

江西抚河源自然保护区大型真菌多样性与区系特征

杨 滢¹, 赵 兰², 陈言柳¹, 林宇岚¹, 张林平^{1*}, 栾丰刚¹, 吴 斐¹,
霍光华³, 颜俊清³

(1. 江西农业大学 鄱阳湖流域森林生态系统保护与修复国家林业和草原局重点实验室, 江西 南昌 330045;

2. 江西省林业科技推广和宣传教育中心, 江西 南昌 330046;

3. 江西农业大学 江西省菌物资源保护与利用重点实验室, 江西 南昌 330045)

摘 要:为探究江西抚河源自然保护区大型真菌资源与区系组成成分,采用随机样线法、标准样地法对该保护区内不同生境和植被类型的大型真菌进行调查,以形态特征为主,分子生物学为辅对所采集标本进行鉴定,并分析其区系特征。结果表明:1)抚河源保护区大型真菌种类152种,隶属44科89属;2)多孔菌科(27种,17.76%)、蘑菇科(11种,7.24%)、牛肝菌科(10种,6.58%)、红菇科(10种,6.58%)为该保护区优势科;红菇属(8种,5.23%)、小皮伞属(8种,5.23%)、鹅膏属(5种,3.27%)、丝齿菌属(5种,3.27%)、多孔菌属(5种,3.27%)为该保护区优势属;3)保护区内不同植被类型大型真菌的物种丰富度和多样性指数存在显著差异,针阔混交林物种丰富度最高,灌木丛最低,而阔叶林物种多样性指数最高;4)该保护区属的区系地理成分有8个分布型,以世界分布成分(68.54%)为主,其余依次为泛热带成分(15.73%)、北温带成分(10.11%)、热带亚洲—热带美洲分布成分(1.12%)、东亚—北美分布成分(1.12%)、亚洲—欧洲分布成分(1.12%)、地中海区—西亚至中亚分布成分(1.12%)和中国特有成分(1.12%)。该保护区大型真菌区系表现为亚热带向北温带过渡的特征。

关键词:抚河源;真菌资源;多样性指数;区系成分

中图分类号:S763.15

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2022)02-0164-06

Diversity and Flora of Macrofungi in the Fuheyuan Nature Reserve in Jiangxi Province

YANG Ying¹, ZHAO Lan², CHEN Yan-liu¹, LIN Yu-lan¹, ZHANG Lin-ping^{1*}, LUAN Feng-gang¹,
WU Fei¹, HUO Guang-hua³, YAN Jun-qing³

(1. Key Laboratory of National Forestry and Grassland Administration on Forest Ecosystem Protection and Restoration of

Poyang Lake Watershed, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China; 2. Forestry Science and

Technology Extension, Publicity and Education Center in Jiangxi Province, Nanchang 330046, Jiangxi, China;

3. Key Laboratory of Bacteria Resources Conservation and Utilization in Jiangxi Province,

Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China)

Abstract: In order to explore the resources and flora composition of macrofungi in the Fuheyuan Nature Reserve in Jiangxi, the random sample line method and the standard sample plot method were used to investigate the macrofungi in different habitats and vegetation types in the reserve. Supplemented with molecular biology, the collected specimens were identified by their morphological features, and their flora characteristics were analyzed. The results were as follows. 1) Totally, 152 species of macrofungi were found in the reserve, belonging to 44 families and 89 genera. 2) The dominant families were Polyporaceae (with 27 spe-

收稿日期:2021-04-05 修回日期:2021-04-20

基金项目:国家自然科学基金项目(31960008)。

第一作者:杨 滢。研究方向:森林资源微生物。E-mail: yangy9704@163.com

* 通信作者:张林平,博士,副教授。研究方向:菌物多样性。E-mail: zlping619@163.com

cies, accounted for 17.76% of the total), Agaricaceae (11 species, 7.24%), Boletaceae (10 species, 6.58%) and Russulaceae (10 species, 6.58%); while the dominant genera were *Russula* (8 species, 5.23%), and *Marasmius* (8 species, 5.23%), *Amanita* (5 species, 3.27%), *Hyphodontia* (5 species, 3.27%), and *Polyporus* (5 species, 3.27%). 3) There were significant differences in species richness and diversity index among the macrofungi in different vegetation types. Coniferous and broad-leaved mixed forests had the highest species richness, shrubs were the lowest, and broad-leaved forests had the highest species diversity index. 4) Eight distribution types of floristic geographical elements were divided, which were mainly composed of the world distribution (68.54%), the pan-tropical component (15.73%), the northern temperate component (10.11%), the tropical Asia-Tropical America distribution (1.12%), and East Asia-North America. Distribution component (1.12%), Asia-Europe distribution component (1.12%), Mediterranean region-Western Asia to Central Asia distribution component (1.12%), and China-specific component (1.12%). The macrofungi flora in this reserve was characterized by the transition from subtropical to north temperate zone.

Key words: Fuheyuan Nature Reserve; fungal resource; diversity index; floristic element

大型真菌亦称为蕈菌(macrofungi)或蘑菇(mushroom),是指一类肉眼可见的可形成大型子实体的菌物^[1-3]。其中一些种类在森林生态系统的物质循环方面具有重要作用,能够降解森林凋落物,促进植物养分和水分吸收^[4],还有些物种可直接作为食膳、药物、能源和工业原料等^[5]。菌物资源多样性是森林生态系统的重要组成部分^[6],在我国相对于动植物资源多样性的研究,大型真菌资源多样性调查及其区系地理等方面研究虽然取得一定成就^[7-12],但缺乏较为系统的研究。

抚河源自然保护区位于江西省东南部广昌县,地理坐标 116°13'48"—116°19'15"E, 26°30'12"—26°39'58"N。该保护区气候为中亚热带季风湿润气候,1954—2017 年以来,保护区年平均气温为 18.3℃,平均降水量为 1 746 mm,年平均相对湿度为 79.8%,年平均日照时数仅 1 700 h^[13]。保护区森林覆盖率为 96.8%,有维管束植物 171 科 618 属 1197 种,代表性群落有苦槠林、甜槠林、钩栲林等,有银杏和南方红豆杉国家一级保护植物和香榧、樟树、喜树、榉树和香果树等国家二级保护树种。该区内有坪背河、姚西河、河东河、麻坑河等河流,是抚河水系的发源地,形成了赣东部的绿色屏障^[14]。保护区内植被丰富、雨量充沛等特点有利于大型真菌的生长。

当前针对抚河源自然保护区资源研究主要集中在动植物^[15-16],至今未见该区域大型真菌资源调查的有关报道。本研究采样随机路线和样地调查对抚河源自然保护区大型真菌资源进行调查、采集,分析该地区的大型真菌种类及其多样性,初步探究该区域大型真菌的区系地理成分,为该保护区真菌资源保护与合理开发利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

于 2017 年 6 月—2019 年 10 月对广昌抚河源自然保护区内的阔叶林、针叶林、针阔混交林、竹林、灌丛和灌草丛等植被类型的大型真菌进行调查。以随机路线踏查为主,样地调查为辅,记录大型真菌形态特征(菌盖颜色、形状、大小、菌柄有无、菌环有无等)、生态习性(木生、土生、虫生、粪生等)、海拔高度和土壤类型等。凭证标本均有标本号、采集时间、采集地点等记录,保存于江西农业大学森林保护学标本馆。

1.2 标本鉴定

依据标本生境照片、形态、生理特征及生态习性等,同时结合分子生物学方法,并查阅大型真菌相关分类专著^[17-21],对标本进行鉴定并明确其种名^[20-21]。大型真菌的分类参照《Dictionary of the Fungi (10 版)》^[3,17]。

1.3 区系组成的统计及分析

在已知大型真菌种类基础上对科、属、种进行统计分析,根据科、属、种的数目大小进行排序。优势科属归类,科内种类大于等于 10 种的科为优势科,属内种类大于等于 5 种的属为优势属。

1.4 地理成分分析

参阅已有相关文献资料,确定该保护区大型真菌分类单元的区系地理成分,大型真菌的分布型谱划分参照 FRAKENBERG(1978)的方法^[18]。

1.5 大型真菌多样性与区系相似性比较

物种多样性参考 Shannon-Wiener 指数(H'),采用物种数(S)计算大型真菌丰富度,均匀度采用 Pielou 指数(J),即 $J = H' / \ln S$ ^[17];物种相似性计算

公式: $S = 2a / (b + c) \times 100\%$ [19], 其中, a 为两地共有种数; b 、 c 分别为两地各有种数。

2 结果与分析

2.1 大型真菌的组成与数量

经鉴定, 抚河源自然保护区共有 153 种大型真菌, 隶属 44 科 89 属, 其中子囊菌门 5 科 7 属 9 种, 占总数 5.92%; 担子菌门 39 科 82 属 143 种, 占总数 94.08% (表 1)。

表 1 抚河源自然保护区大型真菌科、属、种数量统计

Table 1 The number of families, genera and species of macrofungi in the Fuheyuan Natural Reserve

科名	属数	种数	科名	属数	种数
柔膜菌科 Helotiaceae	1	1	牛肝菌科 Boletaceae	9	10
虫草科 Cordycipitaceae	2	2	松塔牛肝菌科 Strobilomycotaceae	1	1
线虫草科 Ophiocordycipitaceae	1	1	复囊菌科 Diplocystaceae	1	1
炭角菌科 Xylariaceae	1	3	硬皮马勃科 Sclerodermataceae	1	1
盘菌科 Pezizaceae	2	2	鸡油菌科 Cantharellaceae	2	3
蘑菇科 Agaricaceae	5	11	鸟巢菌科 Nidulariaceae	1	1
鹅膏科 Amanitaceae	1	5	鬼笔科 Phallaceae	2	2
粉褶菌科 Entolomataceae	1	3	伏革菌科 Corticiaceae	1	1
蜡伞科 Hygrophoraceae	1	2	锈革菌科 Hymenochaetaceae	2	3
丝盖伞科 Inocybaceae	1	1	裂孔菌科 Schizoporaceae	1	5
离褶伞科 Lyophyllaceae	2	3	莲叶衣科 Lepidostromataceae	1	1
小皮伞科 Marasmiaceae	2	9	拟层孔菌科 Fomitopsidaceae	2	2
小菇科 Mycenaceae	1	2	灵芝科 Ganodermataceae	1	2
珊瑚菌科 Clavariaceae	2	2	浅孔菌科 Grammotheleaceae	1	1
类脐菇科 Omphalotaceae	1	2	皱孔菌科 Meruliaceae	4	4
泡头菌科 Physalacriaceae	2	3	平革菌科 Phanerochaetaceae	1	1
侧耳科 Pleurotaceae	1	1	多孔菌科 Polyporaceae	16	27
光柄菇科 Pluteaceae	2	3	茸瑚菌科 Lachnocladiaceae	1	1
小脆柄菇科 Psathyrellaceae	1	2	红菇科 Russulaceae	2	10
裂褶菌科 Schizophyllaceae	1	1	革菌科 Thelephoraceae	1	3
球盖菇科 Strophariaceae	2	3	花耳科 Dacrymycetaceae	1	1
白蘑科 Tricholomataceae	1	1	木耳科 Auriculariaceae	1	3
科地位未定类群 Incertae sedis	1	1			

表 2 抚河源自然保护区大型真菌优势科统计(≥10)

Table 2 Statistics of dominant families of macrofungi in the reserve(≥10)

科名	属数	种数	占总种数比例/%
多孔菌科	16	27	17.65
蘑菇科	5	11	7.19
牛肝菌科	9	10	6.54
红菇科	2	10	6.54
合计	32	58	37.92

2.2.2 优势属的统计分析 该保护区的优势属为红菇属(*Russula*, 8 种, 5.26%)、小皮伞属(*Marasmius*, 8 种, 5.26%)、鹅膏属(*Amanita*, 5 种, 3.29%)、丝齿菌属(*Hyphodontia*, 5 种, 3.29%)、多孔菌属(*Polyporus*, 5 种, 3.29%)。以上 5 个优

2.2 抚河源大型真菌优势科、属的统计

2.2.1 优势科组成的统计分析 结果表明, 抚河源自然保护区的优势科为多孔菌科(Polyporaceae, 27 种, 17.76%)、蘑菇科(Agaricaceae, 11 种, 7.24%)、牛肝菌科(Boletaceae, 10 种, 6.58%)、红菇科(Russulaceae, 10 种, 6.58%)。以上 4 个科仅占总科数的 9.10%, 而其所含有的种类占总种数的 38.16% (表 2)。由此可见, 4 个优势科在该地区大型真菌区系中起到了主导作用。

势属占总属数的 5.62%, 而其所含有的种类占总种数的 20.39% (表 3)。

表 3 抚河源自然保护区大型真菌优势属统计(≥5)

Table 3 Statistics of dominant genera of macrofungi in the reserve(≥5)

属名	种数	占总种数比例/%	习性
红菇属	8	5.26	共生
小皮伞属	8	5.26	地生
丝齿菌属	5	3.29	木生
多孔菌属	5	3.29	木生
鹅膏属	5	3.29	共生
合计	31	20.39	

2.3 抚河源自然保护区大型真菌多样性分析

由表 4 可知, 该保护区 5 种不同植被类型中大

型真菌物种丰富度指数的大小依次为:Ⅱ>Ⅰ>Ⅲ>Ⅳ>Ⅴ,其中,类型Ⅱ的丰富度最高,说明该植被类型下的地被覆盖,林分郁闭度、空气湿度等条件符合绝大多数大型真菌的生长;类型Ⅴ中大型真菌物种丰富度最少,主要由于受到海拔高,光照、温差变化范围大、空气湿度等因素影响。大型真菌多样性在类型Ⅰ中表现为最高,类型Ⅱ和Ⅲ中的值也很高,是受到类型Ⅱ和Ⅲ的均匀度指数偏高所影响的。

表 4 抚河源保护区不同森林类型大型真菌多样性指数

Table 4 The dominant fungal diversity index of different forest types in the reserve

森林类型	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数
阔叶林(Ⅰ)	1.53±0.03	3.36±0.02	2.32±0.05
针阔混交林(Ⅱ)	1.74±0.05	3.14±0.03	2.18±0.04
针叶林(Ⅲ)	1.35±0.02	2.81±0.01	2.07±0.01
竹林(Ⅳ)	1.27±0.04	2.03±0.01	1.87±0.02
灌草丛(Ⅴ)	1.12±0.01	1.65±0.04	1.84±0.03

2.4 抚河源自然保护区大型真菌区系分析

2.4.1 科级区系分析 据统计分析,抚河源保护区大型真菌种类少于 10 种的科有 40 个,占总科数 90.91%,而种数只占总种数 55.92%;其中含 2~9 种的科有 25 个,占总科数 56.82%,共 79 种,占总

种数的 51.97%;含有 1 个种的科有 15 个,占总科数 34.09%,而所含种数占总种数 9.81%(表 5)。从科的地理成分上看,粉褶菌科(Entolomataceae)、泡头菌科(Physalacriaceae)、莲叶衣科(Lepidostromataceae)、灵芝科(Ganodermataceae)、平革菌科(Phanerochaetaceae)为热带亚热带成分科,占总科数的 11.36%;蜡伞科(Hygrophoraceae)、丝盖伞科(Inocybaceae)为北温带成分科,占总科数的 4.55%;其他的科均为世界分布成分科,占总科数的 83.09%,缺少特有科的分布。

表 5 抚河源保护区大型真菌科、属内中的组成分布

Table 5 Composition analysis of species inter genera and families of macrofungi in the reserve

种数	科数	占总科数比例/%	种数	占总种数比例/%
≥10	4	9.10	58	37.92
2~9	25	56.82	79	54.55
1	15	34.09	15	9.81
合计	44	100.00	152	100.00

2.4.2 属级区系分析 对该保护区大型真菌所有属的地理成分进行分析,其属级区系成分主要有 8 种分布类型(图 1)。

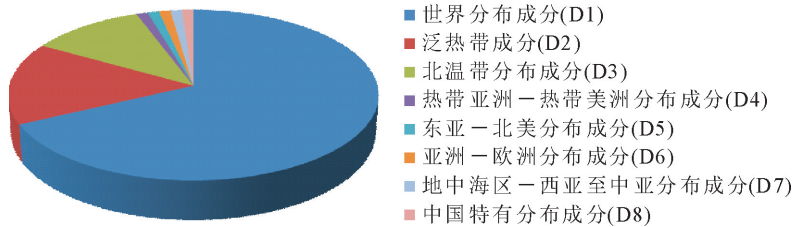


图 1 抚河源自然保护区的大型真菌属的分布类型

Fig. 1 Distribution patterns of genera of microfungi in the reserve

2.4.2.1 世界分布成分(D1) 该分布类型在抚河源保护区占比很高(61 属,68.54%),泛指分布于世界各大洲而没有特殊分布中心的属,主要包括棒束孢属(Isaria)、二头孢盘菌属(Dicephalospora)、线虫草属(Ophiocordyceps)、炭角菌属(Xylaria)、肉盘菌属(Sarcasoma)、蘑菇属(Agaricus)、秃马勃属(Calvatia)、环柄菇属(Lepiota)、马勃属(Lycoperdon)、大环柄菇属(Macrolepiota)、鹅膏属(Amanita)、珊瑚菌属(Clavaria)、老伞属(Gerronema)、小菇属(Mycena)、裸脚伞属(Gymnopus)、蜜环菌属(Armillaria)、侧耳属(Pleurotus)、光柄菇属(Pluteus)、小包脚菇属(Volvariella)、小脆柄菇属(Psathyrella)、裂褶菌属(Schizophyllum)、裸盖菇属(Psilocybe)、球盖菇属(Stropharia)、南方牛肝菌属(Austroboletus)、牛肝菌属(Boletus)、红孢牛肝菌属(Porphyrellus)、粉末牛肝菌属(Pulveroboletus)、鸡油

菌属(Cantharellus)、鸟巢菌属(Nidula)、竹荪属(Dictyophora)、蛇头菌属(Mutinus)、浅孔菌属(Grammothele)、残孔菌属(Abertiporus)、小孔菌属(Microporus)、黑孔菌属(Nigroporus)、多年卧孔菌属(Perenniporia)、密孔菌属(Pycnoporus)、栓孔菌属(Trametes)、红菇属(Russula)、革菌属(Thelephora)、银耳属(Tremella)、木耳属(Auricularia)、假赖特孔菌属(Pseudowrightoporia)等。

2.4.2.2 泛热带成分(D2) 泛指分布于东、西两半球热带,延伸至亚热带至温带,但仍以热带为分布中心的属,此成分在保护区内有 14 个属,占总属数的 15.73%。主要包括粉褶菌属(Entoloma)、湿伞属(Hygroclybe)、蚁巢伞属(Termitomyces)、小皮伞属(Marasmius)、小奥德蘑属(Oudemansiella)、金牛肝菌属(Aureoboletus)、条孢牛肝菌属(Boletellus)、网孢牛肝菌属(Heimioporus)、锈革菌属(Hy-

menocheate)、莲叶衣属(*Lepidostroma*)、灵芝属(*Ganoderma*)、香菇属(*Lentinus*)、大孔菌属(*Meriporia*)、假花耳属(*Dacryopinax*)。

2.4.2.3 北温带分布成分(D3) 指广泛分布于北半球(欧亚大陆及北美)温带地区的属,个别种类可以到达南温带但其分布中心仍在北温带的属。此成分在保护区内有9个属,占总属数的10.11%。主要包括拟锁瑚菌属(*Clavulinopsis*)、丝盖伞属(*Inocybe*)、寄生菇属(*Asterophora*)、烟管孔菌属(*Bjerkandera*)、耙齿菌属(*Irpex*)、齿耳菌属(*Steccherinum*)、革菌属(*Thelephora*)、干酪菌属(*Tyromyces*)、乳菇属(*Lactarius*)。

2.4.2.4 热带亚洲—热带美洲成分(D4) 指在亚洲、美洲热带地区间断分布的属。此成分在抚河源自然保护区仅有小薄孔菌属(*Antridiella*),占总属数的1.12%。

2.4.2.5 东亚—北美分布成分(D5) 指在东亚、北美温带、亚热带地区间断分布的属。在抚河源保护区仅有隐孔菌属(*Cryptoporus*),占总属数的1.12%。

2.4.2.6 亚洲—欧洲分布成分(D6) 指间断分布于亚洲和欧洲而在其他洲未见分布的属。在抚河源保护区仅有全缘孔菌属(*Haploporus*),占总属数的1.12%。

2.4.2.7 地中海区—西亚至中亚分布成分(D7) 指主要分布于现代地中海周围,经西亚-西南亚-我国新疆-青藏高原-蒙古高原一带的属。该区仅有干

皮孔菌属(*Skeletocutis*),占总属数的1.12%。

2.4.2.8 中国特有分布成分(D8) 指仅分布于中国的特有属。在抚河源保护区仅有臧氏牛肝菌属(*Zangia*),占总属数的1.12%。

3 结论与讨论

研究表明,抚河源自然保护区大型真菌资源丰富,共有大型真菌44科89属153种,其中孔菌科、蘑菇科、牛肝菌科、红菇科等4科为优势科,共计58种,占总种数37.92%;红菇属、小皮伞属、鹅膏属、丝齿菌属、多孔菌属等5个属为优势属,共计31种,占总种数的20.27%。多样性指数的计算结果表明,针阔混交林中大型真菌物种的丰富度明显高于其他植被类型,这可能与不同植被类型的林冠郁闭度、温湿度、人为干扰等环境因素有关,这与王术荣等^[20]的研究结果一致。

属的区系地理成分分析表明,抚河源大型真菌属级区系成分共有8种分布型,主要以世界广布型为主,占68.54%,而泛热带分布型占15.73%,北温带类群占10.11%,其余类群占比均不足2%,表明抚河源保护区大型真菌区系具备从亚热带向北温带过渡的特征。通过现有文献资料分别与赣西北地区^[21]、广东鼎湖山^[22]、火塘山^[23]、福建武夷山^[24]和江西铜钹山^[25]等现有资料进行真菌区系相似性比较,结果表明抚河源保护区与上述地区的大型真菌区系在起源上存在一定联系(表6)。

表6 抚河源自然保护区与有关地区的真菌区系比较

Table 6 Comparison of fungus flora between the reserve and related areas

项目	抚河源	鼎湖山	赣西北	铜钹山	武夷山	火塘山
经度	116°16′	112°32′	114°52′	118°16′	117°15′	108°25′
纬度	26°35′	23°10′	28°55′	28°07′	27°43′	33°23′
热带属占本区系总属数/%	15.6	15.6	10.9	19.6	11.0	6.1
温带属占本区系总属数/%	11.1	19.5	26.8	9.8	12.0	13.0
与抚河源属的相似系数	100.0	44.4	44.8	60.3	46.7	38.5
热带型属的相似系数	100.0	26.7	17.9	38.1	26.7	15.4
温带型属的相似系数	100.0	15.6	26.9	19.0	13.3	23.1

从表6可看出,抚河源大型真菌区系与江西铜钹山大型真菌区系的相似度最高,高达60.3%,其次为福建武夷山(46.7%),主要是由于这些同处武夷山脉,植被、纬度和气候条件等较为接近,而与秦岭火塘山的相似度最低,主要是由于2地相距较远,且海拔、气候条件、植被类型等存在显著差异。这是由于大型真菌的生长与植被类型、环境因子等都有密切的关系,相似的生态环境条件孕育了区系组成相似的大型真菌种类资源。

抚河源自然保护区的气候属于中亚热带季风气候区,易受大陆性湿润气候、季风性海洋气候等影

响,因此,该区的雨量和光照都十分充足^[13],孕育着丰富的大型真菌资源。本研究初步探讨了抚河源自然保护区大型真菌的区系地理成分,由于调查时间较短,所采集和鉴定的种类相对较少,并不能真正反映该区大型真菌资源状况,更不能解释该区大型真菌的起源和演变。要想解决这一科学问题,需要在该保护区进行长期资源调查及其系统性研究。

参考文献:

- [1] 张鹏.大小兴安岭地区大型真菌多样性研究[D].吉林:吉林农业大学,2017.

- [2] 宋林丽,邢晓科,郭顺星.大型真菌子实体发生的形态学过程及调控机制[J].菌物学报,2018,37(6):671-684.
SONG L L,XING X K,GUO S X. Morphological process and regulation mechanisms of fruiting body differentiation in macrofungi: a review[J]. Mycosystema, 2018, 37(6): 671-684. (in Chinese)
- [3] 王锋尖.鄂西地区大型真菌多样性研究[D].吉林:吉林农业大学,2019.
- [4] 陈光富,刘德团.滇西北玉龙雪山云冷杉林大型真菌物种组成研究[J].中国食用菌,2020,39(4):5-9.
CHEN G F,LIU D T. Study on the composition of macrofungus species in the *Picea likiangensis* forest of Yulong Snow Mountain, Northwest Yunnan [J]. Edible Fungi of China, 2020, 39(4): 5-9. (in Chinese)
- [5] 王建瑞.山东省大型真菌生物多样性研究[D].吉林:吉林农业大学,2013.
- [6] 贺新生.中国自然保护区大型真菌生物多样性研究进展[J].中国食用菌,2004(5):3-5.
HE X S. Research progress on macrofungi biodiversity in nature reserves of China[J]. Edible Fungi of China, 2004(5): 3-5. (in Chinese)
- [7] 柴新义,许雪峰,汪美英,等.安徽琅琊山大型真菌区系多样性[J].生态学报,2013,33(7):2314-2319.
CHAI X Y,XU X F,WANG M Y, *et al.* A analysis of macrofungal flora diversity in Langyashan Nature Reserve, Anhui Province, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(7): 2314-2319. (in Chinese)
- [8] 陈言柳,张林平,栾丰刚,等.江西老虎脑自然保护区大型真菌资源及生态分布[J].中国食用菌,2019,38(11):6-12.
CHEN Y L,ZHANG L P,LUAN F G, *et al.* Resource and ecological distribution of macrofungi of Laohunao Nature Reserve in Jiangxi Province[J]. Edible Fungi of China, 2019, 38(11): 6-12. (in Chinese)
- [9] 柴新义,盛硕,于士军,等.牯牛降自然保护区大型真菌资源组成及分布[J].西北林学院学报,2018,33(1):193-201.
CHAI X Y,SHENG S,YU S J, *et al.* Composition and ecological distribution of wild macrofungus resources in Guniujiang Natural Reserve[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33(1): 193-201. (in Chinese)
- [10] 张家辉,王春辉,王略成,等.阴条岭国家级自然保护区大型真菌调查研究[J].西南大学学报:自然科学版,2019,41(3):9-13.
ZHANG J H,WANG C H,WANG L C, *et al.* A preliminary study on macrofungi in Yintiaoling National Nature Reserve [J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2019, 41(3): 9-13. (in Chinese)
- [11] 张春霞,曹支敏,高智辉.火地塘林区大型真菌生态分布及资源评价[J].西北林学院学报,2005(1):127-131,165.
ZHANG C X,CAO Z M,GAO Z H, *et al.* Distributional features of macrofungi in Huoditang Forest Farm[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005(1): 127-131, 165. (in Chinese)
- [12] 柴新义,朱双杰,殷培峰,等.安徽皇埔山大型真菌区系地理成分分析[J].生态学报,2012,31(9):2344-2349.
CHAI X Y,ZHU S J,YIN P F, *et al.* Geographical components of macrofungal flora in Huangpushan Nature Reserve, Anhui Province of East China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(9): 2344-2349. (in Chinese)
- [13] 王立夫,许方岳,彭琳玉,等.抚河源自然保护区气候特征及植被 NPP 分析[J].南方林业科学,2020,48(2):1-7.
- [14] 周奇,詹淦峰,钟晓红,等.江西抚河源自然保护区林地、立木价值核算[J].现代园艺,2011(1):50-51.
- [15] 陈旭,刘雄军,孙威威,等.抚河源自然保护区鱼类群落结构及主要物种生长特征[J].水生生物学报,2020,44(4):829-837.
CHEN X,LIU X J,SUN W W, *et al.* Fish community structure and growth characteristics in the Fuheyuan Nature Reserve, Jiangxi Province[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2020, 44(4): 829-837. (in Chinese)
- [16] 孙志勇,应钦,周正彦,等.江西抚河源自然保护区两栖动物资源调查及多样性分析[J].林业科技,2019,44(2):8-11.
- [17] 付作霖,曹秀文,朱学泰,等.白龙江中上游林区大型真菌物种多样性与区系特征[J].西北林学院学报,2017,32(5):183-188,275.
FU Z L,CAO X W,ZHU X T, *et al.* Species diversity and flora of macrofungi in the forests of the middle-upper reaches of Bailong River[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(5): 183-188, 275. (in Chinese)
- [18] FRANKENBERG P. Methodische überlegungen zur floristischen Pflanzen geographie[J]. Erdkunde, 1978, 32(4): 251-258.
- [19] 王荷生.植物区系地理[M].北京:科学出版社,1992:1-17.
- [20] 王术荣,王德利,王琦,等.西藏东南高寒森林大型真菌多样性与植被及环境的关系[J].菌物学报,2016,35(3):279-289.
WANG S R,WANG D L,WANG Q, *et al.* Relationship of macrofungal diversity and vegetation and environments in alpine forests of Southeastern Tibet[J]. Mycosystema, 2016, 35(3): 279-289. (in Chinese)
- [21] 陈晔,詹寿发,彭琴,等.赣西北地区森林大型真菌区系成分初步分析[J].吉林农业大学学报,2011,33(1):31-35.
CHEN Y,ZHAN S F,PENG Q, *et al.* Preliminary analysis on macrofungi mycobiota in forest of Northwest Jiangxi, China [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2011, 33(1): 31-35. (in Chinese)
- [22] 宋斌,邓旺秋.广东鼎湖山自然保护区大型真菌区系初析[J].贵州科学,2001,19(3):43-49.
- [23] 张春霞,曹支敏.火地塘大型真菌区系地理成分初步分析[J].云南农业大学学报,2007(3):345-348.
ZHANG C X,CAO Z M. Primary analysis of macrofungi flora of Huoditang Mts. [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2007(3): 345-348. (in Chinese)
- [24] 林汝楷,郑群力,江宝兴,等.福建省武夷山风景名胜区大型真菌资源考察初报[J].食用菌学报,2010,17(1):90-98.
LIN R K,ZHENG Q L,JIANG B X, *et al.* Wild macrofungi in the Fujian Wuyi Mountain scenic area[J]. Acta Edulis Fungi, 2010, 17(1): 90-98. (in Chinese)
- [25] 张林平,张扬,王舒,等.江西铜钹山大型真菌区系地理成分分析[J].江西农业大学学报,2016,35(3):652-663.
ZHANG L P,ZHANG Y,WANG S, *et al.* Geographical components of macrofungal flora in Tongbo Mountain Nature Reserve, Jiangxi Province, China[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2016, 35(3): 652-663. (in Chinese)