

海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区牛肝菌目真菌物种多样性及资源评价

蒋 帅^{1,2}, 符永清¹, 符新华¹, 陈 运¹, 邓晓华¹, 陈徐敏¹, 米红旭^{1*}

1. 海南热带雨林国家公园管理局鹦哥岭分局, 海南白沙 572800; 2. 海南国家公园研究院, 海南海口 571100

摘 要: 海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区拥有我国华南最为集中连片、面积最大且保存最为完好的热带雨林, 真菌多样性丰富, 其中具重要生态、科研和经济价值的牛肝菌目真菌更是种类多样。在过去的 10 余年, 本研究采用踏查法对鹦哥岭片区的牛肝菌目真菌进行调查, 采集标本近 300 号。利用形态解剖与分子系统发育相结合的方法, 同时综合考虑生态特性及地理分布特征, 鉴定出该目真菌 5 科 37 属 82 种, 包括了以鹦哥岭片区为模式产地的 2 个属和 26 个物种, 中国新记录种 2 个, 海南新记录种 20 个。牛肝菌目真菌物种组成分析表明, 鹦哥岭片区含 10 种以上的优势科为牛肝菌科, 其物种数占物种总数的 91.46%; 含 5 种以上的优势属有 6 属, 即金牛肝菌属 (*Aureoboletus*)、条孢牛肝菌属 (*Boletellus*)、新牛肝菌属 (*Neoboletus*)、褶孔牛肝菌属 (*Phylloporus*)、松塔牛肝菌属 (*Strobilomyces*) 和粉孢牛肝菌属 (*Tylopilus*), 这 6 属包含的种类占物种总数的 48.78%。大型真菌资源利用价值评估表明, 鹦哥岭片区的牛肝菌目真菌有食用菌 20 种、药用菌 4 种、毒菌 8 种, 部分种类具有较好的应用前景。

关键词: 牛肝菌目; 大型真菌; 物种多样性

中图分类号: Q949.32

文献标志码: A

Species Diversity and Resource Evaluation of Boletales in Yinggeling Area of National Park of Hainan Tropical Rainforest

JIANG Shuai^{1,2}, FU Yongqing¹, FU Xinhua¹, CHEN Yun¹, DENG Xiaohua¹, CHEN Xumin¹, MI Hongxu^{1*}

1. Yinggeling Branch of Hainan Tropical Rainforest National Park, Baisha, Hainan 572800, China; 2. Hainan Institute of National Park, Haikou, Hainan 571100, China

Abstract: Yinggeling area of the National Park of Hainan Tropical Rainforest preserves the largest and most intact tropical rainforest in South China. It is extraordinarily rich in fungal species, especially the fungi of Boletales with important ecological, scientific and economic values. Nearly 300 specimens of Boletales were collected from Yinggeling area in the past 10 years. On the basis of morphology, molecular phylogenetic analyses, ecological characteristics, and geographical information, a total of 82 species of Boletales, belonging to 37 genera and 5 families, have been identified. Among them, 2 genera and 26 species were typified from Yinggeling, 2 were new to China, and 20 were new to Hainan Province. In the Boletales in Yinggeling area, the only dominant family, with more than 10 species, was Boletaceae, accounting for 91.46% of the total species. There were 6 dominant genera (*Aureoboletus*, *Boletellus*, *Neoboletus*, *Phylloporus*, *Strobilomyces*, and *Tylopilus*), with more than 5 species, harboring 48.78% of the total species of this Order. Among the Boletales species from Yinggeling area, 20, 4, and 8 are considered to be edible, medicinal and poisonous mushrooms, respectively.

Keywords: Boletales; macrofungi; species diversity

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.10.010

收稿日期 2024-04-30; 修回日期 2024-05-25

基金项目 海南国家公园研究院科研项目 (No. KY-22ZK06); 国家自然科学基金项目 (No. 31560005, No. 31760008)。

作者简介 蒋 帅 (1987—), 女, 博士研究生, 林业工程师, 研究方向: 大型真菌的分类及分子系统发育。*通信作者 (Corresponding author): 米红旭 (MI Hongxu), E-mail: mhxajs@126.com。

海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区位于海南岛中南部,跨白沙、琼中、五指山和乐东 4 县市,总面积 882 km²,主要保护对象为海南热带雨林生态系统。鹦哥岭片区属中山山地地貌,所处黎母岭山脉南段,呈东北—西南走向,最高峰为鹦哥岭山峰,海拔 1812 m,最低海拔为 170 m,相对高差 1642 m。该片区属热带海洋性季风气候,年均气温 20~24 ℃,年平均降水量为 1800~2700 mm,雨量充沛,是海南的主要水源地。区域内植被类型丰富,包括了低地热带雨林、热带季雨林、热带山地雨林、热带山地常绿阔叶林、热带针叶林和热带山顶矮林的完整植被谱带^[1],为大型真菌的生存繁衍提供了充分条件。

海南热带雨林国家公园管理局鹦哥岭分局是在原海南鹦哥岭省级自然保护区管理站、原海南佳西省级自然保护区管理站和原海南省南高岭林场的基础上组建的。原海南鹦哥岭省级自然保护区在其成立初期的生物资源本底调查中,仅记录了大型真菌 76 种^[1],包括牛肝菌目真菌 2 科 5 属 5 种。原佳西省级自然保护区记录到大型真菌 51 属 117 个分类单元^[2](包括变种),包括牛肝菌目真菌 1 科 1 属 2 种。之后,随着对鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源野外调查的加强,同时利用大型真菌监测平台进行常态化监测,截至到 2020 年底,在鹦哥岭片区共发现牛肝菌目真菌 5 科 31 属 62 种^[3]。海南热带雨林国家公园正式成立后,通过对鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源进行专项深入研究,以鹦哥岭为模式产地的 16 个牛肝菌新种和 1 个海南新记录种又陆续被发现^[4-14]。

牛肝菌目真菌中的大部分种类能与壳斗科、龙脑香科、松科等植物形成共生关系^[15-16],对于森林生态系统平衡的维护、退化生态系统中的植被恢复以及植树造林具有重要作用^[17]。同时,牛肝菌目的多种真菌具有食用及药用价值,少部分种类还具有毒性^[18-20],因此,该目真菌是大型真菌中的热点研究类群。本研究通过对鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源进行较为全面的调查,以期进一步了解该区域大型真菌资源的物种多样性,发现该区域具有重要经济价值的真菌资源,为海南热带雨林国家公园大型真菌资源的保护、管理和利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

研究材料为 2009—2023 年在鹦哥岭片区内

通过野外采集得到的标本。凭证标本保存于海南医科大学真菌标本馆(Fungal Herbarium of Hainan Medical University, FHMU)。

1.2 方法

1.2.1 调查方法 野外调查采用踏查法。调查区域为海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区全域。在野外调查过程中,对大型真菌的生境、子实体等进行拍照,记录标本采集地点的经纬度及海拔,采集标本并现场编号;填写野外蘑菇采集记录表格,详细记录每号标本新鲜子实体各部位特征信息。制作用于提取总 DNA 的硅胶干燥材料;后将子实体在烘干机内于 50 ℃烘干过夜,待标本完全干透后用自封袋装好标本。

1.2.2 形态学研究 包括宏观形态特征和显微结构特征的观察和测量。标本的宏观形态观察包括子实体大小、颜色、菌盖及菌柄特征、菌肉厚度、菌管颜色及长度(或菌褶颜色及宽度)、菌孔直径(或每厘米所含菌褶数量)、菌管(或菌褶)着生方式、菌柄基部菌丝颜色、子实层体和菌肉受伤后颜色变化等。对干燥标本的显微特征进行观察包括在光学显微镜下观察担孢子大小、形状、表面特征,担子形状、大小、担子小梗数量和长度,囊状体大小、形状,菌盖表皮及菌柄表皮等特征。显微结构观察以 5%的 KOH 作为浮载剂,用 1%的刚果红进行染色,测量数据并绘图。担孢子大小在 100 倍物镜下,测量其侧面观(脐突位于孢子一侧时)的长度和宽度,每个标本测量 20 个以上的成熟担孢子。根据实际需要,利用扫描电镜观察担孢子纹饰,并与国内外相关的标本进行对比研究。

1.2.3 分子系统发育研究 采用改良的 CTAB 法提取标本的总 DNA,针对不同目的片段选择对应的扩增引物和反应体系进行 PCR 扩增及纯化,之后选择核糖体大亚基(nrLSU)、编码核糖体 RNA 的内转录间隔区(ITS)、翻译延长因子 1- α (*tefl- α*)、编码 RNA 聚合酶第一大亚基(*rpb1*)、编码 RNA 聚合酶 II 第二大亚基(*rpb2*)等基因片段进行多基因测序,PCR 产物直接测序失败的样品,采用克隆测序法获得序列。得到的序列用软件 SeqMan 进行拼接,后用软件 MUSCLE v3.6 进行序列对齐,在 Bioedit 上进行调整,确定序列边界,比对后采用 MrBayes 和 RAxML 等软件进行单独分析和联合分析,构建系统发育树。物种名称参照真菌索引网站(<http://www.indexfungorum>。

org) 中最新的研究成果和李玉等^[21]所著的《中国大型菌物资源图鉴》一书。

1.2.4 资源评价 根据物种分类鉴定结果,对鹦哥岭片区牛肝菌目真菌科、属、种的数量进行统计,并参考相关文献^[22],将物种数≥10 种的科定为优势科,物种数≥5 种的属定为优势属。牛肝菌目真菌的食、药用价值及有毒物种的分析参考相关文献^[23-27]中所报道的食用菌、药用菌以及毒菌的物种名录。

2 结果与分析

根据对鹦哥岭片区野外采集的大型真菌标本进行整理和鉴定,区内生长分布的牛肝菌目真菌共 82 种(表 1),隶属于 5 科 37 属。其中包括了以鹦哥岭片区为模式产地的 2 个属和 26 个物种(图 1、图 2),2 个中国新记录种和 20 个海南新记录种。此外,该牛肝菌目真菌名录中还包括海南热带雨林国家公园优先保护物种 21 个(表 1),较为全面地反映了鹦哥岭片区牛肝菌目真菌的物种多样性。

表 1 海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区牛肝菌目真菌名录
Tab. 1 Species of Boletales in Yinggeling area of the National Park of Hainnan Tropical Rainforest

序号 No.	科 Family	属 Genus	种 Species	凭证 标本 Voucher specimen	中国新 记录种 New records to China	海南新 记录种 New records to Hainan	海南热带雨林国家 公园优先保护物种 Priority protected species of the Na- tional Park of Hainan Tropical Rainforest	经济 价值 Eco- nomic Value
1	牛肝菌科 Boletaceae	变黑牛肝菌属 <i>Anthracoporus</i>	黑紫变黑牛肝菌 <i>Anthracoporus nigropurpureus</i> (Hongo) Yan C. Li & Zhu L. Yang	FHMU 1599		√		有毒
2			锥鳞金牛肝菌 <i>Aureoboletus conicus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 4730				未知
3		金牛肝菌属 <i>Aureoboletus</i>	重孔金牛肝菌 <i>A. duplicatoporus</i> (M. Zang) G. Wu & Zhu L. Yang	FHMU 3335		√		未知
4			长颈金牛肝菌 <i>A. longicollis</i> (Ces.) N.K. Zeng & Ming Zhang	FHMU 2005				未知
5			小果金牛肝菌 <i>A. microcarpus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 4688				未知
6			小橙黄金牛肝菌 <i>A. miniatoaurantiacus</i> (Bi & Loh) Ming Zhang et al.	FHMU 2020				未知
7			网柄金牛肝菌 <i>A. ornatipes</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1981				未知
8			美丽金牛肝菌 <i>A. venustus</i> Fang Li et al.	FHMU 3146		√		未知
9		南方牛肝菌属 <i>Austroboletus</i>	褐鳞南方牛肝菌 <i>Austroboletus brunneisquamus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 5876			√	未知
10			纺锤孢南方牛肝菌 <i>Aus. fusisporus</i> (Kawam. ex Imazeki & Hongo) Wolfe	FHMU 2062				未知
11		薄瓢牛肝菌属 <i>Baorangia</i>	复孔薄瓢牛肝菌 <i>Baorangia duplicatopora</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 5877			√	未知
12		条孢牛肝菌属 <i>Boletellus</i>	网盖条孢牛肝菌 <i>Boletellus areolatus</i> Hirot. Sato	FHMU 2046	√			未知
13			木生条孢牛肝菌 <i>B. emodensis</i> (Berk.) Singer	FHMU 1649				未知
14			红鳞条孢牛肝菌 <i>B. erythrolepis</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3255				未知
15			隐纹条孢牛肝菌 <i>B. indistinctus</i> G. Wu et al.	FHMU 1596		√		有毒
16			近球条孢牛肝菌 <i>B. subglobosus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3256				未知
17			火兴条孢牛肝菌 <i>B. zenghuoxingii</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3251				未知

续表 1 海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区牛肝菌目真菌名录

Tab. 1 Species of Boletales in Yinggeling area of the National Park of Hainnan Tropical Rainforest (continued)

序号 No.	科 Family	属 Genus	种 Species	凭证 标本 Voucher specimen	中国新 记录种 New records to China	海南新 记录种 New records to Hainan	海南热带雨林国家 公园优先保护物种 Priority protected species of the Na- tional Park of Hainan Tropical Rainforest	经济 价值 Eco- nomic Value
18	牛肝菌科 Boletaceae	牛肝菌属 <i>Boletus</i>	灰盖牛肝菌 <i>Boletus griseiceps</i> B. Feng et al.	FHMU 2054		√	√	食用
19		腐生牛肝菌属 <i>Buchwaldoboletus</i>	中华腐生牛肝菌 <i>Buchwaldoboletus xylophilus</i> (Petch) Both & B. Ortiz	FHMU 5848			√	食用
20		美柄牛肝菌属 <i>Caloboletus</i>	关羽美柄牛肝菌 <i>Caloboletus guanyui</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 2040				食用
21		辣牛肝菌属 <i>Chalciporus</i>	中华辣牛肝菌 <i>Chalciporus sinensis</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 4701			√	未知
22		裘氏牛肝菌属 <i>Chiua</i>	窄囊裘氏牛肝菌 <i>Chiua angusticystidiata</i> Y.C. Li & Zhu L. Yang	FHMU 2011		√		未知
23		橙牛肝菌属 <i>Crocinoletus</i>	日本橙牛肝菌 <i>Crocinoletus laetissimus</i> (Hongo) N.K. Zeng et al.	FHMU 2030				未知
24			橙牛肝菌 <i>C. rufoaureus</i> (Masse) N.K. Zeng et al.	FHMU 1975				药用
25		红褶孔牛肝菌属 <i>Erythrophylloporus</i>	橙红褶孔牛肝菌 <i>Erythrophylloporus cinabarinus</i> Ming Zhang & T.H.Li	FHMU 2039				未知
26		粘柄牛肝菌属 <i>Fistulinella</i>	绿盖粘柄牛肝菌 <i>Fistulinella olivaceoalba</i> T.H.G. Pham et al.	FHMU 216				未知
27		网孢牛肝菌属 <i>Heimioporus</i>	日本网孢牛肝菌 <i>Heimioporus japonicus</i> (Hongo) E. Horak	FHMU 231				有毒
28		园圃牛肝菌属 <i>Hortiboletus</i>	林谷园圃牛肝菌 <i>Hortiboletus napaeus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3326			√	未知
29		厚瓢牛肝菌属 <i>Hourangia</i>	膨丝厚瓢牛肝菌 <i>Hourangia dilatata</i> (W.F. Chiu) N.K. Zeng et al.	FHMU 1618				未知
30			芝麻厚瓢牛肝菌 <i>H. nigropunctata</i> (W.F. Chiu) Xue T. Zhu & Zhu L. Yang	FHMU 1684				有毒
31		兰茂牛肝菌属 <i>Lanmaoa</i>	大盖兰茂牛肝菌 <i>Lanmaoa macrocarpa</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1982			√	未知
32			红盖兰茂牛肝菌 <i>L. rubriceps</i> N.K. Zeng & Hui Chai	FHMU 2801			√	未知
33		小疣柄牛肝菌属 <i>Leccinellum</i>	变红小疣柄牛肝菌 <i>Leccinellum alborufescens</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1758			√	未知
34		新牛肝菌属 <i>Neoboletus</i>	锈柄新牛肝菌 <i>Neoboletus ferrugineus</i> (G. Wu et al.) N.K. Zeng et al.	FHMU 3354		√		未知
35			黄孔新牛肝菌 <i>N. flavidus</i> (G. Wu & Zhu L. Yang) N.K. Zeng et al.	FHMU 2924		√		未知
36			淡褐新牛肝菌 <i>N. infuscatus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3372			√	未知
37			华丽新牛肝菌 <i>N. magnificus</i> (W.F. Chiu) Gelard et al.	FHMU 3339		√		食用， 但生食 会致幻
38			密鳞新牛肝菌 <i>N. multipunctatus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1620			√	未知
39			暗褐新牛肝菌 <i>N. obscureumbrinus</i> (Hongo) N.K. Zeng et al.	FHMU 2055			√	食用

续表 1 海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区牛肝菌目真菌名录
Tab. 1 Species of Boletales in Yinggeling area of the National Park of Hainnan Tropical Rainforest (continued)

序号 No.	科 Family	属 Genus	种 Species	凭证 标本 Voucher specimen	中国新 记录种 New records to China	海南新 记录种 New records to Hainan	海南热带雨林国家 公园优先保护物种 Priority protected species of the Na- tional Park of Hainan Tropical Rainforest	经济 价值 Eco- nomic Value
40	牛肝菌科 Boletaceae	小绒盖牛肝菌属 <i>Parvixerocomus</i>	青木氏小绒盖牛肝菌 <i>Parvixerocomus aokii</i> (Hongo) G. Wu et al.	FHMU 2026				未知
41		褶孔牛肝菌属 <i>Phylloporus</i>	栲林褶孔牛肝菌 <i>Phylloporus castanopsidis</i> M.A. Neves & Halling	FHMU 1517	✓		✓	食用
42			厚壁褶孔牛肝菌 <i>P. grossus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 2270				食用
43			密鳞褶孔牛肝菌 <i>P. microsquamus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1678			✓	食用
44			小孢褶孔牛肝菌 <i>P. parvisporus</i> Corner	FHMU 3340				食用
45			小果褶孔牛肝菌 <i>P. pusillus</i> Raspé et al.	FHMU 3361		✓		食用
46			淡红褶孔牛肝菌 <i>P. rubeolus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1585		✓		食用
47			红果褶孔牛肝菌 <i>P. rubiginosus</i> M.A. Neves & Halling	FHMU 2016				食用
48			变红褶孔牛肝菌 <i>P. rufescens</i> Corner	FHMU 3290				食用
49			近淡红褶孔牛肝菌 <i>P. subrubeolus</i> Chuankid et al.	FHMU 3165				食用
50		美牛肝菌属 <i>Pulchroboletus</i>	粉盖美牛肝菌 <i>Pulchroboletus erubescens</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 4543				未知
51		粉末牛肝菌属 <i>Pulveroboletus</i>	褐点粉末牛肝菌 <i>Pulveroboletus brunneopunctatus</i> G. Wu & Zhu L. Yang	FHMU 2473				有毒
52			褐糙粉末牛肝菌 <i>Pul. brunneoscabrosus</i> Har. Takah.	FHMU 2495				有毒
53			淡红粉末牛肝菌 <i>Pul. subrufus</i> N.K. Zeng & Zhu L. Yang	FHMU 1899				有毒
54		网柄牛肝菌属 <i>Retiboletus</i>	黑灰网柄牛肝菌 <i>Retiboletus nigrogri-seus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 2800			✓	未知
55			中华网柄牛肝菌 <i>R. sinensis</i> N.K. Zeng & Zhu L. Yang	FHMU 3341				食用
56		变红牛肝菌属 <i>Rufoboletus</i>	海南变红牛肝菌 <i>Rufoboletus hainanensis</i> (N.K. Zeng et al.) N.K. Zeng & Zhi Q. Liang	HKAS 59816			✓	未知
57		皱盖牛肝菌属 <i>Rugiboletus</i>	皱盖牛肝菌 <i>Rugiboletus extremiorien-talis</i> (Lj.N. Vassiljeva) G. Wu & Zhu L. Yang	FHMU 1748				食用
58		松塔牛肝菌属 <i>Strobilomyces</i>	包拯松塔牛肝菌 <i>Strobilomyces baoz-hengii</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1937				未知
59			褐细鳞松塔牛肝菌 <i>S. brunneolepidotus</i> Har. Takah. & Taneyama	FHMU 1682		✓		未知
60			大松塔牛肝菌 <i>S. giganteus</i> M. Zang	Jiang- 230MYGL		✓		未知
61			阔裂松塔牛肝菌 <i>S. latirimosus</i> J.Z. Ying	FHMU 2057		✓		未知
62			厚囊松塔牛肝菌 <i>S. pachycystidiatus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 1948				未知
63			半裸松塔牛肝菌 <i>S. seminudus</i> Hongo	FHMU 1883		✓		未知

续表 1 海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区牛肝菌目真菌名录
Tab. 1 Species of Boletales in Yinggeling area of the National Park of Hainnan Tropical Rainforest (continued)

序号 No.	科 Family	属 Genus	种 Species	凭证 标本 Voucher specimen	中国新 记录种 New records to China	海南新 记录种 New records to Hainan	海南热带雨林国家 公园优先保护物种 Priority protected species of the Na- tional Park of Hainan Tropical Rainforest	经济 价值 Eco- nomic Value
64	牛肝菌科 Boletaceae	异色牛肝菌属 <i>Sutorius</i>	淡红异色牛肝菌 <i>Sutorius subrufus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 2004			√	未知
65		粉孢牛肝菌属 <i>Tylopilus</i>	肉色粉孢牛肝菌 <i>Tylopilus argillaceus</i> Hongo	FHMU 1622		√		未知
66			黑栗褐粉孢牛肝菌 <i>T. atroviolaceobrunneus</i> Y.C. Li & Zhu L. Yang	FHMU 2927		√		未知
67			大津粉孢牛肝菌 <i>T. otsuensis</i> Hongo	FHMU 1574				未知
68			紫褐粉孢牛肝菌 <i>T. vinosobrunneus</i> Hongo	FHMU 3355		√		未知
69			蓝绿粉孢牛肝菌 <i>T. virescens</i> (Har. Takah. & Taneyama) N.K. Zeng et al.	FHMU 1943				未知
70			祝良粉孢牛肝菌 <i>T. yangzhuliangii</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 2930			√	未知
71		金孢牛肝菌属 <i>Xanthoconium</i>	暗褐金孢牛肝菌 <i>Xanthoconium fusciceps</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3350			√	未知
72			褶孔金孢牛肝菌 <i>X. porophyllum</i> (T.H. Li et al.) G. Wu & Zhu L. Yang	FHMU 2048		√		未知
73			中华金孢牛肝菌 <i>X. sinense</i> G. Wu et al.	FHMU 3343				未知
74	绒盖牛肝菌属 <i>Xerocomus</i>		暗褐绒盖牛肝菌 <i>Xerocomus fuscatus</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 4922				未知
75			亚小绒盖牛肝菌 <i>Xer. subparvus</i> Xue T. Zhu & Zhu L. Yang	FHMU 3344		√		未知
76	小牛肝菌科 Boletinel- laceae	脉柄牛肝菌属 <i>Phlebopus</i>	暗褐脉柄牛肝菌 <i>Phlebopus portentosus</i> (Berk. & Broome) Boedijn	FHMU 6644			√	食药兼 用
77	硬皮马勃科 Scleroder- mataceae	豆马勃属 <i>Pisolithus</i>	豆马勃 <i>Pisolithus arhizus</i> (Scop.) Rauschert	FHMU 3351				食药兼 用
78		硬皮马勃属 <i>Scleroderma</i>	多根硬皮马勃 <i>Scleroderma polyrhizum</i> (J.F. Gmel.) Pers.	FHMU 3352				药用
79			黄硬皮马勃 <i>S. sinnamariense</i> Mont.	FHMU 1576				未知
80	干腐菌科 Serpulaceae	干腐菌属 <i>Serpula</i>	相似干腐菌 <i>Serpula similis</i> (Berk. & Broome) Ginns	FHMU 1915				未知
81	乳牛肝菌科 Suillaceae	乳牛肝菌属 <i>Suillus</i>	滑皮乳牛肝菌 <i>Suillus huapi</i> N.K. Zeng et al.	FHMU 3345				食用
82			广东松乳牛肝菌 <i>S. kwangtungensis</i> Rui Zhang et al.	FHMU 200			√	食用

2.1 牛肝菌目真菌优势科属组成

2.1.1 优势科组成 根据表 2 的统计结果，种类最多的优势科为牛肝菌科，共包含 32 属 75 种，占总种数的 91.46%。

2.1.2 优势属组成 鹦哥岭片区牛肝菌目真菌优势属分析结果显示（表 3），含 5 种以上的优势属

有 6 个，合计 40 种，占总种数的 48.78%。种类最多的优势属为褶孔牛肝菌属，包含 9 种，占总种数的 10.98%；第二大属是金牛肝菌属，包含 7 种，占总种数的 8.54%；其次是条孢牛肝菌属、新牛肝菌属、松塔牛肝菌属和粉孢牛肝菌属，均包含 6 种，均占总种数的 7.32%。

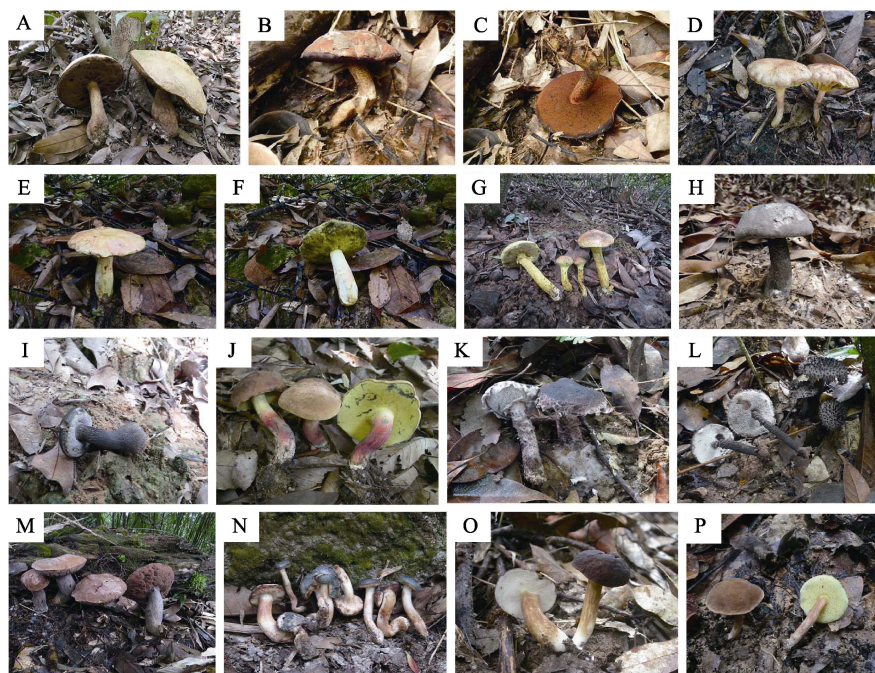


A: 锥鳞金牛肝菌; B: 小果金牛肝菌; C: 网柄金牛肝菌; D: 褐鳞南方牛肝菌; E~F: 复孔薄瓢牛肝菌;
G: 红鳞条孢牛肝菌; H: 近球条孢牛肝菌; I: 火兴条孢牛肝菌; J~K: 中华辣牛肝菌; L: 林谷园圃牛肝菌;
M~N: 大盖兰茂牛肝菌; O: 红盖兰茂牛肝菌; P: 变红小疣柄牛肝菌。

A: *Aureoboletus conicus*; B: *A. microcarpus*; C: *A. ornatipes*; D: *Austroboletus brunneisquamus*; E~F: *Baorangia duplicatopora*; G: *Boletellus erythrolepis*; H: *B. subglobosus*; I: *B. zenghuoxingii*; J~K: *Chalciporus sinensis*; L: *Hortiboletus napaesus*; M~N: *Lanmaoa macrocarpa*; O: *L. rubriceps*; P: *Leccinellum alborufescens*.

图 1 以海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区为模式产地的牛肝菌目物种

Fig. 1 Species of Boletales typified from Yinggeling area of the National Park of Hainnan Tropical Rainforest



A: 淡褐新牛肝菌; B~C: 密鳞新牛肝菌; D: 密鳞褶孔牛肝菌; E~F: 粉盖美牛肝菌; G: 淡红粉末牛肝菌;
H~I: 黑灰网柄牛肝菌; J: 海南变红牛肝菌; K: 包拯松塔牛肝菌; L: 厚囊松塔牛肝菌; M: 淡红异色牛肝菌;
N: 祝良粉孢牛肝菌; O: 暗褐金孢牛肝菌; P: 暗褐绒盖牛肝菌。

A: *Neoboletus infuscatus*; B~C: *N. multipunctatus*; D: *Phylloporus microsquamus*; E~F: *Pulchroboletus erubescens*; G: *Pulveroboletus subrufus*; H~I: *Retiboletus nigrogriseus*; J: *Rufoboletus hainanensis*; K: *Strobilomyces baozhengii*; L: *S. pachycystidiatus*; M: *Sutorius subrufus*; N: *Tylopilus yangzhuliangii*; O: *Xanthoconium fusciceps*; P: *Xerocomus fuscatus*.

图 2 以海南热带雨林国家公园鹦哥岭片区为模式产地的牛肝菌目物种

Fig. 2 Species of Boletales typified from Yinggeling area of the National Park of Hainnan Tropical Rainforest

表 2 鹦哥岭片区牛肝菌目优势科列表
Tab. 2 Dominant families of Boletales in Yinggeling area

科 Family	属数 Number of genus	种数 (占比) Number of species (ratio)/%
牛肝菌科 Boletaceae	32	75 (91.46)
小牛肝菌科 Boletinellaceae	1	1 (1.22)
硬皮马勃科 Sclerodermataceae	2	3 (3.66)
干腐菌科 Serpulaceae	1	1 (1.22)
乳牛肝菌科 Suillaceae	1	2 (2.44)

表 3 鹦哥岭片区牛肝菌目真菌优势属列表
Tab. 3 Dominant genera of Boletales in Yinggeling area

属 Genus	种数 Number of species	占比 ratio/%
金牛肝菌属 <i>Aureoboletus</i>	7	8.54
条孢牛肝菌属 <i>Boletellus</i>	6	7.32
新牛肝菌属 <i>Neoboletus</i>	6	7.32
褶孔牛肝菌属 <i>Phylloporus</i>	9	10.98
松塔牛肝菌属 <i>Strobilomyces</i>	6	7.32
粉孢牛肝菌属 <i>Tylopilus</i>	6	7.32

2.2 鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源评价

根据统计，鹦哥岭片区牛肝菌目真菌中，具有食用价值的有 20 种，具有药用价值的有 4 种(其中食药兼用菌 2 种)，有毒的种类 8 种。

2.2.1 食用菌资源 鹦哥岭片区牛肝菌目中的可食用种类占总数的 24.39%，其中较常食用的种类

包括华丽新牛肝菌 (*Neoboletus magnificus*)、暗褐新牛肝菌 (*N. obscureumbrinus*)、皱盖牛肝菌 (*Rugiboletus extremiorientalis*)、暗褐脉柄牛肝菌 (*Phlebopus portentosus*) 和中华腐生牛肝菌 (*Buchwaldoboletus xylophilus*) 等。华丽新牛肝菌最早描述于云南，是当地重要的野生食用菌，因其子实体各部位受伤后变为蓝色，故称其为“见手青”，需要注意的是，该种牛肝菌生食会出现幻觉，要完全煮熟后方可食用。暗褐新牛肝菌不仅子实体很大，而且非常美味。皱盖牛肝菌在我国云南地区被称为“黄癞头”，在各地的农贸市场有销售，颇受人们欢迎。暗褐脉柄牛肝菌又名“黑牛肝”，个体非常大，菌盖直径有时可超过 20 cm，是牛肝菌目中第一种可以人工栽培的种类，在我国已成功实现大规模人工栽培。中华腐生牛肝菌已于 2021 年在云南成功实现小规模人工栽培^[28]，成为世界上第二种可人工栽培的牛肝菌。本研究调查到的褶孔牛肝菌属 (*Phylloporus*) 物种均可

食用。此外，通过访谈了解到，海南当地黎族百姓也会采食豆马勃 (*Pisolithus arhizus*) 幼嫩的子实体。

2.2.2 药用菌资源 鹦哥岭片区牛肝菌目中可药用的种类占总数的 4.88%，它们是橙牛肝菌 (*Crocinoletus rufoaureus*)、暗褐脉柄牛肝菌、豆马勃和多根硬皮马勃 (*Scleroderma polyrhizum*)。有研究表明，橙牛肝菌粗多糖的抗氧化活性较显著，具有开发为天然抗氧化剂的潜力^[29]。暗褐脉柄牛肝菌具有对急性肝损伤及神经细胞的保护作用，同时还具有抗氧化、抗高血压、抗菌、抗癌等活性^[30]。豆马勃具有止血、消肿的功效，并具有杀菌、抗氧化及抗肿瘤的活性。多根硬皮马勃具有消肿止血的功效，可用于治疗外伤出血、冻疮流水，此外其液体发酵液还具有抗炎镇痛作用。

2.2.3 毒菌资源 鹦哥岭片区牛肝菌目中有毒的种类占总数的 9.76%。其中黑紫变黑牛肝菌毒性较大，中毒后潜伏期及持续时间相对较短，可引起头晕、头痛、视力模糊、四肢无力、红眼、肌肉抽筋甚至颤抖等症状，可能属于神经型毒蘑菇种类^[31]；误食隐纹条孢牛肝菌、日本网孢牛肝菌、芝麻厚瓢牛肝菌、褐点粉末牛肝菌、褐糙粉末牛肝菌和淡红粉末牛肝菌则会引起胃肠炎症状，应避免采食。

2.3 鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源保护和可持续利用

2.3.1 鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源的保护 团队在对鹦哥岭牛肝菌目真菌资源进行研究的同时，发现有些物种的野外分布区域较为狭窄，一旦受到人为干扰很容易致危，如果不加以有效保护，其野外生存状况堪忧。为此，应对这些物种进行长期监测并开展就地保护。

2022 年《海南热带雨林国家公园优先保护物种名录》^[32]正式向社会公开发布，保护物种包括海南热带雨林国家公园范围内分布的脊椎动物、植物、大型真菌 3 个类群。鹦哥岭片区牛肝菌目真菌中有 21 个物种列于该名录中。因此，鹦哥岭片区的牛肝菌目真菌资源亟待保护。建议从以下两个方面着手：第一，加强宣传。通过深入村委会、学校进行大型真菌科普教育等方式来提高海南热带雨林国家公园周边社区百姓对大型真菌资源的保护意识。第二，加强科学研究。开展牛肝

菌目真菌资源常态化监测,同时加强对受威胁物种的研究;对于可培养的种类,可通过菌种分离,保存其种质资源,并加强人工栽培技术的研究,以期缓解其野外生存压力。

2.3.2 牛肝菌目真菌资源的可持续性利用 牛肝菌目中的大多种类能够与壳斗科、松科、龙脑香科等植物形成互共生关系,因此较难实现人工栽培。暗褐脉柄牛肝菌在云南地区已经成功实现仿野生栽培。在鹦哥岭片区的低海拔阔叶林及村子周边的榕树林,均发现有该牛肝菌生长。因此,可以尝试在海南仿野生栽培暗褐脉柄牛肝菌,发展林下经济,努力探索将绿水青山转化为金山银山的转化路径,助力海南热带雨林国家公园建设。此外,针对鹦哥岭片区牛肝菌目真菌中的大部分物种,尤其是新发现的物种,人们目前对它们的潜在价值尚不清楚,后续有必要对其子实体化学成分、药理活性等进行研究,为热带真菌资源的开发利用提供科学依据。

3 讨论

本研究对鹦哥岭片区牛肝菌目真菌资源进行调查、分类和鉴定,共发现该目真菌 5 科 37 属 82 种。大多数牛肝菌是外生菌根真菌,鹦哥岭片区丰富的牛肝菌资源与区域内丰富的宿主植物资源关系密切,该片区分布有壳斗科青冈属(*Cyclobalanopsis*)、锥属(*Castanopsis*)、柯属(*Lithocarpus*)、栎属(*Quercus*),松科植物海南五针松(*Pinus fenzeliana*)和广东松(*P. kwangtungensis*)等植物,这些植物为牛肝菌的生长提供了必要条件。同时,丰富的牛肝菌目真菌资源也可作为海南热带雨林生态系统平衡的一项生物指征,从一定程度上反映生态系统的状况。除了该类真菌,鹦哥岭片区还分布着很多其他种类的大型真菌,这些类群与牛肝菌目真菌均是海南热带雨林国家公园生物多样性的的重要组成部分。基于前期的研究,推测该区域还蕴藏着大量有待发现的新种或新记录种。因此,建议海南热带雨林国家公园管理部门持续关注大型真菌资源研究,进一步加强布局和统筹,增加研究经费的投入,组织相关领域的专家学者对包括鹦哥岭片区在内的海南热带雨林国家公园的大型真菌资源进行长期、持续、深入的调查研究,同时对各片区的科研及管护人员进行业务知识培训,培养更多大型真菌分类人才和“乡土专家”。在此基础上,

深入了解海南热带雨林国家公园大型真菌多样性情况,这对公园生物多样性的保护以及可持续利用等均具有重要意义。

参考文献

- [1] 江海声,陈辈乐,周亚东,方林,罗益奎.海南鹦哥岭自然保护区生物多样性及其保育[M].北京:中国林业出版社,2013.
JIANG H S, CHEN B L, ZHOU Y D, FANG L, LUO Y K. Biodiversity and conservation of Hainan yinggeling nature reserve[M]. Beijing: China Forestry Press, 2013. (in Chinese)
- [2] 陈焕强,吴兴亮,邓春英,陈少思,陈文雄,黄浩.海南佳西省级自然保护区大型真菌种类及其垂直分布[J].贵州科学,2010,28(3): 46-50.
CHEN H Q, WU X L, DENG C Y, CHEN S S, CHEN W X, HUANG H. The macrofungi in the Jiayi nature reserve of Hainan, China[J]. Guizhou Science, 2010, 28(3): 46-50. (in Chinese)
- [3] 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 Publishing Company, 2020. (in Chinese)
- [4] XIE H J, LIN W F, JIANG S, XUE R, WU L L, ZHANG Y Z, LIANG Z Q, ZENG N K, SU M S. Two new species of *Hortiboletus* (Boletaceae, Boletales) from China[J]. Mycological Progress, 2020, 19: 1377-1386.
- [5] WANG Y, SU M S, JIANG S, XUE R, WU L L, XIE H J, ZHANG Y Z, LIANG Z Q, ZENG N K. The genus *Hourangia* in China and a description of *Aureoboletus erythraeus* sp. nov.[J]. Phytotaxa, 2020, 472(2): 87-106.
- [6] JIANG S, MI H X, XIE H J, ZHANG X, CHEN Y, LIANG Z Q, ZENG N K. *Neoboletus infuscatus*, a new tropical bolete from Hainan, southern China[J]. Mycoscience, 2021, 62: 205-211.
- [7] ZHANG X, LIANG Z Q, JIANG S, XU C, FU X H, ZENG N K. *Baorangia duplicatopora* (Boletaceae, Boletales), a new bolete from tropical China[J]. Phytotaxa, 2021, 508(1): 49-58.
- [8] WU L L, LIANG Z Q, SU M S, FAN Y G, ZHANG P, JIANG S, CHEN L Y, HAO Y J, ZENG N K. Updated taxonomy of Chinese *Phylloporus* (Boletaceae, Boletales): six new taxa and four redescribed species[J]. Mycological Progress, 2021, 20: 1243-1273.
- [9] XU C, LIANG Z Q, SU M S, JIANG S, CHEN Y, FAN Y G, ZENG N K. *Austroboletus brunneisquamus* (Boletaceae, Boletales), a new ectomycorrhizal fungus from a tropical

- rainforest, China[J]. *Forests*, 2021, 12(11): 1438.
- [10] XU C, LIANG Z Q, XIE H J, JIANG S, FU X H, ZENG N K. Two new species of *Chalciporus* (Boletaceae, Boletales) from tropical China[J]. *Mycological Progress*, 2021, 20: 1573-1582.
- [11] LI Z, ZHANG X, JIANG S, JI Y D, WANG Y, ZENG N K. *Tylopilus yangzhuliangii* (Boletaceae, Boletales), a new bolete from tropical China[J]. *Phytotaxa*, 2022, 543(2): 135-149.
- [12] ZHANG X, TIAN R, TANG L P, LIANG Z Q, ZHANG W H, JIANG S, WANG C K, ZENG N K. Morphological and phylogenetic evidence reveal three new species of *Aureoboletus* (Boletaceae, Boletales) from China[J]. *Phytotaxa*, 2022, 567(2): 127-148.
- [13] XUE R, ZHANG X, XU C, XIE H J, WU L L, WANG Y, TANG L P, HAO Y J, ZHAO K, JIANG S, LI Y, YANG Y Y, LI Z, LIANG Z Q, ZENG N K. The subfamily Xerocomoideae (Boletaceae, Boletales) in China[J]. *Studies in Mycology*, 2023, 106: 95-197.
- [14] DENG H, WANG Y, LEI J R, CHEN Z Z, LIANG Z Q, ZENG N K. Four New Species of *Strobilomyces* (Boletaceae, Boletales) from Hainan Island, Tropical China[J]. *Journal of Fungi*, 2023, 9(12): 1128.
- [15] ROMAN M D, CLAVERIA V, MIGUEL A M D. A revision of the descriptions of ectomycorrhizas published since 1961[J]. *Mycological Research*, 2005, 109(10): 1063-1104.
- [16] HUSBANDS D R, HENKEL T W, BONITO G, VILGALYS R, SMITH M E. New species of *Xerocomus* (Boletales) from the Guiana Shield, with notes on their mycorrhizal status and fruiting occurrence[J]. *Mycologia*, 2013, 105: 422-435.
- [17] VAN DER HEIJDEN M G A, KLIRONOMOS J N, URSIC M, MOUTOGLIS P, STREITWOLF-ENGEL R, BOLLER T, WIEMKEN A, SANDERS I R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity[J]. *Nature*, 1998, 396: 69-72.
- [18] 王向华, 刘培贵, 于富强. 云南野生商品蘑菇图鉴[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
- WANG X H, LIU P G, YU F Q. Color atlas of wild commercial mushroom in Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2004. (in Chinese)
- [19] LIU F Y, LUO K W, YU Z M, CO N N, WU S H, WU P, FUNG K P, KWOK T T. Suillin from the mushroom *Suillus placidus* as potent apoptosis inducer in human hepatoma HepG2 cells[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2009, 181(2): 168-174.
- [20] CHEN Z H, ZHANG P, ZHANG Z G. Investigation and analysis of 102 mushroom poisoning cases in southern China from 1994 to 2012[J]. *Fungal Diversity*, 2014, 64: 123-131.
- [21] 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 Farmer's Publishing House, 2015. (in Chinese)
- [22] 图力古尔, 李玉. 大青沟自然保护区大型真菌区系多样性的研究[J]. *生物多样性*, 2000, 8(1): 73-80.
- BAU T, LI Y. Study on fungal flora diversity in Daqinggou Nature Reserve[J]. *Chinese Biodiversity*, 2000, 8(1): 73-80. (in Chinese)
- [23] 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)
- [24] 吴兴亮, 卯晓兰, 图力古尔, 宋斌, 李泰辉, 赵友兴, 陈双林, 曾念开, 黄圣卓, 文庭池, 邓春英. 中国药用真菌[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- WU X L, MAO X L, BAU T, SONG B, LI T H, ZHAO Y X, CHEN S L, ZENG N K, HUANG S Z, WEN T C, DENG C Y. Medicinal fungi of China[M]. Beijing: Science Press, 2013. (in Chinese)
- [25] 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)
- [26] 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)
- [27] 李海蛟, 章轶哲, 刘志涛, 郑粉双, 赵炳, 吴刚. 云南蘑菇中毒事件中的毒蘑菇物种多样性[J]. *菌物学报*, 2022, 41(9): 1416-1429.
- LI H J, ZHANG Y Z, LIU Z T, ZHENG F S, ZHAO B, WU G. Species diversity of poisonous mushrooms causing poisoning incidents in Yunnan province, southwest China[J]. *Mycosystema*, 2022, 41(9): 1416-1429. (in Chinese)
- [28] XIE H J, ZHANG C X, HE M X, LIANG Z Q, DENG X H, ZENG N K. *Buchwaldoboletus xylophilus* and *Phlebopus portentosus*, two non-ectomycorrhizal boletes from tropical China[J]. *Phytotaxa*, 2021, 520(2): 137-154.
- [29] TIAN R, CHAI H, QIU J Q, LIANG Z Q, XIE H J, WANG Y, ZENG N K. Preparation, structural characterisation, and antioxidant activities of polysaccharides from eight boletes (Boletales) in tropical China[J]. *Mycology*, 2022, 13(3): 195-206.

- [30] SUN Z C, HU M G, SUN Z H, ZHU N L, YANG J S, MA G X, XU X D. Pyrrole alkaloids from the edible mushroom *Phlebopus portentosus* with their bioactive activities[J]. *Molecules*, 2018, 23(5): 1198.
- [31] MA J, XIA J, LI H J, SU L J, XUE R, JIANG S, YU T J, LIU Y, TANG L P. Four cases of reported adverse effects from black boletoi, *Anthracoporus nigropurpureus* (Boletaceae) mushroom ingestion[J]. *Toxicon*, 2023, 230: 107155.
- [32] 海南热带雨林国家公园管理局, 海南国家公园研究院. 海南热带雨林国家公园优先保护物种名录[EB/OL]. (2022-10-25) <https://www.hinp.org.cn/ueditor/php/upload/file/20230213/1676286389679744.pdf>.
Hainan Tropical Rainforest National Park Administration, Hainan Institute of National Park. List of priority protected species of the National Park of Hainan Tropical Rainforest[EB/OL]. (2022-10-25). <https://www.hinp.org.cn/ueditor/php/upload/file/20230213/1676286389679744.pdf>. (in Chinese)