

中国盔孢伞属的分类

刘晓亮, 张惠, 李玉婷, 图力古尔*

吉林农业大学农业农村部北方食用菌资源利用重点实验室, 吉林 长春 130118

摘要: 根据采自全国 20 个省、自治区的盔孢伞属 *Galerina* 真菌标本整理、鉴定, 确认出 36 种, 其中包含 28 个已知种和 8 个中国新记录种。对中国新记录种褐柄盔孢伞 *G. badipes*、帆孢盔孢伞 *G. calyptrata*、迦佩盔孢伞 *G. jaapii*、假拟提灯藓盔孢伞 *G. pseudomniophila*、沼泽盔孢伞 *G. paludosa*、泡孢盔孢伞 *G. physospora*、萨列里盔孢伞 *G. sahleri* 和胫囊盔孢伞 *G. tibiicystis* 进行了详尽的形态学描述, 提供了原生态照片和显微特征线条图以及分亚属、分种检索表。通过相关研究材料进行 DNA 提取, 所得 21 条 ITS 序列与 73 条下载序列利用贝叶斯法及最大似然法构建系统发育树, 验证鉴定结果的准确性。
关键词: 层腹菌科; 新记录种; 形态学; 系统发育

[引用本文] 刘晓亮, 张惠, 李玉婷, 图力古尔, 2022. 中国盔孢伞属的分类. 菌物学报, 41(9): 1354-1369

Liu XL, Zhang H, Li YT, Bau Tolgor, 2022. Taxonomy of the genus *Galerina* (Hymenogastraceae, Agaricales) in China. Mycosystema, 41(9): 1354-1369

Taxonomy of the genus *Galerina* (Hymenogastraceae, Agaricales) in China

LIU Xiaoliang, ZHANG Hui, LI Yuting, BAU Tolgor*

Key Laboratory of Edible Fungal Resources and Utilization (North), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China

Abstract: Collections made from 20 provinces and autonomous regions of China were studied, and 36 species were identified, including 28 known species and 8 species are new to China. Morphological description, drawings, photos and discussion were provided for the new records species, namely *G. badipes*, *G. calyptrata*, *G. jaapii*, *G. pseudomniophila*, *G. paludosa*, *G. physospora*, *G. sahleri*, and *G. tibiicystis*. DNA sequences were extracted from the Chinese materials, 21 newly generated ITS sequences and 73 download sequences were obtained. Phylogenetic tree was constructed by Bayesian inference and Maximum likelihood analysis, and

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(31750001); 国家重点研发计划(2019YFC1604703)

Supported by the Major Project of National Natural Science Foundation of China (31750001) and the National Key Research and Development Program of China (2019YFC1604703).

*Corresponding author. E-mail: junwusuo@126.com

ORCID: LIU Xiaoliang (0000-0002-6637-6014), BAU Tolgor (0000-0003-2461-9345)

Received: 2021-12-14, accepted: 2021-12-27

the identification results of new record species were verified by the molecular data.

Keywords: Hymenogastraceae; new records; morphology; phylogeny

盔孢伞属 *Galerina* Earle 隶属于担子菌门 Basidiomycota、蘑菇纲 Agaricomycetes、蘑菇目 Agaricales、层腹菌科 Hymenogastraceae。最早由 Fries (1821) 定义为“具赭色至褐色孢子的小菇型真菌”，并将其作为一个族“(Trib. *Galera*)”置于广义蘑菇属下。Kummer (1871) 沿用“*Galera*”这一名称并将其提升为属，而后 Karsten (1879) 在此基础上划分出另一个属 *Galerula* P. Karst.。直至 Earle (1909) 正式以 *Galerina* 命名该属，并指定其模式种为沟条盔孢伞 *Galerina vittiformis* (Fr.) Singer。但在其后的很长一段时期内，真菌学家们就 *Galera* (Fr.) P. Kumm 与 *Galerula* P. Karst. 名称进行了长时间的纠结和争论 (Murrill 1917; Atkinson 1918; Kühner & Romagnesi 1953)。由于 *Galera* 早在 1825 年就被 Blume (1825) 命名了一种有花植物，因此根据国际命名法规，Kummer 的命名为无效命名。而 *Galerula* 这一名称易造成属内物种的定义不清晰，也被大多数真菌学家视为有争议的名称，因此大多数分类学家赞同 Earle 的观点，并将 *Galerina* 这一名称沿用至今。

在第八版、第九版《菌物字典》(Hawksworth *et al.* 1995; Kirk *et al.* 2001) 中，盔孢伞属被归入丝膜菌科 Cortinariaceae，而后 Gulden *et al.* (2005) 根据分子系统学研究结果，发现盔孢伞属与球盖菇科的几个属聚为一支，认为其应从丝膜菌科划分至球盖菇科 Strophariaceae, Kirk *et al.* (2008) 在第十版《菌物字典》中同意这一观点。但在 Matheny *et al.* (2006) 基于核糖体 RNA 的 6 个基因片段对蘑菇目系统关系的研究中，发现原属于球盖菇科的盔孢伞属、滑锈伞属 *Hebeloma* (Fr.) P. Kumm. 等属均与层腹菌科 Hymenogastraceae 真菌聚为一支，与球盖菇科真菌形成姊妹群，其后大量的分子系统学研究结果均验证了这一观点 (Moreau *et al.* 2013; Tedersoo & Smith 2013; Khan

et al. 2017)，因此盔孢伞属现归属于层腹菌科。

该属真菌作为重要的腐生菌，其研究报道多集中于北半球寒温带——欧洲及北美洲地区 (Gulden 1987, 2010; Horak & Miller 1992; Noordeloos & Gulden 1992; Gulden & Hallgrímsson 2000; Grzesiak & Wolski 2015)，常发生于高纬度低海拔的潮湿地带苔藓层上，如提灯藓属 *Mnium*、泽藓属 *Philonotis*、金发藓属 *Polytrichum*、泥炭藓属 *Sphagnum* 和毛青藓属 *Tomenthypnum* 等 (Wood 2001)，部分种类也可生于沙地、腐木和枯枝落叶层上。由于本属物种担子体小，种间形态差异不明显，仅见于各类型图鉴、图志 (毕志树等 1994; 卯晓岚 2000; 李玉等 2015)，导致国内缺乏完整的分类和系统发育相关的研究。该属有 14 种报道有毒 (Wu *et al.* 2019)，经研究发现其中毒类型为肝肾损伤型，导致中毒的主要物质为 α -鹅膏毒素 (α -amanitin)、 β -鹅膏毒素 (β -amanitin) 和 γ -鹅膏毒素 (γ -amanitin) (Enjalbert *et al.* 2004; 图力古尔等 2014; Landry *et al.* 2021)。

本课题组自 2012 年起关注该类群，在《中国真菌志》相关卷册的编研过程中，采集国内 20 多个省份的标本，开展较为系统的分类学研究，目前确认我国该属物种共 36 种 (图力古尔和张惠 2012; 张惠等 2012; 张惠和图力古尔 2012; 李玉婷和图力古尔 2017; Liu & Bau 2021)，其中包括本研究报道的 8 种中国新记录。

1 材料与方法

1.1 研究材料

研究材料为从 20 个省及自治区所采标本和吉林农业大学菌物标本馆 (HMJAU) 馆藏标本。

1.2 研究方法

1.2.1 形态学研究

宏观形态: 根据担子体野外生境照片及详细

的新鲜担子体宏观形态记录(大小、颜色和气味等)。显微结构:使用 5% KOH 溶液作为载浮剂制作徒手切片,应用奥林巴斯 BX53 光学显微镜观察显微结构(担孢子、担子、缘生囊状体、侧生囊状体和柄生囊状体等),至少随机测量 20 个,其中担孢子应测量成熟担孢子侧面观,担孢子脐突长度不计算,并计算其 Q 值(长宽比)。

1.2.2 分子系统学研究

采用快提法及试剂盒法进行 DNA 提取,快提法提取新鲜担子体 DNA,试剂盒(NuClean

Plant Genomic DNA kit)提取干标本 DNA。引物对选择 ITS1f/ITS4,PCR 扩增程序选用 Touchdown 程序(Yan & Bau 2017),Clustal W 进行序列比对,贝叶斯法(Bayesian inference, BI)和最大似然法(maximum likelihood method, ML)构建系统发育树(Ronquist & Huelsenbeck 2003; Stamatakis 2014)。

2 结果与分析

2.1 中国盔孢伞属 *Galerina* 分亚属检索表

- 1. 担子体有或无明显的菌幕残余和膜质菌环,菌柄表面被白色环状纤维残余或白绒毛 类脆锈伞亚属 Subgen. *Naucoriopsis*
- 1. 担子体无菌幕残余或仅幼时具丝状残余,菌环无或不明显丝膜状,菌柄光滑或被白霜 2
- 2. 囊状体胫骨状,担孢子非淀粉质 类假脐菇亚属 Subgen. *Tubariopsis*
- 2. 囊状体非胫骨状,担孢子淀粉质或弱拟糊精质 3
- 3. 侧生囊状体丰富 盔孢伞亚属 Subgen. *Galerina*
- 3. 侧生囊状体少或无 类小菇亚属 Subgen. *Mycenopsis*

2.1.1 类脆锈伞亚属 *Naucoriopsis* 分种检索表

- 1. 担子体无菌环 多形盔孢伞 *G. triscopa*
- 1. 担子体具明显膜质菌环 2
- 2. 生于苔藓层上 迦佩盔孢伞 *G. jaapii*
- 2. 生于腐木、腐木苔藓层上 3
- 3. 担子体簇生 4
- 3. 担子体单生、散生、群生 5
- 4. 菌盖中央具乳突或尖突 泡孢盔孢伞 *G. physospora*
- 4. 菌盖中央不突起 簇生盔孢伞 *G. fasciculata*
- 5. 具盖生囊状体 6
- 5. 无盖生囊状体 7
- 6. 盖生囊状体顶端圆头状 俄勒冈盔孢伞 *G. oregonensis*
- 6. 盖生囊状体顶端非圆头状 条盖盔孢伞 *G. sulciceps*
- 7. 具侧生囊状体 8
- 7. 无侧生囊状体 11
- 8. 侧生囊状体颈部细长(30–50 μm) 大囊盔孢伞 *G. megalocystis*
- 8. 侧生囊状体颈部宽(20–30 μm) 9
- 9. 担孢子具明显孢鞘 纹缘盔孢伞 *G. marginata*
- 9. 担孢子无孢鞘 10
- 10. 菌盖表皮菌丝具结痂 毒盔孢伞 *G. venenata*
- 10. 菌盖表皮菌丝无结痂 黄褐盔孢伞 *G. helvoliceps*
- 11. 担孢子小 6.1–8.5 × 3.7–4.9 μm 光孢盔孢伞 *G. camerina*
- 11. 担孢子大 9.2–12.2 × 5.6–6.8 μm 褐柄盔孢伞 *G. badipes*

2.1.2 类假脐菇亚属 *Tubariopsis* 分种检索表

- 1. 盖皮菌丝无锁状联合 2

1. 盖皮菌丝具锁状联合	3
2. 具侧生囊状体	异囊盔孢伞 <i>G. heterocystis</i>
2. 无侧生囊状体	半矛盔孢伞 <i>G. semilanceata</i>
3. 具柄生囊状体	胫囊盔孢伞 <i>G. tibiicystis</i>
3. 无柄生囊状体	棒囊盔孢伞 <i>G. clavata</i>

2.1.3 盔孢伞亚属 *Galerina* 分种检索表

1. 担子多 2 小梗	阿氏盔孢伞 <i>G. atkinsoniana</i>
1. 担子多 4 小梗	2
2. 具披针状或分叉担子小梗	多形担子盔孢伞 <i>G. variibasidia</i>
2. 不具披针状或分叉担子小梗	3
3. 具有盖生囊状体	沟条盔孢伞 <i>G. vittiformis</i>
3. 无盖生囊状体	4
4. 具柄生囊状体	素纹盔孢伞 <i>G. perplexa</i>
4. 无柄生囊状体	提灯藓盔孢伞 <i>G. minima</i>

2.1.4 类小菇亚属 *Mycenopsis* 分种检索表

1. 菌盖棕色至红棕色	铁盔孢伞 <i>G. sideroides</i>
1. 菌盖黄褐色、黄棕色、灰褐色、暗褐色	2
2. 菌盖灰褐色、暗褐色	沼泽盔孢伞 <i>G. paludosa</i>
2. 菌盖黄褐色、黄棕色	3
3. 菌盖中央无突起	萨列里盔孢伞 <i>G. sahleri</i>
3. 菌盖中央具突起	4
4. 菌柄表面具有丰富白色丝状残余	纹柄盔孢伞 <i>G. stylifera</i>
4. 菌柄表面具丝膜状菌环或被白霜	5
5. 菌柄具丝膜状菌环	矮盔孢伞 <i>G. uncialis</i>
5. 菌柄无丝膜状菌环	6
6. 担孢子光镜下光滑、近光滑	7
6. 担孢子光镜下不光滑，具疣突或不完整孢鞘	9
7. 担孢子具萌发孔	隐杆盔孢伞 <i>G. stagnina</i>
7. 担孢子无萌发孔	8
8. 缘生囊状体长度<30 μm	泥炭藓盔孢伞 <i>G. sphagnum</i>
8. 缘生囊状体长度>30 μm	小盔孢伞 <i>G. pumila</i>
9. 担孢子具不完整孢鞘	帆孢盔孢伞 <i>G. calyptrata</i>
9. 担孢子无孢鞘	10
10. 无柄生囊状体	11
10. 具柄生囊状体	12
11. 菌盖表皮菌丝无色透明	假色盔孢伞 <i>G. fallax</i>
11. 菌盖表皮菌丝淡黄褐色	假拟提灯藓盔孢伞 <i>G. pseudomniophila</i>
12. 柄生囊状体顶端具分支	苔藓盔孢伞 <i>G. hypnorum</i>
12. 柄生囊状体顶端指状或圆头状	13
13. 菌盖表皮菌丝交织型	盖条盔孢伞 <i>G. pistillcystis</i>
13. 菌盖表皮菌丝平行型	14
14. 具侧生囊状体	细条盔孢伞 <i>G. filiformis</i>
14. 无侧生囊状体	拟提灯藓盔孢伞 <i>G. mniophila</i>

2.2 中国新记录种描述

2.2.1 褐柄盔孢伞 图 1A, 图 2A, 图 3A

Galerina badipes (Pers.) Kühner, Encyclop. Mycol. 7: 222 (1935)

担子体小型, 近钟形或近斗笠形, 淡黄褐色至黄褐色, 具条纹。菌肉薄, 乳黄色。菌褶较稀疏, 不等长, 直生至弯生, 与菌盖同色。菌柄圆柱形, 乳黄色至棕褐色, 脆骨质, 空心。菌环上位, 蜜黄色或淡黄褐色, 膜质。

担孢子 $9.2\text{--}12.2 \times 5.6\text{--}6.8\ \mu\text{m}$, $Q=1.5\text{--}2.0$, 椭圆形至长椭圆形, 淡黄褐色至黄褐色, 表面近光滑。担子棍棒状, 2 (4) 小梗。缘生囊状体 $41\text{--}69 \times 7\text{--}10\ \mu\text{m}$, 长颈烧瓶状, 头部指状, 基部稍膨大。侧生囊状体相似。菌盖表皮平伏型, 具有明显的凝胶层。以上各部位均具锁状联合。

生境: 群生于白桦、落叶松混交林中腐木上或针叶林中腐木上。

世界分布: 冰岛、美国和瑞典。

国内分布: 内蒙古、吉林。

标本: 内蒙古: HMJAU59066, 根河市汗马国家级自然保护区, 刘晓亮, 2016 年 9 月 2 日; HMJAU59067, 赤峰市黑里河国家级自然保护区, 图力古尔、刘晓亮, 2019 年 8 月 29 日。吉林: HMJAU59068, 长春市净月潭, 刘晓亮, 2021 年 9 月 18 日。

讨论: 根据 Kühner (1935) 的原始描述, 本种主要特征为菌盖奶酪黄色, 菌柄棕褐色, 菌环较明显, 担子 2 小梗。但 Smith & Singer (1964) 和 Moser (1983) 描述采自美国和英国的标本具有 4 担子小梗。其后 Gulden & Hallgrmsson (2000) 和 Gulden (2010) 对采自冰岛及北美高寒地区的标本进行报道, 发现本种担子多为 2 小梗, 少见 4 小梗, 且菌盖表皮菌丝具有明显的凝胶层也是本种的主要分类依据。



图 1 新记录种野外生境照片 A: 褐柄盔孢伞; B: 帆孢盔孢伞; C: 迦佩盔孢伞; D: 沼泽盔孢伞; E: 泡泡盔孢伞; F: 假拟提灯藓盔孢伞; G: 萨列里盔孢伞; H: 胫囊盔孢伞; 标尺: A-H=10 mm

Fig. 1 Basidiocarps of *Galerina* species new to China. A: *G. badipes*; B: *G. calypttrata*; C: *G. jaapii*; D: *G. paludosa*; E: *G. physospora*; F: *G. pseudomniophila*; G: *G. sahlerei*; H: *G. tibiicystis*. Bars: A-H=10 mm.

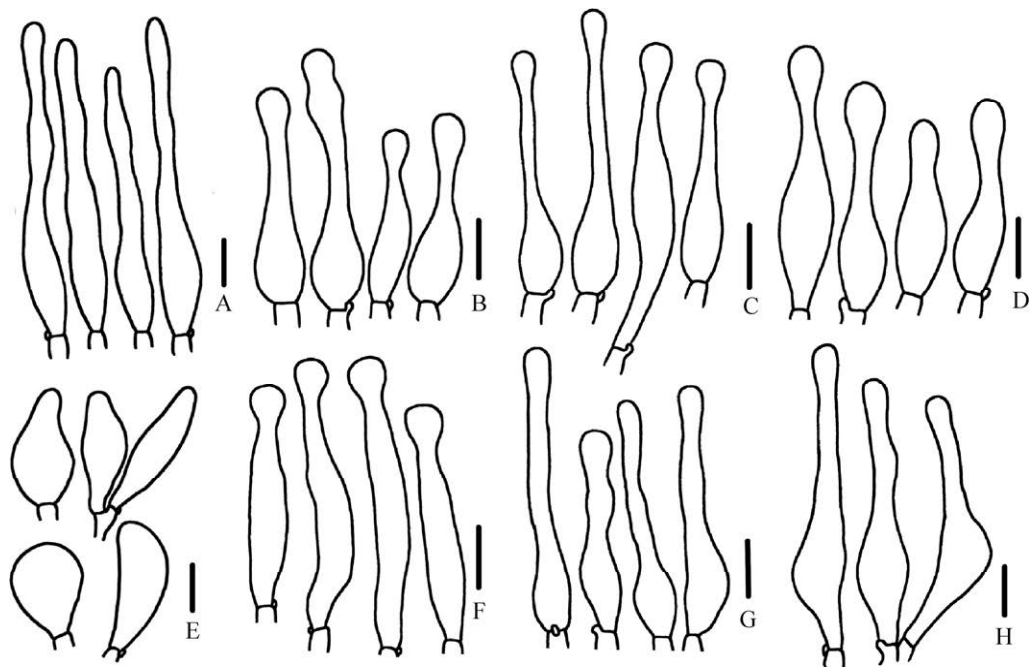


图2 盔孢伞种类缘生囊状体 A: 褐柄盔孢伞; B: 帆孢盔孢伞; C: 迦佩盔孢伞; D: 沼泽盔孢伞; E: 泡孢盔孢伞; F: 假拟提灯藓盔孢伞; G: 萨列里盔孢伞; H: 胫囊盔孢伞; 标尺: A-H=10 μ m

Fig. 2 Cheilocystidia of *Galerina* species. A: *G. badipes*; B: *G. calypttrata*; C: *G. jaapii*; D: *G. paludosa*; E: *G. physospora*; F: *G. pseudomniophila*; G: *G. sahleri*; H: *G. tibiicystis*; Bars: A-H=10 μ m.

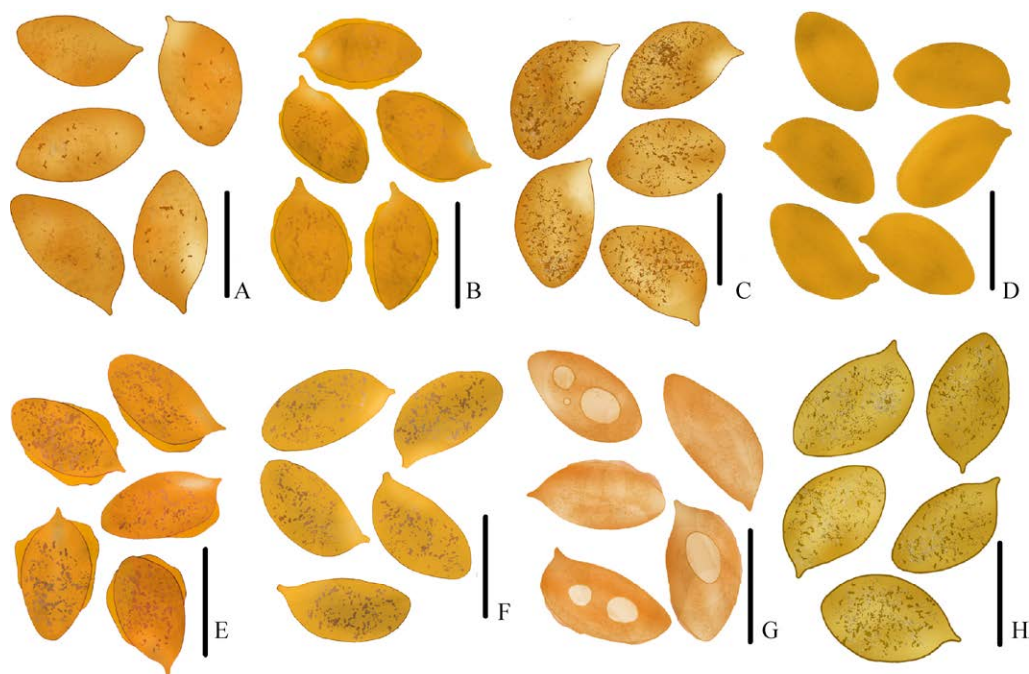


图3 盔孢伞种类的担孢子 A: 褐柄盔孢伞; B: 帆孢盔孢伞; C: 迦佩盔孢伞; D: 沼泽盔孢伞; E: 泡孢盔孢伞; F: 假拟提灯藓盔孢伞; G: 萨列里盔孢伞; H: 胫囊盔孢伞; 标尺: A-H=10 μ m

Fig. 3 Basidiospore of *Galerina* species. A: *G. badipes*; B: *G. calypttrata*; C: *G. jaapii*; D: *G. paludosa*; E: *G. physospora*; F: *G. pseudomniophila*; G: *G. sahleri*; H: *G. tibiicystis*. Bars: A-H=10 μ m.

系统发育树显示本种与迦佩盔孢伞 *G. jaapii* A.H. Sm. & Singer、假类小菇盔孢伞 *G. pseudomycenopsis* Pilát 及纹缘盔孢伞 *G. marginata* (Batsch) Kühner 具有较近的亲缘关系,但迦佩盔孢伞生于苔藓层上,本种及假类小菇盔孢伞和纹缘盔孢伞生于腐木上,在生境及宏观形态上存在明显差异。假类小菇盔孢伞和纹缘盔孢伞都具有较明显的菌环,但在显微结构上易与本种区分,前两者担孢子表面多具有孢鞘,担子多为 4 小梗,少见 2 小梗,且侧生囊状体偏小,缘生囊状体基部膨大明显,而本种担孢子表面近光滑,无孢鞘,且担子多为 2 小梗,侧生囊状体大,缘生囊状体基部膨大不明显。

2.2.2 帆孢盔孢伞 图 1B, 图 2B, 图 3B

Galerina calyptrata P.D. Orton, Trans. Br. mycol. Soc. 43(2): 237 (1960)

担子体小型,斗笠形至半球形,棕褐色至褐色,具条纹,边缘有白色丝状残留菌幕。菌肉薄,污白色。菌褶直生至弯生,黄色至黄棕色,不等长。菌柄棕色至棕褐色,圆柱形,基部稍膨大,上部具少量白色粉霜,易脱落。

担孢子 $9.8-10.9 \times 4.9-6.1 \mu\text{m}$, $Q=1.6-2.0$,长椭圆形,淡黄褐色,表面有褶皱,具明显脐上光滑区,被孢鞘,拟糊精质。担子棍棒状,4(2)小梗。缘生囊状体 $34-44 \times 7-12 \mu\text{m}$,长颈瓶状,头部膨大呈泡囊状,基部腹鼓状。无侧生囊状体。菌髓菌丝规则型。菌盖表皮平伏型,表面具环纹状结晶颗粒。以上各部位均具锁状联合。

生境:散生于针阔叶混交林或针叶林中苔藓层上。

世界分布:奥地利、澳大利亚、德国、荷兰和挪威。

国内分布:内蒙古、云南。

研究标本:内蒙古:HMJAU59069,根河市满归镇伊克萨玛国家森林公园,刘晓亮,2016年8月11日;HMJAU59070,根河市满归镇南山,刘晓亮,2017年7月31日;HMJAU59071,

根河市满归镇伊克萨玛国家森林公园,刘晓亮,2019年8月5日。云南:HMJAU41354,楚雄州南华县云台山,图力古尔、盖宇鹏,2016年8月11日。

讨论:本种与 *G. cerina* A.H. Sm. & Singer 宏观形态相似,但帆孢盔孢伞菌柄基部膨大, *G. cerina* 菌柄基部则是根状,并且二者菌盖颜色不同;本种与 *G. farinacea* A.H. Sm. 显微结构相似,但本种菌盖边缘具有白色残留菌幕, *G. farinacea* 菌盖边缘并无残留菌幕。

系统发育树中本种与苔藓盔孢伞 *G. hypnorum* (Schrank) Kühner 及萨列里盔孢伞 *G. sahléri* (Quél.) Kühner 所在分支形成姊妹群,但本种担孢子被明显的孢鞘,可与另外两种区分。

2.2.3 迦佩盔孢伞 图 1C, 图 2C, 图 3C

Galerina jaapii A.H. Sm. & Singer, Mycologia 47(4): 574 (1955)

担子体小型,近钟形至近斗笠状,棕色至赭褐色,中部具突起,呈暗褐色,边缘有条纹延伸至菌盖 2/3 处,水浸状。菌肉薄,淡赭褐色。菌褶较稀疏,不等长,直生至弯生,淡褐色至赭褐色。菌柄圆柱形,淡黄褐色至棕褐色,具丝膜质菌环,脆骨质,空心。

担孢子 $8.6-10.2(12) \times 5.2-6.5(7.6) \mu\text{m}$, $Q=1.5-1.8$,近椭圆形或近杏仁形,淡黄棕色,表面具疣突,有脐上光滑区。担子棍棒状,具 2 或 4 个小梗,无色透明。缘生囊状体 $25-51 \times 7-10 \mu\text{m}$,长颈烧瓶状,头部钝圆,基部略膨大。侧生囊状体相似。菌盖表皮菌丝平伏型,淡黄褐色,部分菌丝表面具结痂。以上各部位均具锁状联合。

生境:散生于针叶林中苔藓层上。

世界分布:瑞典、美国。

国内分布:内蒙古、陕西。

标本:内蒙古:HMJAU59072、59073 和 59074,根河市满归镇伊克萨玛国家森林公园,刘晓亮,2019年8月5日。陕西:HMJAU59075,

宁陕县火地塘实验林场,图力古尔、刘晓亮,2019年8月1日。

讨论:本种最早由 Smith & Singer (1955)报道,其主要特征为担子体菌盖表面光滑,具乳突,红棕色,肉桂褐色,具有条纹,条纹延伸至菌盖2/3处。担孢子近椭圆形(9)10–13×6–7 μm ,表面具有突起,担子具有2小梗。而本种测得担孢子大小为8.6–10.2(12)×5.2–7.5(8.6) μm ,与 Smith & Singer 的描述相比,担孢子偏小,且观察到4小梗担子。

本种与棒囊盔孢伞 *G. clavata* 在宏观形态上较为相似,但本种菌盖中央突起,具有明显的膜质菌环,菌盖表皮菌丝淡黄褐色,部分菌丝具结痂,而棒囊盔孢伞菌盖无突起,仅在幼时具不明显丝膜状菌幕残余,菌盖表皮菌丝无色透明,表面光滑。

本种在生境及宏观形态均与类脆锈伞亚属物种存在较大差异,但其膜质菌环明显是将其划入类脆锈伞亚属的重要依据,且系统发育树支持这一结果。

2.2.4 沼泽盔孢伞 图 1D, 图 2D, 图 3D

Galerina paludosa (Fr.) Kühner, Encyclop. Mycol. 7: 184 (1935)

担子体小型,幼时近半球形或近斗笠形,中央有突起,成熟褐色、红褐色或灰褐色至深褐色。幼时表面及边缘具白色小纤维状菌幕残余,成熟后消失,边缘具有明显条纹,自边缘延伸至菌盖1/2处。菌肉薄,淡黄褐色、褐色,无明显气味及味道。菌褶稍稀疏,不等长,直生,幼时淡黄褐色,老后褐色或棕色。菌柄中生,圆柱形,黄褐色至褐色,颜色向下渐深,基部褐色或黑褐色,具有明显白色纤维状菌幕残余,老后或干后消失,脆骨质,空心。

担孢子 7.5–10.2(11.8)×4.8–6.6 μm , $Q=1.4$ –1.7,椭圆形至长椭圆形,淡黄褐色至褐色,近光滑,拟糊精质。担子棍棒状,具4(2)担子小梗,无色透明。缘生囊状体 23–34(45)×7–11 μm ,

薄壁,短颈瓶形或少见长颈瓶形,顶端膨大泡囊状。无侧生囊状体。菌盖表皮菌丝平伏型,菌丝表面具环状结痂。以上各部位均具锁状联合。

生境:白桦、落叶松混交林苔藓层上。

世界分布:丹麦、俄罗斯、法国、芬兰和挪威。

国内分布:内蒙古。

研究标本:内蒙古:HMJAU59076,呼伦贝尔市根河市满归镇孟贵线,图力古尔、李玉婷,2014年8月30日;HMJAU59077,呼伦贝尔市根河市满归镇伊克萨玛国家森林公园,刘晓亮,2020年8月5日。

讨论:本种广泛分布于世界各地,常生长于泥炭藓层上,其主要特征为菌盖灰褐色、红褐色,菌盖边缘及菌柄上部常具细小纤维状菌幕残片。本种与胫囊盔孢伞 *G. tibicystis* (G.F. Atk.) Kühner 生境及宏观形态极其相似,但本种囊状体近短颈瓶形,而胫囊盔孢伞囊状体较本种偏大,更近胫骨状。

系统发育树显示本种与拟提灯藓盔孢伞 *G. mniophila* (Lasch) Karsten 及假拟提灯藓盔孢伞 *G. pseudomniophila* Kühner 亲缘关系较近,但本种担孢子表面近光滑,而后两者担孢子表面具有明显疣突。

2.2.5 泡孢盔孢伞 图 1E, 图 2E, 图 3E

Galerina physospora Singer, in Singer & Digilio, Lilloa 25: 381 (1952) [1951]

担子体小型,黄褐色至褐色,钟形至斗笠形,中央有乳状突起或尖突,表面具有明显条纹。菌肉薄,乳黄色。菌褶稀疏,不等长,弯生至近延生,与菌盖同色。菌柄中生或略偏生,圆柱形,黄色至黄褐色,颜色向下渐深,基部褐色或黑褐色,幼时上部具有明显白色微绒毛,老后或干后消失,脆骨质,空心。

担孢子 7.8–10.4(11.5)×4.6–5.8 μm , $Q=1.5$ –1.8,椭圆形至长椭圆形,淡黄褐色至褐色,具有明显的细密疣突,被孢鞘,具明显的脐上光

滑区。担子长棍棒状,具4或2小梗。缘生囊状体 $16-29 \times 8-16 \mu\text{m}$,宽棍棒状或近泡囊状。侧生囊状体 $68-105(125) \times 9-16 \mu\text{m}$,近梭形或长颈烧瓶形,基部稍膨大,淡黄褐色。柄生囊状体 $52-83 \times 6-10 \mu\text{m}$,长棍棒状,位于菌柄上部。菌盖表皮菌丝平伏型,泡囊状细胞直径 $9-24 \mu\text{m}$ 。以上各部位均具锁状联合。

生境:春季群生于阔叶林中腐木上。

世界分布:阿根廷、美国和圣多美。

国内分布:广西。

研究标本:广西:HMJAU59078、59079,河池市环江毛南族自治县木论国家级自然保护区,图力古尔、刘晓亮,2020年4月27日。

讨论:Smith & Singer (1964)和 Horak *et al.* (1996)对本种进行了详细的描述,样品均采自高海拔地区(1 300–1 600 m)腐木上,其发生季节在春季或夏初(4–6 月份),具有明显条纹,几乎覆盖整个菌盖,中央部位具乳突或尖突,菌柄黄褐色、褐色。担孢子褐色,表面粗糙具明显疣突,脐上光滑区明显,被孢鞘。

标本采自早春季节,但采集地海拔高度仅在600 m左右,与Smith & Singer (1964)和 Horak *et al.* (1996)的描述相比,侧生囊状体数据明显较大 $68-105(125) \times 9-16 \mu\text{m}$,且 Smith & Singer (1964)和 Horak *et al.* (1996)描述本种无柄生囊状体,但在本研究材料中,菌柄上部表皮菌丝观察到长颈烧瓶状的柄生囊状体,其他形态特征描述与两者描述相符,出现这一差异的原因可能为,根据 Smith & Singer (1964)和 Horak *et al.* (1996)的描述本种担子体幼时具有明显菌幕,上部有白色微绒毛,但很快消失。

系统发育树中本种聚类在类脆锈伞亚属分支中,但由于其明显异于该属其他物种的缘生囊状体,使其所在分支具有较长的遗传距离。

2.2.6 假拟提灯藓盔孢伞 图 1F,图 2F,图 3F
Galerina pseudomniophila Kühner, Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 88(2): 152 (1973) [1972]

担子体小型,钟形至近斗笠形,中部稍突起,黄褐色至褐色,边缘颜色稍浅呈淡黄色或苍白色,具条纹。菌肉薄,污白色,无特殊气味。菌褶稍稀疏,淡黄色至褐色,直生至弯生。菌柄圆柱形,淡黄色至淡黄褐色,脆骨质,具白色细小绒毛。

担孢子 $8.8-11.8 \times 5.3-6.5 \mu\text{m}$, $Q=1.7-2.0$,近杏仁形或长椭圆形,淡黄色至黄褐色,表面有疣突,脐上光滑区明显。担子棍棒状,具4(2)小梗。缘生囊状体 $25-46 \times 6-10 \mu\text{m}$,长颈瓶状,顶端圆头状,基部一侧膨出。菌盖表皮菌丝平伏型,表面具不明显结瘤。以上各部位均具锁状联合。

生境:散生于针阔叶混交林中苔藓层上。

世界分布:奥地利、冰岛、法国、挪威、西班牙和英国。

国内分布:黑龙江。

研究标本:黑龙江:HMJAU59080,伊春市汤旺河国家森林公园,刘晓亮,2020年9月5日。

讨论:假拟提灯藓盔孢伞生于低海拔泥炭藓、拟提灯藓等潮湿苔藓层上,最初作为拟提灯藓盔孢伞 *G. mniophila* 一个变型,后被 Kühner 提升为独立的种。与提灯藓盔孢伞相比两者的生境和宏观形态都极为相似,Kühner (1972)根据菌盖颜色及囊状体形状来加以区分。假拟提灯藓盔孢伞菌盖颜色偏黄,囊状体略小于拟提灯藓盔孢伞,且囊状体顶端膨大明显,Bon (1992)支持 Kühner 的观点认为囊状体是区分2种的最重要特征。后 Watling (1993)提出两者担孢子大小也存在差异,系统发育学结果验证了形态学鉴定的准确性。

2.2.7 萨列里盔孢伞 图 1G,图 2G,图 3G
Galerina sahleri (Quél.) Kühner, Beitr. Kryptfl. Schweiz 10 (no. 3): 136 (1948)

担子体极小型,近钟形或近斗笠状,黄棕色至棕色,边缘有短条纹,水浸状。菌肉薄,淡褐色。菌褶较疏,不等长,直生至弯生,淡

黄褐色至棕褐色。菌柄圆柱形，淡黄褐色，向基部颜色渐深至棕褐色，菌柄中部表面具白色粉霜状附属物，脆骨质，空心。

担孢子 $9.9\text{--}13.5(14.3)\times 4.9\text{--}7.2(8.0)\ \mu\text{m}$ ， $Q=1.6\text{--}2.0$ ，长椭圆形或近杏仁形，淡黄棕色或黄褐色，表面近光滑。担子棍棒状，具4(2)个小梗。缘生囊状体 $28\text{--}53\times 7\text{--}10\ \mu\text{m}$ ，长颈烧瓶状，头部稍膨大，钝圆，基部略膨大。无侧生囊状体。菌盖表皮菌丝平伏型，淡黄褐色，表面具颗粒状结晶或结痂。以上各部位均具锁状联合。

生境：散生于腐烂树桩苔藓层上。

世界分布：瑞典、英国。

国内分布：吉林。

标本：HMJAU59081，吉林省延吉市二道白河长白山老山门，图力古尔、刘晓亮，2019年7月11日。

讨论：本种与同亚属的帆孢盔孢伞 *G. calyptrata* 及苔藓盔孢伞 *G. hypnorum* 在宏观形态上极其相似，但苔藓盔孢伞担孢子表面具有疣突，可以与本种区分；帆孢盔孢伞担孢子表面包被膜状附属物，同时具有明显的纹饰，且担子顶端明显膨大，宽 $10\text{--}12\ \mu\text{m}$ ，也与本种区别明显，结合系统发育树，萨列里盔孢伞与苔藓盔孢伞具有一定的遗传距离，验证了形态学鉴定结果。

2.2.8 胫囊盔孢伞 图 1H，图 2H，图 3H
Galerina tibii cystis (G.F. Atk.) Kühner, Encyclop. Mycol. 7: 176 (1935)

担子体小型，近半球形至近凸透镜形或近斗笠状，黄棕色至淡棕褐色，具条纹。菌肉薄，淡黄褐色。菌褶不等长，直生至弯生，与菌盖同色。菌柄圆柱形，淡黄褐色，菌柄上部表面具白色纤维状附属物，脆骨质，空心。

担孢子 $8.2\text{--}11.3(12.3)\times 5.3\text{--}6.0(7.0)\ \mu\text{m}$ ， $Q=1.5\text{--}1.9$ ，椭圆形至长椭圆形或近杏仁形，淡黄棕色或黄褐色，表面具有明显的密集疣突，无明显脐上光滑区。担子棍棒状，具4(2)小梗。缘生囊状体 $38\text{--}64\times 8\text{--}12\ \mu\text{m}$ ，胫骨状，头部明显膨

大。无侧生囊状体。柄生囊状体 $29\text{--}53\times 7\text{--}10\ \mu\text{m}$ ，棍棒状，头部明显膨大。菌盖表皮菌丝平伏型，表面具分散的结痂。以上各部位均具锁状联合。

生境：散生于苔藓层上。

世界分布：丹麦、美国、日本、瑞典和英国。

国内分布：内蒙古。

标本：HMJAU59082，内蒙古呼伦贝尔市根河市伊克萨玛国家森林公园，刘晓亮，2019年8月24日。

讨论：本种为北半球广布种，常生于泥炭藓苔藓层上。宏观形态上与类胫囊盔孢伞 *G. tibii formis* A.E. Wood 及泥炭藓生盔孢伞 *G. sphagnorum* (Pers.) Kühner 易混淆，根据 Wood (2001)描述，类胫囊盔孢伞菌柄无明显纤维状附属物，具有较小的缘生囊状体 $20\text{--}42\times 3\text{--}9\ \mu\text{m}$ ，且担孢子表面更光滑。而泥炭藓生盔孢伞无柄生囊状体，可与本种明显区分。

在系统发育树中本种与杂种盔孢伞 *G. hybrida* Kühner 聚类在同一分支上，形成胫囊组 Sect. *Tibii cystis*，该组缘生囊状体顶端明显膨大，基部膨大不明显，呈胫骨状。

2.3 分子系统发育学结果与分析

根据下载序列 (Gulden *et al.* 2005)，以 *Naucoria salicis* P.D. Orton 为外类群构建系统发育树，最大似然法与贝叶斯法所得树形相同 (图 4)，73 条下载序列 (1 条为外类群) 与 21 条自测序列 (表 1) 聚为 5 个主要分支，分别对应盔孢伞 4 个亚属 Subgen. *Galerina*、类脆锈伞亚属 Subgen. *Naucoriopsis*、类假脐菇亚属 Subgen. *Tubariopsis* 和类小菇亚属 Subgen. *Mycenopsis*。验证了 Gulden (2010) 关于盔孢伞属的属下分类系统，且各新记录种的序列与各自下载序列聚为一支，并获得较高支持率。

在盔孢伞亚属分支中的物种担孢子均具有明显疣突，脐上光滑区明显，缘生囊状体明显长颈瓶状，各部位均具有锁状联合的特点。阿氏盔孢伞 *G. atkinsoniana*、沟条盔孢伞 *Galerina*

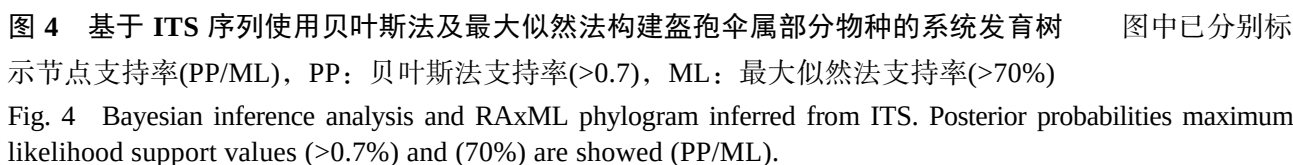


表 1 系统发育分析中自测和 GenBank 下载的 ITS 序列信息

Table 1 Sequences downloaded from GenBank and newly generated sequences obtained in phylogenetic analysis

物种 Species	序列号 GenBank No.	标本号 Voucher	地区 Region
<i>G. allospora</i> A.H. Sm. & Singer	AJ585452	O 73460	Scotland
<i>G. arctica</i> (Singer) Nezdoym.	AJ585442	O 73198	Greenland
<i>G. atkinsoniana</i> A.H. Sm	AJ585482	O 73217	Greenland
<i>G. atkinsoniana</i>	AJ871572	O 73448	—
<i>G. atkinsoniana</i>	AJ585482	O 73217	Greenland
<i>G. atkinsoniana</i>	OL653164	HMJAU59089	China
<i>G. atkinsoniana</i>	OL653165	HMJAU59090	China
<i>G. atkinsoniana</i>	OL653166	HMJAU59091	China
<i>G. atkinsoniana</i>	AJ585479	O 73459	Scotland
<i>G. badipes</i>	OL653151	HMJAU59066	China
<i>G. badipes</i>	MZ318295	#18317102	USA
<i>G. calyptrata</i>	AJ585466	O 73454	France
<i>G. calyptrata</i>	OL653152	HMJAU59069	China
<i>G. calyptrata</i>	OL653153	HMJAU59071	China
<i>G. calyptrata</i>	AJ585465	O 73449	Germany
<i>G. cephalotricha</i> Kühner	AJ585462	O 154146	Norway
<i>G. clavata</i> (Velen.) Kühner	AJ585436	O 72166	Denmark
<i>G. clavata</i>	OL653154	HMJAU59085	China
<i>G. clavata</i>	AJ585437	O 50544	Svalbard
<i>G. fallax</i> A.H. Sm. & Singer	AJ585449	O 73450	Germany
<i>G. fallax</i>	AJ585451	O 154355	Norway
<i>G. fallax</i>	AJ585450	O 154451	Norway
<i>G. fibrillosa</i> A.H. Sm.	AJ585473	MICH 40850	USA
<i>G. harrisonii</i> (Dennis) Bas & Vellinga	AJ585463	O 50711	Norway
<i>G. hybrida</i>	AJ585444	O 73458	France
<i>G. hybrida</i>	AJ585445	O 73452	Germany
<i>G. hypnorum</i>	AJ585467	O 73206	Greenland
<i>G. hypnorum</i>	AJ585469	MICH 46292	USA
<i>G. hypnorum</i>	AJ585468	O 154362	Norway
<i>G. hypnorum</i>	AJ585470	MICH 46302	USA
<i>G. jaapii</i>	OL653149	HMJAU59072	China
<i>G. jaapii</i>	AJ585504	O 50658	Norway
<i>G. laevis</i> (Pers.) Singer	AJ585440	O 71160	Norway
<i>G. laevis</i>	AJ585439	O 70903	Norway
<i>G. lubrica</i> A.H. Sm.	AJ585471	O 154034	Norway
<i>G. lubrica</i>	AJ871572	O 73455	France
<i>G. lubrica</i>	AJ585472	O 73455	France
<i>G. luteolosperma</i> A.H. Sm. & Singer	AJ585453	O 154076	Norway
<i>G. marginata</i>	AJ585498	O 71328	Norway
<i>G. marginata</i>	AJ585500	O 72427	USA
<i>G. marginata</i>	AJ585497	O 300011	USA
<i>G. marginata</i>	OL653162	HMJAU59087	China
<i>G. marginata</i>	OL653163	HMJAU59088	China
<i>G. marginata</i>	AJ585402	O 72429	USA

待续

续表 1

<i>G. minima</i> (Peck) A.H. Sm. & Singer	AJ585483	O 73468	Greenland
<i>G. minima</i>	AJ585489	O 73467	Greenland
<i>G. mniophila</i> (Lasch) Kühner	AJ585457	O 50679	Norway
<i>G. mniophila</i>	AJ585458	O 50545	Svalbard
<i>G. mniophila</i>	AJ585460	O 73175	Greenland
<i>G. mniophila</i>	AJ585459	O 60574	Norway
<i>G. mniophila</i>	AJ585461	MICH 29880	USA
<i>G. mniophila</i>	AJ585456	O 154072	Norway
<i>G. nana</i> (Petri) Kühner	AJ585490	O 153723	Norway
<i>G. paludosa</i>	AJ585448	O 153987	Norway
<i>G. paludosa</i>	AJ585446	O 153974	Norway
<i>G. paludosa</i>	OL653158	HMJAU59076	China
<i>G. paludosa</i>	AJ585447	O 73462	Estonia
<i>G. physospora</i>	KX017204	DED 8206	Africa
<i>G. physospora</i>	OL653150	HMJAU59078	China
<i>G. pruinatipes</i> A.H. Sm.	AJ585509	MICH 29836	USA
<i>G. pruinatipes</i> A.H. Sm.	AJ585510	O 73438	France
<i>G. pseudobadipes</i>	AJ585432	O 50547	Norway
<i>G. pseudocamerina</i> Singer	AJ585508	O 73481	Germany
<i>G. pseudocerina</i> A.H. Sm. & Singer	AJ585432	O 50547	Svalbard
<i>G. pseudomniophila</i>	OL653160	HMJAU59080	China
<i>G. pseudomycenopsis</i>	AJ585503	O 73464	USA
<i>G. pseudomycenopsis</i>	AJ585501	O 50526	Svalbard
<i>G. pumila</i>	AJ585476	O 73067	Greenland
<i>G. pumila</i>	AJ585477	O 73440	Germany
<i>G. pumila</i>	KY230503	HMJAU35977	China
<i>G. sahleri</i>	OL653159	HMJAU59081	China
<i>G. salicicola</i> P.D. Orton	AJ585493	K 99448	UK
<i>G. semilanceata</i> (Peck) A.H. Sm. & Singer	OL653161	HMJAU59086	China
<i>G. sideroides</i>	KT008365	CBS 162.46	France
<i>G. sphagnorum</i> (Pers. : Fr.) Kühner	AJ585455	O 154094	Norway
<i>G. sphagnorum</i>	AJ585454	O 70913	Norway
<i>G. stordalii</i> A.H. Sm.	AJ585435	O 154169	Norway
<i>G. stordalii</i>	AJ585434	O 154179	Norway
<i>G. stylifera</i>	MF954845	UBC F-29455	Canada
<i>G. stylifera</i>	OL653169	HMJAU59094	China
<i>G. tibiicystis</i>	OL653155	HMJAU59082	China
<i>G. tibiicystis</i>	AJ585443	O 72930	Norway
<i>G. triscopa</i> (Fr.) Kühner	OL653156	HMJAU59083	China
<i>G. triscopa</i>	OL653157	HMJAU59084	China
<i>G. triscopa</i>	AJ585491	O 73453	France
<i>G. variibasidia</i> T. Bau & X.L. Liu	MZ048310	HMJAU58768	China
<i>G. variibasidia</i>	MZ048311	HMJAU58769	China
<i>G. variibasidia</i>	MZ048312	HMJAU58770	China
<i>G. vittiformis</i> (Fr.) Singer	AJ585487	O 154565	Norway
<i>G. vittiformis</i>	AJ585484	O 7312	Greenland
<i>G. vittiformis</i>	OL653167	HMJAU59092	China
<i>G. vittiformis</i>	OL653168	HMJAU59093	China
<i>G. vittiformis</i>	AJ585485	O 73469	Greenland
<i>Naucoria salicis</i> P.D. Orton	MK880528	707250	New Zealand

vittiformis 及多形担子盔孢伞 *G. variibasidia* 均聚类在这一分支当中, 三者在生境及宏观形态上具有很高的相似度, 但多形担子盔孢伞的担子具有长披针状、分叉状的担子小梗(Liu & Bau 2021), 前两者为正常担子小梗。阿氏盔孢伞曾被作为沟条盔孢伞的一个变种, Smith (1953)将其提升为一个独立的种, 根据原始描述两者区别在于阿氏盔孢伞担子 2 小梗, 沟条盔孢伞担子具有 2 或 4 小梗, 但在之后的研究中发现阿氏盔孢伞同样具有 4 小梗担子(Wood 2001; Gulden 2010), 两者主要区别在于沟条盔孢伞具有盖生囊状体, 且盖皮菌丝具有明显结痂。

类脆锈伞亚属分支中大多数物种生于腐木上或腐木苔藓层上, 且具有明显的膜质菌环, 该分支中的物种多具有毒性。迦佩盔孢伞 *G. jaapii* 是该分支中唯一生于泥炭藓苔藓层中的物种, 虽与其他物种生长基物不同, 但其膜质菌环明显, 这与其他生于苔藓层上的物种具有明显的差异。纹缘盔孢伞 *G. marginata*、泡泡盔孢伞 *G. physospora* 与假类小菇盔孢伞聚类一个分支上, 但泡泡盔孢伞形成一个单独的次级分支且遗传距离较长(1/100), 这一结果在显微结构上有很好的证明, 泡泡盔孢伞缘生囊状体与其他两个种缘生囊状体有明显的差异, 呈明显泡囊状, 而纹缘盔孢伞及假类小菇盔孢伞缘生囊状体为烧瓶状。多形盔孢伞 *G. triscopa* 因其胫骨状的囊状体被 Bon (1992)划分至胫囊组 Sect. *Tibiicystidiae*, 但在由 Gulden *et al.* (2005)基于 ITS 构建的系统发育树及本研究的系统发育树中, 该种均聚类在类脆锈伞亚属分支, 是该分支中唯一膜质菌环不明显的物种, 且自测序列与下载序列聚为一支, 支持率较高(1/97)。

在类假脐菇亚属分支中, 棒囊盔孢伞 *G. clavata*、半矛盔孢伞 *G. semilanceata* 等物种构成 Clade 1, 为类假脐菇亚属下的类假脐菇组 Sect. *Tubariopsis*, 该组中各物种的显微结构均无锁状

联合。胫囊盔孢伞 *G. tibiicystis* 与杂种盔孢伞 *G. hybrida* 构成一支遗传距离较长的独立分支 Clade 2, 此分支为类假脐菇亚属下的胫囊组 Sect. *Tibiicystis* (=Sect. *Tibiicystidiae*), 胫囊盔孢伞与杂种盔孢伞均具有顶端明显膨大的胫骨状囊状体, 且两者显微结构各部位均具有锁状联合。胫囊盔孢伞与下载序列聚集在同一分支, 并获得较高支持率(1/100), 验证形态学鉴定结果。

在类小菇亚属中存在 2 个主要分支: Clade 3 和 Clade 4。其中 Clade 3 由纹柄盔孢伞 *G. stylifera*、铁盔孢伞 *G. sideroides*、小盔孢伞 *G. pumila* 及假褐柄盔孢伞 *G. pseudobadipes* 组成。这一分支分类地位较为特殊, Kühner (1972)根据各物种的生境将这 4 个物种划分至人类脆锈伞亚属下的纹柄组 Sect. *Styliferae* 中, 但在其后的研究中发现铁盔孢伞、小盔孢伞等的生境并不局限于腐木及枯枝落叶层, 这 4 个物种在沙、草地和苔藓层均有分布(Wood 2001; Gulden 2010; 李玉婷和图力古尔 2017), 且根据显微结构的观察, 类脆锈伞亚属物种均具有丰富的侧生囊状体, 且担孢子表面具有明显的疣突纹饰, 部分种类被孢鞘, 而 Clade 3 中的物种均无侧生囊状体, 且担孢子表面近光滑, 弱拟糊精质, 根据这些特征, 这 4 个物种应划分至纹柄组, 但应从类脆锈伞亚属中移出归入类小菇亚属中。

Clade 4 由苔藓盔孢伞 *G. hypnorum*、假色盔孢伞 *G. fallax* 等物种构成, 为类小菇组 Sect. *Mycenopsis*。萨列里盔孢伞 *G. sahleri* 与苔藓盔孢伞 *G. hypnorum* 聚为一支, 但与苔藓盔孢伞具有一定的遗传距离, 两者显微结构上具有明显的差异, 因此将其定为萨列里盔孢伞。假拟提灯藓盔孢伞 *G. pseudomniophila* 与亲缘关系较近的提灯藓盔孢伞 *G. mniophila* 在宏观形态与显微结构上具有较高相似度, 在系统发育树中两者形成姊妹类群, 且具有较高的支持率, 验证了形态学鉴定结果。沼泽盔孢伞 *G. paludosa* 与 3 条下载序

列聚类在同一分支，且获得很高的支持率(1/100)，验证形态学鉴定结果。两条帆孢盔孢伞 *G. calyptrata* 自测序列与下载序列聚为一支，支持率较高(1/91)，支持形态学鉴定结果。

[REFERENCES]

- Atkinson GF, 1918. The Genus *Galerula* in North America. Proceedings of the American Philosophical Society, 57(5): 357-374
- Bau T, Bao HY, Li Y, 2014. A revised checklist of poisonous mushrooms in China. Mycosystema, 33(3): 517-548 (in Chinese)
- Bau T, Zhang H, 2012. Strophariaceae of China (VI): *Galerina*. Journal of Fungal Research, 10(2): 72-96 (in Chinese)
- Bi ZS, Zheng GY, Li TH, 1994. Macrofungus flora of Guangdong province. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. 1-879 (in Chinese)
- Blume CL, 1825. Bjjdrogen tot de Flora Van Nederlandich Indie, Batavia. 1-1169
- Bon M, 1992. Clé monographique des espèces Galero-Naucorioides. Documents Mycologiques, 21(84): 1-89
- Earle FS, 1909. The genera of the North American gill fungi. Bulletin of the New York Botanical Garden, 5: 373-451
- Enjalbert F, Cassanas G, Rapior S, Renault C, Chaumont JP, 2004. Amatoxins in wood-rotting *Galerina marginata*. Mycologia, 96: 720-729
- Fries EM, 1821. Systema mycologicum, sistens fungorum ordines, genera et species huc usque cognitatas, quas ad normam methodi naturalis determinavit, disposuit atque descripsit: Vol. II. Sect. 2. Gryphiswaldiae, Mauritius. 1-620
- Grzesiak B, Wolski GJ, 2015. Bryophilous species of the genus *Galerina* in peat bogs of central Poland. Herzogia, 28: 607-623
- Gulden G, 1987. The genus *Galerina* on Svalbard. Arctic and Alpin Mycology II, 177-204
- Gulden G, 2010. *Galerinas* in cold climates. North American Fungi, 5: 127-157
- Gulden G, Hallgrmsson H, 2000. The genera *Galerina* Earle and *Phaeogalera* Kühner (Basidiomycetes, Agaricales) in Iceland. Acta Botanica Islandica, 13: 3-54
- Gulden G, Stensrud O, Shalchian-Tabrizi K, Kauserud H, 2005. *Galerina* Earle: a polyphyletic genus in the consortium of dark-spored agarics. Mycologia, 97: 823-837
- Hawksworth DL, Kirk PM, Sutton BC, Pegler DN, 1995. Anisworth & Bisby's dictionary of the fungi: 8th edition. CABI, Wallingford. 1-1616
- Horak E, Desjardin DE, Hemmes DE, 1996. Agaricales of the Hawaiian Island; 3 the genus *Galerina* and selected other brown-spored agarics. Mycologia, 88(2): 278-294
- Horak E, Miller OKJ, 1992. *Phaeogalera* and *Galerina* in arctic-subarctic Alaska (U.S.A.) and the Yukon Territory (Canada). Canadian Journal of Botany, 70: 414-433
- Karsten PA, 1879. Rysslands, Finlands och den Skandinaviska halföns Hattsvampar. Vol. 1. Skifsvampar. Bidrag Kännedom Finlands Natur Folk, 32: 1-571
- Khan J, Kiran M, Jabeen S, Sher H, Khalid AN, 2017. *Gymnopilus penetrans* and *G. swaticus* sp. nov. (Agaricomycota: Hymenogastraceae); a new record and a new species from northwest Pakistan. Phytotaxa, 312(1): 60-70
- Kirk PM, Cannon PF, David JC, 2001. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 9th ed. CABI, Wallingford. 1-655
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA, 2008. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi: 10th edition CABI, Wallingford. 1-771
- Kühner R, 1935. Le genre *Galera* (Fr.) Quélet. Paul Lechevalier, Paris. 1-240
- Kühner R, 1972. Agaricales de la zone alpine. Genres *Galera* Earle et *Phaeogalera* gen. nov. Bulletin de la Société Mycologique de France, 88: 41-153
- Kühner R, Romagnesi H, 1953. Flor analytique des champignons supérieurs (Afarics, Boletes, Chanterelles). Masson & Cie, Paris. 1-556
- Kummer P, 1871. Der Führer in die Pilzkunde. E. Luppe, Zerst. 1-146
- Landry B, Whitton J, Bazzicalupo AL, Ceska O, Berbee ML, 2021. Phylogenetic analysis of the distribution of deadly amatoxins among the little brown mushrooms of the genus *Galerina*. PLoS One, 16(2): e0246575
- Li Y, Li TH, Yang ZL, Bau T, Dai YC, 2015. Atlas of Chinese macrofungal resources. Central Chinese Farmer Press, Zhengzhou. 1-1351 (in Chinese)
- Li YT, Bau T, 2017. Three species of *Galerina* new to China. Mycosystema, 36(9): 1299-1304 (in Chinese)
- Liu XL, Bau T, 2021. A new species of *Galerina* (Hymenogastraceae, Agaricales) from northeast China. Phytotaxa, 524(1): 27-36
- Mao XL, 2000. The macrofungi in China. Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. 1-719 (in Chinese)
- Matheny PB, Curtis JM, Hofstetter V, 2006. Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. Mycological Progress, 98: 982-995
- Moreau PA, Rochet J, Stephane W, Peintner U, Manzi S, Courtecuisse R, Gardes M, 2013. Agarics of alders 2-three new species of *Alnicola* (Agaricales, Hymenogastraceae) with a key to species associated with

- Alnus alnobetula* in Europe. *Cryptogamie Mycologie*, 34(2): 149-173
- Moser M, 1983. Keys to agarics and boleti (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales). In: Geoffrey Kibby (ed.) Roger Phillips, London. 1-535
- Murrill WA, 1917. Agaricales, Agaricaceae, Agariceae, subtribe Pluteanae. *North American Flora*, 10: 145-226
- Noordeloos M, Gulden G, 1992. Studies in the genus *Galerina* from the Shefferville area on the Quebec- Labrador Peninsula, Canada. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 14(4): 625-639
- Ronquist F, Huelsenbeck JP, 2003. MrBayes 3: bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, 19: 1572-1574
- Smith AH, 1953. New species of *Galerina* from North America. *Mycologia*, 45: 892-925
- Smith AH, Singer R, 1955. New species of *Galerina*. *Mycologia*, 47(4): 557-596
- Smith AH, Singer R, 1964. A monograph on the genus *Galerina* Earle. Hafner Publishing Company, New York. 1-384
- Stamatakis A, 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, 30: 1312-1313
- Tedersoo L, Smith ME, 2013. Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews*, 27: 83-99
- Watling R, 1993. NM Gregory. Cortinariaceae p.p. In: Henderson DM, Orton PD, Watling Reds (eds). *British fungus flora agarics and boleti* 7. Royal Botanical Garden, Edinburgh. 1-131
- Wood AE, 2001. Studies in the genus *Galerina* (Agaricales) in Australia. *Australia Systematic Botany*, 14(4): 615-676
- 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: 1-76
- Yan JQ, Bau T, 2017. New and newly recorded species of *Psathyrella* (Psathyrellaceae, Agaricales) from Northeast China. *Phytotaxa*, 321(1): 139-150
- Zhang H, Bau T, 2012. New records of *Galerina* collected from Changbai Mts. in China. *Mycosystema*, 38(1): 55-61 (in Chinese)
- Zhang H, Fan YG, Bau T, 2012. Two new records of the genus *Galerina* collected from Tibet, China. *Journal of Northeast Forestry University*, 40(5): 134-136 (in Chinese)

[附中文参考文献]

- 毕志树, 郑国扬, 李泰辉, 1994. 广东大型真菌志. 广州: 广东科技出版社. 1-879
- 李玉, 李泰辉, 杨祝良, 图力古尔, 戴玉成, 2015. 中国大型菌物资源图鉴. 郑州: 中原农民出版社. 1-1351
- 李玉婷, 图力古尔, 2017. 盔孢伞属三个中国新记录种. *菌物学报*, 36(9): 1299-1304
- 卯晓岚, 2000. 中国大型真菌. 郑州: 河南科学技术出版社. 1-719
- 图力古尔, 包海鹰, 李玉, 2014. 中国毒蘑菇名录. *菌物学报*, 33(3): 517-548
- 图力古尔, 张惠, 2012. 中国球盖菇科(六): 盔孢菌属. *菌物研究*, 10(2): 72-96
- 张惠, 范宇光, 图力古尔, 2012. 采自西藏的盔孢菌属中国新记录种. *东北林业大学学报*, 40(5): 134-136
- 张惠, 图力古尔, 2012. 采自吉林长白山的盔孢菌属新记录种. *菌物学报*, 38(1): 55-61