

# 云南化佛山自然保护区 大型真菌多样性及分布特征分析

张颖<sup>1,2</sup>, 许远钊<sup>1</sup>, 郑志兴<sup>1</sup>, 柳小康<sup>1</sup>, 王丽<sup>1</sup>, 欧晓昆<sup>1,①</sup>

(1. 云南大学生命科学学院 生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091;

2. 西南林业大学林学院 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 对云南化佛山自然保护区大型真菌的种类组成和生态分布特征进行了详细的调查和分析。调查结果表明: 该保护区内共有 233 种(含亚种、变种和变型)大型真菌, 隶属于子囊菌门和担子菌门 16 目 48 科 94 属, 其中, 红菇科(Russulaceae)、小菇科(Mycenaceae)、丝膜菌科(Cortinariaceae)、多孔菌科(Polyporaceae)、牛肝菌科(Boletaceae)、陀螺菌科(Gomphaceae)和鹅膏科(Amanitaceae)7 个优势科的种数较多, 分别含 37、22、18、17、16、11 和 10 种。具有重要经济价值的大型真菌中包括药用菌 59 种、食用菌 97 种和毒菌 35 种; 根据生态类型划分, 有虫生菌 1 种、木生菌 52 种、土生菌 39 种、外生菌根菌 141 种。该保护区大型真菌的分布与温湿度、林下光照及林龄等生态环境因子的变化有关, 具体表现在不同月份、郁闭度和林型条件下, 大型真菌的种类组成和数量、优势类群都出现不同的分布特点。6 月份木生菌的种数和个体数最多, 8 月份和 9 月份外生菌根菌的种数和个体数最多。在郁闭度 60% ~ 70% 条件下, 以多孔菌科和小菇科种类为主; 在郁闭度 70% ~ 80% 的条件下, 以红菇科、丝膜菌科和多孔菌科种类为主; 在郁闭度 80% ~ 90% 条件下, 以红菇科、丝膜菌科和牛肝菌科种类为主。在中龄林中大型真菌的种数多于幼龄林, 其中, 红菇科、丝膜菌科、牛肝菌科和陀螺菌科种类在幼龄林和中龄林中均有分布; 鹅膏科种类只分布在中龄林中。根据调查结果, 对该保护区大型真菌的保护提出了一些建议。

**关键词:** 云南化佛山自然保护区; 大型真菌; 多样性; 生态分布特性; 优势类群

中图分类号: Q949.3; X171.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)01-0111-07

**Analyses of diversity and distribution characteristics of macro-fungi in Huafo Mountain Nature Reserve of Yunnan Province** ZHANG Ying<sup>1,2</sup>, XU Yuan-zhao<sup>1</sup>, ZHENG Zhi-xing<sup>1</sup>, LIU Xiao-kang<sup>1</sup>, WANG Li<sup>1</sup>, OU Xiao-kun<sup>1,①</sup> (1. Institute of Ecology and Geobotany, School of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China; 2. Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control in Yunnan Province, College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, **21**(1): 111-117

**Abstract:** Species composition and ecological distribution characteristics of macro-fungi in Huafo Mountain Nature Reserve of Yunnan Province were investigated and analyzed in detail. The results show that there are 233 species (including subspecies, varieties and forms) belonging to 94 genera of 48 families in 16 orders of Ascomycota and Basidiomycota, in which, species number of seven dominant families of Russulaceae, Mycenaceae, Cortinariaceae, Polyporaceae, Boletaceae, Gomphaceae and Amanitaceae are more with 37, 22, 18, 17, 16, 11 and 10 species, respectively. The macro-fungi with important economic values include 59 medicinal fungi, 97 edible fungi and 35 poisonous fungi and according to ecological habitats there are 1 entomogenous, 52 lignicolous, 39 geophilous and 141 ectomycorrhizal fungi. The macro-fungus distribution in this reserve relates to change of ecological environmental factors including temperature, humidity, light illumination under forest and forest age, which appears that species composition and number and dominant taxa of macro-fungi possess different

收稿日期: 2011-05-31

基金项目: 西南林业大学科研启动基金项目; 云南省森保重点学科项目(XKZ200905)

作者简介: 张颖(1978—), 女, 云南昆明人, 博士, 主要从事真菌多样性和生态学方面的研究。

①通信作者 E-mail: xkou@ynu.edu.cn

distribution characteristics under different months, canopy densities and forest ages. The number of species and individuals of lignicolous fungi is the most in June, and that of ectomycorrhizal fungi is the most in August and September. The main of fungal species are in Polyporaceae and Mycenaceae under canopy density 60%–70%, those are in Russulaceae, Cortinariaceae and Polyporaceae under canopy density 70%–80% and those are in Russulaceae, Cortinariaceae and Boletaceae under canopy density 80%–90% in this reserve. The species number of macro-fungi in middle aged forest is more than that in young aged forest. In which, species of Russulaceae, Cortinariaceae, Boletaceae and Gomphaceae all distribute in young and middle aged forests, and Amanitaceae species only distribute in middle aged forest. According to these investigation results, some suggestions about conservation of macro-fungus resources in this reserve are put forward.

**Key words:** Huafo Mountain Nature Reserve in Yunnan Province; macro-fungus; diversity; ecological distribution characteristics; dominant taxon

据统计,中国目前已报道的大型真菌有 4 000 多种,按经济价值可分为食用菌、药用菌和毒菌 3 类<sup>[1]</sup>,其中,有药用价值和有药效的大型真菌有 340 多种<sup>[2-3]</sup>、食用菌有 960 多种<sup>[4]</sup>、疑似有毒的达 420 多种<sup>[5-7]</sup>。按生态习性、生长基质和营养方式不同,可分为寄生菌、腐生菌和外生菌根菌 3 大类<sup>[8]</sup>。自然状态下,木材的腐朽分解过程有利于森林和树木的更新,维持生态系统的平衡<sup>[9-11]</sup>。土壤腐生菌主要以土壤和地表腐殖质为营养来源,有较强的适应能力<sup>[12]</sup>;外生菌根菌不仅可以促进植物对营养元素和水分的吸收、产生植物激素和维生素等物质以促进根系生长<sup>[13]</sup>、增强植物的抗逆性(抗旱性、抗涝性、抗盐碱性、抗极端温度、抗重金属和抗病性等)<sup>[14-15]</sup>,还能调节植物的种间关系、维持物种多样性,进而影响植物群落的结构、演替和群落稳定性<sup>[16-18]</sup>。

云南独特的地理气候条件及多样化的植被为各种大型真菌的生长、发育提供了较为适宜的环境条件<sup>[19-21]</sup>。云南化佛山自然保护区也具有物种丰富和遗传种质多样的特点,孕育了丰富的大型真菌资源,但有关该保护区大型真菌多样性和生态方面的研究鲜有报道。详尽调查化佛山自然保护区的大型真菌资源,了解该区域的大型真菌种类组成、多样性、应用价值、生态分布及适应性特征,可以使当地的大型真菌资源得到更有效的保护和合理的开发利用。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

云南化佛山自然保护区地处云贵高原中部,属楚雄彝族自治州州级自然保护区,位于牟定县城西青龙乡境内,地理坐标为东经 101°18′~101°51′、

北纬 24°09′~25°40′,总面积 30 km<sup>2</sup>,海拔 1 900~2 588 m;山脉由北向南,地处东南暖气流迎风面,温湿多雨、空气湿度大;年平均气温 12.1℃~13.5℃,年平均降雨量 1 029 mm。

据云南省气象局提供的牟定县近 30 a 温湿度数据,该地区 6 月份至 9 月份的降雨量占全年降雨量的 74.71%;其中,7 月份和 8 月份的月均降雨量最多,分别为 180.7 和 193.3 mm;6 月份的月均降雨量(153.8 mm)比 9 月份(132.0 mm)稍多。月均温由高至低依次为 6 月份、7 月份、8 月份、9 月份,变化范围为 18.7℃~21.3℃。

云南化佛山自然保护区属滇中地区干旱型常绿阔叶林区,植被类型及植物种类组成都具有滇中地区植被的共同特征,其典型的地带性植被是半湿润常绿阔叶林,主要树种有壳斗科(Fagaceae)的高山锥(*Castanopsis delavayi* Franch.)、元江锥(*C. orthacantha* Franch.)和白皮柯[*Lithocarpus dealbatus* (Hook. f. et Thoms. ex DC.) Rehd.]等,还有部分次生性云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.)林。土壤多为黄棕壤<sup>[22]</sup>。

### 1.2 研究方法

采用样地调查和踏查相结合的方法,在具有代表性的植物群落(即半湿润常绿阔叶林群落)中共设置面积为 20 m×20 m 的样方 10 个;依据大型真菌子实体的发生时间及数量的不同和保护区不同月份温湿度和光照等环境因子的差异<sup>[23]</sup>,在 6 月份至 9 月份每月进行 1 次标本采集;采集地表、树干、枯枝落叶、倒木及残桩上的所有大型真菌标本,同时记录真菌子实体的形态特征、发生数量、生活习性和分布特点,并记录生境特征。

根据树高(H)、胸径(DBH)和树龄(Y),将半湿润常绿阔叶林群落划分为幼龄林和中龄林 2 个等

级<sup>[24]</sup>:  $3\text{ m} \leq H < 8\text{ m}$ 、 $15\text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{ cm}$ 、 $Y \leq 10\text{ a}$  的林分为幼龄林;  $8\text{ m} \leq H \leq 20\text{ m}$ 、 $50\text{ cm} \leq \text{DBH} \leq 80\text{ cm}$ 、 $10\text{ a} < Y \leq 20\text{ a}$  的林分为中龄林。

依据子实体的外部形态和显微特征,查阅相关专著、文献资料和彩色图谱<sup>[2,25-27]</sup>,并根据 Ainsworth、邓叔群、Alexopoulos 和 Talbot 等的分类系统,将所采标本鉴定至种或种下等级;并依据大型真菌的经济价值和生态类型进行统计分析。所有标本经处理后保存于云南大学生态学与地植物学研究所。

## 2 结果和分析

### 2.1 化佛山自然保护区的大型真菌资源现状

2.1.1 大型真菌组成分析 云南化佛山自然保护区的大型真菌资源非常丰富,从所采集的 849 号标本中共鉴定出大型真菌 233 种(含亚种、变种和变型),分别隶属于子囊菌门和担子菌门的 16 目 48 科 94 属,具体的统计数据见表 1。

表 1 云南化佛山自然保护区大型真菌组成统计结果  
Table 1 Statistical result of macro-fungus composition in Huafo Mountain Nature Reserve of Yunnan Province

目 Order	数量 Number		
	科 Family	属 Genus	种 Species
核菌目 Hypocreales	1	1	1
柔膜菌目 Helotiales	5	6	6
锤舌菌目 Leotiales	2	2	2
斑痣盘菌目 Rhytismatales	1	1	1
炭角菌目 Xylariales	1	2	3
花耳目 Dacrymycetales	1	2	3
外担子菌目 Exobasidiales	1	1	1
伞菌目 Agaricales	16	29	84
牛肝菌目 Boletales	2	10	22
红菇目 Russulales	4	6	44
鸡油菌目 Cantharellales	4	4	4
陀螺菌目 Gomphales	2	3	12
革菌目 Thelephorales	1	4	8
多孔菌目 Polyporales	5	17	29
刺革菌目 Hymenochaetales	1	5	10
伏革菌目 Corticiales	1	1	3
总计 Total	48	94	233

在 233 种大型真菌中药用菌有 59 种,占该保护区大型真菌总种数的 25.3%。根据文献资料<sup>[2,28]</sup>,可将这些大型真菌的药用价值概括为 7 个方面:①健胃、助消化,对消化系统疾病有较好的疗效,如长裙竹

荪[*Dictyophora indusiata* (Vent.) Desv.]等种类;②具有生肌、止痒、顺气、止血及除风湿的功效,如血红密孔菌[*Pycnoporus sanguineus* (L.) Murrill]等种类;③有利胆保肝解毒、调节中枢神经、抗辐射、抗衰老、清除自由基等功效,如云芝[*Trametes versicolor* (L.) Lloyd]等种类;④具有抗菌、抗病毒及抑制致病真菌和病毒活性的作用,如管形喇叭菌[*Craterellus tubaeformis* (Fr.) Quél.]等种类;⑤具有消肿、止血及解毒的功效,如梨形马勃(*Lycoperdon pyriforme* Schaeff.)等种类;⑥具有降血压、降血脂、降血糖、降低胆固醇等功效,能预防动脉硬化、高血压、心脏病、脑溢血等心血管系统疾病,如银耳(*Tremella fuciformis* Berk.)等种类;⑦具有抗肿瘤及刺激抗体形成的作用,并能提高及调节机体内部的免疫能力,如蛹虫草[*Cordyceps militaris* (L.) Link]等种类。

食用菌主要有 97 种,占该保护区大型真菌总种数的 41.6%,代表种类有香菇[*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler]、美味牛肝菌(*Boletus edulis* Bull.)和变绿红菇[*Russula virescens* (Schaeff.) Fr.]等,这些真菌不仅含有丰富的营养和生理活性物质,还具有较高的药用价值,其有效成分对各种疾病有较好的预防和治疗作用。

毒菌主要有 35 种,占该保护区大型真菌总种数的 15.0%,代表种类有灰鹅膏[*A. vaginata* (Bull.) Lam.]和红托鹅膏(*Amanita rubrovolvata* S. Imai)等。毒菌毒素的化学性质和含量往往受生长季节、发育阶段、分布地区及环境条件的影响,有些种类可能由无毒变为微毒,而个别记载有毒的种类也可能因毒性不稳定也会被当地人采食<sup>[5-6]</sup>。

2.1.2 优势类群分析 云南化佛山自然保护区内的大型真菌中种数较多且分布较广的优势科有 7 个,在群落中占比较明显的优势,分别是:

1) 红菇科(Russulaceae)有 37 种,占该保护区大型真菌总种数的 15.9%;该科种类可与阔叶树种元江锥、高山锥和高山栎(*Quercus semecarpifolia* Smith)等形成菌根,散生或在林下形成蘑菇圈,多发生于 7 月份至 8 月份;其中 17 种可药用、28 种可食用、5 种有毒。

2) 小菇科(Mycenaceae)有 22 种,占该保护区大型真菌总种数的 9.4%;该科种类的子实体大多群生或丛生于倒腐木、枯枝落叶上,5 月份至 9 月份均有发生,但因不同月份温湿度的变化种数也有变化;该

科种类食用和药用价值不高,其中1种可药用、1种可食用、2种有毒。

3) 丝膜菌科(Cortinariaceae)有18种,占该保护区大型真菌总种数的7.7%;该科种类与锥属[*Castanopsis* (D. Don) Spach]和栎属(*Quercus* L.)等阔叶树种均能形成菌根,散生或群生,多发生于7月份至9月份;其中6种可药用、10种可食用、1种有毒。

4) 多孔菌科(Polyporaceae)有17种,占该保护区大型真菌总种数的7.3%;该科种类的子实体单生或群生于立木或倒腐木上,多发生于6月份至7月份;其中3种可药用。

5) 牛肝菌科(Boletaceae)有16种,占该保护区大型真菌总种数的6.9%;该科种类可与壳斗科的阔叶树以及云南松形成菌根,子实体单生或散生于林中腐枝落叶层,多发生于7月份至8月份;其中4种可药用、13种可食用、3种有毒。

6) 陀螺菌科(Gomphaceae)有11种,占该保护区大型真菌总种数的4.7%,其中枝瑚菌属(*Ramaria* Holmsk.)的种类较丰富、数量较多;该科种类的子实体除在高山锥、元江锥和白皮柯等阔叶林中常见外,在阔叶林与云南松混交林中也有发生,能够形成菌根或腐生于林中地表,簇生或丛生,多发生于7月份至8月份;其中5种可食用、3种有毒。

7) 鹅膏科(Amanitaceae)有10种,占该保护区大型真菌总种数的4.3%;该科种类在半湿润常绿阔叶林和云南松林中均有分布,并与高山锥、元江锥、高山栎和云南松等形成菌根,单生或散生,子实体多发生于7月份至8月份;其中4种可食用、6种有毒,且毒菌和食用菌的某些形态特征比较相似,因而对鹅膏科真菌应谨慎采食,以免中毒。

## 2.2 主要生态因子对大型真菌多样性和分布的影响

### 2.2.1 环境温湿度的影响

受不同月份温度和水分条件的影响,云南化佛山自然保护区大型真菌的生态分布主要表现在种类和个体数量上的变化(表2)。6月份木生菌的种类和个体数量均比外生菌根菌和土生菌多,种数和个体数分别占该保护区总数的54.55%和95.61%。7月份、8月份和9月份外生菌根菌种类和个体数量出现大幅增多的趋势,土生菌种类和个体数缓慢增加,而木生菌种数和个体数却不断减少;7月份木生菌个体数占该保护区总数的62.67%,外生菌根菌种数占该保护区总数的52.43%,但个体数仅占34.09%;8月份和9月份是外生菌根菌发生的高峰期,其种数分别占总种数的66.29%和64.67%,个体数分别占总个体数的55.14%和60.19%,都远超过木生菌和土生菌。此外,该保护区内仅在8月份和9月份发现1种虫生菌。

表2 不同月份云南化佛山自然保护区大型真菌各生态类型的种数和个体数比较

Table 2 Comparison of species and individual numbers of different ecotypes of macro-fungi at different months in Huafo Mountain Nature Reserve of Yunnan Province

月份 Month	虫生菌 Entomogenous fungus		木生菌 Lignicolous fungus		土生菌 Geophilous fungus		外生菌根菌 Ectomycorrhizal fungus	
	种数 Species number	个体数 Individual number	种数 Species number	个体数 Individual number	种数 Species number	个体数 Individual number	种数 Species number	个体数 Individual number
	6月份 June	0	0	42	2 003	10	29	25
7月份 July	0	0	32	1 526	17	79	54	830
8月份 August	1	9	26	1 436	32	118	116	1 921
9月份 September	1	4	30	1 478	28	102	108	2 395

6月份,该保护区内呈现出温度较高、降雨量较少的偏干环境,是木生菌发生的高峰期,木生菌的种类和个体数量远远多于外生菌根菌,常见的优势种有香菇、鳞皮扇菇[*Panellus stipticus* (Bull.) P. Karst.]、褐黄鳞锈耳[*Crepidotus badiofloccosus* S. Imai]、桔色蜡钉菌[*Bisporella citrina* (Batsch) Korf et S. E. Carp.]、亚白环粘小奥德蘑(*Oudemansiella submucida* Corner)、

略薄棱孔菌(*Favolus tenuiculus* P. Beauv.)、黄褐小孔菌[*Microporus xanthopus* (Fr.) Kuntze]、黄贝栓菌[*Trametes membranacea* (Sw.) Kreisel]、碎纹平革菌[*Phanerochaete sordida* (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvarden]和白伏革菌[*Corticium pelliculare* (P. Karst.) P. Karst.]等。

7月份,在温度逐渐升高、降雨量逐渐增多的环境

条件下,该保护区内土生菌和外生菌根菌个体数量逐渐增多,主要种类有黄绒干蘑 [*Xerula pudens* (Pers.) Singer]、小白菇 (*Russula albida* A. Blytt)、淡紫红菇 (*R. lilacea* Quél.) 和白乳菇 [*Lactarius piperatus* (L.) Pers.] 等。

8月份,该保护区内温度和湿度都达到最高,木生菌的种类和个体数量则有所减少,但却是外生菌根菌发生的高峰期,其中,种群数量较多的外生菌根菌有小白菇、大白菇 (*Russula delica* Fr.)、紫红菇 (*R. punicea* W. F. Chiu)、变绿红菇、白乳菇、香乳菇 [*Lactarius camphoratus* (Bull.) Fr.]、纤细乳菇 (*L. gracilis* Hongo)、红蜡蘑 [*Laccaria laccata* (Scop.) Cooke]、紫蜡蘑 [*L. amethystina* (Huds.) Cooke]、黑栓齿菌 [*Phellodon niger* (Fr.) P. Karst.]、翘鳞肉齿菌 [*Sarcodon imbricatus* (L.) P. Karst.]、尖枝瑚菌 [*Ramaria apiculata* (Fr.) Donk] 和淡黄枝瑚菌 [*R. lutea* (Vent.) Schild] 等,主要木生菌种类有大孔多孔菌 [*Polyporus alveolaris* (DC.) Bondartsev et Singer]、毛仙几 [*P. brumalis* (Pers.) Fr.] 和白囊耙齿菌 [*Irpex lacteus* (Fr.) Fr.] 等。

9月份,在温度明显降低、降雨量大幅减少的条件下,该保护区内仍以外生菌根菌种类为主,主要种类有大白菇、小白菇、淡紫红菇、红蜡蘑和紫蜡蘑等;也仍有部分木生菌和土生菌,主要种类有毛褐小孔菌 [*Microporus affinis* (Blume et T. Nees) Kuntze]、凹凸栓菌 [*Trametes manilaensis* (Lloyd) Teng] 和丝光钹孔菌 [*Coltricia cinnamomea* (Jacq.) Murrill] 等。

2.2.2 林分郁闭度的影响 郁闭度的差异会导致该保护区森林群落中光照条件的变化,而光照时间和强

度是影响大型真菌生长发育的重要因子<sup>[8,29]</sup>,因此,林分郁闭度最终会影响大型真菌种类组成和多样性的变化。

据作者调查,该保护区不同时期的森林郁闭度为60%~90%,在不同郁闭度条件下大型真菌优势科种数的统计结果见表3。由表3可见:在郁闭度60%~70%的条件下,共采集大型真菌61种,占总种数的26.18%,其中7个优势科种数44种,以多孔菌科和小菇科等木生菌和土生菌为主;在郁闭度70%~80%的条件下,共采集大型真菌95种,占总种数的40.77%,其中7个优势科种数71种,木生菌和外生菌根菌均有发生,以红菇科、多孔菌科和丝膜菌科等种类为主;在郁闭度80%~90%的条件下,共采集大型真菌146种,种数最多,占总种数的62.66%,其中7个优势科种数92种,以红菇科、丝膜菌科和牛肝菌科等外生菌根菌种类为主。

由表3还可见:在郁闭度不同的条件下,7个优势科的种数均有所变化,说明生态类型不同的种类适应的光照条件也不同。红菇科、丝膜菌科、牛肝菌科和陀螺菌科的种数均随郁闭度增大不断增加,其中,红菇科和丝膜菌科种数增幅较大,牛肝菌科和陀螺菌科种数增幅较小;多孔菌科的种数随郁闭度的增大而减少。相比较而言,在郁闭度70%~80%的条件下,鹅膏科的种类相对较丰富,小菇科的种数相对较少。

因此,云南化佛山自然保护区大型真菌的种数随郁闭度的增大逐渐增加,其中,木生菌更能适应光照较强的环境条件;而外生菌根菌的萌发和子实体的产生虽然需要光照刺激,但较耐阴,适宜生长在较为荫蔽的环境中。

表3 在郁闭度不同的条件下云南化佛山自然保护区大型真菌优势科的种数比较

Table 3 Comparison of species number of dominant family of macro-fungi in Huafo Mountain Nature Reserve of Yunnan Province under different canopy densities

郁闭度 Canopy density	优势科种数 Species number of dominant family							合计 Total
	红菇科 Russulaceae	小菇科 Mycenaceae	丝膜菌科 Cortinariaceae	多孔菌科 Polyporaceae	牛肝菌科 Boletaceae	陀螺菌科 Gomphaceae	鹅膏科 Amanitaceae	
60%~70%	6	10	4	15	5	3	1	44
70%~80%	15	5	13	14	9	7	8	71
80%~90%	31	10	16	7	12	10	6	92

2.2.3 林型的影响 外生菌根菌与不同发育时期的共生树种存在着自然演替现象<sup>[30]</sup>;随着树龄增加,共生树种根部的生理环境和营养状况也发生变化,导致

外生菌根菌种类随之发生变化,呈现增多的趋势<sup>[31]</sup>;当共生树种达到一定树龄时,外生菌根菌的种类数量则会下降<sup>[32]</sup>。

由表 4 可以看出:在幼龄林和中龄林下,外生菌根菌种数随共生树种树龄变化而有一定差异,其中红菇科、丝膜菌科、牛肝菌科和陀螺菌科 4 个优势科在幼龄林和中龄林中均有分布,但种类数却有明显差异,中龄林中的种数(56 种)明显大于幼龄林(29 种)。鹅膏科真菌仅在中龄林中发生,对树龄的选择性最明显。红菇属(*Russula* Pers.)和乳菇属(*Lactarius* Pers.)的部分种类对树龄要求不严格,在幼龄林和中龄林中均有分布,如小白菇、淡紫红菇、白乳菇和香乳菇等;但更多的种类则分布在树龄较大的林分中,如

臭黄菇[*Russula foetens* (Pers.) Pers.]、红黄红菇(*R. luteotacta* Rea)、黑褐乳菇(*Lactarius lignyotus* Fr.)和多汁乳菇[*L. volemus* (Fr.) Fr.]等。在幼龄林和中龄林中丝膜菌属[*Cortinarius* (Pers.) Gray]的种数差异明显,中龄林中的种数是幼龄林的 2 倍;该属的黄丝膜菌[*Cortinarius turmalis* (Fr.) Fr.]和雅致丝膜菌[*C. elegantior* (Fr.) Fr.]等种类仅分布于中龄林中。在中龄林中牛肝菌属(*Boletus* Dill. ex Fries)和枝瑚菌属的大部分种类非常常见,且个体数量较多;而在幼龄林中均只有 3 个种,个体数量也较少。

表 4 云南化佛山自然保护区幼龄林和中龄林中外生菌根菌优势属种的统计结果

Table 4 Statistical result of dominant genera and species of ectomycorrhizal fungi in young and middle aged forests in Huafo Mountain Nature Reserve of Yunnan Province

林型 <sup>1)</sup> Forest type <sup>1)</sup>	科 Family	属 Genus	种数 Number of species
幼龄林 Young aged forest	红菇科 Russulaceae	红菇属 <i>Russula</i> Pers.	12
		乳菇属 <i>Lactarius</i> Pers.	5
	丝膜菌科 Cortinariaceae	丝膜菌属 <i>Cortinarius</i> (Pers.) Gray	6
	牛肝菌科 Boletaceae	牛肝菌属 <i>Boletus</i> Dill. ex Fries	3
	陀螺菌科 Gomphaceae	枝瑚菌属 <i>Ramaria</i> Holmsk.	3
	鹅膏科 Amanitaceae	鹅膏属 <i>Amanita</i> Pers.	0
中龄林 Middle aged forest	红菇科 Russulaceae	红菇属 <i>Russula</i> Pers.	19
		乳菇属 <i>Lactarius</i> Pers.	10
	丝膜菌科 Cortinariaceae	丝膜菌属 <i>Cortinarius</i> (Pers.) Gray	12
	牛肝菌科 Boletaceae	牛肝菌属 <i>Boletus</i> Dill. ex Fries	8
	陀螺菌科 Gomphaceae	枝瑚菌属 <i>Ramaria</i> Holmsk.	7
	鹅膏科 Amanitaceae	鹅膏属 <i>Amanita</i> Pers.	10

<sup>1)</sup> 根据株高(H)、胸径(DBH)和树龄(Y)进行林型划分,幼龄林为 3 m ≤ H < 8 m, 15 cm ≤ DBH < 50 cm, Y ≤ 10 a 的林分,中龄林为 8 m ≤ H ≤ 20 m, 50 cm ≤ DBH ≤ 80 cm, 10 a < Y ≤ 20 a 的林分 Forest type is classified according to tree height (H), diameter of breast height (DBH) and tree age (Y), young aged forest is stand of 3 m ≤ H < 8 m, 15 cm ≤ DBH < 50 cm and Y ≤ 10 a, middle aged forest is stand of 8 m ≤ H ≤ 20 m, 50 cm ≤ DBH ≤ 80 cm and 10 a < Y ≤ 20 a.

### 3 讨 论

在云南化佛山自然保护区 30 km<sup>2</sup> 区域内分布有 233 种大型真菌,种类资源较丰富,且大部分种类属于木生菌(52 种)和外生菌根菌(141 种),分别占该保护区大型真菌已知种类总数的 22.32% 和 60.52%,优势类群明显,其中 7 个优势科的种数(131 种)占总种数的 56.22%。

该保护区内的大型真菌资源具有较高的应用前景,其中有经济价值的药用菌(59 种)、食用菌(97 种)和毒菌(35 种)的种数占总种数的 81.97%,因此,对该保护区大型真菌物种资源的调查和生态分布的研究,可为今后云南省大型真菌的物种组成、群落结

构和分布状况方面的研究打下一定基础。

不同月份的温度和水分条件对大型真菌种类和个体数量有一定的影响;森林郁闭度的大小也直接决定了真菌接收光照的时间和强弱,真菌种类组成在郁闭度不同的林分中会表现出一定差异。在该保护区,在温度适中、湿度较小的条件下,木生菌较多;在湿度较大的条件下,外生菌根菌占优势。光照较强的林分中木生菌种类居多,光照较弱的条件下外生菌根菌较多。对幼龄林和中龄林中大型真菌种数的比较结果说明:共生树种树龄的变化会造成真菌群落随之发生变化,在中龄林中大型真菌种数大于幼龄林,鹅膏属(*Amanita* Pers.)、丝膜菌属、牛肝菌属和枝瑚菌属的大部分种类仅在中龄林中生长,而红菇属和乳菇属的一些种类对共生树的树龄要求不严格,在幼龄林和中龄

林中均有分布。

根据云南化佛山自然保护区大型真菌资源的现状,建议该保护区管委会采取承包到户的方式将保护区分片交由当地村民负责管理,这种措施不但可使保护区内的大型真菌得到适度保护和合理采收,也让当地民众从中获得一定的经济收益,有效防止对大型真菌资源的掠夺式采集以及对森林环境和菌丝生长环境“菌塘”的毁灭性破坏。这种方式有利于进一步开展大型真菌的保护工作,使当地的真菌资源、森林和生态环境保护工作进入可持续发展的轨道。

**致谢:** 云南化佛山自然保护区所长杨明忠及所有工作人员对野外标本采集给予了大力支持和协助,云南大学黄莹、胡楚娇、许建萍、张岩和罗康参与了标本鉴定工作,西南林业大学林学院周彤燊教授对论文提出了修改意见,在此一并致谢!

#### 参考文献:

[1] 卯晓岚. 中国菌物种多样性研究与资源开发利用[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(增刊): 33-36.

[2] 刘波. 中国药用真菌[M]. 太原: 山西人民出版社, 1984.

[3] 卯晓岚. 中国大型真菌资源及其评价[J]. 西北植物学报, 1989, 9(1): 52-61.

[4] 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 等. 中国食用菌名录[J]. 菌物学报, 2010, 29(1): 1-21.

[5] 卯晓岚. 中国毒菌物种多样性及其毒素[J]. 菌物学报, 2006, 25(3): 345-363.

[6] 孟国良, 李凤玲. 毒菌毒素及其应用价值[J]. 生物学杂志, 1997, 14(1): 28-29.

[7] 张富丽, 宁红, 张敏. 毒蕈的毒素及毒蕈的开发利用[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(3): 283-286.

[8] 卯晓岚. 东喜马拉雅高山大型真菌及其适应特征[J]. 山地研究, 1985, 3(4): 299-307.

[9] 陈忠东, 贾云, 张利萍, 等. 本溪地区大型真菌资源的调查与分析[J]. 生态学杂志, 1999, 18(1): 30-33.

[10] 王俊燕, 赵大明. 中天山林区野生食用真菌生态考察研究[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 436-440.

[11] 于占湖. 大型真菌多样性及在森林生态系统中的作用[J]. 中国林副特产, 2007(3): 81-85.

[12] 王长宝, 何兴金, 马永红, 等. 四川冶勒自然保护区大型真菌调查[J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(1): 45-47, 50.

[13] BANDATA V M, MONTOYA L, CHAPELA I H. Wild edible mushrooms in México: a challenge and opportunity for sustainable development[M] // PALM M E, CHAPELA I H. Mycology in Sustainable Development: Expanding Concepts, Vanishing Borders. Boone: Parkway Publishers, 1997: 76-90.

[14] 林晓民, 李振岐, 侯军, 等. 大型真菌的生态类型[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(2): 89-94.

[15] 杨国亭, 宋关玲, 高兴喜. 外生菌根在森林生态系统中的重要性(I)——外生菌根对宿主树木的影响[J]. 东北林业大学学报, 1999, 27(6): 72-77.

[16] BOA E R. Wild Edible Fungi: A Global Overview of Their Use and Importance to People [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004.

[17] 杨祝良. 浅论云南野生蕈菌资源及其利用[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 463-469.

[18] 赵之伟. 菌根真菌在陆地生态系统中的作用[J]. 生物多样性, 1999, 7(3): 240-244.

[19] 王向华, 刘培贵. 云南野生贸易真菌资源调查及研究[J]. 生物多样性, 2002, 10(3): 318-325.

[20] 王岚, 宋鼎珊, 梁俊峰, 等. 滇西北香格里拉县大型真菌资源及其利用现状[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(3): 79-80.

[21] 应建浙, 臧穆. 西南地区大型经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

[22] 杨志国. 生气勃勃的化佛山自然保护区[J]. 云南林业, 1993(3): 28.

[23] TERMORSHUIZEN A J. Succession of mycorrhizal fungi in stands of *Pinus sylvestris* in the Netherlands [J]. Journal of Vegetation Science, 1991, 2(4): 555-564.

[24] 戴玉成. 中国林木病原腐朽菌图志[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[25] 卯晓岚. 中国经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

[26] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000.

[27] 戴玉成, 图力古尔. 中国东北野生食药药用真菌图志[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[28] 应建浙, 卯晓岚, 马启明, 等. 中国药用真菌图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

[29] 白淑兰, 刘勇, 周晶, 等. 大青山外生菌根真菌资源与生态研究[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 837-842.

[30] 郭秀珍, 毕国昌. 林木菌根及应用技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989.

[31] 王惠, 代力民, 邵国凡, 等. 辽宁丹东地区柞树菌根真菌生态分布的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2149-2152.

[32] JUMPPONEN A, TRAPPE J M, CÁZARES E. Ectomycorrhizal fungi in Lyman Lake Basin: a comparison between primary and secondary successional sites[J]. Mycology, 1999, 91(4): 575-582.

(责任编辑: 张明霞)