

树花科地衣四个中国新记录种

殷钰皎, 张雁云*

安徽师范大学生命科学学院, 安徽 芜湖 241000

摘要: 综合形态、化学和分子系统发育研究, 对采自安徽省的树花科地衣开展分类学研究, 发现了4个中国新记录种, 即网状杆孢衣 *Bacidia areolata*、覆粉杆孢衣 *Bacidia suffusa*、阿巴拉契亚蜡盘衣 *Biatora appalachensis* 和球顶树花 *Ramalina sphaerophora*。施氏杆孢衣 *Bacidia schweinitzii*、普氏蜡盘衣 *Biatora printzenii*、鳞片树痂衣 *Phyllopsora porphyromelaena* 和对折树花 *Ramalina conduplicans* 在安徽省首次发现。本文阐明了上述物种的系统位置, 并对4个中国新记录种进行了详细的描述, 提供了形态和解剖图片。本研究丰富了我国树花科地衣的物种多样性。

关键词: 杆孢衣属; 蜡盘衣属; 树花属; 分类学

[引用本文]

殷钰皎, 张雁云, 2026. 树花科地衣四个中国新记录种. 菌物学报, 45(3): 250182

Yin YJ, Zhang YY, 2026. Four species of the lichen family Ramalinaceae new to China. Mycosystema, 45(3): 250182

Four species of the lichen family Ramalinaceae new to China

YIN Yujiao, ZHANG Yanyun*

College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000, Anhui, China

Abstract: Based on morphological, chemical and molecular phylogenetic methods, a taxonomical study on the lichen family Ramalinaceae in Anhui Province has been carried out. *Bacidia areolata*, *Bacidia suffusa*, *Biatora appalachensis* and *Ramalina sphaerophora* are new to China. *Bacidia schweinitzii*, *Biatora printzenii*, *Phyllopsora porphyromelaena* and *Ramalina conduplicans* are found from Anhui Province for the first time. The systematic positions of the above species are detailed, and the species new to China are morphologically and anatomically described.

Keywords: *Bacidia*; *Biatora*; *Ramalina*; taxonomy

资助项目: 国家自然科学基金(32400005); 安徽省教育厅高校科学研究项目(2022AH050207)

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (32400005) and the Anhui Provincial Department of Education University Science Research Project (2022AH050207).

*Corresponding author. E-mail: 2021209@ahnu.edu.cn

Received: 2025-06-13; Accepted: 2025-07-18

树花科 Ramalinaceae C. Agardh 隶属于茶渍纲 Lecanoromycetes、茶渍目 Lecanorales, 包括 40 属 981 种(Lücking *et al.* 2017; Wijayawardene *et al.* 2022), 是地衣型真菌中物种数排名第四的科(Lücking *et al.* 2017; Kistenich *et al.* 2018)。目前, 我国已报道树花科地衣 12 属 139 种(秦起龙 2020; 魏江春 2020)。该科的关键形态特征为: 子囊盘为蜡盘型或网衣型, 子囊孢子透明无色, 常有横隔, 共生藻为绿球藻, 广泛分布于亚洲、美洲、欧洲、非洲等地(Kistenich *et al.* 2018)。

杆孢衣属 *Bacidia* De Not. 和蜡盘衣属 *Biatora* Fr. 同为树花科的壳状类群, 形态较为相似。杆孢衣属由 de Notaris (1846) 以 *Bacidia rosella* (Pers.) De Not. 为模式种建立, 该属子囊盘为网衣型, 子囊为 *Bacidia*-type, 8 孢, 子囊孢子无色透明, 具 3–4 或更多横隔(Ekman 1996; Kantvilas 2018; Gerasimova *et al.* 2021), 我国已报道 35 种(魏江春 2020)。蜡盘衣属是 Fries 以春蜡盘衣 *Biatora vernalis* (L.) Fr. 为模式种建立的, 该属的子囊盘为蜡盘型, 盘面多为黄棕色, 侧丝常黏合, 子囊为 *Bacidia*-type 或 *Biatora*-type, 8 孢, 子囊孢子无色, 窄椭圆形, 具 3–5 横隔(秦起龙 2020), 我国有 16 种(刘玉洁等 2019; 秦起龙 2020; 魏江春 2020)。

树花属 *Ramalina* Ach. 是树花科的枝状类群, 小枝实心或中空, 皮层下有具支持作用的软骨样菌丝, 一般具子囊盘或粉芽(Zhao *et al.* 2007; 付伟 2008; Gasparyan *et al.* 2017)。1935 年以前, 我国的树花属地衣主要由国外学者报道, Meyen & Flotow (1843) 最早记载了采自广东的掌树花 *Ramalina digitata* Meyen & Flot.。我国最早研究树花属地衣的学者是朱彦承, 记载了树花属 2 种(Tchou 1935)。迄今, 中国已知树花属地衣 48 种(付伟等 2008, 2009; 魏江春 2020)。

本课题组于 2021–2024 年间多次深入安徽省境内的大别山、黄山等区域开展地衣资源调查和标本采集工作, 共采集树花科地衣标本 65 份, 基于形态、化学和分子系统发育研究表明, 该区域的树花科物种多样性高, 其中相当一部分为以往研究不足的新记录物种, 包括中国新记录

种 4 个, 安徽新记录种 4 个, 极大地丰富了我国该科的物种多样性。

1 材料与方法

1.1 材料

研究标本于 2021–2024 年采集自安徽省各市县, 现存放于安徽师范大学生命科学学院植物标本馆(AHUB)。

1.2 形态学观察及地衣化学物质检测

地衣体形态特征观察和拍照在体视显微镜 OLYMPUS SZ61TR 和相机 MS60-2 下完成, 显微特征观察和拍照在正置偏光显微镜 OLYMPUS BX43 和相机 MDX10 下完成。

采用显色反应和薄层层析(TLC)方法检测地衣次生代谢产物。通过滴加 10% KOH 溶液(K)、Ca(ClO)₂ 饱和水溶液(C), 观察化学显色反应。薄层层析采用 C 溶剂系统(甲苯:乙酸=100:15, 体积比)(Orange *et al.* 2001)。

1.3 DNA 提取、PCR 扩增和测序

采用 Chelex (弱阳离子螯合树脂)法提取地衣体的基因组 DNA(殷钰皎等 2025)。PCR 扩增以 ITS1f (Gardes & Bruns 1993) 和 ITS4a (Larena *et al.* 1999) 为引物, 扩增体系总体积为 25 μ L (2 \times Trio Taq Master Mix 12.5 μ L、ddH₂O 9.5 μ L, 引物各 1 μ L, 模板 DNA 1 μ L)。扩增程序: 94 $^{\circ}$ C 预变性 5 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 15 s, 53 $^{\circ}$ C 退火 15 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min, 35 个循环; 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min, 4 $^{\circ}$ C 保存。扩增产物送至通用生物股份有限公司进行纯化和双向测序。

1.4 序列比对和系统发育分析

测序获得的双向序列首先在 NCBI 上使用 BLAST 工具进行比较分析(<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), 确定是否为地衣型真菌序列。其后, 使用 Geneious Prime 软件对双向序列进行拼接并去除两侧模糊碱基。在 GenBank 中下载了 31 条同科 ITS 参考序列以及 2 条外类群[红鳞网衣 *Psora decipiens* (Hedw.) Hoffm. 和墙壁鳞网衣 *P. vallesiaca* (Schaer.) Timdal] 序列(Kistenich *et al.* 2018)。使用 MAFFT v.7 (Katoh *et al.* 2019) 的 E-INS-i 策略进行序列比对, 最终用于建树的

矩阵有 587 个碱基位点, 保守位点(C)占 39.0%, 简约信息位点(Pi)占 47.5%。本研究采用最大似然法(maximum likelihood algorithm, ML), 使用 IQ-TREE 的在线版本(<http://iqtree.cibiv.univie.ac.at/>)构建系统发育树(Trifinopoulos *et al.* 2016), 将 ITS 划分为 ITS1、5.8S 和 ITS2 这 3 个分区, IQ-TREE 推测的各分区最适模型为 ITS1 (TIM2e+G4)、5.8S (TNe+I)、ITS2 (TNe+I+G4), 设置 1 000 次重复计算。采用 SH-aLRT (SH-aLRT support) (Guindon *et al.* 2010)、aBayes (aBayes support) (Anisimova *et al.* 2011) 和 UFBoot (Ultrafast bootstrap approximation) (Minh *et al.* 2013) 3 种方法评估各分支节点支持率, SH-aLRT $\geq 80\%$ 、aBayes ≥ 0.95 或 UFBoot $\geq 95\%$ 的分支被认为得到良好支持, 并以该次序呈现在系统发育树上(图 1)。使用 MEGA 7 可视化系统发育树, 并在 PowerPoint 中进行美化编辑。

2 结果与分析

2.1 系统发育学分析结果

本研究新测得树花科 ITS 序列 19 条, GenBank 检索号及标本采集信息见表 1, 结合 GenBank 数据库中筛选的树花科代表物种序列 31 条和 2 条外类群序列组成矩阵。系统发育分析显示, 本研究报道的新记录种均与其他区域的该种样品形成高支持的单系分支, 明确了这些物种的分子鉴定。其中, 中国新记录种网状杆孢衣 *Bacidia areolata* Gerasimova & A. Beck (支持率 99.3/1.00/100) 和覆粉杆孢衣 *B. suffusa* (Fr.) A. Schneid. (100/1.00/100) 分别与俄罗斯的该种样品聚为一支, 二种互为姐妹类群; 阿巴拉契亚蜡盘衣 *Biatora appalachensis* Printzen & Tønsberg (99.8/1.00/100) 与美国的该种样品聚为一支, 且具有相同的形态和地衣次生代谢产物; 球顶树花 *Ramalina sphaerophora* Kashiw. & K.H. Moon (97.5/1.00/100) 与韩国的该种样品聚为一支, 该分支与同分布区域的安田氏树花 *R. yasudae* Räsänen 有较近的亲缘关系。4 个安徽新记录种中, 施氏杆孢衣 *Bacidia schweinitzii* (Fr. ex E. Michener) A. Schneid. (100/1.00/100) 与美国和俄

罗斯的该类样品以高支持率聚为一支; 普氏蜡盘衣 *Biatora printzenii* Tønsberg (100/1.00/100) 与美国的该种样品形成高支持率聚类分支; 鳞片树痂衣 *Phyllopsora porphyromelaena* (Vain.) Zahlbr. (99.9/1.00/100) 与日本、马来西亚的同种样品聚为一支; 对折树花 *Ramalina conduplicans* Vain. (84.2/0.951/98) 与日本的同种样品聚为一支。上述系统发育分析结果与基于形态和化学特征的分类结果一致。

2.2 中国新记录种

2.2.1 网状杆孢衣(新拟) 图 2

Bacidia areolata Gerasimova & A. Beck, in Gerasimova, Ezhkin & Beck, Lichenologist 50(6): 616 (2018)

地衣体壳状, 连续, 龟裂或具不规则疣状突起; 表面白色至灰绿色; 无光泽; 无粉芽、裂芽和粉霜层; 前地衣体黑色。

子囊盘贴生, 圆形, 直径 0.2–1 mm; 盘面平坦或微凸, 淡粉色至淡褐色, 无粉霜; 盘缘常呈淡粉色, 颜色明显浅于盘面。果壳明显, 宽 40–70 μm , 边缘呈淡黄色至淡褐色; 子实上层浅黄色, 厚 3–5 μm ; 子实层无色或淡黄色, 厚度为 60–80 μm ; 囊层基淡黄色, 厚度为 30–40 μm ; 侧丝无色, 单一不分枝, 近棒状或在顶端略膨大, 宽约 1 μm ; 子囊呈圆柱状或棒状, 40–70 \times 6–12 μm ; 子囊孢子 35–40 \times 3–4.5 μm , 6–9 隔。分生孢子器未见。

化学: 髓层 K–, C–, KC–; TLC 未检测出地衣特征化合物。

基物: 树皮。

世界分布: 俄罗斯(Gerasimova *et al.* 2018)。中国新记录种。

引证标本: 安徽, 六安市金寨县马跌宕, 31°31'59"N, 115°26'33"E, 海拔 382 m, 山核桃树干, 2024.11.4, 张雁云等 ZYY24-1626 (AHUB2286)、ZYY24-1750 (AHUB2410)。

讨论: 本种的关键特征是地衣体龟裂或具不规则疣状突起, 前地衣体黑色, 子囊盘盘面淡粉色至淡褐色, 无粉霜, 不含地衣特征化合物。覆粉杆孢衣 *Bacidia suffusa* 与本种互为姐妹类群且形态相似, 但前者子囊盘具粉霜, 子囊孢子较长

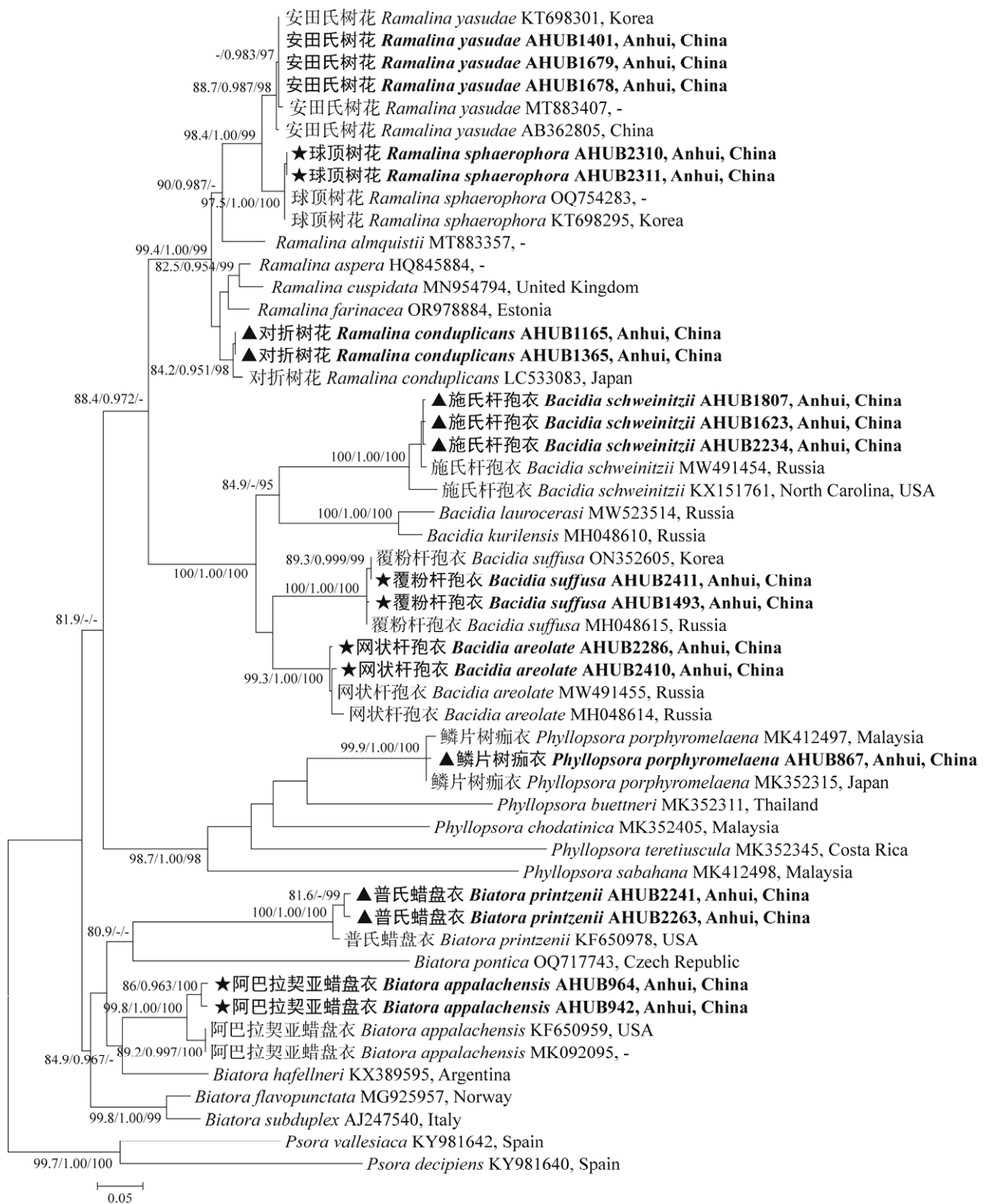


图 1 基于 ITS 序列采用最大似然法构建的系统发育树 SH-aLRT (%) ≥80、aBayes ≥0.95 或 Ultrafast bootstrap (%) ≥95 的支持率次序呈现于各分支节点附近；新生成序列用粗体表示，五角星(★)表示中国新记录种，三角形(▲)表示安徽省新记录种
 Fig. 1 Phylogenetic tree generated by maximum likelihood method based on ITS sequences. The support of SH-aLRT (%) ≥80, aBayes ≥0.95, Ultrafast bootstrap (%) ≥95 are given adjacent the nodes; Newly obtained sequences are in bold face, The pentagram (★) indicates the species new to China, and the triangle (▲) indicates the species new to Anhui Province, China.

表 1 构建系统发育树的 ITS 序列信息

Table 1 ITS sequences used to construct phylogenetic tree

种名 Species	地区 Region	凭证标本号 Voucher specimen	GenBank 登录号 GenBank accession number
网状杆孢衣 <i>Bacidia areolata</i>	俄罗斯 Russia	M-0289894	MW491455
网状杆孢衣 <i>B. areolata</i>	俄罗斯 Russia	M-0182592	MH048614
网状杆孢衣 <i>B. areolata</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1626 (AHUB)	PV761673
网状杆孢衣 <i>B. areolata</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1750 (AHUB)	PV761674
<i>B. kurilensis</i>	俄罗斯 Russia	M-0182620	MH048610
肉白杆孢衣 <i>B. laurocerasi</i>	俄罗斯 Russia	GLM-0053624	MW523514
施氏杆孢衣 <i>B. schweinitzii</i>	俄罗斯 Russia	MW491454	MW491454
施氏杆孢衣 <i>B. schweinitzii</i>	美国北卡罗来纳州 North Carolina, USA	Lendemmer 30548 (NY)	KX151761
施氏杆孢衣 <i>B. schweinitzii</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1244 (AHUB)	PV761675
施氏杆孢衣 <i>B. schweinitzii</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1421 (AHUB)	PV761676
施氏杆孢衣 <i>B. schweinitzii</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1574 (AHUB)	PV761677
覆粉杆孢衣 <i>B. suffusa</i>	韩国 Korea	KBA-L-0000359	ON352605
覆粉杆孢衣 <i>B. suffusa</i>	俄罗斯 Russia	M-0182601	MH048615
覆粉杆孢衣 <i>B. suffusa</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1114 (AHUB)	PV761678
覆粉杆孢衣 <i>B. suffusa</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1751 (AHUB)	PV761679
阿巴拉契亚蜡盘衣 <i>Biatora appalachensis</i>	美国 USA	C. Printzen 6661 (FR)	KF650959
阿巴拉契亚蜡盘衣 <i>B. appalachensis</i>	-	46585	MK092095
阿巴拉契亚蜡盘衣 <i>B. appalachensis</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY21-39 (AHUB)	PV761680
阿巴拉契亚蜡盘衣 <i>B. appalachensis</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY21-61 (AHUB)	PV761681
<i>B. flavopunctata</i>	挪威 Norway	O: L 176866	MG925957
<i>B. hafellneri</i>	阿根廷 Argentina	Pamela Rodriguez Flakus 3038 & Adam Flakus (FR)	KX389595
<i>B. pontica</i>	捷克 Czech Republic	RA-Vondrak25911	OQ717743
普氏蜡盘衣 <i>B. printzenii</i>	美国 USA	C. Printzen 6837 (BG)	KF650978
普氏蜡盘衣 <i>B. printzenii</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1581 (AHUB)	PV761682
普氏蜡盘衣 <i>B. printzenii</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1603 (AHUB)	PV761683
<i>B. subduplex</i>	意大利 Italy	coll. Printzen 2683 (Printzen)	AJ247540
布特氏树痂衣 <i>Phyllopsora buettneri</i>	泰国 Thailand	Wolseley, P. & Kanajriavanit, S. s. n. (BM: 1104011)	MK352311
<i>P. chodatunica</i>	马来西亚 Malaysia	Paukov, A. 2232 (B)	MK352405
鳞片树痂衣 <i>P. porphyromelaena</i>	马来西亚 Malaysia	Paukov, A. 2233 (B)	MK412497
鳞片树痂衣 <i>P. porphyromelaena</i>	日本 Japan	Thor, G. 21238 (UPS)	MK352315
鳞片树痂衣 <i>P. porphyromelaena</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY22-1013 (AHUB)	PV761684
<i>P. sabahana</i>	马来西亚 Malaysia	Paukov, A. 2229 (B)	MK412498
<i>P. teretiuscula</i>	哥斯达黎加 Costa Rica	Hafellner & Emmerer 1490 (GZU)	MK352345
<i>Psora decipiens</i>	西班牙 Spain	PS_DECIP	KY981640
<i>P. vallesiaca</i>	西班牙 Spain	S5A_VALLE	KY981642

(待续)

(续表 1)

种名 Species	地区 Region	凭证标本号 Voucher specimen	GenBank 登录号 GenBank accession number
高峰树花 <i>Ramalina almqvistii</i>	-	KM14569	MT883357
粗树花 <i>R. aspera</i>	-	Hur 06-26284	HQ845884
对折树花 <i>R. conduplicans</i>	日本 Japan	personal: Hara Kojiro: 0017	LC533083
对折树花 <i>R. conduplicans</i>	中国安徽 Anhui, China	WL23-104 (AHUB)	PV761685
对折树花 <i>R. conduplicans</i>	中国安徽 Anhui, China	WL24-290 (AHUB)	PV761686
<i>R. cuspidata</i>	英国 United Kingdom	LaGreca_1421	MN954794
粉树花 <i>R. farinacea</i>	爱沙尼亚 Estonia	103	OR978884
球顶树花 <i>R. sphaerophora</i>	-	KM16109	OQ754283
球顶树花 <i>R. sphaerophora</i>	韩国 Korea	H. Moon 14048	KT698295
球顶树花 <i>R. sphaerophora</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1650 (AHUB)	PV761687
球顶树花 <i>R. sphaerophora</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1651 (AHUB)	PV761688
安田氏树花 <i>R. yasudae</i>	韩国 Korea	K. H. Moon 14083	KT698301
安田氏树花 <i>R. yasudae</i>	-	KM13483a	MT883407
安田氏树花 <i>R. yasudae</i>	中国吉林 Jilin, China	TNS: HK: 48225B	AB362805
安田氏树花 <i>R. yasudae</i>	中国安徽 Anhui, China	WL24-326 (AHUB)	PV761689
安田氏树花 <i>R. yasudae</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1299 (AHUB)	PV761690
安田氏树花 <i>R. yasudae</i>	中国安徽 Anhui, China	ZYY24-1300 (AHUB)	PV761691

注：粗体表示本研究新获得的序列

Note: Newly generated sequences are in bold.

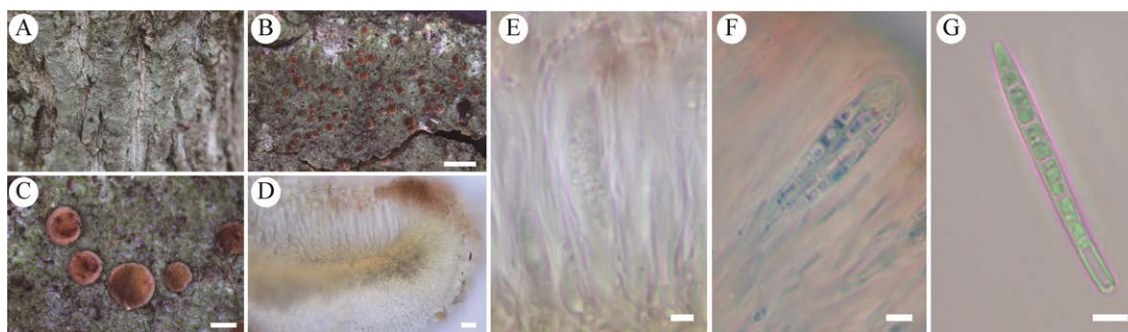


图 2 网状杆孢衣[ZYY24-1750 (AHUB2410)] A: 地衣体生境照; B: 地衣体上表面; C: 子囊盘; D: 子囊盘纵切(K试剂); E, F: 子囊及侧丝(LCB试剂); G: 子囊孢子. 标尺: B=2 mm; C=0.4 mm; D=20 μm; E-G=5 μm

Fig. 2 *Bacidia areolata* [ZYY24-1750 (AHUB2410)]. A: Thallus and habitat; B: Upper surface; C: Apothecia; D: Cross section of apothecium (K reagent); E, F: Ascus and paraphyses (LCB reagent); G: Ascospore. Bars: B=2 mm; C=0.4 mm; D=20 μm; E-G=5 μm.

(40–70 × 2.5–4 μm vs. 35–40 × 3–4.5 μm), 含黑茶渍素(atranorin) (Gerasimova *et al.* 2018)。

2.2.2 覆粉杆孢衣(新拟) 图 3

Bacidia suffusa (Fr.) A. Schneid., Guide Study Lich.: 110 (1898)

地衣体壳状, 连续, 无裂隙或龟裂状, 局部呈颗粒状; 表面灰绿色; 无光泽; 前地衣体未见。

子囊盘贴生, 圆形, 直径 0.25–8 mm; 盘面

平坦, 淡褐色, 具有白色粉霜, 幼时盘面粉霜较多, 成熟后不明显; 盘缘淡粉色至淡褐色。果壳宽 25–50 μm, 边缘呈灰褐色; 子实上层褐色至深褐色, 厚 10–15 μm; 子实层无色透明, 厚 40–70 μm; 囊层基淡褐色, 厚度为 25–40 μm; 侧丝无色透明, 单一不分枝, 宽 1–1.5 μm; 子囊柱状, 50–70 × 10–14 μm; 子囊孢子 40–70 × 2.5–4 μm, 9–14 隔; 分生孢子器未见。

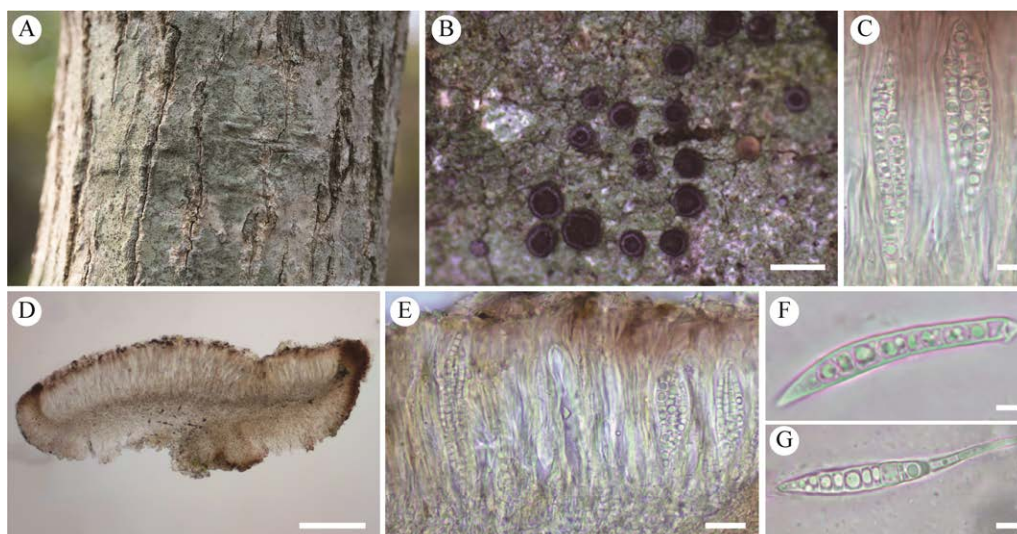


图3 覆粉杆孢衣[ZYY24-1751 (AHUB2411)] A: 地衣体生境照; B: 地衣体上表面及子囊盘; C: 子囊; D, E: 子囊盘纵切; F, G: 子囊孢子. 标尺: B=1 mm; C=5 μ m; D=100 μ m; E=20 μ m; F, G=5 μ m

Fig. 3 *Bacidia suffusa* [ZYY24-1751 (AHUB2411)]. A: Thallus and habitat; B: Upper surface and apothecia; C: Ascus; D, E: Cross section of apothecium; F, G: Ascospores. Bars: B=1 mm; C=5 μ m; D=100 μ m; E=20 μ m; F, G=5 μ m.

化学: 髓层 K+黄色, C-, KC-; TLC 检测含有黑茶渍素(atranorin)。

基物: 树皮。

世界分布: 北美洲、俄罗斯、韩国、巴基斯坦(Ekman 1996; Otte 2007; Gerasimova *et al.* 2018, 2021; Adrees *et al.* 2022; Lee & Hur 2022)。中国新记录种。

引证标本: 安徽, 六安市金寨县李家山天堂寨风景区, 31°9'22"N, 115°47'06"E, 海拔 867 m, 枳棋树干, 2024.5.19, 张雁云&殷钰皎 ZYY24-1114 (AHUB1493); 六安市金寨县马鬃岭景区南门停车场, 31°17'35"N, 115°41'19"E, 海拔 1 030 m, 树干, 2024.11.2, 张雁云等 ZYY24-1667 (AHUB2327)、ZYY24-1751 (AHUB2411)。

讨论: 覆粉杆孢衣的关键特征是子囊盘褐色, 盘面具白色粉霜。本种与 *Bacidia campalea* (Tuck.) S. Ekman & Kalb 较为相似, 地衣体表面均为无裂隙或龟裂状, 具褐色子囊盘、淡褐色囊层基, 子囊孢子大小相近, 但 *B. campalea* 地衣体表面呈浅蓝灰色, 果壳中具晶体, 除黑茶渍素外还含有泽屋蒈(zeorin) (Ekman 1996); 本种与 *B. russeola* (Kremp.) Zahlbr.具相同的地衣特征化合物, 但 *B. russeola* 子囊盘盘面无粉霜, 子囊孢子 5-9 隔, 不超过 10 隔(Ekman 1996; Lee &

Hur 2022)。

2.2.3 阿巴拉契亚蜡盘衣(新拟) 图 4

Biatora appalachensis Printzen & Tønsberg, Symb. bot. upsal. 34(no. 1): 345 (2004)

地衣体壳状, 疏松固着于基物, 连续或龟裂, 外形不规则, 蔓延状生长; 表面黄绿色, 无光泽, 具粉芽; 粉芽堆浅绿色至黄绿色, 不规则或呈球状凸起, 宽 0.5-1 mm; 前地衣体不明显。菌丝透明, 光合共生藻为绿藻。子囊盘及分生孢子器未见。

化学: 髓层 K-, C+粉色, KC+红色; TLC 检测含有三苔色酸(gyrophoric acid)。

基物: 树皮。

世界分布: 美国(Lendemer 2023)。中国新记录种。

引证标本: 安徽, 安庆市岳西县芦柴河, 31°2'18"N, 116°6'49"E, 海拔 873 m, 树干, 2022.9.20, 张雁云 ZYY22-995 (AHUB849); 安庆市岳西县包家乡鹤落坪, 30°59'03"N, 116°6'01"E, 海拔 1 162 m, 松树干, 2021.9.7, 张雁云 ZYY21-39 (AHUB942); 六安市霍山县太阳乡, 31°9'03"N, 116°10'24"E, 海拔 1 071 m, 松树干, 2021.9.8, 张雁云 ZYY21-61 (AHUB964)、ZYY21-84 (AHUB987); 六安市金寨县磨子潭

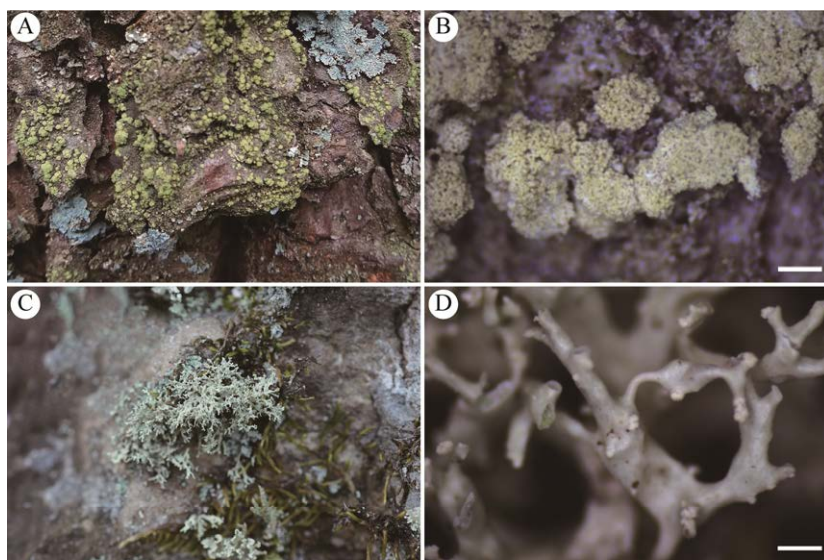


图 4 阿巴拉契亚蜡盘衣[ZYY21-61 (AHUB964)] (A, B)和球顶树花[ZYY24-1650 (AHUB2310)] (C, D) A, C: 地衣体生境照; B: 粉芽堆; D: 皮质的球形结节. 标尺: B, D=0.4 mm

Fig. 4 *Biatora appalachensis* [ZYY21-61 (AHUB964)] (A, B) and *Ramalina sphaerophora* [ZYY24-1650 (AHUB2310)] (C, D). A, C: Thallus and habitat; B: Sorelia; D: Close up of branches showing terminal semi-corticate spherical nodules. Bars: B, D=0.4 mm.

镇, 31°5'32"N, 116°12'01"E, 海拔 975 m, 树干, 2023.4.1, 汪伦 WL23-15 (AHUB1054)、WL23-43 (AHUB1082)。

讨论:本种的关键特征是具浅绿色或黄绿色凸起粉芽堆, 次生代谢产物为三苔色酸。本种与 *Biatora pontica* Printzen & Tønsberg 均具粉芽, 但 *B. pontica* 髓层遇 C 试剂和 KC 试剂呈橙黄色反应, 次生代谢产物为 asemone 和 thiophanic acid (Kukwa *et al.* 2012)。中国分布的蜡盘衣属物种中, 仅普氏蜡盘衣和阿巴拉契亚蜡盘衣具粉芽, 但普氏蜡盘衣除含三苔色酸外, 还含有阿果斯素 (argopsin) (Tønsberg 2002)。

2.2.4 球顶树花(新拟) 图 4

Ramalina sphaerophora Kashiw. & K.H. Moon, in Moon, Ahn, Han & Kashiwadani, J. Jap. Bot. 91(Suppl.): 383 (2016)

地衣体枝状至扁枝状, 基部以柄固着于基物, 灌木状丛生, 质硬, 高 0.5–2 cm; 分枝扁平但无背腹性, 粗细不均, 宽度为 0.5–1 mm, 局部中空, 膨胀, 具穿孔, 顶端渐尖, 侧生有小刺状分枝; 表面淡黄绿色, 近基部呈淡褐色, 光滑; 无粉芽, 近分枝顶端具皮质的球形结节; 子囊盘及分生孢子器未见。

化学: 髓层 K–, C–, KC–; TLC 检测含有

树花地衣酸(obtusatic acid)和松萝酸(usnic acid)。

基物: 岩石。

世界分布: 韩国(Moon *et al.* 2016)。中国新记录种。

引证标本: 安徽, 六安市金寨县 447 省道马鬃岭景区, 31°17'30"N, 115°40'59"E, 海拔 996 m, 岩石, 2024.11.2, 张雁云等 ZYY24-1650 (AHUB2310)、ZYY24-1651 (AHUB2311)。

讨论:本种的关键特征是近分枝顶端具皮质的球形结节, 无粉芽, 含有树花地衣酸和松萝酸。本种与高峰树花 *Ramalina almqvistii* Vain.形态相似, 地衣体上均有皮质结节, 且不含粉芽, 但高峰树花含有石花酸(sekikaic acid)和柔扁枝衣酸(divaricatic acid) (付伟等 2008)。本种与安田氏树花 *R. yasudae* 具有相同的地衣特征化合物, 但安田氏树花分枝较宽(3–5 mm), 具粉芽(付伟等 2008; Moon *et al.* 2016)。

2.3 安徽省新记录种

2.3.1 施氏杆孢衣(新拟)

Bacidia schweinitzii (Fr. ex E. Michener) A. Schneid., Guide Study Lich.: 110 (1898)

该种的主要特征为: 地衣体龟裂, 无前地衣体, 子囊盘面褐色至黑色, 无粉霜, 囊层基浅褐色至深褐色, 子囊孢子有较多横隔(3–15 个); 不

含地衣特征化合物。

引证标本：安徽，六安市金寨县天堂寨风景区，31°7'22"N，115°46'02"E，海拔 1 498 m，栎树干，2024.5.20，张雁云&殷钰皎 ZYY24-1244 (AHUB1623)；六安市金寨县康王寨，31°23'45"N，115°23'05"E，海拔 1 219 m，豆科树干，2024.8.3，张雁云&吴晓莹 ZYY24-1421 (AHUB1807)；六安市金寨县窝川林场，31°14'01"N，115°40'05"E，海拔 929 m，大树干，2024.11.1，张雁云等 ZYY24-1574 (AHUB2234)。

2.3.2 普氏蜡盘衣(新拟)

Biatora printzenii Tønsberg, Bryologist 105(1): 122 (2002)

该种的主要特征为：地衣体粗糙，具点状凸起的粉芽堆，直径 0.3–0.9 mm，子囊盘稀少、呈不规则圆形；含阿果斯素(argopsin)和三苔色酸(gyrophoric acid)。

引证标本：安徽，六安市金寨县窝川林场，31°14'17"N，115°40'05"E，海拔 992 m，落叶树干，2024.11.1，张雁云等 ZYY24-1581 (AHUB2241)、ZYY24-1603 (AHUB2263)。

2.3.3 鳞片树茄衣(新拟)

Phyllopsora porphyromelaena (Vain.) Zahlbr., Cat. Lich. Univers. 4: 401 (1926) [1927]
≡ *Lecidea porphyromelaena* Vain., Ann. Acad. Sci. fenn., Ser. A 15(no. 6): 113 (1921)

该种的主要特征为：地衣体鳞片状，覆瓦状排列，鳞片较小，长 0.5–2 mm，宽 0.5–1 mm，多分裂，顶端常翘起；上表面深绿色至灰绿色，无光泽，有粉霜，无粉芽和裂芽；髓层白色；下表面白色，无光泽，无假根；含阿果斯素(argopsin)。

引证标本：安徽，潜山市天柱山世界地质公园，30°44'34"N，116°27'03"E，海拔 1 403 m，松树干，2022.9.21，张雁云 ZYY22-1013 (AHUB867)；潜山市塔畈乡，31°0'09"N，116°32'26"E，海拔 549 m，岩石，2021.9.10，张雁云 ZYY21-126 (AHUB1029)；六安市金寨县天堂寨风景区，31°7'38"N，115°46'28"E，海拔 1 300 m，林下岩面，2024.5.20，张雁云&殷钰皎 ZYY24-1208 (AHUB1587)。

2.3.4 对折树花

Ramalina conduplicans Vain., Ann. bot. Soc. Zool.-Bot. fenn. Vanamo 1(no. 3): 35 (1921)

该种的主要特征为：地衣体分枝圆柱形至扁平状，假杯点表面或边缘生，无粉芽、裂芽，子囊盘常见；含松萝酸(usnic acid)和水杨嗒酸(salazinic acid)。

引证标本：安徽，安庆市岳西县包家乡，30°57'49"N，116°4'15"E，海拔 1 268 m，树干，2023.7.13，汪伦 WL23-104 (AHUB1165)；六安市金寨县天堂寨风景区，31°7'33"N，115°46'21"E，海拔 1 396 m，杜鹃树枝，2024.5.20，张雁云等 WL24-290 (AHUB1365)。

3 讨论与结论

本研究对采自安徽省的 65 份树花科地衣标本进行分类学鉴定，发现树花科地衣 4 属 9 种，其中 4 种为中国新记录种，4 种为安徽省新记录种。网杆孢衣 *Bacidia areolata* 为 2018 年发表的新种，此前世界范围内发现于俄罗斯大赫黑契尔州自然保护区(Bolshekhekhtsirskiy State Natural Reserve)海拔 160 m 的青楷槭树干上(Gerasimova *et al.* 2018)，本研究首次报道该种在中国安徽省大别山区有分布，主要生长于海拔 382–911 m 的山核桃树干表面。覆粉杆孢衣 *Bacidia suffusa* 此前报道于北美洲、俄罗斯、韩国、巴基斯坦等国家和地区(Ekman 1996; Otte 2007; Gerasimova *et al.* 2018, 2021; Adrees *et al.* 2022; Lee & Hur 2022)，本研究进一步扩大了其分布范围，在我国安徽省大别山区海拔 380–1 030 m 的山核桃或枳椇树干上亦有分布。阿巴拉契亚蜡盘衣 *Biatora appalachensis* 此前仅在美国高海拔地区有相关记录(Lendemmer 2023)，本研究发现该种在中国安徽省海拔 511–1 187 m 常绿或落叶阔叶林树干表面较为常见，表明此前我国对该属地衣的研究尚不全面。球顶树花 *Ramalina sphaerophora* 于 2016 年首次描述于韩国，其模式标本生境为海拔 5–17 m 的岩石表面(Moon *et al.* 2016)，中国发现的该物种主要分布在海拔 1 000 m 左右的岩石表面。安徽省新记录种施氏杆孢衣 *Bacidia*

schweinitzii、普氏蜡盘衣 *Biatora printzenii*、鳞片树瘤衣 *Phyllopsora porphyromelaena* 和对折树花 *Ramalina conduplicans* 广布于安徽省海拔 549–1 608 m 松属或少数阔叶树干及岩石表面。

树花科中国新记录种和安徽省新记录种的发现,填补了该科部分物种在东亚及长江中下游区域演化研究中的空白。该研究进一步丰富了中国树花科地衣的物种多样性,为我国树花科地衣研究夯实基础,并为《中国地衣志》编研提供基础资料。同时,一系列新记录种的发现也反映出该科在我国的调查覆盖范围和研究深度的不足,亟需开展深入的地衣资源调查和系统分类研究。

作者贡献

殷钰皎: 标本采集、实验及数据整理、论文撰写; 张雁云: 标本采集、实验指导、论文设计和修改。

利益冲突声明

该研究不存在任何潜在利益冲突的商业或财务关系。

[REFERENCES]

- Adrees M, Habib K, Khalid AN, 2022. *Bacidia suffusa* (Fr.) A. Schneider (Ramalinaceae), an addition to the lichen biota of Pakistan confirmed by molecular phylogeny. *Pakistan Journal of Botany*, 54(2): 731-736
- Anisimova M, Gil M, Dufayard JF, Dessimoz C, Gascuel O, 2011. Survey of branch support methods demonstrates accuracy, power, and robustness of fast likelihood-based approximation schemes. *Systematic Biology*, 60(5): 685-699
- de Notaris G, 1846. Frammenti lichenografici di un lavoro inedito. *Giornale Botanica Italiano*, 2(1): 174-224
- Ekman S, 1996. The corticolous and lignicolous species of *Bacidia* and *Bacidina* in North America. *Opera Botanica*, 127: 1-148
- Fu W, 2008. Taxonomic study on the lichen genus *Ramalina* in China. MS Thesis, Shandong Normal University, Jinan. 1-72 (in Chinese)
- Fu W, Zhao ZT, Guo SX, Guo SY, 2008. The lichen genus *Ramalina* from northeastern China. *Mycosystema*, 27(1): 91-98 (in Chinese)
- Fu W, Zhao ZT, Guo SX, Wang HY, Guo SY, 2009. An annotated checklist of the lichen genus *Ramalina* from northwestern China. *Mycosystema*, 28(1): 97-101 (in Chinese)
- Gardes M, Bruns TD, 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes—application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2(2): 113-118
- Gasparyan A, Sipman HJ, Lücking R, 2017. *Ramalina europaea* and *R. labiosorediata*, two new species of the *R. pollinaria* group (Ascomycota: Ramalinaceae), and new typifications for *Lichen pollinarius* and *L. squarrosus*. *The Lichenologist*, 49(4): 301-319
- Gerasimova JV, Ezhkin AK, Beck A, 2018. Four new species of *Bacidia* ss (Ramalinaceae, Lecanorales) in the Russian Far East. *The Lichenologist*, 50(6): 603-625
- Gerasimova JV, Ezhkin AK, Davydov EA, Beck A, 2021. Multilocus-phylogeny of the lichen-forming genus *Bacidia* s. str. (Ramalinaceae, Lecanorales) with special emphasis on the Russian Far East. *The Lichenologist*, 53(6): 441-455
- Guindon S, Dufayard JF, Lefort V, Anisimova M, Hordijk W, Gascuel O, 2010. New algorithms and methods to estimate maximum-likelihood phylogenies: assessing the performance of PhyML 3.0. *Systematic Biology*, 59(3): 307-321
- Kantvilas G, 2018. Studies on *Bacidia* (lichenized Ascomycota, Ramalinaceae) in temperate Australia, including Tasmania: saxicolous and terricolous species. *The Lichenologist*, 50(4): 451-466
- Katoh K, Rozewicki J, Yamada KD, 2019. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Briefings in Bioinformatics*, 20(4): 1160-1166
- Kistenich S, Timdal E, Bendiksby M, Ekman S, 2018. Molecular systematics and character evolution in the lichen family Ramalinaceae (Ascomycota: Lecanorales). *Taxon*, 67(5): 871-904
- Kukwa M, Lúbek A, Szymczyk R, Zalewska A, 2012. Seven lichen species new to Poland. *Mycotaxon*, 120(1): 105-118
- Larena I, Salazar O, González V, Julián MC, Rubio V, 1999. Design of a primer for ribosomal DNA internal transcribed spacer with enhanced specificity for Ascomycetes. *Journal of Biotechnology*, 75(2/3): 187-194
- Lee BG, Hur JS, 2022. A new species and four new records of *Bacidia* (Lecanorales, Ramalinaceae) from Korea, with a key to Korean species. *Mycosystema*, 93: 107-130
- Lendemer JC, 2023. Studies in lichens and lichenicolous fungi-No. 23: notes on appalachian taxa including newly reported disjunctions and multiple species new to North

- America. *Opuscula Philolichenum*, 22: 81-97
- Liu YJ, Wang LB, Dong N, Guo SY, Han LF, 2019. A newly recorded species of the lichen genus *Biatora* from China. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 39(5): 950-952 (in Chinese)
- Lücking R, Hodkinson BP, Leavitt SD, 2017. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—approaching one thousand genera. *The Bryologist*, 119(4): 361-416
- Meyen J, Flotow J, 1843. *Observationes botanicas: in itinere circum terram institutas. Opus posthumum, Sociorum Academiae curis suppletum. Academiae Caesarae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosorum*, 19(1): 231-232
- Minh BQ, Nguyen MAT, Vonhaeseler A, 2013. Ultrafast approximation for phylogenetic bootstrap. *Molecular Biology and Evolution*, 30(5): 1188-1195
- Moon KH, Ahn C, Han JE, Kashiwadani H, 2016. Two new species of *Ramalina* (Ramalinaceae, Ascomycota) from Korea. *The Journal of Japanese Botany*, 91: 376-387
- Orange A, James PW, White FJ, 2001. Microchemical methods for the identification of lichens. *British Lichen Society, London*. 1-101
- Otte V, 2007. *Bacidia suffusa* (Lichenes: Bacidiaceae) in Adygheya (Caucasus), the first record outside America. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 78: 141-145
- Qin QL, 2020. The preliminary study of the genus *Biatora* Fr. lichens in China. MS Thesis, Shandong Normal University, Jinan. 1-74 (in Chinese)
- Tchou YT, 1935. Note préliminaire sur les lichens de Chine. *Contributions from the Institute of Botany, National Academy of Peiping*, 3: 299-322
- Tønsberg T, 2002. Additions to the lichen flora of North America XI. *The Bryologist*, 105: 122-125
- Trifinopoulos J, Nguyen LT, Vonhaeseler A, Minh BQ, 2016. W-IQ-TREE: a fast online phylogenetic tool for maximum likelihood analysis. *Nucleic Acids Research*, 44(W1): W232-W235
- Wei JC, 2020. An enumeration of Lichens in China. China Forestry Publishing House, Beijing. 1-606 (in Chinese)
- Wijayawardene NN, Hyde KD, Dai DQ, *et al.* (more than 20 authors), 2022. Outline of fungi and fungus-like taxa-2021. *Mycosphere*, 13(1): 53-453
- Yin YJ, Zhou XY, Zhou MS, Yi HQ, Weng LQ, Wu XY, Zhang YY, 2025. Taxonomic study on the family Parmeliaceae in the Dabie Mountains of Western Anhui Province. *Guihaia*, <https://link.cnki.net/urlid/45.1134.q.20250531.1150.008> (in Chinese)
- Zhao ZT, Guo SX, Sun LY, Ren Q, 2007. The lichen genus *Ramalina* from Qinling Mountains in China. *Mycosystema*, 26(3): 343-348

[附中文参考文献]

- 付伟, 2008. 中国树花属地衣的初步研究. 山东师范大学硕士学位论文, 济南. 1-72
- 付伟, 赵遵田, 郭顺香, 郭守玉, 2008. 中国东北地区树花属地衣研究. *菌物学报*, 27(1): 91-98
- 付伟, 赵遵田, 郭顺香, 王慧燕, 郭守玉, 2009. 中国西北地区树花属地衣研究. *菌物学报*, 28(1): 97-101
- 刘玉洁, 王立宝, 董娜, 郭守玉, 韩留福, 2019. 蜡盘衣属 1 中国新记录种——肉腊盘衣(新拟). *西北植物学报*, 39(5): 950-952
- 秦起龙, 2020. 中国蜡盘衣属地衣的初步研究. 山东师范大学硕士学位论文, 济南. 1-74
- 魏江春, 2020. 中国地衣型真菌综览. 北京: 中国林业出版社. 1-606
- 殷钰皎, 周薪怡, 周美生, 易厚启, 翁良琪, 吴欣瑜, 张雁云, 2025. 皖西大别山区梅衣科地衣的系统分类研究. *广西植物*, <https://link.cnki.net/urlid/45.1134.q.20250531.1150.008>