Research paper 研究论文

22 November 2023, 42(11): 2171-2187 菌物学报 Mycosystema ISSN1672-6472 CN11-5180/Q Doi: 10.13346/j.mycosystema.230077

New species

广东南岭地区牛肝菌物种多样性

何淑娴[1,2]，谢德春[2,3]，宋斌[2]，邓旺秋[2]，莫美华[1]，李泰辉[2]，张明[2*]

1 华南农业大学食品学院，广东 广州 510642

2 广东省科学院微生物研究所 华南应用微生物国家重点实验室 广东省菌种保藏与应用重点实验室，广东 广州 510070

3 南华大学衡阳医学院，湖南 衡阳 421001

摘　要：南岭是全国生物多样性热点地区之一，是广东省生物资源宝库，大型真菌资源也较为丰富。牛肝菌是大型真菌中的一个重要类群，具有重要的生态、经济和科研价值。本研究基于形态学和分子系统学研究手段，对南岭地区牛肝菌物种多样性进行了研究，明确南岭地区分布牛肝菌 79 种，隶属于 3 科 31 属，发现牛肝菌新种 1 个，南岭地区新记录种 37 个；排除早期错误鉴定物种 28 个，数据不足或存在疑问物种 25 个，对排除或存疑物种进行了说明。对发现的新种红褐赭黄牛肝菌 *Suillellus rufobrunneus* 进行了形态学描述与相似物种讨论。研究标本保藏在广东省科学院微生物研究所真菌标本馆(GDGM)。

关键词：牛肝菌目；分类；分子系统学；新种；生物多样性

[引用本文]

何淑娴，谢德春，宋斌，邓旺秋，莫美华，李泰辉，张明，2023. 广东南岭地区牛肝菌物种多样性. 菌物学报，42(11): 2171-2187

He SX, Xie DC, Song B, Deng WQ, Mo MH, Li TH, Zhang M, 2023. Species diversity of Boletales in Nanling Mountains, northern Guangdong, southern China. Mycosystema, 42(11): 2171-2187

资助项目：广东省林业局项目(LC-2021124)；广东省科技项目(200706176270782)；广东省现代农业食用菌产业技术体系创新团队建设项目(2023KJ103)

This work was supported by the Program of Guangdong Forestry Bureau (LC-2021124), the Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (200706176270782), and the Innovation Team Construction Project of Guangdong Province Modern Agricultural Industry Technology System of Edible Fungi (2023KJ103).

*Corresponding author. E-mail: zhangming@gdim.cn

ORCID: HE Shuxian (0000-0003-3091-0470)

Received: 2023-03-27; Accepted: 2023-05-04

Copyright © 2023 Institute of Microbiology, CAS. All rights reserved. | jwxt@im.ac.cn Http://journals-myco.im.ac.cn Tel: +86-10-64807521

Species diversity of Boletales in Nanling Mountains, northern Guangdong, southern China

HE Shuxian[1,2], XIE Dechun[2,3], SONG Bin[2], DENG Wangqiu[2], MO Meihua[1], LI Taihui[2], ZHANG Ming[2*]

1 College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China
2 State Key Laboratory of Applied Microbiology of Southern China, Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application, Institute of Microbiology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, Guangdong, China
3 Hengyang Medical School, University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China

Abstract: Nanling is one of the hotspots of biodiversity in China, and is the treasure house of biological resources in Guangdong Province of southern China. Boletes are the important group of macrofungi, having important ecological, economic and scientific values. The species diversity of Boletales in Nanling mountainous area was investigated based on morphological characters and molecular evidences. In total, 79 species were identified, belonging to 3 families and 31 genera, including one new species and 37 newly recorded species in Nanling. Twenty-eight taxa were found to be misidentified previously, and 25 previously reported species were dubious because of insufficient data. In the present paper, the species list of Boletales in Nanling Mountains was provided, and annotations of the excluded or suspected species were given. A phylogentic tree of nrLSU of boletes in Nanling was also provided. The new species, *Suillellus rufobrunneus*, is characterized by its red to dark purplish-red pileus, smooth, red to dark purplish-red stipe with yellow apical part and longitudinal slight reticula, and elliptical basidiospores measuring 11–15×5.5–7 μm. The examined specimens were deposited in the Fungarium of Guangdong Institute of Microbiology, Guangdong Academy of Sciences (GDGM).
Keywords: Boletales; taxonomy; molecular phylogeny; new species; biodiversity

广东南岭地区地处广东省北部，南岭山脉南端，地理位置位于 23°53′–25°53′N，112°53′–114°45′E，东西约 192 km，南北约 178 km，总面积为 18 413.6 km^2 (邵上等 2020)。南岭是重要的地域分界线和气候分界线，处于国家生态安全战略格局中的南方丘陵山地带的核心区域，属亚热带季风气候并兼具山地气候特色，降水充沛。南岭也是广东生物多样性最丰富的地区，保存有较好的亚热带季风常绿阔叶林、沟谷雨林等森林植被，是广东现今唯一的原始森林，森林覆盖率达 73.8%，仅记录在南岭国家公园的高等植物就有 324 科 1 522 属 5 105 种(黄金玲等 2020；缪绅裕等 2020；邵上等 2020)。南岭生态保护核心区域具有原始生态风貌，是古热带动植物的避难所和近代东亚温带、亚热带植物的发源地(吴雪琴等 2013；宋斌等 2018)。受粤港澳大湾区辐射的带动力，成为大湾区的重要靠山，也是探索生态系统保护和资源合理利用平衡模式的重要区域(王发兴 2009；邵上等 2020；庄长伟等 2021)。南岭作为华南地区重要的森林生态区，是研究我国大型真菌物种多样性不可忽略的地区，近年我国对南岭地区的大型木材腐朽真菌进行了系统研究，发现了诸多新种和中国新记录种(吴芳等 2020；戴玉成等 2021)。目前南岭记录的大型真菌物种超 1 275 种，其中有 52 种大型真菌的模式产地是南岭，如：美丽金牛肝菌

Aureoboletus formosus Ming Zhang & T.H. Li、栗褐金牛肝菌 *Aureoboletus marroninus* T.H. Li & Ming Zhang、华南干巴菌 *Thelephora austrosinensis* T.H. Li & T. Li、华南鸡油菌 *Cantharellus austrosinensis* Ming Zhang, C.Q. Wang & T.H. Li 和灰孔热带孔菌 *Tropicoporus ravidus* Y.C. Dai & F. Wu 等(Zhang *et al*. 2015, 2019；宋斌等 2018；Li *et al*. 2019；Wu *et al*. 2022)。

牛肝菌隶属于担子菌门 Basidiomycota、蘑菇纲 Agaricomycetes、牛肝菌目 Boletales，是大型担子菌中的一个重要类群，具有十分重要的生态、科研与经济价值。在生态上，绝大部分牛肝菌物种为外生菌根菌，可与植物形成共生关系，为植物提供营养成分，参与生态碳-氮循环，维护生态平衡(何青等 2021；黄兰兰等 2022)；在科研上，由于牛肝菌形态特征多样，加上趋同进化、平行进化等各种复杂因素，使得早期基于形态及部分生理生化特征的牛肝菌分类系统，已难以真实反映其各类群的进化历史和亲缘关系，研究牛肝菌的分类和各类群间的进化关系成为了牛肝菌系统分类学研究中的热点和难点话题，受到广大科研工作者的关注(杨祝良 2013)；牛肝菌中还有一些著名野生食用菌，如深受欧洲人喜爱的美味牛肝菌 *Boletus edulis* Bull.，云南人钟爱的见手青——兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica* G. Wu & Zhu L. Yang、玫红黄肉牛肝菌 *Butyriboletus roseoflavus* (Hai B. Li & Hai L. Wei) D. Arora & J.L. Frank 和目前已实现人工栽培的暗褐脉柄牛肝菌 *Phlebopus portentosus* (Berk. & Broome) Boedijn 等。牛肝菌中还含有多种生物活性物质，如多糖、萜类化合物、黄酮及多酚等，具有重要的经济和营养价值(李泰辉和宋斌 2002；Wu *et al*. 2019)。

本研究对南岭地区牛肝菌物种多样性进行了系统研究，对已报道的牛肝菌种类进行了整理统计和标本复查，对存疑或错误鉴定物种进行修订与注释，并基于 nrLSU 序列数据构建了南岭地区分布的牛肝菌物种系统发育树，明确了各物种的系统学位置，为物种的准确鉴定提供了分子证据。本研究还发现牛肝菌新种 1 个，并进行了描述与报道。

1 材料与方法

1.1 研究材料

研究材料主要是作者及其所在研究团队采自南岭国家级自然保护区及邻近区域的牛肝菌标本，所有凭证标本保藏于广东省科学院微生物研究所真菌标本馆(国际代码：GDGM)。牛肝菌数据的查阅及收集主要来自《粤北山区大型真菌志》(毕志树等 1990)、《广东省大型真菌志》(毕志树等 1994)、《车八岭大型真菌图志》(李泰辉等 2017)和 Zhang *et al*. (2015, 2017, 2019, 2022)等相关报道。

1.2 形态学鉴定

野外拍摄标本生态照片，之后采集，并详细记录标本的生境信息和宏观形态特征，然后在 40–50 ℃低温烘干处理。干标本作为显微特征观察材料，以 5% KOH 溶液作为浮载剂，在光学显微镜下观察和记录显微结构特征，随机选取测量 20 个成熟孢子的长和宽，以 a–b × c–d 表示，其中 a、b 代表孢子长度的最小值和最大值，c、d 代表孢子宽度的最小值和最大值，Q 值为长宽比，Qm 为孢子长宽比的平均数和标准差。其他微观结构，如担子、囊状体、菌盖皮层及其末端细胞等均进行测量和记录。

1.3 分子系统学鉴定

对标本采用真菌基因组 DNA 快速抽提试剂盒(广州美基生物科技有限公司)提取总 DNA，使用 ITS1/ITS4 (White *et al*. 1990)和 LR0R/LR5 (Vilgalys & Hester 1990)引物对，进行目的基因片段 nrITS、nrLSU 序列的 PCR 扩增。反应体系为 25 μL，其中 PCR mix 12 μL，10 mol/L 引物各 1 μL，DNA 模板 1 μL，用 ddH_2O 定容至 25 μL。热循环参数：94 ℃预变性 5 min；94 ℃变性

1 min，56 ℃ (ITS)/52 ℃ (LSU)退火 1 min，72 ℃延伸 90 s，35 个循环；72 ℃延伸 10 min，存于 4 ℃。PCR 反应产物送往北京六合华大基因科技有限公司广州分公司进行测序，利用 Geneious 软件进行序列拼接，在 NCBI 上进行序列比对，通过比对结果及文献查阅，选择和下载相关序列构建系统发育树。利用 MAFFT 在线比对网站进行多序列比对(Katoh *et al*. 2019)，利用 Bioedit 软件进行序列的手动调整(Hall 1991)，利用 PhyloSuite_v1.2.2 的 ModelFinder 选择序列矩阵的最佳模型，选择 IQTREE 进行最大似然法(maximum likelihood, ML)和 Mrbayes 进行贝叶斯法(Bayesian Inference, BI)构建系统发育树(Zhang *et al*. 2020)。

1.4 标本复查及信息分析

复查已记录的标本描述和显微形态观察，以 Index Fungorum 的分类系统为主，参考牛肝菌最新研究进展予以归类，命名人参照 Kirk & Ansell (1992)发布的 *Authors of Fungal Names*，中文名参考《真菌名词及名称》(中国科学院微生物研究所 1976)，颜色描述参考 *Methuen Handbook of Colour* (Kornerup & Wanscher 1978)。

2 结果与分析

2.1 系统发育分析

基于南岭地区分布的 60 个物种标本、79 条 nrLSU 序列，结合 GenBank 数据库下载的牛肝菌相关序列 113 条，构建了 nrLSU 序列矩阵，包含 953 个核酸位点，采用最大似然法和贝叶斯法构建系统发育树，以 *Scleroderma dictyosporum* Pat.为发育树的外类群。结果(图 1)显示，比对 ML 树与 BI 树，有相同的拓扑结构，结果仅展示 ML 树，将 BI 树的后验概率标记在节点的分支处。系统树包含牛肝菌科 Boletaceae、圆孔牛肝菌科 Gyroporaceae 和乳牛肝菌科 Suillaceae 3 科，各科均为单系，且有较高的支持率。牛肝菌科包含 25 属 53 种，圆孔牛肝菌科包含 1 属 4 种，乳牛肝菌科包含 1 属 3 种。本研究所选样本在系统树上均得到较好区分，属间也形成独立主干分支，并获得较高支持率。在系统树上，牛肝菌科形成了 7 个独立的主干分支，故参考近年提出的牛肝菌科 7 亚科的分类系统(Wu *et al*. 2014, 2016；Li & Yang 2021)。

2.2 物种复查及校对

通过对南岭地区牛肝菌资源的野外调查、馆藏标本复查与校对和名录汇编，确定南岭地区牛肝菌物种 79 种，隶属于 3 科 31 属，包含 1 新种；排除错误鉴定物种 20 种，排除无效名称物种 8 种；尚存在疑问物种 25 种。对排除和存疑物种进行了注释与分析，详细信息如下。

2.2.1 南岭地区已确定牛肝菌物种名录

***1. 粗糙擬粉孢牛肝菌** *Abtylopilus scabrosus* Yan C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM72208。

***2. 重孔金牛肝菌** *Aureoboletus duplicatoporus* (M. Zang) G. Wu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM49451、GDGM71724。

#3. 美丽金牛肝菌 *Au. formosus* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM44441。

#4. 灰褐金牛肝菌 *Au. griseorufescens* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM28490。

5. 长柄金牛肝菌 *Au. longicollis* (Ces.) N.K. Zeng & Ming Zhang，凭证标本：GDGM44734、GDGM49735。

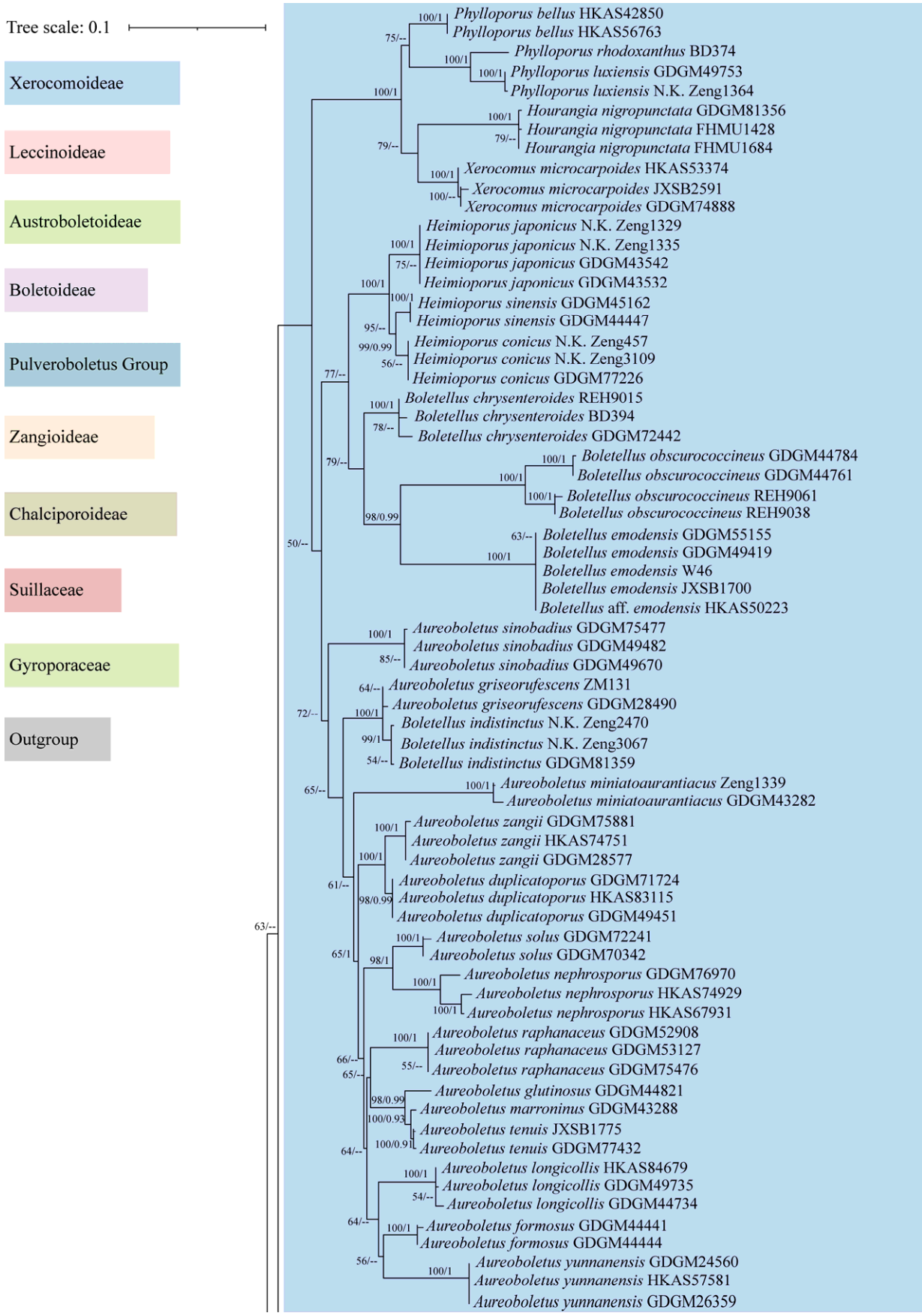
#6. 栗褐金牛肝菌 *Au. marroninus* T.H. Li & Ming Zhang，凭证标本：GDGM43288。

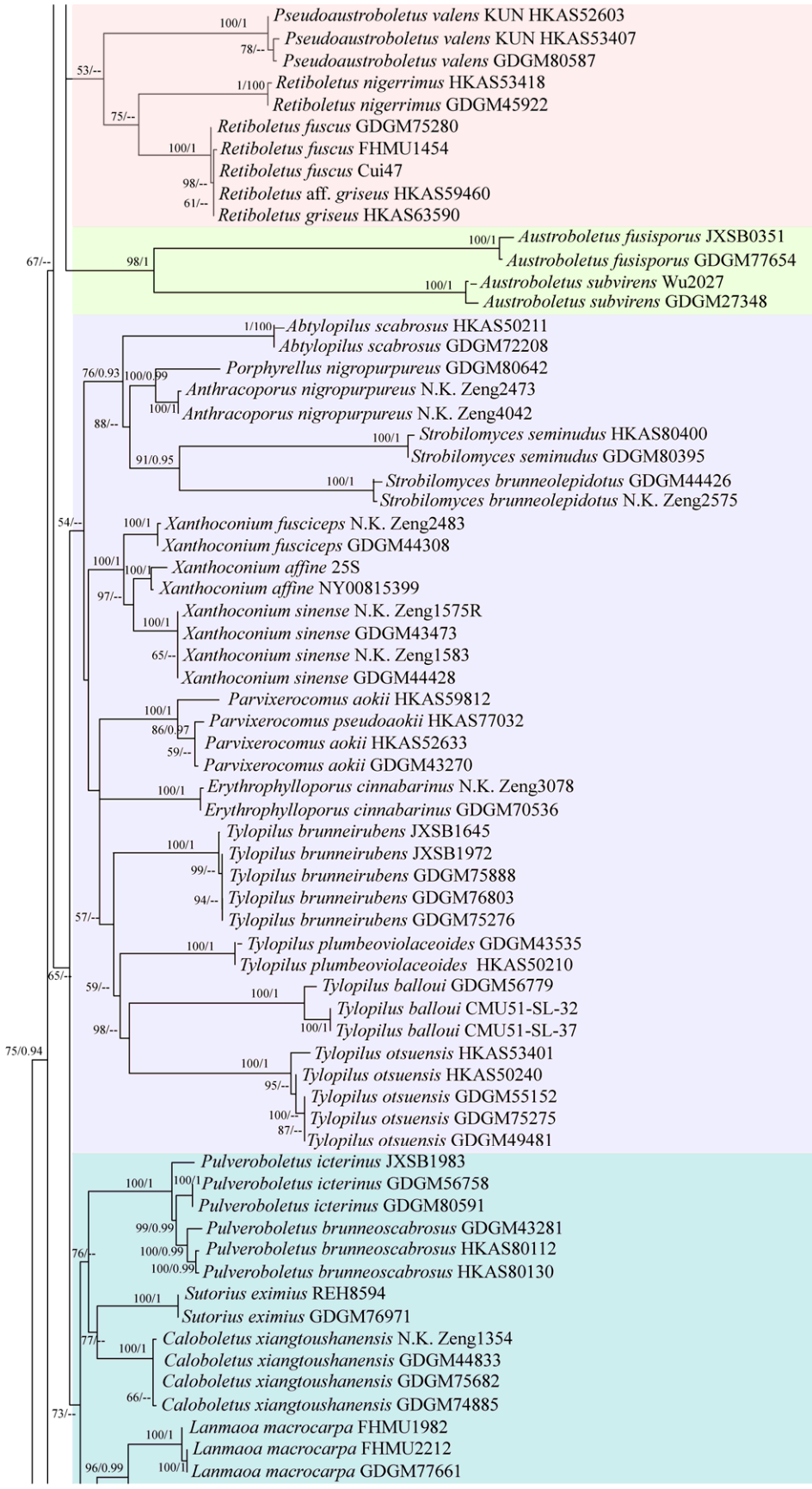
7. 小橙黄金牛肝菌 *Au. miniatoaurantiacus* (Bi & Loh) Ming Zhang, N.K. Zeng & T.H. Li，凭证标本：GDGM43282。

***8. 肾孢金牛肝菌** *Au. nephrosporus* G. Wu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM76970。

#9. 萝卜味金牛肝菌 *Au. raphanaceus* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM75476。

10. 东方褐盖金牛肝菌 *Au. sinobadius* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM49670、GDGM49482、GDGM75477。


Tree scale: 0.1
Xerocomoideae
Leccinoideae
Austroboletoideae
Boletoideae
Pulveroboletus Group
Zangioideae
Chalciporoideae
Suillaceae
Gyroporaceae
Outgroup
Phylloporus bellus HKAS42850
Phylloporus bellus HKAS56763
Phylloporus rhodoxanthus BD374
Phylloporus luxiensis GDGM49753
Phylloporus luxiensis N.K. Zeng1364
Hourangia nigropunctata GDGM81356
Hourangia nigropunctata FHMU1428
Hourangia nigropunctata FHMU1684
Xerocomus microcarpoides HKAS53374
Xerocomus microcarpoides JXSB2591
Xerocomus microcarpoides GDGM74888
Heimioporus japonicus N.K. Zeng1329
Heimioporus japonicus N.K. Zeng1335
Heimioporus japonicus GDGM43542
Heimioporus japonicus GDGM43532
Heimioporus sinensis GDGM45162
Heimioporus sinensis GDGM44447
Heimioporus conicus N.K. Zeng457
Heimioporus conicus N.K. Zeng3109
Heimioporus conicus GDGM77226
Boletellus chrysenteroides REH9015
Boletellus chrysenteroides BD394
Boletellus chrysenteroides GDGM72442
Boletellus obscurococcineus GDGM44784
Boletellus obscurococcineus GDGM44761
Boletellus obscurococcineus REH9061
Boletellus obscurococcineus REH9038
Boletellus emodensis GDGM55155
Boletellus emodensis GDGM49419
Boletellus emodensis W46
Boletellus emodensis JXSB1700
Boletellus aff. emodensis HKAS50223
Aureoboletus sinobadius GDGM75477
Aureoboletus sinobadius GDGM49482
Aureoboletus sinobadius GDGM49670
Aureoboletus griseorufescens ZM131
Aureoboletus griseorufescens GDGM28490
Boletellus indistinctus N.K. Zeng2470
Boletellus indistinctus N.K. Zeng3067
Boletellus indistinctus GDGM81359
Aureoboletus miniatoaurantiacus Zeng1339
Aureoboletus miniatoaurantiacus GDGM43282
Aureoboletus zangii GDGM75881
Aureoboletus zangii HKAS74751
Aureoboletus zangii GDGM28577
Aureoboletus duplicatoporus GDGM71724
Aureoboletus duplicatoporus HKAS83115
Aureoboletus duplicatoporus GDGM49451
Aureoboletus solus GDGM72241
Aureoboletus solus GDGM70342
Aureoboletus nephrosporus GDGM76970
Aureoboletus nephrosporus HKAS74929
Aureoboletus nephrosporus HKAS67931
Aureoboletus raphanaceus GDGM52908
Aureoboletus raphanaceus GDGM53127
Aureoboletus raphanaceus GDGM75476
Aureoboletus glutinosus GDGM44821
Aureoboletus marroninus GDGM43288
Aureoboletus tenuis JXSB1775
Aureoboletus tenuis GDGM77432
Aureoboletus longicollis HKAS84679
Aureoboletus longicollis GDGM49735
Aureoboletus longicollis GDGM44734
Aureoboletus formosus GDGM44441
Aureoboletus formosus GDGM44444
Aureoboletus yunnanensis GDGM24560
Aureoboletus yunnanensis HKAS57581
Aureoboletus yunnanensis GDGM26359


Pseudoaustroboletus valens KUN HKAS52603
Pseudoaustroboletus valens KUN HKAS53407
Pseudoaustroboletus valens GDGM80587
Retiboletus nigerrimus HKAS53418
Retiboletus nigerrimus GDGM45922
Retiboletus fuscus GDGM75280
Retiboletus fuscus FHMU1454
Retiboletus fuscus Cui47
Retiboletus aff. griseus HKAS59460
Retiboletus griseus HKAS63590
Austroboletus fusisporus JXSB0351
Austroboletus fusisporus GDGM77654
Austroboletus subvirens Wu2027
Austroboletus subvirens GDGM27348
Abtylopilus scabrosus HKAS50211
Abtylopilus scabrosus GDGM72208
Porphyrellus nigropurpureus GDGM80642
Anthracoporus nigropurpureus N.K. Zeng2473
Anthracoporus nigropurpureus N.K. Zeng4042
Strobilomyces seminudus HKAS80400
Strobilomyces seminudus GDGM80395
Strobilomyces brunneolepidotus GDGM44426
Strobilomyces brunneolepidotus N.K. Zeng2575
Xanthoconium fusciceps N.K. Zeng2483
Xanthoconium fusciceps GDGM44308
Xanthoconium affine 25S
Xanthoconium affine NY00815399
Xanthoconium sinense N.K. Zeng1575R
Xanthoconium sinense GDGM43473
Xanthoconium sinense N.K. Zeng1583
Xanthoconium sinense GDGM44428
Parvixerocomus aokii HKAS59812
Parvixerocomus pseudoaokii HKAS77032
Parvixerocomus aokii HKAS52633
Parvixerocomus aokii GDGM43270
Erythrophylloporus cinnabarinus N.K. Zeng3078
Erythrophylloporus cinnabarinus GDGM70536
Tylopilus brunneirubens JXSB1645
Tylopilus brunneirubens JXSB1972
Tylopilus brunneirubens GDGM75888
Tylopilus brunneirubens GDGM76803
Tylopilus brunneirubens GDGM75276
Tylopilus plumbeoviolaceoides GDGM43535
Tylopilus plumbeoviolaceoides HKAS50210
Tylopilus balloui GDGM56779
Tylopilus balloui CMU51-SL-32
Tylopilus balloui CMU51-SL-37
Tylopilus otsuensis HKAS53401
Tylopilus otsuensis HKAS50240
Tylopilus otsuensis GDGM55152
Tylopilus otsuensis GDGM75275
Tylopilus otsuensis GDGM49481
Pulveroboletus icterinus JXSB1983
Pulveroboletus icterinus GDGM56758
Pulveroboletus icterinus GDGM80591
Pulveroboletus brunneoscabrosus GDGM43281
Pulveroboletus brunneoscabrosus HKAS80112
Pulveroboletus brunneoscabrosus HKAS80130
Sutorius eximius REH8594
Sutorius eximius GDGM76971
Caloboletus xiangtoushanensis N.K. Zeng1354
Caloboletus xiangtoushanensis GDGM44833
Caloboletus xiangtoushanensis GDGM75682
Caloboletus xiangtoushanensis GDGM74885
Lanmaoa macrocarpa FHMU1982
Lanmaoa macrocarpa FHMU2212
Lanmaoa macrocarpa GDGM77661

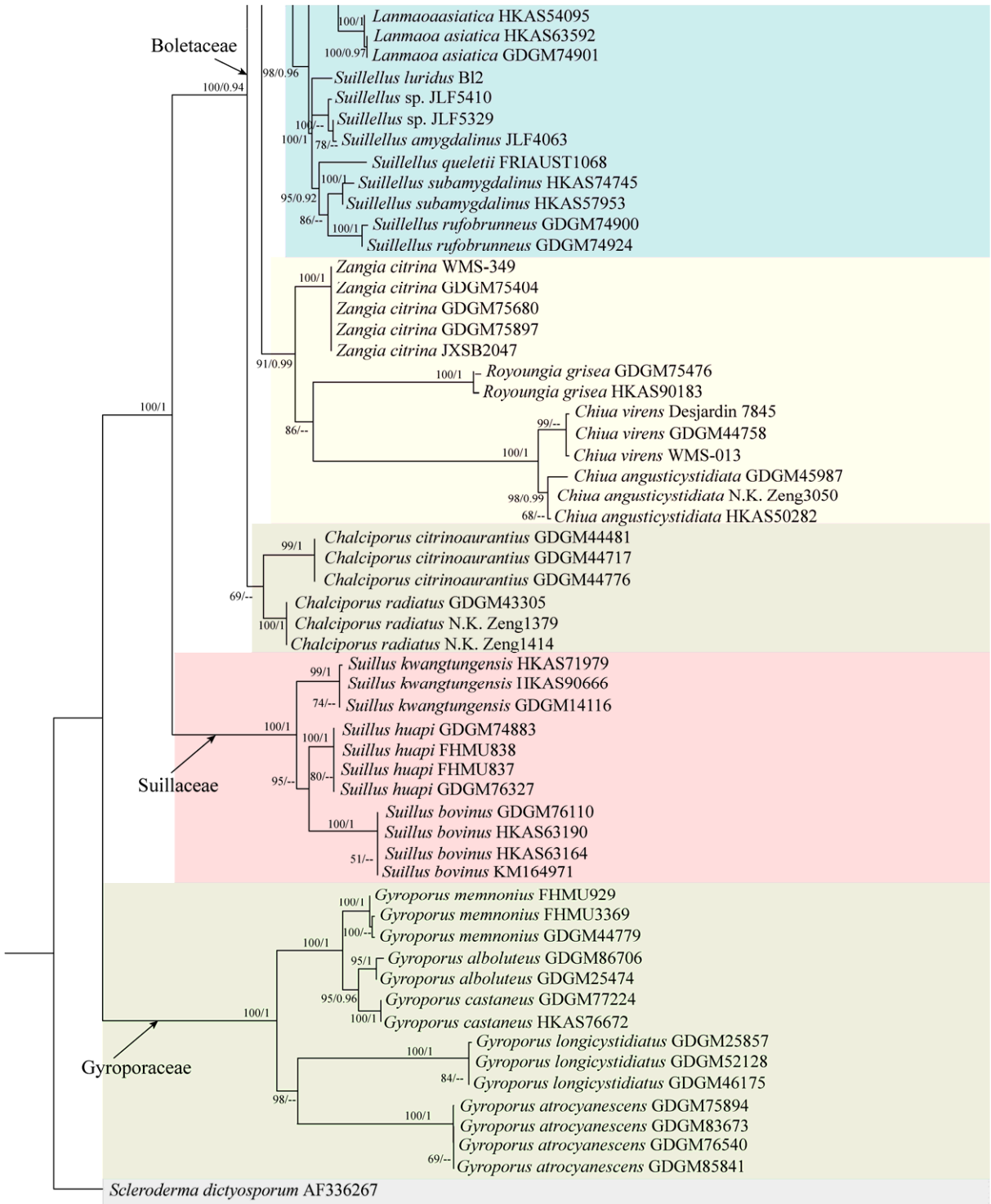


图 1 基于 nrLSU 序列构建的南岭牛肝菌最大似然树 图中已分别标示自展值(BS)和贝叶斯后验概率(BPP)，自展值(BS)>50% (左)、贝叶斯后验概率(BPP)>0.90 (右)的数值标注于分支节点上. 在牛肝菌科中，不同颜色表示不同亚科

Fig. 1 The RAxML tree based on the nrLSU dataset of boletes in Nanling. Posterior probabilities maximum likelihood support values BS values > 50% (left) and BPP values > 0.90 (right) are showed. Different colored clades within Boletaceae indicated different subfamilies.

#11. 独生金牛肝菌 *Au. solus* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM70342。

***12.** 纤细金牛肝菌 *Au. tenuis* T.H. Li & Ming Zhang，凭证标本：GDGM77432。

13. 云南金牛肝菌 *Au. yunnanensis* G. Wu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM26359。

***14.** 臧氏金牛肝菌 *Au. zangii* X.F. Shi & P.G. Liu，凭证标本：GDGM75881。

***15.** 梭孢南方牛肝菌 *Austroboletus fusisporus* (Kawam. ex Imazeki & Hongo) Wolfe，凭证标本：GDGM77654。

16. 淡绿南方牛肝菌 *Aus. subvirens* (Hongo) Wolfe，凭证标本：GDGM 27348。

***17.** 黄肉条孢牛肝菌 *Boletellus aurocontextus* Hirot. Sato，凭证标本：GDGM8842、GDGM8866、GDGM8891。

***18.** 金色条孢牛肝菌 *B. chrysenteroides* (Snell) Snell，凭证标本：GDGM72442。

19. 木生条孢牛肝菌 *B. emodensis* (Berk.) Singer，凭证标本：GDGM49419、GDGM55155。

***20.** 隐纹条孢牛肝菌 *B. indistinctus* G. Wu, Fang Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM81359。

21. 深红条孢牛肝菌 *B. obscurococcineus* (Höhn.) Singer，凭证标本：GDGM44784、GDGM 44761。

#22. 栗褐色牛肝菌 *Boletus castaneobrunneus* Z.S. Bi，凭证标本：GDGM7969。

23. 灰盖牛肝菌 *Bo. griseiceps* B. Feng, Y.Y. Cui, J.P. Xu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM7527。

***24.** 东方白牛肝菌 *Bo. orientialbus* N.K. Zeng & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM7801。

25. 亚黄褐牛肝菌 *Bo. subfulvus* Z.S. Bi，凭证标本：GDGM8120、GDGM8132。

26. 近浅灰色牛肝菌 *Bo. subgriseus* Z.S. Bi，凭证标本：GDGM8122。

27. 紫牛肝菌 *Bo. violaceofuscus* W.F. Chiu，凭证标本：GDGM8048、GDGM8819。

***28.** 海南黄肉牛肝菌 *Butyriboletus hainanensis* N.K. Zeng, Zhi Q. Liang & S. Jiang，凭证标本：GDGM75302。

***29.** 玫红黄肉牛肝菌 *Bu. roseoflavus* (Hai B. Li & Hai L. Wei) D. Arora & J.L. Frank，凭证标本：GDGM28480、GDGM29270。

***30.** 象头山美牛肝菌 *Caloboletus xiangtoushanensis* Ming Zhang, T.H. Li & X.J. Zhong，凭证标本：GDGM74885、GDGM75682。

#31. 辐射辣牛肝菌 *Chalciporus radiatus* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM 43305。

32. 柠檬黄辣牛肝菌 *Cha. citrinoaurantius* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM 44776。

***33.** 窄囊裘氏牛肝菌 *Chiua angusticystidiata* Y.C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM45987。

***34.** 绿盖裘氏牛肝菌 *Chi. virens* (W.F. Chiu) Y.C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM44758。

***35.** 金红橙牛肝菌 *Crocinoboletus rufoaureus* (Massee) N.K. Zeng, Zhu L. Yang & G. Wu，凭证标本：GDGM25887。

***36.** 红褶牛肝菌 *Erythrophylloporus cinnabarinus* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM70536。

#37. 白黄圆孔牛肝菌 *Gyroporus alboluteus* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM25474。

***38.** 蓝黑圆孔牛肝菌 *G. atrocyanescens* Ming Zhang & T.H. Li，凭证标本：GDGM7781、GDGM7829、GDGM7992、GDGM75894、GDGM76540。

***39.** 长囊体圆孔牛肝菌 *G. longicystidiatus* Nagas. & Hongo，凭证标本：GDGM25857。

***40.** 褐圆孔牛肝菌 *G. memnonius* N.K. Zeng, H.J. Xie & M.S. Su，凭证标本：GDGM44779。

***41.** 锥盖网孢牛肝菌 *Heimioporus conicus* N.K. Zeng & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM77226。

42. 日本网孢牛肝菌 *H. japonicus* (Hongo) E. Horak，凭证标本：GDGM43532、GDGM43542。

43. 中华网柄牛肝菌 *H. sinensis* Ming Zhang, T.H. Li & X.N. Chen，凭证标本：GDGM44447。

***44.** 皱半疣柄牛肝菌 *Hemileccinum rugosum* G. Wu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM27345、

GDGM29053。

***45. 黑斑厚瓤牛肝菌** *Hourangia nigropunctata* (W.F. Chiu) Xue T. Zhu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM81356。

46. 兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica* G. Wu & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM74901。

***47. 大盖兰茂牛肝菌** *L. macrocarpa* N.K. Zeng, H. Chai & S. Jiang，凭证标本：GDGM77661。

48. 青木氏小绒盖牛肝菌 *Parvixerocomus aokii* (Hongo) G. Wu, N.K. Zeng & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM43270。

49. 美丽褶孔菌牛肝菌 *Phylloporus bellus* (Massee) Corner，凭证标本：GDGM70284、GDGM70500。

***50. 潞西褶孔牛肝菌** *Ph. luxiensis* M. Zang，凭证标本：GDGM49753。

***51. 黑紫红孢牛肝菌** *Porphyrellus nigropurpureus* (Hongo) Y.C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM80642。

52. 拟南牛肝菌 *Pseudoaustroboletus valens* (Corner) Y.C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM80587。

***53. 褐糙粉末牛肝菌** *Pulveroboletus brunneoscabrosus* Har. Takah.，凭证标本：GDGM43281。

54. 疸黄粉末牛肝菌 *Pu. icterinus* (Pat. & C.F. Baker) Watling，凭证标本：GDGM56758、GDGM80591。

***55. 褐网柄牛肝菌** *Retiboletus fuscus* (Hongo) N.K. Zeng & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM75280。

56. 灰褐牛肝菌 *R. griseus* (Frost) Manfr. Binder & Bresinsky，凭证标本：GDGM7740、GDGM7741。

57. 黑网柄牛肝菌 *R. nigerrimus* (R. Heim) Manfr. Binder & Bresinsky，凭证标本：GDGM45922。

***58. 灰盖罗扬牛肝菌** *Royoungia grisea* Y.C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM75293、GDGM72439。

59. 褐鳞松塔牛肝菌 *Strobilomyces brunneolepidotus* Har. Takah. & Taneyama，凭证标本：GDGM44426。

***60. 疣柄松塔牛肝菌** *S. verruculosus* Hirot. Sato，凭证标本：GDGM80395。

61. 半裸松塔牛肝菌 *S. seminudus* Hongo，凭证标本：GDGM88062。

****#62. 红褐赭黄牛肝菌** *Suillellus rufobrunneus* Ming Zhang, S.X. He & T.H. Li, sp. nov.，凭证标本：GDGM74900、GDGM74924。

63. 美洲乳牛肝菌 *Suillus americanus* (Peck) Snell，凭证标本：GDGM8863。

64. 黏盖乳牛肝菌 *Sui. bovinus* (L.) Roussel，凭证标本：GDGM76110。

65. 点柄乳牛肝菌 *Sui. granulatus* (L.) Roussel，凭证标本：GDGM27709。

***66. 滑皮乳牛肝菌** *Sui. huapi* N.K. Zeng, R. Xue & Zhi Q. Liang，凭证标本：GDGM74883、GDGM76327。

67. 广东乳牛肝菌 *Sui. kwangtungensis* Rui Zhang, X.F. Shi, P.G. Liu & G.M. Muell.，凭证标本：GDGM14116。

68. 近虎皮乳牛肝菌 *Sui. phylopictus* Rui Zhang, X.F. Shi, P.G. Liu & G.M. Muell，凭证标本：GDGM70287。

#69. 近网纹乳牛肝菌 *Sui. subreticulatus* Z.S. Bi，凭证标本：GDGM8112。

***70. 超群紫盖牛肝菌** *Sutorius eximius* (Peck) Halling, Nuhn & Osmundson，凭证标本：GDGM76971。

71. 近圆孢粉孢牛肝菌 *Tylopilus balloui* (Peck) Singer，凭证标本：GDGM56779。

72. 褐红粉孢牛肝菌 *T. brunneirubens* (Corner) Watling & E. Turnbull，凭证标本：GDGM75276、GDGM75888、GDGM76803。

73. 新苦粉孢牛肝菌 *T. neofelleus* Hong，凭证标本：GDGM8852、GDGM7839。

***74. 大津粉孢牛肝菌** *T. otsuensis* Hongo，凭证标本：GDGM49481、GDGM55152、GDGM75275。

75. 类铅紫粉袍牛肝菌 *T. plumbeoviolaceoides* T.H. Li, B. Song & Y.H. Shen，凭证标本：

GDGM43535。

76. 褐金孢牛肝菌 *Xanthoconium fusciceps* N.K. Zeng, Zhi Q. Liang & S. Jiang，凭证标本：GDGM44308。

***77. 中国金孢牛肝菌** *X. sinense* G. Wu, Y.Y. Cui & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM43473。

***78. 拟小绒盖牛肝菌** *Xerocomus microcarpoides* (Corner) E. Horak，凭证标本：GDGM74888。

***79. 黄盖臧氏牛肝菌** *Zangia citrina* Y.C. Li & Zhu L. Yang，凭证标本：GDGM75404、GDGM75680、GDGM 75897。

注：*表示南岭新记录种；**表示新种；#表示以南岭为模式产地的物种。

2.2.2 排除物种名录

1. 网翼南方牛肝菌 *Austroboletus dictyotus* (Boed.) Wolf.，标本复查实为梭孢南方牛肝菌 *Aus. fusisporus* (Kawam. ex Imazeki & Hongo) Wolfe，*Aus. dictyotus* 在华南地区有分布(Wu *et al*. 2016)，在南岭地区尚未被发现。

2. 新柔南方牛肝菌 *Aus. malaccensis* (Pat. & C.F. Baker) Wolfe，标本复查实为梭孢南方牛肝菌 *Aus. fusisporus* (Kawam. ex Imazeki & Hongo) Wolfe。

3. 厚鳞条孢牛肝菌 *Boletellus ananas* (M.A. Curtis) Murrill，标本复查实为黄肉条孢牛肝菌 *B. aurocontextus* Hirot. Sato。

4. 凤梨盖条孢牛肝菌 *B. ananiceps* (Berk.) Sing，标本复查实为黄肉条孢牛肝菌 *B. aurocontextus* Hirot. Sato。

5. 狭孢条孢牛肝菌 *B. stenosporus* T.H. Li et Zhang，无效名称。

6. 双色牛肝菌 *Boletus bicolor* Peck.，已修订为兰茂牛肝菌 *L. asiatica* G. Wu & Zhu L. Yang。

7. 美味牛肝菌 *Bo. edulis* Bull.，标本复查实为灰盖牛肝菌 *B. griseiceps* B. Feng, Y.Y. Cui, J.P. Xu & Zhu L. Yang。

8. 苦牛肝菌 *Bo. felleus* Bull.，已修订为新苦粉孢牛肝菌 *T. neofelleus* Hong。

9. 浅灰色牛肝菌 *Bo. griseus* Frost，已修订为褐网柄牛肝菌 *R. fuscus* (Hongo) N.K. Zeng & Zhu L. Yang。

10. 皱盖牛肝菌 *Bo. hortonii* A.H. Sm. & Thiers，标本复查实为皱半疣柄牛肝菌 *He. rugosum* G. Wu & Zhu L. Yang。

11. 紫盖牛肝菌 *Bo. inedulis* (Murrill) Murrill，标本复查实为海南黄肉牛肝菌 *Bu. hainanensis* N.K. Zeng, Zhi Q. Liang & S. Jiang。

12. 小美牛肝菌 *Bo. speciosus* Frost，已修订为玫红黄肉牛肝菌 *Bu. roseoflavus* (Hai B. Li & Hai L. Wei) D. Arora & J.L. Frank。

13. 小孢褐小牛肝菌 *Fuscoboletinus microsporus* T.H. Li，无效名称。

14. 松林褐小牛肝菌 *F. pinetorum* (Chiu) T.H. Li，无效名称。

15. 中国褐小牛肝菌 *F. sinicus* Li，无效名称。

16. 广东圆孔牛肝菌 *Gyrodon guangdongensis* T.H. Li，无效名称。

17. 褐圆孔牛肝菌 *Gyroporus castaneus* (Bull.) Quél.，对早期的标本复查显示南岭地区分布样本至少存在 2 个物种，*G. longicystidiatus* Nagas. & Hongo 和 *G. memnonius* N.K. Zeng, H.J. Xie & M.S. Su。

18. 蓝圆孔牛肝菌 *G. cyanescens* (Bull.) Quél.，标本复查实为蓝黑圆孔牛肝菌 *G. atrocyanescens* Ming Zhang & T.H. Li。

19. 拟白圆孔牛肝菌 *G. pseudolacteus* G. Moreno, Carlavilla, Heykoop, Manjón & Vizzini，标本复查实为蓝黑圆孔牛肝菌 *G. atrocyanescens* Ming Zhang & T.H. Li。

20. 白疣柄牛肝菌 *Leccinum albellum* (Peck) Singer，标本复查结果显示该种可能是近年描述于中国福建地区的东方白牛肝菌 *B. orientialbus* N.K. Zeng & Zhu L. Yang。

21. 红黄褶孔牛肝菌 *Phylloporus rhodoxanthus* (Schwein.) Bres.，已修订为美丽褶孔菌牛肝菌

Ph. bellus (Massee) Corner。

22. 金粒粉末牛肝菌 *Pulveroboletus auriflammeus* (Berk. & M.A. Curtis) Singer，已修订为小橙黄金牛肝菌 *Aur. miniatoaurantiacus* (Bi & Loh) Ming Zhang, N.K. Zeng & T.H. Li。

23. 绒毛松塔牛肝菌 *Strobilomyces echinatus* Beeli，复查后近似于 *S. brunneolepidotus* Har. Takah. & Taneyama。

24. 南岭乳牛肝菌 *Suillus nanlingensis* T.H. Li，无效名称。

25. 虎皮乳牛肝菌 *Sui. pictus* (Peck) A.H. Sm. & Thiers，已修订为 *Sui. phylopictus* R. Zhang, X.F. Shi, P.G. Liu & G.M. Mueller。

26. 褐金孢牛肝菌参照种 *Xanthoconium* aff. *affine* (Peck) Singer，已修订为中国金孢牛肝菌 *Xan. sinense* G. Wu, Y.Y. Cui & Zhu L. Yang。

27. 小孢绒盖牛肝菌 *Xerocomus braohysporuo* Li，无效名称。

28. 多褶绒盖牛肝菌 *Xer. satisfactus* (Corn.) T.H. Li，无效名称。

2.2.3 存疑物种

1. 褐盖牛肝菌 *Boletus brunneissimus* Chiu，缺少凭证标本信息。

2. 红脚牛肝菌 *Bo. erythropus* (Fr.: Fr.) Krombh，缺少凭证标本信息，疑似此文描述的新物种。

3. 兄弟牛肝菌 *Bo. fraternus* Peck，缺少凭证标本信息。

4. 褐变牛肝菌 *Bo. indecisus* Peck，复查后形态上存在差异。

5. 褐黄牛肝菌 *Bo. luridus* Schaeff.，复查结果显示形态描述上存在差异。

6. 血红牛肝菌 *Bo. rubellus* Krombh.，缺少凭证标本信息，现更名为 *Hortiboletus rubellus* (Krombh.) Simonini, Vizzini & Gelardi。

7. 红网柄牛肝菌 *Bo. satanas* Lenz，缺少凭证标本信息。

8. 敏感牛肝菌 *Bo. sensibilis* Peck.，缺少凭证标本信息。

9. 硬牛肝菌 *Bo. spraguei* Frost，复查后形态上存在差异，现更名为 *Bo. hypohaematicus* Singer。

10. 绒盖牛肝菌 *Bo. subtomentosus* L.，该种主要在欧洲分布，在南岭地区是否真实存在仍需要研究。

11. 类虫形牛肝菌 *Bo. vermiculosoides* A.H. Sm. & Thiers，复查后形态上存在差异。

12. 粘柄褐孔小牛肝菌 *Fuscoboletinus glandulosus* (Peck) Pomerl. & A.H. Sm.，复查凭证标本在显微结果上存在差异。

13. 马来西亚圆孔牛肝菌 *Gyroporus malesicus* Corner，复查凭证标本结果显示微观结构上存在差异。

14. 东方褶孔牛肝菌短孢变种 *Phylloporus orientalis* var. *brevisporus* Corner，缺少凭证标本信息。

15. 硫黄褶孔牛肝菌 *Ph. sulphureus* (Berk.) Singer.，缺少凭证标本信息。

16. 黄粉末牛肝菌 *Pulveroboletus ravenelii* (Berk. & M.A. Curtis) Murrill，研究表明该种为一个复合种群，仍需进一步研究以澄清。

17. 混杂松塔牛肝菌 *Strobilomyces confusus* Singer，复查后形态上存在差异。

18. 绒柄松塔牛肝菌 *S. floccopus* (Vahl: Fr.) Karst.，复查后形态上存在差异。该物种常分布在欧洲、东亚和北美洲等地。

19. 乳流乳牛肝菌 *Sui. lactifluus* (With.) A.H. Sm. & Thiers，缺少凭证标本信息。

20. 琥珀乳牛肝菌 *Sui. placidus* (Bull.) Kuntze，复查后形态上存在差异，有研究表明分布在热带或亚热带的 *Sui. placidus* (Bull.) Kuntze 实为滑乳牛肝菌 *Sui. huapi* N.K. Zeng, R. Xue & Zhi Q. Liang。

21. 绒毛乳牛肝菌 *Sui. tomentosus* Singer, Snell & E.A. Dick，复查后形态上存在差异。

22. 栗色粉孢牛肝菌 *Tylopilus castaneiceps* Hongo，缺少凭证标本信息。

23. 橄榄红粉孢牛肝菌 *T. olivaceirubens* Corn.，缺少凭证标本信息，该物种与大津粉孢牛肝菌 *T. otsuensis* Hongo 实为同物异名。

24. 白褐绒盖牛肝菌 *Xerocomus albobrunneus* Heinem. & Gooss.-Font.，缺少凭证标本信息。

25. 红绒盖牛肝菌 *Xe. chrysenteron* (Bull.) Quél.，缺少凭证标本信息。

2.3 新种描述

红褐赭黄牛肝菌 新种 图 2

Suillellus rufobrunneus Ming Zhang, S.X. He & T.H. Li, **sp. nov.** Fig. 2

Fungal Name FN571221

Etymology: The epithet "*rufobrunneus*" refers to the reddish brown colored pileus.

Holotype: CHINA, Guangdong Province, Shaoguan City, Renhua County, Danxiashan National Nature Reserve, 113°45′E, 25°03′N, alt. 240 m, 9 September 2018, Ming Zhang (GDGM74900, holotype; ITS-OP700054, 28S-OP700056).

Pileus 3–9 cm broad, subhemispheric at first, then becoming convex to plane, surface dry, dull red, greyish red, brownish red, reddish red to dark brown (8B4–8B6, 9D7–9D8, 9E7–9E8, 9F7–9F8), velutinous to floccos. Pileus context 5–20 mm thick in the center, fleshy, soft, pale yellow, yellowish white to white (2A1–2A3), turning blue (20A3–20A6, 24A3–24A6, 20A5–24A5) when exposed. Tubes 10–15 mm long, pastel yellow to yellow (1A1–2A8), staining blue when exposed; pores angular, 0.3–0.5 mm, pale yellow, pastel yellow to light yellow when young, changing blue when bruised. Stipe 2–7×1.5–3 cm, tapering upwards, central, solid, red to dark purplish red (10C8–10E8, 12C5–12C7), pale yellow to yellow at apex, with longitudinal and slight reticula all over the stipe; staining blue when injured; basal mycelium white. Odor indistinct. Taste mild.

Basidiospores 11–15×5.5–7 μm, [Q=1.73–2.32, Qm=2.05±0.15], ellipsoid and subfusiform in side view, inequilateral, smooth, yellowish brown in 5% KOH, inamyloid. Basidia 30–46×11–15 μm, clavate, sinuous, 4-sterigmate, sterigmata up to 4.3 μm long. Hymenophoral trama bilaterality. Pleurocystidia 34–53×8–10 μm, scattered, conspicuous, fusiform to clavate, thin-walled, smooth. Cheilocystidia similar to cheilocystidia in shape and size. Pileipellis an interwoven trichodermium to subcutis, composed of interwoven filamentous hyphae, 4–7 μm wide, yellowish to hyaline in 5% KOH; terminal cells 29–72×4–13 μm, cylindrical, clavate or nearly fusoid. Stipitipellis a tangled layer of repent to suberect hyphae, 3–7 μm wide, pale yellowish to hyaline in 5% KOH. Stipe trama composed of densely longitudinally arranged hyphae, 4–10 μm wide, pale yellowish to hyaline in 5% KOH. Clamp connections absent in all parts of basidiome.

Habitat, ecology and distribution: Solitary or scattered on the ground with humus and debris in broadleaf forests dominated by Fagaceae, alt. 500–800 m, currently only known from southern China.

Additional specimens examined: CHINA, Guangdong Province, Shaoguan City, Renhua County, Danxiashan National Nature Reserve, 113°45′E, 25°03′N, alt. 240 m, 9 September 2018, Ming Zhang (GDGM74924; ITS-OP700055, 28S-OP700057).

Notes: *Suillellus rufobrunneus* is characterized by its dry and brownish red to dark brown pileus, red to dark purplish red stipe with a pale yellow to yellow apex, with longitudinal and slight reticula over the stipe and bluing when injured. Morphologically, *Su. subamygdalinus* Kuan Zhao & Zhu L. Yang is similar to *Su. rufobrunneus*, and both of them have brownish red pileus, longitudinal reticula stipe, and all the basidiomata turning blue when bruised. However, *Su. subamygdalinus* differs in its longitudinal reticula, narrower basidia 34–48×8–11 μm, and larger cheilocystidia 38–56×7–10 μm (Wu *et al*. 2016).

菌盖直径 3–9 cm，初期近半球形，后期凸镜形至平展；表面干燥，暗红色、红褐色、棕红色至深棕色，具绒毛。菌盖中心厚 5–20 mm，肉质，柔软，淡黄色、黄白色至白色，伤变淡蓝色至蓝色。菌管长 10–15 mm，淡黄色至黄色，伤

后变蓝色；管口角形，0.3–0.5 mm，幼时淡黄色至鲜黄色，受伤后变蓝色。菌柄 2–7×1.5–3 cm，向上逐渐变细，中生，实心，红色至深紫红色，顶端靠近菌管处黄色至淡黄色，表面有浅的纵向网纹，伤时变蓝，基部菌丝白色。气味不明显。味道温和。

担孢子 11–15×5.5–7 μm，[Q=1.73–2.32，Qm=2.05±0.15]，椭圆形，近纺锤形，不等边，光滑，在 5% KOH 中呈黄褐色，非淀粉质。担子 30–46×11–15 μm，棒状，弯曲，4 个担子小梗，担子小梗长达 4.3 μm。子实层菌髓平行。侧生囊状体 34–53×8–10 μm，明显，梭形或棍棒状，薄壁，光滑。管缘囊状体形状和大小与侧生囊状体相似。菌盖皮层近毛皮层状，菌丝轻微交织，薄壁，直径 4–7 μm，在 5% KOH 中呈淡黄色至透明；菌盖皮层末端细胞 29–72×4–13 μm，圆柱形、棍棒状或近纺锤形。菌柄皮层由匍匐至近直立菌丝组成，宽 3–7 μm，淡黄色至透明，在 5% KOH 中呈淡黄色至透明。菌柄菌髓由密集的纵向排列菌丝组成，宽 4–10 μm，在 5% KOH 中呈淡黄色至透明。锁状联合未见。

生境信息：单生或散在以壳斗科植物为主的阔叶林中地上，海拔 500–800 m。

中国分布：广东南岭。

世界分布：中国。

红褐赭黄牛肝菌主要区别特征在于其红褐色至深棕色的菌盖表面，红色至深紫红色菌柄顶端浅黄色至黄色，表面具纵向浅网纹，受伤后变蓝(图 2)。在形态上，红褐赭黄牛肝菌与 *Su. subamygdalinus* 较为相近，在系统发育关系上也与之相近，它们都具有红褐色的菌盖，菌柄表面都有纵向网纹，受伤时变蓝色。不同点在于 *Su. subamygdalinus* 菌柄上具有更长且更深的网纹，相对较窄的担子(34–48×8–11 μm)和相对较长的囊状体(38–56×7–10 μm) (Wu *et al*. 2016)。基于该新种与其近缘物种的 nrITS 序列，通过最大似然法和贝叶斯法构建系统发育树，比对 ML 树与 BI 树，有相同的拓扑结构，图 3 展示 ML 树，在系统发育树上，红褐赭黄牛肝菌形成独立的分支，并且具有高支持率。

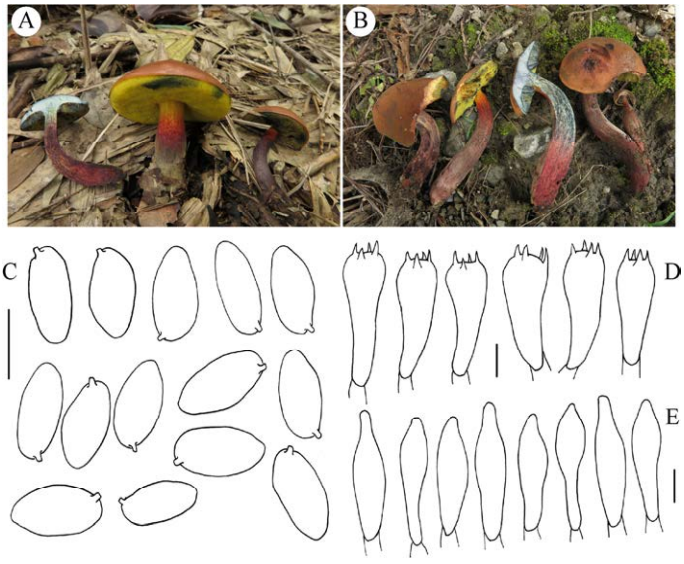


图 2 红褐赭黄牛肝菌 A，B：子实体及生境. C：担孢子. D：担子. E：侧身囊状体及管缘囊状体. 比例尺=10 μm

Fig. 2 *Suillellus rufobrunneus*. A, B: Basidiomata and habitat. C: Basidiospores. D: Basidia. E: Pleurocystidia and cheilocystidia. Scale bars=10 μm.

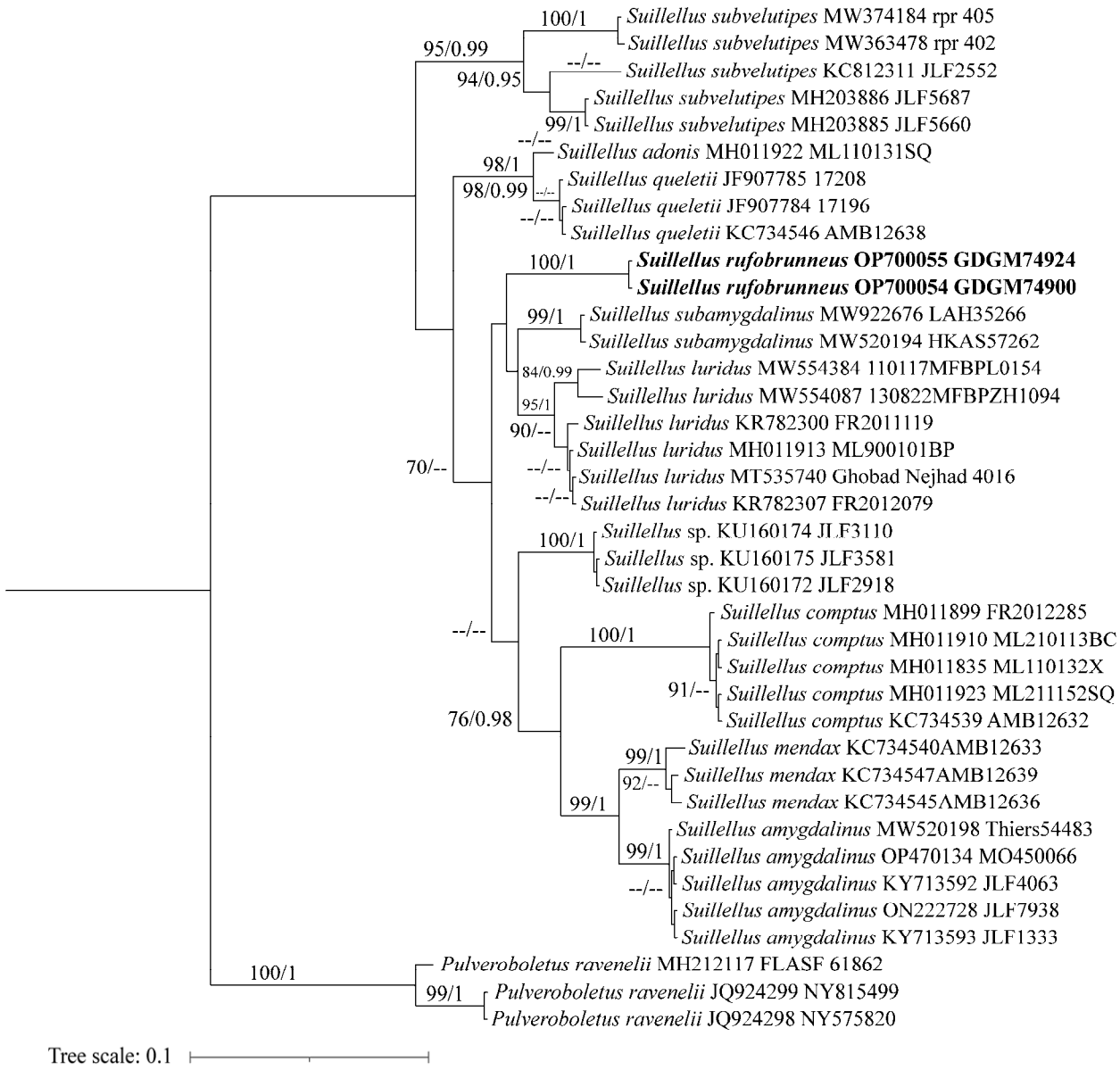


图 3 基于 nrITS 序列的最大似然树 比对 ML 树与 BI 树，有相同的拓扑结构，仅展示 ML 树，图中已分别标示自展值(BS)和贝叶斯后验概率(BPP)，自展值(BS)>70% (左)、贝叶斯后验概率(BPP)>0.90 (右)的数值标注于分支节点上

Fig. 3 The RAxML tree based on the nrITS dataset. Posterior probabilities maximum likelihood support values. BS values > 70% (left) and BPP values > 0.90 (right) are showed. The new species are in bold.

3 结论与讨论

通过研究初步证明广东南岭地区分布牛肝菌 3 科(包括牛肝菌科 Boletaceae、圆孔牛肝菌科 Gyroporaceae 和乳牛肝菌科 Suillaceae)，31 属，79 种，描述于中国本土的物种有 55 种，约占南岭牛肝菌物种数量的 2/3；其中，以南岭为模式产地报道的物种有 10 种，包括本研究发现的 1 新种，南岭新记录种 37 种。对原有报道物种进行了复查与修订，排除了一些错误鉴定物种，对存疑物种进行了注释，并提供了大部分物种的分子证据，为准确认识南岭地区牛肝菌物种多样性提

供基础数据。

牛肝菌是一个庞大的真菌类群，物种资源丰富，加之趋同进化、平行进化等因素存在，使得对牛肝菌的认识成为难题。早期由于研究的不足和对物种认识的局限性，使得一些形态相似的本土物种被错误地冠以欧美地区物种名称，如新苦粉孢牛肝菌 *T. neofelleus*、褐网柄牛肝菌 *R. fuscus* 及玫红黄肉牛肝菌 *Bu. roseoflavus* 等分别被错误地鉴定为苦牛肝菌 *Bo. felleus*、浅灰色牛肝菌 *Bo. griseus* 和小美牛肝菌 *Bo. speciosus*；而一些物种的区分，需要借助分子序列才能完成，如皱盖牛肝菌 *Bo. hortonii* 与皱半疣柄牛肝菌 *He. rugosum*；褐圆孔牛肝菌 *G. castaneus* 与 *G. memnonius*；琥珀乳牛肝菌 *Sui. placidus* 与滑皮乳牛肝菌 *Sui. huapi* 等。同时，南岭地区牛肝菌还存在名称滥用或不合格发表等现象，如报道中记载的一些名称：小孢褐小牛肝菌 *Fuscoboletinus microsporus* T.H. Li、南岭乳牛肝菌 *Suillus nanlingensis* T.H. Li 和小孢绒盖牛肝菌 *Xerocomus braohysporuo* Li 等(李泰辉等 2003)，根据《国际藻类、菌物和植物命名法规》，这些物种名称均为不合格发表，因此予以排除。此外，在本研究中，还存在一些存疑物种，如：红网柄牛肝菌 *Bo. satanas*、敏感牛肝菌 *Bo. sensibilis*、红脚牛肝菌 *Bo. erythropus* 及褐变牛肝菌 *Bo. indecisus* 等，由于缺乏凭证标本或标本状况很差，这些物种是否在南岭地区有分布还存在疑问，需进一步广泛采集标本以求证。

牛肝菌绝大多数为外生菌根真菌，可与壳斗科 Fagaceae、龙脑香科 Dipterocarpaceae、豆科 Leguminosae、杜鹃花科 Ericaceae、桃金娘科 Myrtaceae 和松科 Pinaceae 等植物形成共生关系(Binder & Hibbett 2006)，南岭地区丰富的牛肝菌资源与区域内具有丰富的宿主植物密切相关，南岭地区分布有以壳斗科植物甜槠 *Castanopsis eyrei*、鹿角锥 *C. lamontii*、罗浮锥 *C. faberi*、米槠 *C. carlesii*、青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 等和松科植物广东松 *Pinus kwangtungensis* 和马尾松 *P. massoniana* 等为优势建群树种的典型植被类型，为牛肝菌的生长提供了有利条件；反之，丰富的牛肝菌资源在一定程度上可作为森林生态健康的指示凭证，侧面反映森林生态状态(杨汝荣 2000；徐卫等 2022；李挺等 2023)。

南岭牛肝菌资源是南岭生态屏障中生物多样性的重要组成部分，对南岭地区牛肝菌的科学复查，摸清南岭地区牛肝菌物种多样性情况，揭示南岭地区牛肝菌资源的丰富度和独特性，掌握南岭牛肝菌物种的分布与发生等动态变化规律，可为后续开展牛肝菌物种保护、探讨南岭森林生态功能和区域内物种协同进化研究提供数据基础。

[REFERENCES]

Bi ZS, Zheng GY, Li TH, 1994. Macrofungus flora of Guangdong Province. Guangdong Science & Technology Press, Guangzhou. 1-879 (in Chinese)

Bi ZS, Zheng GY, Li TH, Wang YZ, 1990. Macrofungus flora of the mountainous district of North Guangdong. Guangdong Science & Technology Press, Guangzhou. 1-450 (in Chinese)

Binder M, Hibbett DS, 2006. Molecular systematics and biological diversification of Boletales. Mycologia, 98(6): 971-981

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: 770-805 (in Chinese)

Hall TA, 1991. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/ NT. Nucleic Acids Symposium Series, 41(2): 95-98

He Q, Cui HJ, Ma SR, 2021. Mitigation effect and regulation mechanism of ectomycorrhizal on plant under abiotic stress: a review. Microbiology China, 48(5): 1755-1764 (in Chinese)

Huang JL, Miao SY, Deng Y, 2020. The core resources and scientific protection values of Guangdong Nanling National Park. Guangdong Landscape Architecture, 42(5): 4-7 (in Chinese)

Huang LL, Wang R, Shi XF, Yu FQ, 2022. Mycorrhizal synthesis of early stage fungi with native and exotic pines. Mycosystema, 41(8): 1293-1302 (in Chinese)

Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences,

1976. Terms and scientific names of fungi. Science Press, Beijing. 1-467 (in Chinese)

Katoh K, Rozewicki J, Yamada KD, 2019. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. Briefings in Bioinformatics, 20(4): 1-7

Kirk PM, Ansell AE, 1992. Authors of fungal names. Index of Fungi Supplement. CAB International, Wallingford. 1-95

Kornerup A, Wanscher JH, 1978. Methuen handbook of colour. 3rd ed. Eyre Methuen, London. 1-252

Li T, Li TH, Song B, Hosen MI, 2019. *Thelephora austrosinensis* (Thelephoraceae), a new species close to *T. ganbajun* from southern China. Phytotaxa, 471(3): 208-220

Li T, Zhou P, Li TH, Wang M, Deng WQ, 2023. Community structures and influencing factors of soil fungi associated with typical vegetations in Nanling Mountains. Mycosystema, 42(2): 456-467 (in Chinese)

Li TH, Song B, 2002. Species and distribution of edible porcini in China. Acta Edulis Fungi, 9(2): 22-30 (in Chinese)

Li TH, Song XJ, Song B, Zhang CM, 2017. Atlas of macrofungi in Chebaling. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. 1-220 (in Chinese)

Li TH, Zhang WM, Song B, Lu YJ, Shen YH, He Q, Bi ZS, 2003. Fungal resources in Guangdong Nanling National Nature Reserve. In: Pang XF (ed.) Studies on biodiversity of the Guangdong Nanling National Nature Reserve. Guangdong Scientific and Technology Press, Guangzhou. 124-162 (in Chinese)

Li YC, Yang ZL, 2021. The boletes of China: *Tylopilus s.l.* Science Press & Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore. 1-418

Miao SY, Huang JL, Liu C, 2020. Plant diversity and its conservation values of Guangdong Nanling National Park. Guangdong Landscape Architecture, 42(5): 8-11 (in Chinese)

Shao S, Wang G, Liao L, Li HD, Huang GL, 2020. Research and practice of ecological protection and restoration of mountain-river-forest-farmland-lake-grassland system in Nanling mountains area, northern Guangdong Province. Journal of Environmental Engineering Technology, 10(5): 779-785 (in Chinese)

Song B, Deng WQ, Zhang M, Li TH, 2018. The macrofungal diversity in the Nanling Mountains. Tropical Geography, 38(3): 312-320 (in Chinese)

Vilgalys R, Hester M, 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. Journal of Bacteriology, 172(8): 4238-4246

Wang FX, 2009. Shaoguan area of Northern Guangdong: the strategic thinking of constructing the second regional economic center of Guangdong. The South of China Today, 118(3): 103-104 (in Chinese)

White TJ, Bruns TD, Lee S, Taylor J, 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. PCR protocols, a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego. 315-322

Wu F, Yuan HS, Zhou LW, Yuan Y, Cui BK, Dai YC, 2020. Polypore diversity in South China. Mycosystema, 39: 653-682 (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(2): 1-76

Wu G, Feng B, Xu J, Zhu X, Li Y, Zeng N, Hosen MI, Yang ZL, 2014. Molecular phylogenetic analyses redefine seven major clades and reveal 22 new generic clades in the fungal family Boletaceae. Fungal Diversity, 69(1): 93-115

Wu G, Li Y, Zhu X, Zhao K, Han L, Cui Y, Li F, Xu J, Yang ZL, 2016. One hundred noteworthy boletes from China. Fungal Diversity, 81(1): 25-188

Wu XQ, Xu GB, Liang Y, Shen XB, 2013. Genetic diversity of natural and planted populations of *Tsoongiodendron odorum* from the Nanling Mountains. Biodiversity Science, 21(1): 71-79 (in Chinese)

Xu W, Yang T, Li ZH, Zhou P, 2022. Distribution pattern of plant community species diversity along altitudinal gradients in Nanling Mountains, Guangdong. Forestry and Environmental Science, 38(1): 9-17 (in Chinese)

Yang RR, 2000. Biodiversity and ecosystem protection in Nanling Mountain region and environment safety. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 22(2): 199-203 (in Chinese)

Yang ZL, 2013. Fungal taxonomy in the genomics era: opportunities and challenges. Mycosystema, 32(6): 931-946 (in Chinese)

Zhang D, Fangluan G, Ivan J, Zou H, Zhang J, Li WX, Wang GT, 2020. PhyloSuite: an integrated and scalable desktop platform for streamlined molecular sequence data management and evolutionary phylogenetics studies. Molecular Ecology Resources, 20(1): 348-355

Zhang M, Li TH, Gelardi M, Song B, Zhong XJ, 2017. A new species and a new combination of *Caloboletus* from China. Phytotaxa, 309(2): 118-126

Zhang M, Li TH, Wang CQ, Song B, Xu J, 2015. *Aureoboletus formosus*, a new bolete species from Hunan Province of China. Mycological Progress, 14(12): 1-7

Zhang M, Li TH, Wang CQ, Zeng NK, Deng WQ, 2019. Phylogenetic overview of *Aureoboletus* (Boletaceae, Boletales), with descriptions of six new species from China. MycoKeys, 61(1): 111-145

Zhang M, Xie DC, Wang CQ, Deng WQ, Li TH, 2022. New insights into the genus *Gyroporus* (Gyroporaceae, Boletales), with establishment of four new sections and description of five new species from China. Mycology, 13(3): 223-242

Zhuang CW, Xiu C, Zhang RJ, Zhang XL, 2021. Planning and construction strategy in priority area of biodiversity conservation in Nanling Mountain of Guangdong. Forest Inventory and Planning, 46(3): 167-170 (in Chinese)

[附中文参考文献]

毕志树，郑国扬，李泰辉，1994. 广东省大型真菌志. 广州：广东科技出版社. 1-879

毕志树，郑国扬，李泰辉，王又昭，1990. 粤北山区大型真菌志. 广州：广东科技出版社. 1-450

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: 770-805

何青，崔皓钧，马书荣，2021. 外生菌根对植物非生物胁迫的缓解作用及作用机理研究进展. 微生物学通报，48(5): 1755-1764

黄金玲，缪绅裕，邓毅，2020. 广东南岭国家公园的核心资源与科学保护价值报告. 广东园林，42(5): 4-7

黄兰兰，王冉，时晓菲，于富强，2022. 早期真菌与本土和外来松的菌根合成. 菌物学报，41(8): 1293-1302

李泰辉，宋斌，2002. 中国食用牛肝菌的种类及其分布. 食用菌学报，9(2): 22-30

李泰辉，宋相金，宋斌，张朝明，2017. 车八岭大型真菌图志. 广州：广东科技出版社. 1-220

李泰辉，章卫民，宋斌，陆勇军，沈亚恒，何青，毕志树，2003. 广东南岭国家级自然保护区的真菌资源调查研究. 广东南岭国家级自然保护区生物多样性研究. 广州：广东科技出版社. 124-162

李挺，周平，李泰辉，旺姆，邓旺秋，2023. 南岭典型植被土壤真菌群落结构与影响因素，菌物学报，42(2): 456-467

缪绅裕，黄金玲，刘闯，2020. 广东南岭国家公园植物多样性及其保护价值. 广东园林，42(5): 8-11

邵上，汪光，廖磊，李海东，黄国龙，2020. 广东粤北南岭山区山水林田湖草生态保护修复研究与实践. 环境工程技术学报，10(5): 779-785

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

王发兴，2009. 粤北韶关:构建广东第二区域经济中心的战略思考. 今日南国，118(3): 103-104

吴芳，袁海生，周丽伟，员瑗 ，崔宝凯，戴玉成，2020. 中国华南地区多孔菌多样性研究. 菌物学报，39: 653-682

吴雪琴，徐刚标，梁艳，申响保，2013. 南岭地区观光木自然和人工迁地保护种群的遗传多样性. 生物多样性，21(1): 71-79

徐卫，杨婷，李泽华，周平，2022. 广东南岭植物群落物种多样性沿海拔梯度分布格局. 林业与环境科学，38(1): 9-17

杨汝荣，2000. 南岭山区的生物多样性和生态系统保护与区域环境安全. 江西农业大学学报，22(2): 199-203

杨祝良，2013. 基因组学时代的真菌分类学：机遇与挑战. 菌物学报，32(6): 931-946

中国科学院微生物研究所，1976. 真菌名词及名称. 北京：科学出版社. 1-467

庄长伟，修晨，张荣京，张晓露，2021. 广东南岭生物多样性保护优先区域规划建设策略. 林业调查规划，46(3): 167-170