万种,其中大型真菌约 14 万种,我国已知 1.4 万余种(刘培贵等 2020; 戴玉成等 2021; 任静等 2024)。

安徽省地处东部季风区,属于亚热带湿润气候与暖温带气候过渡带,地形地貌复杂多样,森林覆盖率较高,孕育了丰富的植物资源和复杂的微气候格局,为大型真菌的生长与演化提供了优越的自然条件。前期对安徽省内特别是山地大型真菌多样性研究有零星报道,但主要集中在黄

山、大别山等部分地区(柴新义等 2018; 郭婷等 2022; 罗侠等 2022), 整体尚缺乏系统性、全面性的资源数据, 且在物种鉴定方面存在误判、漏判等问题。本研究在全面调查安徽省山地大型真菌的基础上, 采用形态学与分子生物学相结合的方法准确鉴定物种, 旨在明确安徽省山地大型真菌的物种组成、优势类群及生态分布特点, 为丰富中国大型真菌多样性资料、支撑区域生物多样性保护、生物资源可持续利用及生态系统功能维护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

安徽省位于中国华东长江三角洲地区, 山地资源丰富, 主要分布在皖南山区和皖西大别山区两大区域, 皖南山区属于亚热带湿润季风气候区, 降水充沛, 年平均气温为 15.5–16 °C, 年降水量达 1 100–2 500 mm; 皖西大别山区呈现北亚热带温暖湿润季风性气候特征, 年均气温 14–16 °C, 年均降水量 1 100–1 450 mm, 是安徽省内长江和淮河流域的分水岭(安徽省地方志编纂委员会 1999; 陈明林等 2004; 徐建鹏等 2021)。复杂的地形与气候共同塑造了明显的植被垂直带谱, 从北至南依次分布落叶阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林和常绿阔叶林(付丹阳和魏

靖阳 2024; Wu *et al.* 2024)。本研究调查范围涵盖安徽省主要山地生态系统, 包括皖南山区的牯牛降自然保护区、黄山天湖山自然保护区、五溪山国家森林公园、敬亭山国家森林公园、马金岭自然保护区、太湖山国家森林公园、安徽横山国家森林公园、琅琊山景区及皇甫山国家森林公园, 以及皖西大别山区的鹞落坪自然保护区和马鬃岭自然保护区等地区(表 1)。

### 1.2 标本采集

2020 年 10 月至 2024 年 11 月, 每年春季(3–5 月)、夏季(6–8 月)和秋季(9–11 月)开展 3 次季节性调查。一般选择雨后 2–3 d 内开展野外工作, 每次调查持续 7–15 d。野外采用随机踏查法对研究区范围内不同林型中大型真菌进行全面调查, 样品采集过程中, 记录大型真菌子实体的生境、数量、采集时间、采集地点及周围植被类型等。小心采集完整子实体带回驻地, 并详细描述菌盖的大小、颜色、形状, 记录菌褶或菌孔的颜色、宽度、密集度及与菌柄的连接方式, 记录菌环、菌托、菌肉、气味等特征。记录完成后在 45 °C 下恒温烘干, 干燥保存, 同时, 取部分新鲜干净组织于硅胶中干燥, 用于分子生物学鉴定(Deng *et al.* 2021)。采集的所有样品均保存于滁州学院生物多样性资源综合利用标本室。

表 1 调查样线信息表

Table 1 Survey area and sampling line information

调查区域 Survey area	样线两端经纬度 Latitude and longitude of the sampling line
牯牛降自然保护区 Guniujiang National Nature Reserve	29.984 65N, 117.488 69E–30.099 96N, 117.545 37E
黄山天湖山自然保护区 Huangshan Tianhu Nature Reserve	30.078 48N, 118.247 97E
五溪山国家森林公园 Wuxishan National Forest Park	30.031 75N, 117.892 36E–30.066 07N, 117.908 33E
敬亭山国家森林公园 Jingtingshan National Forest Park	30.966 24N, 118.697 85E–30.980 98N, 118.715 51E
马金岭自然保护区 Majinling Nature Reserve	29.509 61N, 118.268 74E
太湖山国家森林公园 Taihushan National Forest Park	31.527 79N, 118.047 8E
安徽横山国家森林公园 Anhui Hengshan National Forest Park	30.899 77N, 119.399 82E
琅琊山景区 Langya Mountain Scenic Area	32.281 01N, 118.268 88E–32.300 64N, 118.284 27E
皇甫山国家森林公园 Huangfushan National Forest Park	32.341 56N, 118.029 63E–32.368 91N, 118.028 75E
鹞落坪自然保护区 Yaoluoping National Nature Reserve	30.963 36N, 116.073 4E–31.077 23N, 116.165 11E
马鬃岭自然保护区 Mazongling National Nature Reserve	31.325 99N, 115.625 32E

### 1.3 标本鉴定

#### 1.3.1 分子生物学鉴定

大型真菌总 DNA 提取方法主要采用改良的 CTAB 法(Doyle & Doyle 1986)。以提取的 DNA 作为模板, 扩增核糖体内转录间隔区(internal transcribed spacer, ITS)和核糖体大亚基(ribosomal large subunit, LSU)序列。将 PCR 扩增产物送至生工生物工程(上海)股份有限公司进行测序。整理测序成功结果, 使用 BioEdit v7.2.5 软件对测序序列进行检测调整, 去除低质量序列片段, 合格的序列在 GenBank 数据库(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>)中通过 Blast 工具进行序列比对, 必要时构建系统发育树。

#### 1.3.2 形态学鉴定

观察并详细描述子实体宏观形态, 包括菌盖大小、颜色、形状, 菌褶或菌孔颜色、宽度、密集度以及与菌柄的连接方式, 描述菌柄、菌托、菌幕、菌肉、气味等特征。另外, 用刀片或镊子取 0.5 mm 干标本的干净部位, 以 5% KOH 溶液为浮载剂制作临时切片, 在光学显微镜下观察孢子、担子、囊状体等微观特征(Xu *et al.* 2021), 并参考相关文献确定最终鉴定结果(Rogers 1984; Tokuda *et al.* 2009; Ge *et al.* 2012; Jang *et al.* 2012; Nouhra *et al.* 2012; Deepika *et al.* 2013; Zhang *et al.* 2013; Antonín *et al.* 2014; Battistin *et al.* 2014; Farook & Manimohan 2014; Song *et al.* 2014; Yuan 2014; Han *et al.* 2016; He *et al.* 2016; Kasuya *et al.* 2016; Shao *et al.* 2016; Wu *et al.* 2016; Hosen *et al.* 2017; Adamcik *et al.* 2018; Cui *et al.* 2018; Cui *et al.* 2019; Wang & Yang 2019; Xiao *et al.* 2019; Tang *et al.* 2020; Long *et al.* 2021; Palamarchuk *et al.* 2021; Jančovičová *et al.* 2022; Ju *et al.* 2022; Kaygusuz & Şengül 2022; Wu *et al.* 2022; Zeng *et al.* 2022; Niego *et al.* 2023; Putra *et al.* 2023; Wei *et al.* 2023; Chen *et al.* 2024; Huang *et al.* 2024; Petersen & Hughes 2024; Yang *et al.* 2024)。中文学名参照物种 2000 中国节点网站(<http://sp2000.org.cn/>)和中国科学院微生物研究所菌物标本馆官网 (<https://nmdc.cn/fungarium/fungi/chinadi>

rectories), 针对中国新记录物种, 查找原文词源进行翻译, 拉丁学名参照索引数据库 Index Fungorum (<http://indexfungorum.org/>)。

#### 1.4 优势科属分析

根据物种鉴定结果, 整理安徽省山地大型真菌多样性名录, 并对大型真菌的科、属、种进行统计。分析区域内大型真菌的优势科(种数 $\geq 10$ )和优势属(种数 $\geq 5$ ) (Tie *et al.* 2023)。

#### 1.5 资源评价

参考相关文献, 对已经鉴定的大型真菌按照其用途作资源评价。主要将大型真菌分为食用菌、药用菌、有毒菌、食药兼用菌、药毒两用菌(戴玉成和杨祝良 2008; 戴玉成等 2010; 图力古尔等 2014, 2025; Wu *et al.* 2019)。

#### 1.6 区系成分划分

根据相关文献(图力古尔和李玉 2000; 李奇缘 2020; 王雪珊等 2020; 杜璠 2022; 汪士政 2023; 刘丛丛 2024; 刘海飞 2024), 对研究区内大型真菌物种区系的地理分布特征进行分析。针对部分鲜有报道的类群, 参考 GBIF 网站(<https://www.gbif.org/>)提供的全球分布信息, 并依此将其划分为以下分布类型: 世界广布属, 指广泛分布于世界各大洲、没有特定分布中心的属(汪士政 2023); 北温带分布属, 指分布于北半球(欧亚大陆及北美)温带地区的属(刘海飞 2024); 热带-亚热带分布属, 指分布于东西 2 个半球的热带, 部分也可达亚热带至温带, 但分布中心仍在热带的属(李奇缘 2020); 东亚-北美洲间断分布属, 指在东亚和北美洲间断分布的属(杜璠 2022); 欧洲-北美洲分布属, 指分布中心在欧洲、北美洲的属(刘丛丛 2024); 中国特有属, 指仅分布于中国的属(杜璠 2022)。

#### 1.7 受威胁程度评估

根据 2018 年发布的《中国生物多样性红色名录——大型真菌卷》, 将评估等级分为灭绝(extinct, EX)、野外灭绝(extinct in the wild, EW)、极危(critically endangered, CR)、濒危(endangered, EN)、易危(vulnerable, VU)、近危(near threatened, NT)、无危(least concern, LC)、数据不足(data deficient, DD)、未予评估(not evaluated, NE)。

## 2 结果与分析

### 2.1 安徽省山地大型真菌物种组成

通过对安徽省山地多年的调查,共采集大型真菌标本 2 682 份,根据分子生物学和形态学鉴定结果,鉴定出大型真菌 922 种,隶属于 2 门 8 纲 25 目 95 科 280 属(图 1,表 2),其中子囊菌门大型真菌 5 纲 8 目 20 科 33 属 75 种,占总物种数量的 8.13%,担子菌门大型真菌 3 纲 17 目 75 科 247 属 847 种,占总物种数量的 91.87%;发现中国新记录 15 种(表 3)。

### 2.2 安徽省山地大型真菌优势科属分析

分析表明,安徽省山地大型真菌优势科有 23 个,包含 156 属 693 种,占安徽省山地大型真菌全部物种总数的 75.16%。其中物种数 $\geq 30$  种的科为:红菇科、牛肝菌科、鹅膏科、多孔菌科、

蘑菇科、粉褶菌科、小皮伞科、类脐菇科,上述 8 科共包含 470 种(表 4),占安徽省大型真菌物种总数的 50.98%。优势属 42 个,共包括 545 种,占全部物种的 59.11%(表 5)。

### 2.3 安徽省山地大型真菌资源评价

本研究根据安徽省山地大型真菌的经济价值将它们分为食用菌、药用菌、有毒菌、食药兼用菌、药毒两用菌 5 种类型(图 2)。食用菌包括豆芽菌 *Clavaria fragilis* Holmsk.、黄褶乳菇 *Lactarius cinnamomeus* W.F. Chiu、间型鸡枞 *Termitomyces intermedius* Har. Takah. & Taneyama 等 68 种,占总数的 7.38%。药用菌包括细脚虫草 *Cordyceps tenuipes* (Peck) Kepler, B. Shrestha & Spatafora、欧洲灵芝 *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst.、桑黄 *Sanghuangporus sanghuang* (Sheng H. Wu, T. Hatt. & Y.C. Dai)



图 1 部分物种图片 A: 白纹红菇; B: 半裸松塔牛肝菌; C: 绿盖裘氏牛肝菌; D: 苦粉孢牛肝菌; E: 赭红拟口蘑; F: 欧氏鹅膏; G: 血红小菇; H: 裂褶菌; I: 薄黑孔菌; J: 云芝; K: 朱红栓菌; L: 干巴菌

Fig. 1 Photographs of some species. A: *Russula alboareolata*; B: *Strobilomyces seminudus*; C: *Chiua virens*; D: *Tylopilus felleus*; E: *Tricholomopsis rutilans*; F: *Amanita oberwinkleriana*; G: *Mycena haematopus*; H: *Schizophyllum commune*; I: *Nigroporus vinosus*; J: *Trametes versicolor*; K: *Trametes sanguinea*; L: *Thelephora ganbajun*.

表 2 安徽省山地大型真菌物种组成

Table 2 Species composition of macrofungi in mountainous areas of Anhui Province

纲	目	科	属数	种数
Class	Order	Family	Number of genera	Number of species
散囊菌纲 Eurotiomycetes	散囊菌目 Eurotiales	大团囊菌科 Elaphomycetaceae	1	1
地舌菌纲 Geoglossomycetes	地舌菌目 Geoglossales	地舌菌科 Geoglossaceae	1	1
锤舌菌纲 Leotiomycetes	柔膜菌目 Helotiales	耳盘菌科 Cordieritidaceae	2	2
		毛盘菌科 Lachnaceae	1	1
	锤舌菌目 Leotiales	锤舌菌科 Leotiaceae	1	1
	星裂盘菌目 Phacidiales	星裂盘菌科 Phacidiaceae	1	1
盘菌纲 Pezizomycetes	盘菌目 Pezizales	马鞍菌科 Helvellaceae	1	3
		羊肚菌科 Morchellaceae	1	2
		侧盘菌科 Otideaceae	1	1
		盘菌科 Pezizaceae	1	1
		垫盘菌科 Pulvinulaceae	1	1
		火丝菌科 Pyronemataceae	3	5
		肉杯菌科 Sarcoscyphaceae	1	1
		肉盘菌科 Sarcosomataceae	1	1
		丛耳科 Wynneaceae	1	1
粪壳菌纲 Sordariomycetes	肉座菌目 Hypocreales	麦角菌科 Clavicipitaceae	2	5
		虫草科 Cordycipitaceae	5	13
		肉座菌科 Hypocreaceae	2	4
		线虫草科 Ophiocordycipitaceae	4	15
	炭角菌目 Xylariales	炭角菌科 Xylariaceae	2	15
蘑菇纲 Agaricomycetes	蘑菇目 Agaricales	蘑菇科 Agaricaceae	15	53
		鹅膏科 Amanitaceae	2	66
		粪锈伞科 Bolbitiaceae	4	6
		色孢菌科 Callistosporiaceae	1	2
		珊瑚菌科 Clavariaceae	2	8
		丝膜菌科 Cortinariaceae	2	9
		锈耳科 Crepidotaceae	1	3
		粉褶菌科 Entolomataceae	5	40
		轴腹菌科 Hydnangiaceae	1	7
		蜡伞科 Hygrophoraceae	4	11
		层腹菌科 Hymenogastraceae	2	6
		未定科 <i>Incertae sedis</i>	8	12
		丝盖伞科 Inocybaceae	4	28
		马勃科 Lycoperdaceae	5	9
		离褶伞科 Lyophyllaceae	5	13
		巨囊伞科 Macrocystidiaceae	1	1
		小皮伞科 Marasmiaceae	5	33
		小菇科 Mycenaceae	3	17
		鸟巢菌科 Nidulariaceae	1	1
		类脐菇科 Omphalotaceae	5	30
		泡头菌科 Physalacriaceae	6	11
		侧耳科 Pleurotaceae	2	3
		光柄菇科 Pluteaceae	2	13
		小脆柄菇科 Psathyrellaceae	6	14
		羽瑚菌科 Pterulaceae	1	1

(待续)

(续表 2)

纲 Class	目 Order	科 Family	属数 Number of genera	种数 Number of species
		裂褶菌科 Schizophyllaceae	1	1
		球盖菇科 Strophariaceae	3	8
		口蘑科 Tricholomataceae	5	13
		假脐菇科 Tubariaceae	2	2
	木耳目 Auriculariales	木耳科 Auriculariaceae	2	8
	牛肝菌目 Boletales	牛肝菌科 Boletaceae	27	70
		双被地星科 Diplocystaceae	1	1
		铆钉菇科 Gomphidiaceae	1	1
		圆孔牛肝菌科 Gyroporaceae	1	3
		桩菇科 Paxillaceae	2	2
		硬皮马勃科 Sclerodermataceae	1	9
		乳牛肝菌科 Suillaceae	1	5
		小塔氏菌科 Tapinellaceae	1	2
	鸡油菌目 Cantharellales	齿菌科 Hydnaceae	4	19
	伏革菌目 Corticiales	点革菌科 Punctulariaceae	1	1
	地星目 Geastrales	地星科 Geastraceae	1	1
	粘褶菌目 Gloeophyllales	粘褶菌科 Gloeophyllales	3	3
	钉菇目 Gomphales	钉菇科 Gomphaceae	3	5
		木瑚菌科 Lentariaceae	1	1
	刺革菌目 Hymenochaetales	刺革菌科 Hymenochaetaceae	12	21
		未定科 <i>Incertae sedis</i>	1	2
		酸味菌科 Oxyporaceae	1	2
		里肯菇科 Rickenellaceae	1	3
		裂孔菌科 Schizoporaceae	1	1
	鬼笔目 Phallales	鬼笔科 Phallaceae	7	10
	多孔菌目 Polyporales	齿毛菌科 Cerrenaceae	1	1
		耳壳菌科 Dacryobolaceae	1	1
		拟层孔菌科 Fomitopsidaceae	5	9
		灵芝科 Ganodermataceae	2	2
		灰树花科 Grifolaceae	1	1
		未定科 <i>Incertae sedis</i>	3	3
		结晶伏孔菌科 Incrustoporiaceae	1	1
		耙齿菌科 Irpicaceae	1	1
		绚孔菌科 Laetiporaceae	2	3
		肉孔菌科 Meripilaceae	1	2
		干朽菌科 Meruliaceae	3	4
		革耳菌科 Panaceae	1	2
		原毛平革菌科 Phanerochaetaceae	3	3
		柄杯菌科 Podoscyphaceae	1	2
		多孔菌科 Polyporaceae	24	66
		小密孔菌科 Pycnoporellaceae	1	1
		齿耳科 Steccherinaceae	4	5
	红菇目 Russulales	地花菌科 Albatrellaceae	1	1
		耳匙菌科 Auriscalpiaceae	2	4
		刺抱多孔菌科 Bondarzewiaceae	1	2
		猴头菌科 Hericiaceae	1	2

(待续)

(续表 2)

纲 Class	目 Order	科 Family	属数 Number of genera	种数 Number of species
		红菇科 Russulaceae	3	112
		韧革菌科 Stereaceae	2	7
	拟韧革菌目 Stereopsidales	拟韧革菌科 Stereopsidaceae	1	2
	革菌目 Thelephorales	革菌科 Thelephoraceae	1	10
	糙孢孔菌目 Trechisporales	未定科 <i>Incertae sedis</i>	1	1
花耳纲 Dacrymycetes	花耳目 Dacrymycetales	花耳科 Dacrymycetaceae	2	3
银耳纲 Tremellomycetes	银耳目 Tremellales	未定科 <i>Incertae sedis</i>	1	1
		银耳科 Tremellaceae	2	5

表 3 安徽省山地大型真菌中国新记录

Table 3 New Chinese records of macrofungi in mountainous areas of Anhui Province

中文名 Chinese name	拉丁名 Scientific name	参考文献 References
草地杯伞 /	<i>Clitopiloides prati</i> D.L. Largent <i>Cotylidia carpatica</i> (Pilát) Huijsman	Largent & Cribari 2022 Huijsman 1954
半盖暗孔菌	<i>Fuscoporia semicephala</i> Y. Cho, D.H. Kim & Y.W. Lim	Cho <i>et al.</i> 2023
灰粉乳菇	<i>Lactarius cinereoroseus</i> H. Lee, Wisitr. & Y.W. Lim	Lee <i>et al.</i> 2019
褐孢小皮伞	<i>Marasmius brunneospermus</i> Har. Takah.	Takahashi 1999
树状线虫草 /	<i>Ophiocordyceps arborescens</i> S. Ban, Sakane & Nakagiri <i>Ophiocordyceps neovolkiana</i> (Kobayasi) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora	Ban <i>et al.</i> 2014 Sung <i>et al.</i> 2007
无柄线虫草	<i>Ophiocordyceps sessilis</i> Kaitsu, Uchiy. & Kinjo	Kaitsu <i>et al.</i> 2013
橙色侧座虫草	<i>Pleurocordyceps aurantiaca</i> (Y.P. Xiao, T.C. Wen & K.D. Hyde) Y.H. Wang, W.J. Wang, Yi Li, Ke Wang, P.M. Kirk & Y.J. Yao	Wang <i>et al.</i> 2021
披针形侧座虫草	<i>Pleurocordyceps lanceolata</i> Y.P. Xiao, T.C. Wen & K.D. Hyde	Xiao <i>et al.</i> 2023
东方多变多孔菌 /	<i>Polyporus orientivarius</i> H. Lee, N.K. Kim & Y.W. Lim <i>Russula butyroindica</i> K. Das & Buyck	Tibpromma <i>et al.</i> 2017 Das <i>et al.</i> 2017
灰柄红菇	<i>Russula griseostipitata</i> McNabb	MCNabb 1973
纳斯特硬皮马勃 /	<i>Scleroderma nastii</i> Raut <i>Xerocomellus dryophilus</i> (Thiers) N. Siegel, C.F. Schwarz & J.L. Frank	Raut <i>et al.</i> 2020 Thiers 1974

表 4 安徽省山地大型真菌优势科

Table 4 Dominant families of macrofungi in mountainous areas of Anhui Province

科 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	占比 Percentage (%)	科 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	占比 Percentage (%)
红菇科 Russulaceae	3	112	12.15	线虫草科 Ophiocordycipitaceae	4	15	1.84
牛肝菌科 Boletaceae	27	70	7.59	炭角菌科 Xylariaceae	2	15	1.63
鹅膏科 Amanitaceae	2	66	7.16	小脆柄菇科 Psathyrellaceae	6	14	1.63
多孔菌科 Polyporaceae	24	66	7.16	虫草科 Cordycipitaceae	5	13	1.52
蘑菇科 Agaricaceae	15	53	5.75	离褶伞科 Lyophyllaceae	5	13	1.41
粉褶菌科 Entolomataceae	5	40	4.34	光柄菇科 Pluteaceae	2	13	1.41
小皮伞科 Marasmiaceae	5	33	3.58	口蘑科 Tricholomataceae	5	13	1.41
类脐菇科 Omphalotaceae	5	30	3.25	蜡伞科 Hygrophoraceae	4	11	1.19
丝盖伞科 Inocybaceae	4	28	3.04	膨瑚菌科 Physalacriaceae	6	11	1.19
锈革孔菌科 Hymenochaetaceae	12	21	2.28	鬼笔科 Phallaceae	7	10	1.08
齿菌科 Hydnaceae	4	19	2.06	革菌科 Thelephoraceae	1	10	1.08
小菇科 Mycenaceae	3	17	1.95	总计 Total	156	693	75.16

表 5 安徽省山地大型真菌优势属  
Table 5 Dominant genera of macrofungi in mountainous areas of Anhui Province

属 Genus	种数 No. of species	占比 Percentage (%)
红菇属 <i>Russula</i>	76	8.24
鹅膏属 <i>Amanita</i>	65	7.05
粉褶菌属 <i>Entoloma</i>	34	3.69
乳菇属 <i>Lactarius</i>	31	3.36
小皮伞属 <i>Marasmius</i>	27	2.93
丝盖伞属 <i>Inocybe</i>	21	2.28
蘑菇属 <i>Agaricus</i>	18	1.95
小菇属 <i>Mycena</i>	14	1.52
炭角菌属 <i>Xylaria</i>	14	1.52
栓菌属 <i>Trametes</i>	13	1.41
裸伞属 <i>Gymnopus</i>	12	1.30
光柄菇属 <i>Pluteus</i>	11	1.19
白环蘑属 <i>Leucoagaricus</i>	10	1.08
线虫草属 <i>Ophiocordyceps</i>	10	1.08
革菌属 <i>Thelephora</i>	10	1.08
拟金钱菌属 <i>Collybiopsis</i>	9	0.98
灵芝属 <i>Ganoderma</i>	9	0.98
硬皮马勃属 <i>Scleroderma</i>	9	0.98
牛肝菌属 <i>Boletus</i>	8	0.87
鸡油菌属 <i>Cantharellus</i>	8	0.87
虫草属 <i>Cordyceps</i>	8	0.87
丝膜菌属 <i>Cortinarius</i>	8	0.87
环柄菇属 <i>Lepiota</i>	8	0.87
绒盖牛肝菌属 <i>Xerocomus</i>	8	0.87
锁瑚菌属 <i>Clavulina</i>	7	0.76
湿伞属 <i>Hygrocybe</i>	7	0.76
蜡蘑属 <i>Laccaria</i>	7	0.76
多孔菌属 <i>Polyporus</i>	7	0.76
粉孢牛肝菌属 <i>Tylopilus</i>	7	0.76
金牛肝菌属 <i>Aureoboletus</i>	6	0.65
长根菇属 <i>Hymenopellis</i>	6	0.65
微皮伞属 <i>Marasmiellus</i>	6	0.65
蚁巢伞属 <i>Termitomyces</i>	6	0.65
木耳属 <i>Auricularia</i>	5	0.54
条孢牛肝菌属 <i>Boletellus</i>	5	0.54
拟锁瑚菌属 <i>Clavulinopsis</i>	5	0.54
拟层孔菌属 <i>Fomitopsis</i>	5	0.54
多汁乳菇属 <i>Lactifluus</i>	5	0.54
小脆柄菇属 <i>Psathyrella</i>	5	0.54
韧革菌属 <i>Stereum</i>	5	0.54
松塔牛肝菌属 <i>Strobilomyces</i>	5	0.54
乳牛肝菌属 <i>Suillus</i>	5	0.54
总计 Total	545	59.11

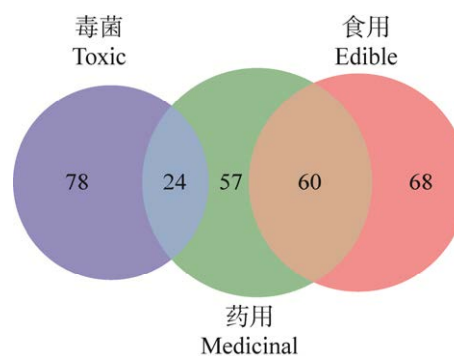


图 2 安徽省山地大型真菌资源评价  
Fig. 2 Evaluation of macrofungal resources in mountainous areas of Anhui Province.

Sheng H. Wu, L.W. Zhou & Y.C. Dai 等 57 种, 占物种总数的 6.18%。有毒菌包括欧氏鹅膏 *Amanita oberwinkleriana* Zhu L. Yang & Yoshim. Doi、方形粉褶菌 *Entoloma quadratum* (Berk. & M.A. Curtis) E. Horak、小孢粉孢牛肝菌 *Tylopilus microsporus* S.Z. Fu, Q.B. Wang & Y.J. Yao 等 78 种, 占物种总数的 8.46%。食药兼用菌包括肝色牛排菌 *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With.、松乳菇 *Lactarius deliciosus* (L.) Gray、银耳 *Tremella fuciformis* Berk.等 60 种, 占物种总数的 6.51%。药毒两用菌包括黄斑菇 *Agaricus xanthodermus* Genev.、洁小菇 *Mycena pura* (Pers.) P. Kumm.、橘色硬皮马勃 *Scleroderma citrinum* Pers.等 24 种, 占物种总数的 2.60%。

2.4 安徽省山地大型真菌区系地理成分分析

参考相关文献对各个属的地理成分进行统计分析, 将安徽省山地大型真菌的 280 个属划分为 6 个类型。

世界广布属, 包括: 残孔菌属 *Abortiporus*、蘑菇属 *Agaricus*、田头菇属 *Agrocybe*、鹅膏属 *Amanita*、小薄孔菌属 *Antrodiella*、木耳属 *Auricularia*、白僵菌属 *Beauveria*、烟管菌属 *Bjerkandera*、牛肝菌属 *Boletus*、色孢菌属 *Callistosporium*、胶角耳属 *Calocera*、丽蘑属 *Calocybe*、秃马勃属 *Calvatia*、钟伞属 *Campanella*、黄盖脆柄菇属 *Candolleomyces*、鸡油菌属 *Cantharellus*、蜡孔菌属 *Ceriporus*、拟蜡菌属 *Ceriporiopsis*、齿毛菌属 *Cerrena*、青褶伞属 *Chlorophyllum*、笼头菌属 *Clathrus*、珊瑚菌

属 *Clavaria*、锁瑚菌属 *Clavulina*、拟锁瑚菌属 *Clavulinopsis*、拟金钱菌属 *Collybiopsis*、小鬼伞属 *Coprinellus*、拟鬼伞属 *Coprinopsis*、鬼伞属 *Coprinus*、复柄盘菌属 *Cordierites*、虫草属 *Cordyceps*、喇叭菌属 *Craterellus*、靴耳属 *Crepidotus*、白蛋巢菌属 *Crucibulum*、黑蛋巢菌属 *Cyathus*、田头菇属 *Cyclocybe* 等, 共 127 个属, 占比 45.36%。

北温带分布属, 包括地花孔菌属 *Albatrellus*、褶盾菌属 *Arrhenia*、密瑚菌属 *Artomyces*、星孢寄生菇属 *Asterophora*、灰球菌属 *Bovista*、*Bryoperdon*、黄肉牛肝菌属 *Butyriboletus*、钙质波斯特孔菌属 *Calcipostia*、斜盖伞属 *Clitopilus*、集毛孔菌属 *Coltricia*、锥盖伞属 *Conocybe*、丝膜菌属 *Cortinarius*、毛皮伞属 *Crinipellis*、圆头伞属 *Descolea*、牛排菌属 *Fistulina*、冬菇属 *Flammulina*、层孔菌属 *Fomes*、盔孢伞属 *Galerina*、地舌菌属 *Geoglossum*、铆钉菇属 *Gomphidius* 等, 共 49 个属, 占比 17.50%。

热带-亚热带分布属, 包括: 多孢孔菌属 *Abundisporus*、星头菌属 *Aseroe*、硬皮地星属 *Astraeus*、条孢牛肝菌属 *Boletellus*、杯革菌属 *Cotylidia*、拱顶菇属 *Cuphophyllus*、棘刚毛菌属 *Echinochaete*、粉褶菌属 *Entoloma*、棱孔菌属 *Favolus*、粗毛盖菌属 *Funalia*、网孢牛肝菌属 *Heimioporus*、厚瓢牛肝菌属 *Hourangia*、刺革菌属 *Hymenochaete*、长根菇属 *Hymenopellis*、韧伞属 *Lentinus*、革褥菌属 *Lenzites*、散尾鬼笔属 *Lysurus* 等, 共 34 个属, 占比 12.14%。

东亚-北美洲间断分布属, 包括金牛肝菌属 *Aureoboletus*、耳匙菌属 *Auriscalpium*、薄瓢牛肝菌属 *Baorangia*、隐孔菌属 *Cryptoporus*、矛齿菌属 *Hastodontia*、类脐菇属 *Omphalotus*、紫盖牛肝菌属 *Sutorius*, 共 7 个属, 占比 2.50%。

欧洲-北美洲分布属, 包括美牛肝菌属 *Caloboletus*、梯间囊菌属 *Climacocystis*、肉齿菌属 *Climacodon*、巨囊伞属 *Macrocyttidia*、拟木层孔菌属 *Phellinopsis*、圆孢侧耳属 *Pleurocybella*, 共 6 个属, 占比 2.14%。

中国特有属, 包括裘氏牛肝菌属 *Chiuia* 和臧

氏牛肝菌属 *Zangia*, 共 2 个属, 占比 0.71%。

此外, 还有 *Amoenoboletus*、*Ameghiniella*、黑孔牛肝菌属 *Anthracoportus*、*Apioperdon*、*Aurantiopileus*、*Bryoperdon*、胶鼓菌属 *Bulgaria*、毛伞属 *Chaetocalathus*、灰红褶菌属 *Clitocella*、*Clitopiloides*、*Cubamyces*、竹荪属 *Dictyophora*、*Erioscyphella*、密孔菌属 *Fabisporus*、小牛排菌属 *Fistulinella*、脆层孔菌属 *Fragifomes*、不规则孢伞属 *Gerhardtia*、球束梗孢属 *Gibellula*、胶鸡油菌属 *Gloeocantharellus*、霍氏鬼伞属 *Hausknechtia*、海氏蘑菇属 *Heinemannomyces* 等, 共 55 个属分布尚不明确, 占比 19.64%。

## 2.5 安徽省山地大型真菌物种受威胁程度评估

对已经鉴定出的 922 个物种进行受威胁程度评估, 共得出 420 种大型真菌的受威胁程度, 503 种未检索到受威胁情况(图 3)。完成受威胁程度评估的物种中, 有 3 种为近危物种, 分别是蛹虫草 *Cordyceps militaris* (L.) Fr.、四川灵芝 *Ganoderma sichuanense* J.D. Zhao & X.Q. Zhang 和窄褶蜡蘑 *Laccaria angustilamella* Zhu L. Yang & L. Wang; 3 种为易危物种, 分别是小橙黄牛肝菌 *Boletus miniatoaurantiacus* C.S. Bi & Loh、猬状猴头菌 *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. 和干巴菌 *Thelephora ganbajun* M. Zang; 289 种为无危物种; 124 种数据缺乏。

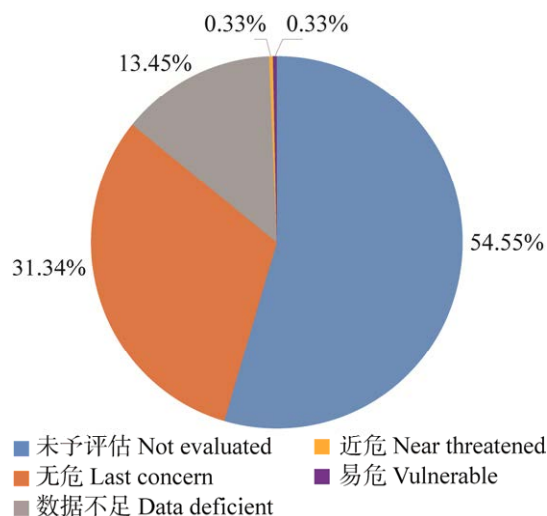


图 3 安徽省山地大型真菌濒危状态  
Fig. 3 Endangered status of macrofungi in mountainous areas of Anhui Province.

### 3 讨论

本研究共鉴定安徽省山地大型真菌 922 种, 与同纬度相邻的湖北省(大型真菌 252 种)相比, 表现出更高的物种多样性(刘升乔等 2021)。研究显示, 红菇科 Russulaceae、牛肝菌科 Boletaceae、鹅膏科 Amanitaceae 等外生菌根真菌在调查区域中占据优势地位, 其共生植物隶属于壳斗科 Fagaceae、桦木科 Betulaceae、杨柳科 Salicaceae 等安徽省山地优势植物类群(安红梅和徐阿生 2016; Looney *et al.* 2018; 王丽等 2019; 余文英等 2020; 俞嘉瑞和袁海生 2023; 张宏 2023; 朱林等 2025), 丰富的共生植物为外生菌根真菌提供了良好的生存环境。此外, 多孔菌科 Polyporaceae、锈革孔菌科 Hymenochaetaceae、齿菌科 Hydnaceae 等是本调查中腐生真菌的优势类群, 其生长主要依赖于倒木等木质基质, 反映了安徽省山地森林资源丰富且生态系统原生性保持完整(冯哲等 2025)。

本研究共发现食用菌 68 种, 其中包括美味牛肝菌 *Boletus edulis* Bull.、鸡油菌 *Cantharellus cibarius* Fr.、多汁乳菇 *Lactifluus volemus* (Fr.) Kuntze 等具有较高食用价值的物种。药用菌共 57 种, 如紫芝 *Ganoderma sinense* J.D. Zhao, L.W. Hsu & X.Q. Zhang 具有抗肿瘤、抗氧化等功效(Zhang *et al.* 2019); 洁小菇 *Mycena pura* (Pers.) P. Kumm. 具有抗肿瘤活性; 裂褶菌 *Schizophyllum commune* Fr. 则对神经衰弱有治疗作用, 并具有抗炎、抗肿瘤、抗菌、抗氧化、抗衰老等多种作用(Wu *et al.* 2019)。食药兼用菌 60 种, 如黑木耳 *Auricularia heimuer* F. Wu, B.K. Cui & Y.C. Dai、红汁乳菇 *Lactarius hatsudake* Nobuj. Tanaka、羊肚菌 *Morchella esculenta* (L.) Pers., 已被广泛栽培(周伟坚等 2020; 江苏燕等 2025; 邵改革和张瑞颖 2025), 这些食药兼用菌不仅具有显著的经济价值, 也展现出了广阔的产业化开发前景(陈明等 2022; Liu *et al.* 2025)。目前, 野生菌中毒现象依然是全球公共卫生系统面临的突出问题。本研究共鉴定有毒菌 78 种, 其中部分有毒菌与食用菌形态极为相似, 如有毒菌亚稀

褶红菇 *Russula subnigricans* Hongo 与食用菌烟色红菇 *Russula adusta* (Pers.) Fr. 的菌盖均呈棕灰色, 存在误采误食的风险, 但前者受伤后变为红色, 后者受伤后变为灰色(李玉等 2015)。通过本次调查, 可为有关部门提供参考数据, 进而减少中毒事件的发生(郭建强等 2025)。另外, 在安徽山地发现 24 种药用但具有一定毒性的大型真菌, 如翘鳞韧伞 *Pholiota squarrosa* (Vahl) P. Kumm., 具有抗肿瘤、调控免疫等药用价值, 但误食会引发胃肠炎型、神经精神型等中毒反应(图力古尔等 2025), 应谨慎药用。

物种区系地理分布结果分析表明, 安徽省山地大型真菌区系分布以世界广布属为主, 表明该地区环境选择压力相对均衡, 生境连通性较好, 这一发现与王薇和潘璐冉(2021)以及沙国和周杨(2024)研究的安徽省山地自然条件复杂多样、生态系统稳定性较高的结果一致。另外, 相较于东北地区的黑龙江省, 安徽省山地的世界广布属和北温带分布属比例明显偏低, 而热带广布属比例较高(武崇高等 2025); 与西南地区的贵州省相比, 安徽省山地的世界广布属、北温带分布属以及热带-亚热带分布属的比例均较低, 东亚-北美间断分布属占比较高(杨云深等 2025); 而与华北地区的燕山区域相较, 安徽省山地同样表现出世界广布属和北温带分布属比例偏低, 但泛热带分布属比例较高的特征(任静等 2024), 表明安徽山地热带广布属、泛热带分布属占比较高。安徽山地植被属亚热带常绿阔叶林带(宋坤 2012), 这决定了大型真菌的区系分布特征, 另外, 安徽地处温暖带过渡地区, 其中淮河以南属于亚热带湿润季风气候, 再加上复杂多变的山地微环境(王梦泽等 2025), 形成了安徽山地大型真菌独特的区系分布格局。此外, 裘氏牛肝菌属 *Chiua* 和臧氏牛肝菌属 *Zangia* 均为中国特有属(Li *et al.* 2011; Wu *et al.* 2016), 安徽省的发现为研究该类群的分布提供了关键线索。值得注意的是, 分布范围尚不明确的属占总属数的 19.64%, 表明目前对真菌区系的研究仍显不足, 反映出区域性调查覆盖不全的问题, 今后应加强跨区域的协同调查并建立统一的区系划分标准, 为生物地

理学研究提供可靠依据(宋斌等 2018)。

受威胁程度评估显示,近危和易危物种仅占总物种的 0.66%,无危物种占总物种的 31.34%,表明安徽省山地的生态系统相对稳定,具备应对外部威胁的能力。近危物种如蛹虫草,由于特定寄主较少且生长环境要求严苛,自然种群数量较为有限(任思竹等 2025);易危物种如干巴菌,因其味道鲜美、营养丰富,子实体遭到过度采挖,加之生态退化日益严重,最终导致其产量大幅下降(朱晓梅等 2023),因此,应减少近危和易危物种的过度采挖,加大其生境的保护,加强野生种质资源保护。本研究结果显示,未评估物种占比过半,表明安徽省大型真菌资源调查、分类鉴定及保护研究仍面临严峻挑战,亟需进一步系统性的研究工作(李熠等 2020)。

## 作者贡献

孟俊言:数据分析、图表制作、论文撰写;巩银平、陈梦兰:样本采集、数据分析;罗侠:样本采集、提供实验材料、试验方案和写作指导、论文审阅。

## 利益冲突声明

该研究不存在任何潜在利益冲突的商业或财务关系。

## [REFERENCES]

- Adamcik S, Jančovičová S, Buyck B, 2018. The russulas described by Charles Horton Peck. *Cryptogamie Mycologie*, 39(1): 3-108
- Alves MH, Cruz MO, Nascimento CC, 2019. First record of *Chlorophyllum molybdites* (G. Mey.) Masseé (Basidiomycota, Agaricaceae) from Piauí state, Brazil. *Check List*, 15(4): 695-699
- An HM, Xu AS, 2016. Diversity and distribution of the ectomycorrhizal fungi in the Shergyla Mountain in Xizang. *Guizhou Agricultural Sciences*, 44(2): 162-165 (in Chinese)
- Anhui Provincial Local Records Compilation Committee, 1999. *Anhui Provincial records: natural environment*. Publishing House of Local Records, Beijing. 1-498 (in Chinese)
- Antonín V, Ryoo R, Ka KH, Sou HD, 2014. Three new species of *Crinipellis* and one new variety of *Moniliophthora* (Basidiomycota, Marasmiaceae) described from the Republic of Korea. *Phytotaxa*, 170(2): 86-102
- Ban S, Sakane T, Nakagiri A, 2014. Three new species of *Ophiocordyceps* and overview of anamorph types in the genus and the family Ophiocordycepsaceae. *Mycological Progress*, 14(1): 1017
- Bao HY, Bau T, Li Y, 2021. Development of the science of mycomedicine in China and its prospect. *Journal of Fungal Research*, 19(1): 12-18 (in Chinese)
- Battistin E, Deng W, Li TH, Gelardi M, 2014. A new species of *Entoloma s.l.* (Agaricales) from Nan'ao Island, south-eastern China. *Sydowia*, 66(2): 257-264
- Bau T, Bao HY, Li Y, 2014. A revised checklist of poisonous mushrooms in China. *Mycosystema*, 33(3): 517-548 (in Chinese)
- Bau T, Li HJ, Bao HY, Li Y, 2024. A revised checklist of poisonous mushrooms in China. *Journal of Fungal Research*, 22(4): 301-321 (in Chinese)
- Bau T, Li Y, 2000. Study on fungal flora diversity in Daqinggou Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 8(1): 73-80 (in Chinese)
- Bau T, Wang Y, Fan YG, 2010. Macrofungus diversity in coniferous forests in Changbai Mountain Nature Reserve. *Journal of Northeast Forestry University*, 38(11): 97-100 (in Chinese)
- Bau T, Yang ZL, Chen ZH, Li TH, Li HJ, 2025. *Poisonous mushrooms of China*. Science Press, Beijing. 1-418 (in Chinese)
- Bogar L, Peay K, Kornfeld A, Huggins J, Hortal S, Anderson I, Kennedy P, 2019. Plant-mediated partner discrimination in ectomycorrhizal mutualisms. *Mycorrhiza*, 29(2): 97-111
- Chai XY, Sheng S, Yu SJ, Zhang WW, Yin PF, Cui MX, 2018. Composition and ecological distribution of wild macrofungus resources in Guniujiang Natural Reserve. *Journal of Northwest Forestry University*, 33(1): 193-201 (in Chinese)
- Chen LG, Ding L, Chen H, Zeng H, Zeng ZH, Wang SN, Yan JQ, 2024. Seven new species of *Entoloma* subgenus *Cubospora* (Entolomataceae, Agaricales) from subtropical regions of China. *Journal of Fungi*, 10(8): 594
- Chen M, Zhang L, Zhang YP, Zhang LL, Xin L, Chang Y, Bao XX, 2022. Development status and countermeasures of edible fungi industry in Anhui Province. *Edible Fungi of China*, 41(10): 78-84 (in Chinese)
- Chen ML, Zhang XP, Sun YZ, 2004. Study on the diversity of vascular plants of mountains in southern Anhui. *Bulletin of Botanical Research*, 24(3): 284-291 (in Chinese)
- Cho Y, Kim D, Lee Y, Jeong J, Hussain S, Lim YW, 2023. Validation of *Fuscoporia* (Hymenochaetales,

- Basidiomycota) ITS sequences and five new species based on multi-marker phylogenetic and morphological analyses. *IMA Fungus*, 14(1): 12
- Cui BK, Li HJ, Ji X, Zhou JL, Song J, Si J, Yang ZL, Dai YC, 2019. Species diversity, taxonomy and phylogeny of Polyporaceae (Basidiomycota) in China. *Fungal Diversity*, 97: 137-392
- Cui YJ, Wu YD, Jiang YH, Zhu AH, Wu F, Liu HG, Dai YC, Yuan Y, 2024. Diversity of macrofungi in southeast Xizang 1. the wood-decay fungi. *Mycology*, 16(2): 635-669
- Cui YY, Cai Q, Tang LP, Liu JW, Yang ZL, 2018. The family Amanitaceae: molecular phylogeny, higher-rank taxonomy and the species in China. *Fungal Diversity*, 91(1): 5-230
- Dai YC, Yang ZL, 2008. A revised checklist of medicinal fungi in China. *Mycosystema*, 27(6): 801-824 (in Chinese)
- Dai YC, Yang ZL, Cui BK, Wu G, Yuan HS, Zhou LW, He SH, Ge ZW, Wu F, Wei YL, Yuan Y, Si J, 2021. Diversity and systematics of the important macrofungi in Chinese forests. *Mycosystema*, 40(4): 770-805 (in Chinese)
- Dai YC, Zhou LW, Yang ZL, Wen HA, Bau T, Li TH, 2010. A revised checklist of edible fungi in China. *Mycosystema*, 29(1): 1-21 (in Chinese)
- Das K, Ghosh A, Baghela A, Avchar R, Bhatt R, Buyck B, 2017. Morphological and phylogenetic evidence for *Russula butyroindica* sp. nov. (Russulaceae) from the Indian Himalaya. *Nova Hedwigia*, 106(3): 295-303
- Deepika K, Reddy MS, Upadhyay RC, 2013. New records of *Cantharellus* species from the northwestern Himalayas of India. *Mycology*, 4(4): 205-220
- Deng LS, Kang R, Zeng NK, Yu WJ, Chang C, Xu F, Deng WQ, Qi LL, Zhou YL, Fan YG, 2021. Two new *Inosperma* (Inocybaceae) species with unexpected muscarine contents from tropical China. *MycKeys*, 85: 87-108
- Doyle JJ, Doyle JL, 1986. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues. *Phytochemical Bulletin*, 19(1): 11-15
- Du F, 2022. Studies on macrofungal diversity and floristic characteristics in Yuhe Nature Reserve. MS Thesis, Northwest Normal University, Lanzhou. 1-115 (in Chinese)
- Farook VA, Manimohan P, 2014. The genus *Campanella* (Marasmiaceae, Agaricales): a new species and a new combination and species status. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, 4(2): 157-161
- Feng Z, Kong T, Zhang XY, Zhao WQ, Kou YP, 2025. Community differences and driving factors of soil fungi of subalpine *Picea asperata* forests at two altitudes. *Acta Ecologica Sinica*, 45(4): 1987-1998 (in Chinese)
- Fu DY, Wei JY, 2024. Study on spatio-temporal synergy between ecosystem service value and landscape ecological risk in Anhui Province. *Journal of Yunnan Agricultural University (Social Science)*, 18(1): 130-140 (in Chinese)
- Ge ZW, Chen ZH, Yang ZL, 2012. *Macrolepiota subcitrifolia* sp. nov., a new species with yellowish lamellae from southwest China. *Mycoscience*, 53(4): 284-289
- Guo JQ, Zheng TT, Zhang H, Zhang R, 2025. Clinical characterization of 182 patients with poisonous mushroom poisoning in Yichang city. *Bachu Medical Journal*, 8(1): 23-29 (in Chinese)
- Guo T, Yang RH, Tang MX, Hou D, Sun XL, Wang L, Li Y, Bao DP, Zhou XW, 2022. Species diversity of macrofungi in the Mount Huangshan, East China. *Mycosystema*, 41(9): 1398-1415 (in Chinese)
- Han ML, Chen YY, Shen LL, Song J, Vlasák J, Dai YC, Cui BK, 2016. Taxonomy and phylogeny of the brown-rot fungi: *Fomitopsis* and its related genera. *Fungal Diversity*, 80(1): 343-373
- Han XX, Cao B, He MQ, Zhu XY, Li JX, Wang SH, Yang WQ, Liu DM, Zhao RL, 2024. Species diversity of macrofungi in Shaluli Mountains, southwest China. *Mycosystema*, 43(3): 230304 (in Chinese)
- He MQ, Chen J, Zhao RL, 2016. Two new records of *Agaricus* from southwest China. *Mycotaxon*, 131(4): 871-880
- Hosen MI, Song ZP, Gates G, Karunarathna SC, Chowdhury MSM, Li TH, 2017. Two new species of *Xanthagaricus* and some notes on *Heinemannomyces* from Asia. *MycKeys*, 28: 1-18
- Hu JJ, Zhao GP, Tuo YL, Qi ZX, Yue L, Zhang B, Li Y, 2022. Ecological factors influencing the occurrence of macrofungi from eastern mountainous areas to the central plains of Jilin Province, China. *Journal of Fungi*, 8(8): 871
- Huang JH, Lei CY, Shen YL, Tian EJ, 2024. Two new species of *Pholiota* (Agaricales, Strophariaceae) from the southwest of China. *MycKeys*, 109: 171-185
- Huijsman HSC, 1954. *Cotylidia carpatica* (Pilát) Huijsman, comb. nov. *Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France*, 70: 57
- Jančovičová S, Adamčíková K, Caboň M, Adamčík S, 2022. Phylogeny of *Crepidotus appianatus* look-alikes reveals a convergent morphology evolution and a new species *C. pini*. *Journal of Fungi*, 8(5): 489
- Jang Y, Lee SW, Jang S, Lim YW, Lee JS, Kim JJ, 2012. Four unrecorded wood decay fungi from Seoul in Korea. *Mycobiology*, 40(3): 195-201
- Jiang SY, Wu AB, Yu F, Lang YL, Mu HL, Cai XY, Wang RX,

- Chen MT, Xiang Z, Tian FH, Xu YJ, Li W, 2025. Different matrix formulations on extracellular enzyme activity, agronomic traits, and yield of *Auricularia auricula*. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 56(3): 505-516 (in Chinese)
- Ju YM, Hsieh HM, He XS, 2022. Wulingshen, the massive *Xylaria sclerotia* used as traditional Chinese medicine, is produced by multiple species. *Mycologia*, 114(1): 175-189
- Kaitsu Y, Shimizu K, Tanaka E, Shimano S, Uchiyama S, Tanaka C, Kinjo N, 2013. *Ophiocordyceps sessilis* sp. nov., a new species of *Ophiocordyceps* on *Camponotus* ants in Japan. *Mycological Progress*, 12(4): 755-761
- Kasuya T, Kobayashi T, Kurokawa E, Nguyen DH, Hosaka K, Terashima Y, 2016. Three species of *Gymnopilus* newly recorded in Japan. *Japanese Journal of Mycology*, 57(1): 31-45
- Kaygusuz O, Şengül MŞ, 2022. *Callistosporium luteo-olivaceum* (Callistosporiaceae: Basidiomycota), an agaric fungi new to Türkiye. *Anatolian Journal of Botany*, 6(1): 7-12
- Largent D, Cribari M, 2022. *Clitopiloides prati* and *Trichopilus lecythiformis* spp. nov. from Australia. *Mycotaxon*, 137(1): 51-61
- Lee H, Wissitrassameewong K, Park MS, Verbeken A, Eimes J, Lim YW, 2019. Taxonomic revision of the genus *Lactarius* (Russulales, Basidiomycota) in Korea. *Fungal Diversity*, 95(1): 275-335
- Li QY, 2020. The investigation and assessment of macromycetes resource in Micangshan National Nature Reserve, Sichuan, China. MS Thesis, China West Normal University, Nanchong. 1-95 (in Chinese)
- Li Y, Li TH, Yang ZL, Bau T, Dai YC, 2015. Atlas of Chinese macrofungal resources. Central China Farmers Publishing House, Zhengzhou. 1-1351 (in Chinese)
- Li Y, Liu DM, Wang K, Wu HJ, Cai L, Cai L, Li JS, Yao YJ, 2020. Red list assessment of macrofungi in China: challenges and measures. *Biodiversity Science*, 28(1): 66-73 (in Chinese)
- Li YC, Feng B, Yang ZL, 2011. *Zangia*, a new genus of Boletaceae supported by molecular and morphological evidence. *Fungal Diversity*, 49(1): 125-143
- Liu CC, 2024. Studies on macrofungal diversity of Niyang River Watershed in Xizang. MS Thesis, Xizang University, Lhasa. 1-124 (in Chinese)
- Liu D, Abdellah YAY, Dou T, Keiblinger KM, Zhou Z, Bhople P, Jiang J, Shi X, Zhang F, Yu F, Xing B, 2025. Livestock-Crop-Mushroom (LCM) Circular System: an eco-friendly approach for enhancing plant performance and mitigating microbiological risks. *Environmental Science & Technology*, 59(17): 8541-8554
- Liu HF, 2024. Study on species diversity of macrofungi in Guiyang. MS Thesis, Guizhou Normal University, Guiyang. 1-140 (in Chinese)
- Liu PG, Wang XH, Chen J, Shao SC, Li SH, Qiao P, 2020. Macro-fungi and humankind. *Science*, 72(2): 43-46 (in Chinese)
- Liu SQ, Deng HP, Hu YP, Ding H, Yuan TK, Li RJ, Liu JX, Zhang JH, 2021. Study on ecological distribution of macrofungus resources in Zhuxi, Hubei. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 43(6): 52-59 (in Chinese)
- Liu YJ, Li XZ, Kou YP, 2020. Ectomycorrhizal fungi: participation in nutrient turnover and community assembly pattern in forest ecosystems. *Forests*, 11(4): 453
- Long FY, Qin LW, Xiao YP, Hyde K, Wang SX, Wen TC, 2021. Multigene phylogeny and morphology reveal a new species, *Ophiocordyceps vespulae*, from Jilin Province, China. *Phytotaxa*, 478(1): 33-48
- Looney BP, Meidl P, Piatek MJ, Miettinen O, Martin FM, Matheny PB, Labbé JL, 2018. Russulaceae: a new genomic dataset to study ecosystem function and evolutionary diversification of ectomycorrhizal fungi with their tree associates. *New Phytologist*, 218(1): 54-65
- Luo X, Shen YY, Chen Q, Li WW, Wang YY, Zhao JH, 2022. Macrofungal diversity in Dabie Mountain, Xianju County and Lishui District. *Biotic Resources*, 44(4): 383-395 (in Chinese)
- Mao WL, Wu YD, Liu HG, Yuan Y, Dai YC, 2023. A contribution to *Porogramme* (Polyporaceae, Agaricomycetes) and related genera. *IMA Fungus*, 14: 5
- MCNabb RFR, 1973. Russulaceae of New Zealand 2. *Russula* Pers. ex S.F. Gray. *New Zealand Journal of Botany*, 11(4): 673-730
- Niego AGT, Thongklang N, Hyde KD, Raspé O, 2023. Introduction of two novel species of *Hymenopellis* (Agaricales, Physalacriaceae) from Thailand. *MycKeys*, 98: 253-271
- Nouhra ER, Hernández ML, Pastor N, Crespo EM, 2012. The species of *Scleroderma* from Argentina, including a new species from the *Nothofagus* forest. *Mycologia*, 104(2): 488-495
- Palamarchuk MA, Kirillov DV, Shadrin DM, 2021. Morphology and molecular data of the species of *Suillus* (Suillaceae, Boletales) associated with *Pinus sibirica* at the European northeast of Russia. *Phytotaxa*, 490(1): 18-34
- Petersen RH, Hughes KW, 2024. Two new species of *Collybiopsis* (Agaricales, Omphalotaceae) from eastern North America. *MycKeys*, 107: 95-124
- Putra IP, Hermawan R, Abithalib AB, 2023. Newly recorded *Panus lecomtei* (Fr.) Corner (Basidiomycota: Panaceae) for Indonesia. *Makara Journal of Science*, 27(3): 165-171

- Qin GF, Qin WM, Wang HC, Zhao J, Korhonen K, Chen J, Dai YC, Yuan Y, 2025. Phylogeny and species diversity of *Armillaria* in China based on morphological, mating test, and GCPSR criteria. *Mycology*, 16(2): 777-811
- Raut JK, Poudel R, Shrestha R, Basukala O, 2020. *Scleroderma nastii* sp. nov., a gasteroid mushroom from Phulchoki hill, Nepal. *Studies in Fungi*, 5(1): 50-58
- Ren J, Wang K, Niu CY, Kang X, Li SM, Wang LA, Liu TZ, Wei TZ, Li GJ, 2024. Species diversity and funga of macrofungi in Yanshan area, North China. *Mycosystema*, 43(11): 240184 (in Chinese)
- Ren SZ, Song R, Yin XT, Chen YT, Li YL, Xie CY, 2025. Progress in the study of medicinal components of *Cordyceps militaris* and its medical efficacy. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 53(13): 7-11, 19 (in Chinese)
- Rogers JD, 1984. *Xylaria cubensis* and its anamorph *Xylocoremium flabelliforme*, *Xylaria Allantoidea*, and *Xylaria poitei* in continental United States. *Mycologia*, 76(5): 912-923
- Sha G, Zhou Y, 2024. Research on strategies of promoting tourism industry upgrading in the Dabie Mountains by taking multiple measures simultaneously. *Journal of West Anhui University*, 40(6): 49-53 (in Chinese)
- Shao GG, Zhang RY, 2025. Research progress in genetic breeding and cultivation techniques of *Morchella* spp. *Edible Fungi of China*, 44(3): 1-11, 19 (in Chinese)
- Shao SC, Buyck B, Tian XF, Liu PG, Geng YH, 2016. *Cantharellus phloginus*, a new pink-colored species from southwestern China. *Mycoscience*, 57(2): 144-149
- Song B, Deng WQ, Zhang M, Li TH, 2018. The macrofungal diversity in the Nanling Mountains. *Tropical Geography*, 38(3): 312-320 (in Chinese)
- Song J, Yuan CY, Kai CB, Gao LH, Wang YZ, 2014. Morphological and molecular evidence for two new species of *Laetiporus* (Basidiomycota, Polyporales) from southwestern China. *Mycologia*, 106(5): 1039-1050
- Song K, 2012. Vegetation characteristic of evergreen-deciduous broadleaved forestecotone and its formation mechanism, a study in Anhui. PhD Dissertation, East China Normal University, Shanghai. 1-97 (in Chinese)
- Su XJ, He J, Niu KY, Han L, Zhang ZQ, Luo ZL, Yang LQ, 2024. Diversity of macrofungi in Cangshan Mountain. *Journal of Dali University*, 9(6): 59-66 (in Chinese)
- Sun YL, 2021. Studies on macrofungal diversity in Tianfozhishan Matsutake Nature Reserve, Jilin Province. MS Thesis, Jilin Agricultural University, Changchun. 1-105 (in Chinese)
- Sung GH, Hywel-Jones NL, Sung JM, Luangsa-ard JJ, Shrestha B, Spatafora JW, 2007. Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*, 57(1): 5-59
- Takahashi H, 1999. *Marasmius brunneospermus*, a new species of *Marasmius* section *Globulares* from central Honshu, Japan. *Mycoscience*, 40(6): 477-481
- Tang SM, He MQ, Raspé O, Luo X, Zhang XL, Li YJ, Su KM, Li SH, Thongklang N, Hyde KD, 2020. Two new species of *Termitomyces* (Agaricales, Lyophyllaceae) from China and Thailand. *Phytotaxa*, 439(3): 231-242
- Thiers HD, 1974. California mushrooms: a field guide to the boletes. Hafner Press, New York. 1-280
- Tibpromma S, Hyde KD, Jeewon R, et al. (more than 20 authors), 2017. Fungal diversity notes 491-602: taxonomic and phylogenetic contributions to fungal taxa. *Fungal Diversity*, 83(1): 1-261
- Tie L, Lang Z, Deng L, Junqiang Z, 2023. Studies on macrofungi diversity and discovery of new species of *Abortiporus* from Baotianman World Biosphere Reserve. *Open Life Sciences*, 18(1): 20220614
- Tokuda S, Hattori T, Dai YC, Ota Y, Buchanan PK, 2009. Three species of *Heterobasidion* (Basidiomycota, Hericiales), *H. parviporum*, *H. orientale* sp. nov. and *H. ecrustosum* sp. nov. from East Asia. *Mycoscience*, 50(3): 190-202
- Tuo YL, Hu JJ, Li Y, Zhang B, 2024. Macrofungal diversity and its driving factors in Ji'an National Nature Reserve, Jilin Province, northeast China. *Mycosystema*, 43(3): 230330 (in Chinese)
- Wang CG, Zhao H, Liu HG, Zeng GY, Yuan Y, Dai YC, 2023. A multi-gene phylogeny clarifies species diversity, taxonomy, and divergence times of *Ceriporia* and other related genera in Ipicaceae (Polyporales, Basidiomycota). *Mycosphere*, 14(1): 1665-1729
- Wang K, Cai L, 2023. Overview of the historical and current status of fungal taxonomy and diversity in China. *Mycosystema*, 42(1): 50-62 (in Chinese)
- Wang L, Chang JL, Zhou SB, Wang XY, Zhang JQ, Yan SK, Zhang JM, Chen X, Zhao X, Wang Z, 2019. Species diversity and interspecific association of trees in the Yaoluoping Nation Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 39(1): 309-319 (in Chinese)
- Wang MZ, Xie X, Ren YH, Qiao QL, Chen MH, 2025. Study on the geochemical characteristics and environmental impact of the Dabie Mountains Area—a case study of Luoshan County. *Sichuan Nonferrous Metals*, 2025(2): 48-51 (in Chinese)
- Wang PM, Yang ZL, 2019. Two new taxa of the *Auriscalpium vulgare* species complex with substrate preferences. *Mycological Progress*, 18(5): 641-652
- Wang SE, Bau T, 2024. Six new species of *Agaricus* (Agaricaceae, Agaricales) from northeast China. *Journal*

- of Fungi, 10(1): 59
- Wang SZ, 2023. Diversity of macrofungi in the Gaowangjie National Nature Reserve. MS Thesis, Jishou University, Jishou. 1-111 (in Chinese)
- Wang W, Li M, 2023. Study on macrofungi diversity of Huanglianshan Natural Reserve. Edible Fungi of China, 42(3): 15-19 (in Chinese)
- Wang W, Pan LR, 2021. A research on the green construction wisdom of traditional architecture in southern Anhui. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology (Social Science Edition), 40(5): 23-31 (in Chinese)
- Wang W, Yuan TQ, Cui BK, Dai YC, 2013. Investigating lignin and hemicellulose in white rot fungus-pretreated wood that affect enzymatic hydrolysis. Bioresource Technology, 134: 381-385
- Wang XS, Bau T, Bao JS, Bao H, Feng J, 2020. Macrofungi diversity in Hanwula National Nature Reserve, Inner Mongolia. Mycosystema, 39(4): 695-706 (in Chinese)
- Wang YH, Ban S, Wang WJ, Li Y, Wang K, Kirk PM, Bushley KE, Dong CH, Hawksworth DL, Yao YJ, 2021. *Pleurocordyceps* gen. nov. for a clade of fungi previously included in *Polycephalomyces* based on molecular phylogeny and morphology. Journal of Systematics and Evolution, 59(5): 1065-1080
- Wei DP, Gentekaki E, Wanasinghe DN, Tang SM, Hyde KD, 2023. Diversity, molecular dating and ancestral characters state reconstruction of entomopathogenic fungi in Hypocreales. Mycosphere, 13(2): 281-351
- Wu CG, Zhu T, Cui YL, Liu XF, Zhao Y, Diao GP, 2025. Macrofungi diversity in Jiejing Mountain National Forest Park, Heilongjiang Province. Mycosystema, 44(1): 240103 (in Chinese)
- Wu F, Zhou LW, Vlasák J, Dai YC, 2022. Global diversity and systematics of Hymenochaetaceae with poroid hymenophore. Fungal Diversity, 113: 1-192
- 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): 1-76
- Wu G, Li YC, Zhu XT, Zhao K, Han LH, Cui YY, Li F, Xu JP, Yang ZL, 2016. One hundred noteworthy boletes from China. Fungal Diversity, 81(1): 25-188
- Wu YD, Mao WL, Yuan Y, 2021. Comparison of polypore floras and diversity from temperate to subtropical forest zones in China. Biodiversity Science, 29(10): 1369-1376 (in Chinese)
- Wu YL, Kan HY, Deng AL, 2024. Spatio-temporal correlation and optimization of urban development characteristics and carbon balance in counties: a case study of the Anhui Province, China. Land, 13(6): 810
- Xiao YP, Hongsanan S, Hyde KD, Brooks S, Xie N, Long FY, Wen TC, 2019. Two new entomopathogenic species of *Ophiocordyceps* in Thailand. MycoKeys, 47: 53-74
- Xiao YP, Wang YB, Hyde KD, Eleni G, Sun J, Yang Y, Meng J, Yu H, Wen TC, 2023. Polycephalomycetaceae, a new family of clavicipitoid fungi segregates from Ophiocordycipitaceae. Fungal Diversity, 120(1): 1-76
- Xin Q, Tom H, Li Y, Zhu ZX, Liu SY, 2023. Species diversity of macrofungi in Wangtian'e Nature Reserve, Jilin Province. Mycosystema, 42(9): 1876-1888 (in Chinese)
- Xu J, Yu X, Suwannarach N, Jiang Y, Zhao W, Li Y, 2021. Additions to Lyophyllaceae s.l. from China. Journal of Fungi, 7(12): 1101
- Xu JP, Wang H, Wu Q, Wang J, Xu X, 2021. Climatic variation characteristics of Dabie Mountains in western Anhui during 1961-2019. Guizhou Agricultural Sciences, 49(4): 131-137 (in Chinese)
- Yang T, Tedersoo L, Fu X, Zhao C, Liu X, Gao G, Cheng L, Adams JM, Chu H, 2021. Saprotrophic fungal diversity predicts ectomycorrhizal fungal diversity along the timberline in the framework of island biogeography theory. ISME Communications, 1(1): 15
- Yang Y, Li R, Jiang QQ, Zhou HM, Muhammad A, Wang HJ, Zhao CL, 2024. Phylogenetic and taxonomic analyses reveal three new wood-inhabiting fungi (Polyporales, Basidiomycota) in China. Journal of Fungi, 10(1): 55
- Yang YS, Wang WK, Deng CY, Han YF, 2025. Diversity of macrofungi in Guizhou Fuyan Nature Reserve. Mycosystema, 44(1): 240151 (in Chinese)
- Yu JR, Yuan HS, 2023. Research progress on symbiotic interaction and host selection mechanisms of ectomycorrhizal fungi. Mycosystema, 42(1): 86-100 (in Chinese)
- Yu WY, Hu HL, Bao JD, Peng MH, Lu GD, 2020. Diversity study on ectomycorrhizal fungi from fagaceae roots in Russula Nature Reserve Area in Fujian. Journal of Agricultural Biotechnology, 28(5): 771-783 (in Chinese)
- Yuan HS, 2014. Molecular phylogenetic evaluation of *Antrodiella* and morphologically allied genera in China. Mycological Progress, 13(2): 353-364
- Yuan Y, Bian LS, Wu YD, Chen JJ, Wu F, Liu HG, Zeng GY, Dai YC, 2023. Species diversity of pathogenic wood-rotting fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) in China. Mycology, 14(3): 204-226
- Zeng XY, Yuan XX, Peng KQ, Pan YT, Tan TJ, Wu N, Tian FH, 2022. Taxonomy and control of *Trichoderma hymenopellicola* sp. nov. responsible for the first green mold disease on *Hymenopellis raphanipes*. Frontiers in Microbiology, 13: 991987
- Zhang CX, Xu XE, Liu J, He MX, Wang WB, Wang Y, Ji KP,

2013. *Scleroderma yunnanense*, a new species from South China. *Mycotaxon*, 125(1): 193-200
- Zhang H, 2023. Investigation on the distribution of wild endangered and protected plants in Yaoluoping National Nature Reserve. *Horticulture & Seed*, 43(10): 36-40 (in Chinese)
- Zhang QY, Liu HG, Papp V, Zhou M, Dai YC, Yuan Y, 2023. New insights into the classification and evolution of *Favolaschia* (Agaricales, Basidiomycota) and its potential distribution, with descriptions of eight new species. *Mycosphere*, 14: 777-814
- Zhang YR, Jiang YF, Zhang M, Zhang LJ, 2019. Chapter nine - *Ganoderma sinense* polysaccharide: an adjunctive drug used for cancer treatment. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 163: 165-177
- Zhou M, Dai YC, Vlasák J, Liu HG, Yuan Y, 2023. Updated systematics of *Trichaptum s.l.* (Hymenochaetales, Basidiomycota). *Mycosphere*, 14(1): 815-917
- Zhou WJ, Zha LY, Wang Y, Zhang ZW, Wen HS, Mo MH, 2020. The optimization of *Lactarius hatsudake* liquid fermentation medium. *Edible Fungi of China*, 39(9): 22-26 (in Chinese)
- Zhu L, Zhang HN, Hong X, Chen DW, Qin WH, Zhou SB, 2025. Population structure and spectral structure of broadleaf evergreen forests in the Guniujiang Mountain and analysis of their influencing factors. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 41(3): 358-366 (in Chinese)
- Zhu XM, Mu LQ, Shi TY, 2023. Research progress on rare wild edible fungus *Thelephora ganbajun*. *Edible Fungi*, 45(1): 1-4 (in Chinese)
- [附中文参考文献]**
- 安红梅, 徐阿生, 2016. 西藏色季拉山外生菌根菌资源的多样性及其分布规律. *贵州农业科学*, 44(2): 162-165
- 安徽省地方志编纂委员会, 1999. *安徽省志 自然环境志*. 北京: 方志出版社. 1-498
- 包海鹰, 图力古尔, 李玉, 2021. 中国菌物药学及其发展前景. *菌物研究*, 19(1): 12-18
- 柴新义, 盛硕, 于士军, 张微微, 殷培峰, 崔明霞, 2018. 牯牛降自然保护区大型真菌资源组成及分布. *西北林学院学报*, 33(1): 193-201
- 陈明, 张磊, 章玉萍, 张丽丽, 信玲, 常莹, 鲍先巡, 2022. 安徽省食用菌产业发展现状和对策. *中国食用菌*, 41(10): 78-84
- 陈明林, 张小平, 孙影芝, 2004. 皖南山区维管植物多样性研究. *植物研究*, 24(3): 284-291
- 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(6): 801-824
- 戴玉成, 杨祝良, 崔宝凯, 吴刚, 袁海生, 周丽伟, 何双辉, 葛再伟, 吴芳, 魏玉莲, 员瑗, 司静, 2021. 中国森林大型真菌重要类群多样性和系统学研究. *菌物学报*, 40(4): 770-805
- 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): 1-21
- 杜璠, 2022. 裕河自然保护区大型真菌多样性及区系特征研究. 西北师范大学硕士论文, 兰州. 1-115
- 冯哲, 孔涛, 张晓琰, 赵文强, 寇涌苹, 2025. 两个海拔亚高山粗枝云杉林土壤真菌群落差异及其驱动因素. *生态学报*, 45(4): 1987-1998
- 付丹阳, 魏靖阳, 2024. 安徽省生态系统服务价值与景观生态风险时空协同研究. *云南农业大学学报(社会科学)*, 18(1): 130-140
- 郭建强, 郑婷婷, 张恒, 张蓉, 2025. 宜昌市 182 例毒蘑菇中毒患者的临床特征分析. *巴楚医学*, 8(1): 23-29
- 郭婷, 杨瑞恒, 汤明霞, 侯娣, 孙鑫良, 王立, 李焱, 鲍大鹏, 周选围, 2022. 黄山大型真菌的物种多样性. *菌物学报*, 41(9): 1398-1415
- 韩西茜, 曹槟, 贺茂强, 朱新宇, 李贾鑫, 王诗慧, 杨文强, 刘冬梅, 赵瑞琳, 2024. 中国西南地区沙鲁里山系大型真菌物种多样性. *菌物学报*, 43(3): 230304
- 江苏燕, 吴安波, 于飞, 郎云龙, 牟海林, 蔡兴玉, 王仁贤, 陈孟谈, 向准, 田风华, 徐彦军, 李伟, 2025. 不同基质配方对黑木耳胞外酶活、农艺性状及产量的影响. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 56(3): 505-516
- 李奇缘, 2020. 四川省米仓山国家级自然保护区大型菌物资源调查与评价. 西华师范大学硕士论文, 南充. 1-95
- 李熠, 刘冬梅, 王科, 吴海军, 蔡蕾, 蔡磊, 李俊生, 姚一建, 2020. 中国大型真菌红色名录评估中存在的问题及今后的对策. *生物多样性*, 28(1): 66-73
- 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. 郑州: 中原农民出版社. 1-1351
- 刘丛丛, 2024. 西藏尼洋河流域大型真菌多样性研究. 西藏大学硕士论文, 拉萨. 1-124
- 刘海飞, 2024. 贵阳市大型真菌物种多样性研究. 贵州师范大学硕士论文, 贵阳. 1-140
- 刘培贵, 王向华, 陈娟, 邵士成, 李树红, 乔鹏, 2020. 高等大型真菌与人类. *科学*, 72(2): 43-46
- 刘升乔, 邓洪平, 胡亚萍, 丁晖, 袁堂康, 李荣军, 刘建兴, 张家辉, 2021. 湖北竹溪大型真菌资源及生态分布研究. *西南大学学报(自然科学版)*, 43(6): 52-59
- 罗侠, 沈玉玉, 陈强, 李稳稳, 王依依, 赵佳慧, 2022. 大别山、仙居县和溧水区大型真菌多样性. *生物资源*, 44(4): 383-395
- 任静, 王科, 牛彩云, 康霞, 李守勉, 王立安, 刘铁志, 魏铁铮, 李国杰, 2024. 燕山地区大型真菌物种多样性及区系组成. *菌物学报*, 43(11): 240184
- 任思竹, 宋蕊, 尹啸天, 陈怡彤, 李云龙, 解春艳, 2025. 蛹虫草活性成分及药用功效研究进展. *安徽农业科学*, 53(13): 7-11, 19

- 沙国, 周杨, 2024. 多措并举促进大别山区旅游产业升级策略研究. 皖西学院学报, 40(6): 49-53
- 邵改革, 张瑞颖, 2025. 羊肚菌生物学和栽培技术研究进展. 中国食用菌, 44(3): 1-11, 19
- 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(3): 312-320
- 宋坤, 2012. 安徽常绿阔叶林——落叶阔叶林交错带的森林植被特征及其成因. 华东师范大学博士论文, 上海. 1-97
- 苏锡钧, 何俊, 牛开阳, 韩林, 张正权, 罗宗龙, 杨力权, 2024. 苍山大型真菌多样性. 大理大学学报, 9(6): 59-66
- 孙雅丽, 2021. 吉林省天佛指山松茸自然保护区大型真菌多样性研究. 吉林农业大学硕士论文, 长春. 1-105
- 图力古尔, 包海鹰, 李玉, 2014. 中国毒蘑菇名录. 菌物学报, 33(3): 517-548
- 图力古尔, 李海蛟, 包海鹰, 李玉, 2024. 中国毒蘑菇新修订名录. 菌物研究, 22(4): 301-321
- 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(1): 73-80
- 图力古尔, 王耀, 范宇光, 2010. 长白山针叶林带大型真菌多样性. 东北林业大学学报, 38(11): 97-100
- 图力古尔, 杨祝良, 陈作红, 李泰辉, 李海蛟, 2025. 中国的毒蘑菇. 北京: 科学出版社. 1-418
- 虞拥兰, 胡佳君, 李玉, 张波, 2024. 吉林省集安国家级自然保护区大型真菌多样性及其驱动因子. 菌物学报, 43(3): 230330
- 王科, 蔡磊, 2023. 中国菌物分类学和多样性研究的历史与现状概况. 菌物学报, 42(1): 50-62
- 汪士政, 2023. 高望界国家级自然保护区大型真菌多样性研究. 吉首大学硕士论文, 吉首. 1-111
- 王丽, 常锦利, 周守标, 王晓英, 张佳期, 闫少凯, 张金铭, 陈鑫, 赵昕, 王智, 2019. 鹞落坪国家级自然保护区乔木物种多样性与种间联结. 生态学报, 39(1): 309-319
- 王梦泽, 谢翔, 任奕衡, 乔强林, 陈梦华, 2025. 大别山区地球化学特征及环境影响研究——以罗山县为例. 四川有色金属, 2025(2): 48-51
- 王薇, 潘璐冉, 2021. 皖南地区传统建筑的绿色营建智慧研究. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 40(5): 23-31
- 王文, 李梅, 2023. 云南黄连山国家级自然保护区大型真菌多样性研究. 中国食用菌, 42(3): 15-19
- 王雪珊, 图力古尔, 宝金山, 宝虎, 丰洁, 2020. 内蒙古罕山国家级自然保护区大型真菌多样性. 菌物学报, 39(4): 695-706
- 武崇高, 朱桐, 崔云龙, 刘雪峰, 赵勇, 刁桂萍, 2025. 黑龙江街津山国家森林公园大型真菌多样性. 菌物学报, 44(1): 240103
- 武英达, 茹卫琳, 员瑗, 2021. 我国寒温带至亚热带森林多孔菌区系和多样性比较. 生物多样性, 29(10): 1369-1376
- 辛琪, Tom H, 李玉, 朱兆香, 刘淑艳, 2023. 吉林望天鹅自然保护区大型真菌多样性. 菌物学报, 42(9): 1876-1888
- 徐建鹏, 王晖, 伍琼, 王杰, 徐祥, 2021. 1961—2019年皖西大别山区的气候变化特征. 贵州农业科学, 49(4): 131-137
- 杨云深, 王万坤, 邓春英, 韩燕峰, 2025. 贵州湄潭自然保护区大型真菌物种多样性. 菌物学报, 44(1): 240151
- 俞嘉瑞, 袁海生, 2023. 外生菌根真菌的共生作用和宿主选择机制研究进展. 菌物学报, 42(1): 86-100
- 余文英, 胡红莉, 鲍坚东, 彭明慧, 鲁国东, 2020. 福建正红菇保护林中壳斗科外生菌根真菌多样性研究. 农业生物技术学报, 28(5): 771-783
- 张宏, 2023. 鹞落坪国家级自然保护区珍稀濒危及保护植物分布情况调查. 园艺与种苗, 43(10): 36-40
- 周伟坚, 查丽燕, 王越, 张振伟, 文华枢, 莫美华, 2020. 红汁乳菇液体发酵培养基优化. 中国食用菌, 39(9): 22-26
- 朱林, 张昊楠, 洪欣, 陈达伟, 秦卫华, 周守标, 2025. 牯牛降常绿阔叶林群落结构、谱系结构及其影响因素. 生态与农村环境学报, 41(3): 358-366
- 朱晓梅, 慕丽琴, 施庭有, 2023. 珍稀野生食用菌干巴菌的研究进展. 食用菌, 45(1): 1-4