

## 海口地区大型真菌多样性分析与资源评价

朱安红<sup>1,2,3</sup>, 高悦<sup>1</sup>, 杨占恩<sup>1</sup>, 吴可欣<sup>1</sup>, 唐珂<sup>1</sup>, 宋子坤<sup>1</sup>, 马海霞<sup>1,4,5,6\*</sup>

1. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海南海口 571101; 2. 北京林业大学生态与自然保护学院, 北京 100083; 3. 中国热带农业科学院椰子研究所, 海南文昌 571339; 4. 海南省热带微生物资源重点实验室, 海南海口 571101; 5. 海口市食药菌种质资源保护与利用重点实验室, 海南海口 571101; 6. 崇左市食药菌种质资源保护与利用重点实验室, 广西崇左 532100

**摘要:** 为明确海口地区大型真菌资源状况, 以中国热带农业科学院热带生物技术研究所菌物标本馆藏标本和本研究于 2022 年采自该地区的标本为研究材料, 对这些材料进行形态和分子系统研究, 鉴定出 110 种, 隶属于 2 门 10 目 32 科 69 属, 其中包括新种 2 个, 中国新记录种 10 个, 海南省新记录种 33 个。在全部大型真菌中, 所占比例 5% 以上的优势科有多孔菌科、炭团菌科、蘑菇科、炭角菌科和蕉孢壳科, 共 55 种, 占总数的 50.00%。大型真菌资源利用价值评估表明, 海口市发现食用菌 8 种、药用菌 14 种、有毒菌 3 种, 部分种类具有良好的应用前景。根据《中国生物多样性红色名录——大型真菌卷》, 本研究共有 44 种大型真菌被评估, 其中, 发现海口市重点保护大型真菌 1 种, 即巨大口蘑被评为近危 (NT) 物种, 27 种被评为无危 (LC) 物种, 16 种数据缺乏 (DD), 而 67 种未被评估 (NE)。该研究初步明确海口市大型真菌资源分布情况, 极大地丰富了对该区大型真菌的认识, 为该区域大型真菌资源利用和保护评估奠定良好基础。

**关键词:** 大型真菌; 多样性; 生态分布特性; 应用价值

中图分类号: Q949.32 文献标志码: A

## Diversity and Resource Evaluation of Macrofungi in Haikou, Hainan, China

ZHU Anhong<sup>1,2,3</sup>, GAO Yue<sup>1</sup>, YANG Zhanen<sup>1</sup>, WU Kexin<sup>1</sup>, TANG Ke<sup>1</sup>, SONG Zikun<sup>1</sup>, MA Haixia<sup>1,4,5,6\*</sup>

1. Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China; 2. School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang, Hainan 571339, China; 4. Hainan Key Laboratory of Tropical Microbe Resources, Haikou, Hainan 571101, China; 5. Haikou Key Laboratory for Protection and Utilization of Edible and Medicinal Fungi, Haikou, Hainan 571101, China; 6. Chongzuo Key Laboratory for Protection and Utilization of Edible and Medicinal Fungi, Chongzuo, Guangxi 532100, China

**Abstract:** In order to clarify the situation of macrofungal resources in Haikou, the analysis on species diversity of macrofungi in Haikou was carried out based on the samples collected by the authors in 2022 and deposited in Fungarium of the Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences (FCATAS). A total of 110 species of macrofungi, belonging to 69 genera, 32 families, 10 orders, and 2 phyla, were identified based on morphological and molecular evidence. Two new species, 10 new Chinese records, and 33 new records in Hainan were found. Five dominances with more than 5% in total species were Polyporaceae, Hypoxylaceae, Agaricaceae, Xylariaceae, Omphalotaceae and Pleurotaceae, including 55 species, accounting for 50.00% of the total species. The assessment of the utilization value of the macrofungi showed that there were 8 edible species, 14 medicinal species, and 3

收稿日期 2024-01-25; 修回日期 2024-02-25

基金项目 海南国家公园研究院资助项目 (No. KY-24ZK02); 海南省重点研发计划项目 (No. ZDYF2023RDYL01); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (No. 1630052022003)。

作者简介 朱安红 (1983—), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 大型真菌多样性。\*通信作者 (Corresponding author): 马海霞 (MA Haixia), E-mail: mahaixia@itbb.org.cn

poisonous species in Haikou, indicating the resources have good application prospects. According to the records of “Redlist of China’s Biodiversity-Macrofungi”, 44 species of macrofungi in Haikou were assessed. Among them, *Macrocorybe gigantea* was near to be threatened (NT), 27 species were least concerned (LC), and 16 species were data deficient (DD). The present study would provide important scientific basis for the protection, utilization and management of macrofungal resources in this area.

**Keywords:** macrofungi; diversity; ecological distribution characteristics; application

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.09.007

海南以生态立省，又是全国生态文明试验区之一。海口市是海南省省会，是海南省政治、经济、文化和科技的中心，在全省经济和社会发展中具有重要地位，其生态环境的稳定和改善，不仅直接影响到海南全岛的可持续发展，对于整个华南地区，乃至全国的生态安全都具有重要意义。生物多样性丰富程度是反映一个地区生态好坏的重要指标，大型真菌多样性是其重要组成部分。

海南关于大型真菌的调查和报道主要在各大自然保护区和植物园进行，包括五指山、尖峰岭、吊罗山、霸王岭、黎母山、鹦歌岭等<sup>[1-11]</sup>，然而，海口地区却只有零星学者进行了部分区域的调查。邓春英等<sup>[12]</sup>对海南大学（包括儋州、海口海甸和城西3个校区）进行大型真菌调查，获得200余份标本鉴定出23科60属88种，但未明确海口大型真菌种类和数量。陈礼浪<sup>[13]</sup>报道了海口市木麻黄上木腐大型真菌50种，程乐乐<sup>[14]</sup>报道了海口市棕榈科植物上的大型木腐菌14种。尽管对海口地区大型真菌有过一些报道，但所涉及的调查区域极其有限，同时也缺乏对整个地区大型真菌多样性的系统分析和综合评价。因此，系统调查研究工作还需要系统深入开展。

本研究以中国热带农业科学院菌物标本馆（FCATAS）保存的标本和于2022年在海口地区调查采集的标本为基础，对海口地区大型真菌多样性进行分析。以期探明该区域大型真菌物种多样性以及资源情况，发现潜在的新物种、中国新记录种，掌握其物种分布格局，发掘该区域的重要经济价值菌类和新特有资源，为其后续菌物资源保护和合理开发利用提供参考数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

海口市地处海南岛北部，位于19°31'N~20°04'N，110°07'E~110°42'E之间，总面积达3126.83 km<sup>2</sup>。海口市地处低纬度热带北缘，属于典型的热带海洋性

气候。年平均气温为24.4℃，年平均降水量为1696.6 mm，常年以东北风和东南风为主。区域内地形略呈长心形，地势平缓。海口市有野生植物1980种，海南特有种40多种，药用植物1200多种。本次采集区域海拔在100 m以下。海口市最高海拔在222.8 m，另外除部分山丘海拔高100 m以上，其他绝大部分海拔为100 m米以下的台地和平原，整个区域内海拔高差小。本次采集区域海拔在100 m以下。

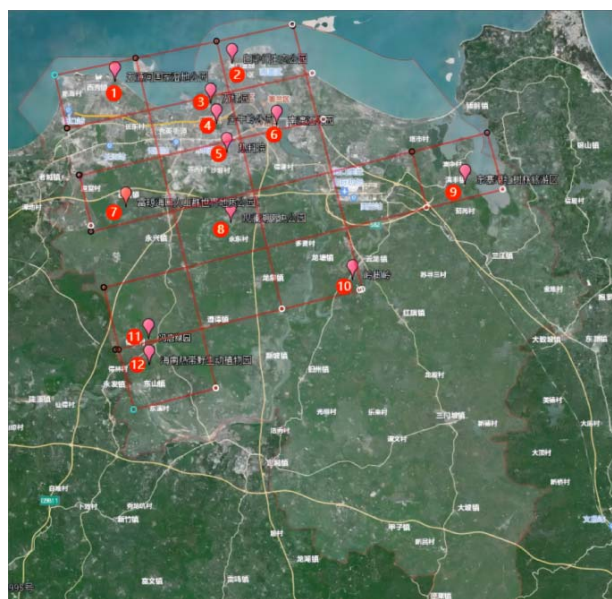
### 1.2 调查范围

综合考虑交通可达性、植被类型覆盖度以及大型真菌分布地点，本次大型真菌调查区域主要设置在1个国家级自然保护区、1个植物园、5个以植物为主的公园和5个植被覆盖度较好的区域，共12个调查点。具体调查点为：金牛岭公园、万绿园、观澜湖中央公园、中国热带农业科学院院区植物园、白沙门生态公园、东寨港国家级自然保护区、海南热带野生动植物园、海口火山群国家地质公园、五源河国家湿地公园、冯塘绿园、岭脚林场和南渡江公园（图1）。

### 1.3 调查方法

野外调查采用踏查法。海口市属于热带季风气候，大型真菌子实体多发生在雨水丰富的5—10月，特别是7—8月。在大型真菌子实体生长季的起始至末期，每个调查点每月组织1次调查采集，以获取较为丰富的标本和全面详实的数据。

采集时拍摄标本的生境照片，注意保持标本的完整性，可附带一部分基质，并详细记录标本的生境及宏观特征，如宿主，菌盖的颜色、形状、直径，菌肉的颜色、气味、伤变色情况，菌褶的颜色、密度、是否等长，是否有菌环及菌环生长的位置，菌柄长度、粗度、颜色、基部情况等。回到室内后挑选生长健壮的子实体进行菌种分离。水分含量大的标本先截取活体组织保存后将剩余标本烘干，水分含量少的标本自然条件下晾干。后装入密封袋，置于-20℃冷冻2周备用。



- 1: 五源河国家湿地公园; 2: 白沙门生态公园; 3: 万绿园;  
4: 金牛岭公园; 5: 中国热带农业科学院海口院区植物园;  
6: 南渡江公园; 7: 海口火山群国家地质公园; 8: 观澜湖中央  
公园; 9: 东寨港国家级自然保护区; 10: 岭脚林场;  
11: 冯唐绿园; 12: 海南热带野生动植物园。

1: Wuyuan River National Wetland Park; 2: Baishamen Ecological  
Park; 3: Evergreen Park; 4: Jinniu Ling Park; 5: Plant Garden of  
Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences; 6: Nandu  
River Park; 7: Haikou Volcano Group National Geopark; 8: Mission  
Hills Central Park; 9: Dongzhaigang National Nature Reserve; 10:  
Lingjiao Forest Farm; 11: Fengtang Green Garden; 12: Hainan  
Tropical Wildlife Park and Botanical Garden.

图 1 海口市大型真菌调查区域网格

Fig. 1 Investigation zones of macrofungi in Haikou

## 1.4 鉴定方法

采用形态学和分子生物学相结合的方法进行分类鉴定。根据大型真菌宏观形态和显微形态特征,参考其生态习性、产地环境、寄主等,结合相关文献、著作等进行鉴定<sup>[5,7,15]</sup>。在宏观方面,主要依据野外拍摄的原生态照片及记录的宏观特征,同时用超景深三维系统观察标本的颜色、形态、质地、子囊壳结构、孔口突起状况、子囊壳排列方式等宏观形态。在微观方面,将干标本置于 ddH<sub>2</sub>O、5%或 10%KOH 溶液、Melzer 试剂、5%SDS、墨水等,利用激光捕获显微分离系统,观察孢子的颜色、形状、大小等,在 Melzer 试剂中观察孢子壁是否为淀粉质或糊精质等特征。

用 CTAB 基因组提取试剂盒(北京艾德莱生物科技有限公司)提取标本的总 DNA,针对不同目的片段(ITS 和 LSU)选择相应引物进行 PCR 扩增<sup>[16-17]</sup>,产物送基因公司测序,获得的序列在 GenBank 数据库进行比对。最后,综合形态学和

分子序列进行种类鉴定。

## 1.5 数据处理

根据材料数据进行科、属、种统计分析,统计物种数目,计算其所占比例。食用菌、药用菌、有毒菌鉴定参考卯晓岚<sup>[18]</sup>、戴玉成等<sup>[19-20]</sup>、图力古尔等<sup>[21]</sup>及 WU 等<sup>[22]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

本研究于 2022 年在海口地区共采集大型真菌标本 378 份,目前鉴定至种级分类单元的有 110 种,隶属于 2 门 10 目 32 科 69 属。本次调查增新种 2 个,中国新记录种 10 个,海南省新记录种 33 个,丰富了该地区大型真菌物种多样性。

### 2.1 海口市大型真菌各科分析

海口市大型真菌各科分布情况见表 1。海口地区大型真菌优势科属明显,优势科有多孔菌科(Polyporaceae)、炭团菌科(Hypoxylaceae)、蘑菇科(Agaricaceae)、炭角菌科(Xylariaceae)和蕉孢壳科(Diatrypaceae)。

### 2.2 海口市大型真菌资源评价

在发现的 110 种大型真菌中,食用菌、药用菌和有毒菌类共计 25 种,占总数的 22.73%(图 2)。其中,包括食用菌 8 种、药用菌 14 种和毒菌 3 种(表 2)。

经过本次调查,发现海口地区有食用菌 8 种,具有较好食用价值的种类包括毛木耳(*Auricularia cornea*)、巨大口蘑(*Macrocybe gigantea*)、齿缘竹荪(*Phallus serratus*)、金顶侧耳(*Pleurotus citrinopileatus*)、红侧耳(*P. djamor*)、间型鸡枞(*Termitomyces intermedius*)等,其中毛木耳、巨大口蘑、长裙竹荪、金顶侧耳、红侧耳均可进行人工栽培驯化,具有很好的开发利用价值。在发现的 14 种药用菌中,有抗肿瘤、提高免疫力的重伞灵芝(*G. multipileum*)和南方灵芝(*G. australe*)<sup>[23-24]</sup>;具清热、消炎和治疗肝病的云芝(*Trametes versicolor*);具清肺利咽、止血、抗菌、抗肿瘤、治疗冻疮的巨大马勃(*Calvatia gigantea*)<sup>[25-26]</sup>;具利尿、补肾、抗衰老的黑柄炭角菌(*Xylaria nigripes*)<sup>[27-28]</sup>;具活血、抗菌、抗肿瘤的红贝俄氏孔菌(*Earliella scabrosa*)<sup>[29-30]</sup>。3 种有毒蘑菇,变红青褶伞(*Chlorophyllum hortense*)主要引起胃肠严重不适,表现为恶心、呕吐、腹绞痛、腹泻<sup>[31]</sup>;热带紫褐裸伞(*Gymnopilus dilepis*)为神经精神

表 1 海口市大型真菌各科物种所占比例  
Tab. 1 Proportion of species of different families  
of macrofungi in Haikou

| 科 Family | 种 Sepecies | 百分比 Percentage/% |
|----------|------------|------------------|
| 多孔菌科     | 19         | 17.27            |
| 炭团菌科     | 13         | 11.81            |
| 蘑菇科      | 10         | 9.09             |
| 炭角菌科     | 7          | 6.36             |
| 蕉孢壳科     | 6          | 5.45             |
| 类脐菇科     | 5          | 4.54             |
| 侧耳科      | 5          | 4.54             |
| 小脆柄菇科    | 4          | 3.63             |
| 粉褶菌科     | 3          | 2.73             |
| 马勃科      | 3          | 2.73             |
| 小菇科      | 3          | 2.73             |
| 刺革菌科     | 3          | 2.73             |
| 拟层孔菌科    | 3          | 2.73             |
| 胶皿菌科     | 2          | 1.82             |
| 层腹菌科     | 2          | 1.82             |
| 小皮伞科     | 2          | 1.82             |
| 木耳科      | 2          | 1.82             |
| 干腐菌科     | 2          | 1.82             |
| 不定科      | 2          | 1.82             |
| 肉杯菌科     | 1          | 0.91             |
| 文字图科     | 1          | 0.91             |
| 束孔壳科     | 1          | 0.91             |
| 鹅膏科      | 1          | 0.91             |
| 丝膜菌科     | 1          | 0.91             |
| 靴耳科      | 1          | 0.91             |
| 膨瑚菌科     | 1          | 0.91             |
| 光柄菇科     | 1          | 0.91             |
| 地星科      | 1          | 0.91             |
| 鬼笔科      | 1          | 0.91             |
| 耙齿科      | 1          | 0.91             |
| 皱孔菌科     | 1          | 0.91             |
| 原毛平革菌科   | 1          | 0.91             |
| 柄杯菌科     | 1          | 0.91             |

型毒素，食后 2 h 出现头晕、全身乏力、麻木等症状<sup>[32]</sup>；据报道白小鬼伞（*Coprinellus disseminatus*）幼时可食，但老时有毒<sup>[15]</sup>。

2.3 海口市大型真菌新种、新记录种统计分析

在鉴定的 110 种大型真菌中，发现的新种、新记录种总计 45 种，占总数的 40.91%（图 3）。其中发现炭角属（*Xylaria*）和弯孢壳属（*Eutypa*）新种各 1 个；中国新记录种 10 种，分别为油斑弯孢壳菌（*Eutypa guttulata*）、柑橘生近弯孢壳（*Paraeutypella citricola*）、帚状弯孢聚壳菌（*Peroneutypa scoparia*）、海绵蒙塔涅炭团菌

表 2 海口市食、药、毒菌的统计  
Tab. 2 Edible, medicinal and poisonous fungi in Haikou

| 类别 Type | 种 Species                            |
|---------|--------------------------------------|
| 食用菌     | 小白蘑菇 <i>Agaricus comtulus</i>        |
|         | 间型鸡枞 <i>Termitomyces intermedius</i> |
|         | 巨大口蘑 <i>Macrocybe gigantea</i>       |
|         | 红侧耳 <i>Pleurotus djamor</i>          |
|         | 金顶侧耳 <i>P. citrinopileatus</i>       |
|         | 毛木耳 <i>Auricularia cornea</i>        |
|         | 齿缘竹荪 <i>Phallus serratus</i>         |
|         | 环柄韧伞 <i>Lentinus sajor-caju</i>      |
|         | 黑柄炭角菌 <i>Xylaria nigripes</i>        |
|         | 巨大马勃 <i>Calvatia gigantea</i>        |
| 药用菌     | 灰白亚侧耳 <i>Hohenbuehelia grisea</i>    |
|         | 毛囊附毛菌 <i>Trichaptum byssogenum</i>   |
|         | 树脂大孢芝 <i>Magoderna subresinosum</i>  |
|         | 粗硬春孔菌 <i>Earliella scabrosa</i>      |
|         | 热带灵芝 <i>Ganoderma tropicum</i>       |
|         | 广布灵芝 <i>G. adspersum</i>             |
|         | 南方灵芝 <i>G. australe</i>              |
|         | 有柄灵芝 <i>G. gibbosum</i>              |
|         | 重伞灵芝 <i>G. multipileum</i>           |
|         | 薄边蜂窝菌 <i>Hexagonia tenuis</i>        |
| 毒菌      | 云芝 <i>Trametes versicolor</i>        |
|         | 硬毛栓菌 <i>T. hirsuta</i>               |
|         | 变红青褶伞 <i>Chlorophyllum hortense</i>  |
|         | 热带紫褐裸伞 <i>Gymnopilus dilepis</i>     |
|         | 白假鬼伞 <i>Coprinellus disseminatus</i> |

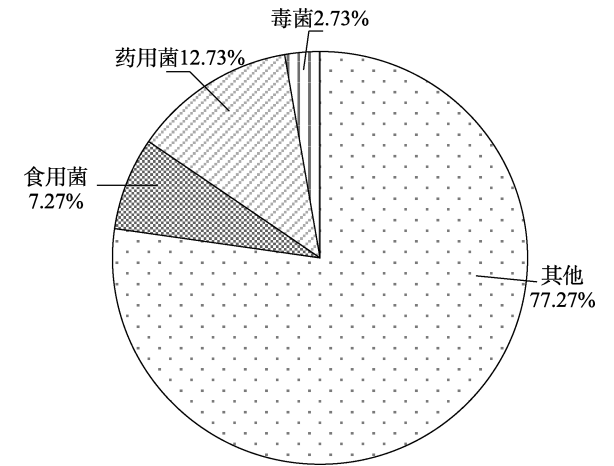


图 2 海口市食、药、毒菌物种所占比例  
Fig. 2 Proportion of edible, medicinal and poisonous  
species of macrofungi in Haikou

（*Hypomontagnella spongiphila*）、红炭团菌（*Hypoxylon haematostroma*）、拟芬德勒炭团菌（*H. pseudofendleri*）、鲍扎尔束孔壳菌（*Lopadosto-*

*ma pouzarii*)、西西里炭角菌 (*Xylaria sicula*)、发光小菇 (*Mycena noctilucens*)、热带膨瑚菌 (*Physalacria tropica*)；海南省新记录种 33 种，分别为微红皱裂菌 (*Rhytidhysterion neorufulum*)、三叉状拟蕉孢壳菌 *Allodiatrype trigemina*)、刺蕉孢壳菌 (*Diatrype spilomea*)、小白蘑菇 (*Agaricus comtulus*)、古热带青褶伞 (*Chlorophyllum palaeotropicum*)、布雷白环菇 (*Leucoagaricus bresadolae*)、长角白环菇 (*L. scissus*)、丝膜小蘑菇 (*Micropsalliota cortinata*)、球囊小蘑菇 (*M. globocystis*)、裘氏鹅膏 (*Amanita chiui*)、圆孢靴耳 (*Crepidotus malachius*)、布拉赫粉褶菌 (*Entoloma dichroum*)、异色粉褶菌 (*E. bulakhae*)、紫褐鳞裸伞 (*Gymnopilus purpureosquamulosus*)、疣状马勃 (*Lycoperdon scabrum*)、间型蚁巢菌 (*Termitomyces intermedius*)、纯白微皮伞 (*Marasmiellus candidus*)、稀少裸脚伞 (*Gymnopus nonnullus*)、无味裸柄伞 (*G. indocatus*)、弯凸裸脚伞 (*G. gibbosus*)、渐狭亚侧耳 (*Hohenbuehelia angustata*)、中华矮菇 (*Chamaeota sinica*)、白黄小脆柄菇 (*Candolleomyces candolleanus*)、缪斯拟鬼伞 (*Coprinopsis musae*)、花状脆柄菇 (*Psathyrella floriformis*)、棍棒干朽菌 (*Serpula dendrocalami*)、木生地星 (*Geastrum mirabile*)、有害红皮孔菌 (*Pyrrhoderma noxium*)、刚毛丝齿菌 (*Hyphodontia setulosa*)、谦逊兰氏孔菌 (*Ranadivia modesta*)、白耙齿菌 (*Irpex laceratus*)、枣红孔韧菌 (*Porostereum spadiceum*)、膨胀大孔菌 (*Megasporoporia inflata*)。

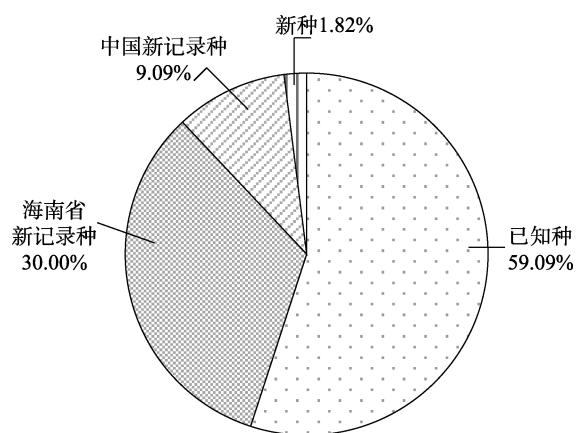


图 3 海口市大型真菌新种、新记录种所占比例

Fig. 3 Proportion of new species, new records species of macrofungi in Haikou

## 2.4 海口市大型真菌物种保护情况评估

经调查评估，在海口市区域已知的 110 种大型真菌中，有 44 种在 2018 年生态环境部和中国科学院联合发布的《中国生物多样性红色名录——大型真菌卷》中做了评估。其中，巨大口蘑 (*Macrocybe gigantea*) (图 4) 被评为近危 (NT) 物种，27 种被评为无危 (LC) 物种，16 种因数据缺乏 (DD) 而未做评估。扫描下方二维码 (图 5)，可查看海口市大型真菌物种名录。



图 4 巨大口蘑

Fig. 4 *Macrocybe gigantea*



图 5 二维码

Fig. 5 Two-dimensional code

## 3 讨论

海口市各调查采集点植物以热带经济树种为主，如椰子、棕榈、龙眼、荔枝、橡胶树、菠萝蜜、黄皮、橄榄、槟榔等，在部分区域有竹林和草坪。调查区域内大型真菌物种以腐生真菌为主。除了金牛岭公园和冯塘绿园部分地区人为干扰较少外，其他调查区域受人为干扰严重，主要以土腐菌和木腐菌为主，共生真菌较少。海口区域内大型真菌多样性组成中，以热带成分居多，兼有广布种。热带成分以杏黄胶孔菌 (*Favolaschia calocera*)、毛杯菌 (*Cookeina tricholoma*)、布雷白环蘑 (*Leucoagaricus bresadolae*)、滴泪白环蘑 (*L.*

*lacrymans*)、巨大口蘑 (*Macrocybe gigantea*)、热带紫褐裸伞 (*Gymnopilus dilepis*)、间型蚁巢菌 (*Termitomyces intermedius*)、齿缘竹荪 (*Phallus serratus*)、热带膨瑚菌 (*Physalacria tropica*) 等, 这些种广布于南亚及东南亚地区<sup>[33]</sup>。

统计发现, 海口市物种多样性热点区域主要集中在中部龙华区金牛岭公园、中国热带农业科学院院区植物园和西部秀英区的冯塘绿园, 发现的大型真菌种类分别 9 目 22 科 35 属 43 种、7 目 18 科 26 属 31 种和 5 目 11 科 17 属 21 种。而东部美兰区东寨港国家级自然保护区植物主要以红树林为主, 大型真菌数量极少, 仅发现 2 个种; 琼山区云龙镇橡胶林下因人为干扰严重, 无真菌种类与其形成共生关系, 只有少数木腐生真菌。

在海口市区域发现的 110 种大型真菌中, 包括食用菌 8 种、药用菌 14 种。但是调查发现, 开发利用情况基本未开展。对发现的有柄灵芝 (*Ganoderma gibbosum*) 进行分离纯化、驯化栽培出芝, 经检测, 其子实体粗多糖含量和氨基酸含量达到赤芝 (*G. lingzhi*) 水平, 可作为新的灵芝资源进行开发利用。

大型真菌多样性是生物多样性和生态稳定的决定因素之一, 也是人类赖以生存的生物资源宝库之一, 其种类多, 数量大, 包括许多有益的食用菌、药用菌、外生菌根菌及一些作为分解者的种类, 在植物保护、可持续发展以及生态环境建设上占有重要地位, 菌物多样性的丧失会直接影响森林生态系统的协调和稳定<sup>[34-35]</sup>。菌物学家李玉院士提出大型真菌资源“一区一馆五库”体系, 这对全面、持续地保护菌物多样性及合理开发利用具有重要意义<sup>[36-37]</sup>。海南省自 2022 年批准热区大型真菌“一馆五库”建设, 该体系从资源调查采集、菌种分离驯化、活性物质筛选、遗传基因资源筛选及资源信息共享等方面, 全面推动海南省菌物资源的可持续发展。因此, 组织开展对重点地区大型真菌种质资源的调查与收集, 摸清我国菌物资源底数, 加强珍稀和濒危菌物资源保藏、保护、良种繁育及其生物转化研究, 建立区域特有食药菌种质资源库, 可为后续研究和开发利用提供标本材料和种质资源, 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

[1] 林海. 海南岛大型真菌的生态分布[J]. 海南大学学报 (自

然科学版), 1990, 8(4): 54-59.

LIN H. The ecological distribution of macrofungi in Hainan island[J]. Journal of Hainan University (Natural Science), 1990, 8(4): 54-59. (in Chinese)

[2] 孙英华, 徐优良, 张斌, 陈舜长, 陈景, 苏雄辉, 梁静思. 海南岛尖峰岭地区大型真菌资源名录[J]. 热带作物研究, 1991(4): 65-72.

SUN Y H, XU Y L, ZHANG B, CHEN S C, CHEN J, SU X H, LIANG J S. A checklist of macrofungi in Jianfengling area of Hainan island[J]. Tropical Crops Research, 1991(4): 65-72. (in Chinese)

[3] 李泰辉, 章卫民, 宋斌, 沈亚恒, 何青. 海南伞菌介绍[J]. 吉林农业大学学报, 1998 (增刊): 234.

LI T H, ZHANG W M, SONG B, SHEN Y H, HE Q. Introduction to Hainan agarics[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1998(Suppl.): 234. (in Chinese)

[4] 吴兴亮, 郭建荣, 廖其珍, 谢圣华, 肖敏. 中国海南岛灵芝资源及其分布特征[J]. 菌物系统, 1998(2): 26-33.

WU X L, GUO J R, LIAO Q Z, XIE S H, XIAO M. The resources and ecological distribution of Ganodermataceae in Hainan island[J]. Mycosystema, 1998(2): 26-33. (in Chinese)

[5] 戴玉成, 崔宝凯. 海南大型木生真菌的多样性[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

DAI Y C, CUI B K. Diversity of wood-inhabiting macrofungi in Hainan[M]. Beijing: Science Press. 2010. (in Chinese)

[6] 初华丽. 海南和贵州木生大型真菌及相关真菌系统学研究[D]. 海口: 海南大学, 2014.

CHU H L. Taxonomy and molecular phylogeny of macrofungi and related fungi in Hainan and Guizhou[D]. Haikou: Hainan University, 2014. (in Chinese)

[7] 吴兴亮. 中国海南岛大型真菌[M]. 北京: 科学出版社, 2019.

WU X L. Macrofungi in Hainan island, China[M]. Beijing: Science Press, 2019. (in Chinese)

[8] 曾念开, 蒋帅. 海南鹦哥岭大型真菌图鉴[M]. 海口: 南海出版公司, 2020.

ZENG N K, JIANG S. Atlas of macrofungi from Yinggeling of Hainan, China[M]. Haikou: Nanhai Press, 2020. (in Chinese)

[9] 李国华, 郭向阳, 李霖明, 任明迅, 万玲, 丁琼, 李娟玲. 海南热带雨林国家公园不同植被类型的大型真菌多样性[J]. 生物多样性, 2022, 30(7): 180-192.

LI G H, GUO X Y, LI L M, REN M X, WAN L, DING Q, LI J L. Macrofungal diversity in different vegetation types of Hainan Tropical Rainforest National Park[J]. Biodiversity Science, 2022, 30(7): 180-192. (in Chinese)

[10] 潘小艳. 海南热带雨林国家公园尖峰岭片区大型真菌资源调查与评价[D]. 海口: 海南大学, 2022.

- PAN X Y. Investigation and evaluation of macrofungi resources in Jianfengling area in Hainan Tropical Rainforest National Park[D]. Haikou: Hainan University, 2022. (in Chinese)
- [11] 马海霞, 司静, 戴玉成, 朱安红, 崔宝凯, 范宇光, 员瑗, 何双辉. 中国海南省木生大型真菌多样性研究[J]. 菌物学报, 2022, 41(5): 695-712.
- MA H X, SI J, DAI Y C, ZHU A H, CUI B K, FAN Y G, YUAN Y, HE S H. Diversity of wood-inhabiting macrofungi in Hainan province, south China[J]. Mycosystema, 2022, 41(5): 695-712. (in Chinese)
- [12] 邓春英, 吴兴亮. 南方校园大型真菌多样性——以海南大学为例[J]. 贵州科学, 2014, 32(6): 11-15
- DENG C Y, WU X L. Study on macro-fungal diversity in southern China-taking Hainan University for example[J]. Guizhou Science, 2014, 32(6): 11-15. (in Chinese)
- [13] 陈礼浪. 海南木麻黄木腐菌的多样性及病原木腐菌致病性研究[D]. 海口: 海南大学, 2016.
- CHEN L L. Research on diversity and pathogenic species of wood-decaying fungi in Hainan island[D]. Haikou: Hainan University, 2016. (in Chinese)
- [14] 程乐乐. 海南几种棕榈科植物木腐菌的多样性及病原木腐菌的初步研究[D]. 海口: 海南大学, 2017.
- CHENG L L. Research on diversity and pathogenic species of wood-decaying fungi on some important palm trees in Hainan province[D]. Haikou: Hainan University, 2017. (in Chinese)
- [15] 李玉, 李泰辉, 杨祝良, 图力古尔, 戴玉成. 中国大型菌物资源图鉴[M]. 郑州: 中原农民出版社, 2015.
- LI Y, LI T H, YANG Z L, BAU T, DAI Y C. Atlas of Chinese macrofungal resources[M]. Zhengzhou: Central China Farmers Press, 2015. (in Chinese)
- [16] WHITE T J, BRUNS T, LEE S, TAYLOR J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics[M]. San Diego: Academic Press, 1990.
- [17] EBERHART U. Methods for DNA barcoding of fungi[J]. Methods in Molecular Biology, 2012, 858: 183-205.
- [18] 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.
- MAO X L. Poisonous mushrooms and their toxins in China[J]. Mycosystema, 2006, 25(3): 345-363. (in Chinese)
- [19] 戴玉成, 杨祝良. 中国药用真菌名录及部分名称的修订[J]. 菌物学报, 2008, 27(6): 801-824.
- DAI Y C, YANG Z L. A revised checklist of medicinal fungi in China[J]. Mycosystema, 2008, 27(6): 801-824. (in Chinese)
- [20] 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 文华安, 图力古尔, 李泰辉. 中国食用菌名录[J]. 菌物学报, 2010, 29(1): 1-21.
- DAI Y C, ZHOU L W, YANG Z L, WEN H A, BAU T, LI T H. A revised checklist of edible fungi in China[J]. Mycosystema, 2010, 29(1): 1-21 (in Chinese)
- [21] 图力古尔, 包海鹰, 李玉. 中国毒蘑菇名录[J]. 菌物学报, 2014, 33(3): 517-548.
- BAU T, BAO H Y, LI Y. A revised checklist of poisonous mushrooms in China[J]. Mycosystema, 2014, 33(3): 517-548. (in Chinese)
- [22] WU F, ZHOU L W, YANG Z L, BAU T, LI T H, DAI Y C. Resource diversity of Chinese macrofungi: edible, medicinal and poisonous species[J]. Fungal Diversity, 2019, 98: 1-76.
- [23] DAI Y C, YANG Z L, CUI B K, YU C J, ZHOU L W. Species diversity and utilization of medicinal mushrooms and fungi in China[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2019, 11: 287-302.
- [24] XIE F, YE L Y, ZHAO L L, TANG K P, WU X P. Identification of three wild *Ganoderma multipileum* and analysis of polysaccharides and triterpenoides content therein[J]. Acta Edulis Fungi, 2018, 25: 8-14.
- [25] YOU Y, BAO H Y. Antibacterial activities and volatile oil component analysis of extracts of *Calvatia gigantea* fruiting bodies in different maturity period[J]. Mycosystema, 2011, 30: 477-485.
- [26] 相聪坤, 关胜江, 马娟娟. 大马勃及大口静灰球的抗炎镇痛作用比较研究[J]. 天津中医药, 2016, 33: 430-433.
- XIANG C K, GUAN S J, MA J J. Study on the comparison of *Calvatia gigantea* and *Bovistella sinensis* on anti-inflammatory and analgesia effects[J]. Tianjin Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, 33: 430-433.
- [27] ZHAO Z Q, LI Y P, CHEN H Y, HUANG L Q, ZHAO F, YU Q, XIANG Z H, ZHAO Z X. *Xylaria nigripes* mitigates spatial memory impairment induced by rapid eye movement sleep deprivation[J]. International Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2014, 7: 356-362.
- [28] CHEN Y I, TZENG C Y, CHENG Y W, HSU T H, HO W J, LIANG Z C, HSIEH C W, TZEN J T C, CHANG S L. The involvement of serotonin in the hypoglycemic effects produced by administration of the aqueous extract of *Xylaria nigripes* with steroid-induced insulinresistant rats[J]. Phytotherapy Research, 2015, 29: 770-777.
- [29] CEN W Y, YU X N, HUANG W J, ZHU F, CHU C F. Chemical components and antioxidant activity of essential oil from *Earliella scabrosa* (Pers.) Gilb. & Ryarden[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47: 2129-2133.
- [30] LU W H, ZHU F, WU S Y, HONG Y. Chemical components and antibacterial activity of wild and artificially cultured *Earliella scabrosa* (Pers.) Gilb. & Ryarden[J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48: 1676-1682.

- [31] 万蓉, 刘志涛, 李海蛟. 云南野生毒菌图鉴[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2023.  
WAN R, LIU Z T, LI H J. Atlas of wild poisonous mushrooms in Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2023. (in Chinese)
- [32] 陈作红, 杨祝良, 图力古尔, 李泰辉. 毒蘑菇识别与中毒防治[M]. 北京: 科学出版社, 2016.  
CHEN Z H, YANG Z L, BAU T, LI T H. Poisonous mushrooms: recognition and poisoning treatment[M]. Beijing: Science Press, 2016. (in Chinese)
- [33] 杨祝良, 臧穆. 中国南部高等真菌的热带亲缘[J]. 云南植物研究, 2003, 25(2): 129-144.  
YANG Z L, ZANG M. Tropical affinities of higher fungi in southern China[J]. Acta Botanica Yunnanica, 2003, 25(2): 129-144. (in Chinese)
- [34] 刘冬梅, 蔡蕾, 王科, 李俊生, 魏铁铮, 姚一建. 中国野生大型真菌受威胁程度评估、问题和对策[J]. 生物多样性, 2018, 26(11): 1236-1242.  
LIU D M, CAI L, WANG K, LI J S, WEI T Z, YAO Y J. Threat assessments, problems and countermeasures of China's macrofungi[J]. Biodiversity Science, 2018, 26(11), 1236-1242. (in Chinese)
- [35] 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. 中国大型真菌红色名录评估研究进展[J]. 生物多样性, 2020, 28(1): 4-10.  
YAO Y J, WEI J C, ZHUANG W Y, CAI L, LIU D M, LI J S, WEI T Z, LI Y, WANG K, WU H J. Development of red-list assessment of macrofungi in China[J]. Biodiversity Science, 2020, 28(1): 4-10. (in Chinese)
- [36] 宋斌, 邓旺秋, 张明, 李泰辉. 南岭大型真菌多样性[J]. 热带地理, 2018, 38(3): 312-320.  
SONG B, DENG W Q, ZHANG M, LI T H. The macrofungal diversity in the Nanling mountains[J]. Tropical Geography, 2018, 38(3): 312-320. (in Chinese)
- [37] 邓旺秋, 李泰辉, 宋宗平, 张明, 徐隽彦, 黄浩, 钟祥荣, 王起群, 贺勇. 罗霄山脉大型真菌区系分析与资源评价[J]. 生物多样性, 2020, 28(7): 896-904.  
DENG W Q, LI T H, SONG Z P, ZHANG M, XU J Y, HUANG H, ZHONG X R, WANG Q Q, HE Y. Floristic analysis and resource evaluation of macrofungi in the Luoxiao mountains, China[J]. Biodiversity Science, 2020, 28(7): 896-904. (in Chinese)