



中国疱衣属地衣的初步研究

徐亚男, 杨秋霞, 贾泽峰

引用本文:

徐亚男,杨秋霞,贾泽峰. 中国疱衣属地衣的初步研究[J]. [热带亚热带植物学报](#), 2022, 30(3): 407–412.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4473>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[中国绒衣属地衣的初步研究](#)

A Preliminary Study on the Lichen Genus *Coenogonium* from China

热带亚热带植物学报. 2018, 26(4): 421–428 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3880>

[中国星裂衣属二新记录种](#)

Two Newly Recorded Species of *Astrochapsa* from China

热带亚热带植物学报. 2021, 29(1): 87–90 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4242>

[赖氏衣属,中国地衣一新记录属](#)

Reimnitzia, A Newly Recorded Lichen Genus to China

热带亚热带植物学报. 2019, 27(6): 726–730 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4035>

[中国蜡盘衣属3新记录种 \(英文\)](#)

热带亚热带植物学报. 2020, 28(1): 96–100 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4123>

[中国粟米草科分类修订](#)

Taxonomic Revision of Chinese Molluginaceae

热带亚热带植物学报. 2019, 27(6): 713–720 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4085>

[向下翻页，浏览PDF全文](#)

中国疱衣属地衣的初步研究

徐亚男^{1,2}, 杨秋霞², 贾泽峰^{1*}

(1. 聊城大学生命科学学院, 山东 聊城 252059; 2. 中国科学院微生物研究所真菌学国家重点实验室, 北京 100101)

摘要: 报道了中国疱衣科疱衣属一新记录种: 类喜马拉雅疱衣(*Phlyctis subhimalayensis* S. Joshi & Upreti), 提供了该种的形态特征描述和 DNA 数据支撑。还对中国已知的疱衣属物种进行了简要描述。同时讨论了近似种, 编制了分种检索表, 为疱衣属的进一步研究提供了基础资料。

关键词: 地衣型真菌; 厚顶盘目; 疱衣科; 分类学; 新记录

doi: 10.11926/jtsb.4473

Preliminary Study on Lichen Genus *Phlyctis* from China

XU Yanan^{1,2}, YANG Qiuxia², JIA Zefeng^{1*}

(1. College of Life Sciences, Liaocheng University, Liaocheng 252059, Shandong, China; 2. State Key Laboratory of Mycology, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Lichen species *Phlyctis subhimalayensis* is reported as new to China. Its morphological and molecular data are provided. All species of the genus *Phlyctis* in China have been briefly described, and similar species are discussed, and a key to the known species of *Phlyctis* in China is also provided, that would provide basic data for the further study of *Phlyctis*.

Key words: Lichenized fungi; Ostropales; Phlyctidaceae; Taxonomy; New record

疱衣属 [*Phlyctis* (Wallr.) Flot.] 为地衣型真菌, 隶属于真菌界 (Fungi) 子囊菌门 (Ascomycota) 茶渍纲 (Lecanoromycetes) 厚顶盘目 (Ostropales) 疱衣科 (Phlyctidaceae)。该属在世界上分布较为广泛, 主要分布于热带与亚热带地区, 目前全世界已报道该属有 25 种^[1]。1850 年, Flotow 以 *Phlyctis agelaea* (Ach.) Flot. 为模式种界定了疱衣属^[2]。《中国地衣综览》收录中国该属 4 种^[3], 之后又报道了 1 种^[2], 主要分布在云南^[4]、香港^[5-6]、台湾^[7]、湖北^[8]和甘肃^[2,9]等地区。

疱衣属地衣的特征是地衣体壳状, 树皮生或石生, 表面光滑至具有裂缝, 常具初生地衣体; 子囊盘通常深陷于地衣体中, 近埋生或贴生, 常带有白色粉霜; 侧丝单一, 顶端相互交织, 少有分叉; 子囊长椭圆状至棍棒状, 内含 1~8 个孢子; 子囊孢子

无色透明, 横隔多胞或砖壁型。光合共生藻为绿藻^[10-11]。

本研究基于形态学、解剖学、化学、分子生物学和生物地理学等方法, 对中国疱衣属地衣进行初步研究, 报道中国一新记录种: 类喜马拉雅疱衣 (*Phlyctis subhimalayensis* S. Joshi & Upreti)。

1 材料和方法

1.1 实验材料

研究标本采集地为云南, 现保藏于中国科学院微生物研究所菌物标本馆 HMAS-L、山东师范大学植物标本室 (SDNU)、Korean Lichen Research Institute (KoLRI) 和荷兰 CBS 标本室 (ABL)。

收稿日期: 2021-06-28 接受日期: 2021-08-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31750001) 资助

This work was supported by the National Natural Sciences Foundation of China (Grant No. 31750001).

作者简介: 徐亚男 (1995~), 女, 硕士研究生, 研究方向为地衣型真菌资源分类与系统演化。E-mail: 3064407172@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: zfjia2008@163.com

1.2 表型研究

在体视显微镜(Motic SMZ-168 和 LEICA M125)下观察外部形态并拍照。在光学显微镜(Zeiss Axio-scope 2)下对子囊器的内部结构进行观察并拍照。化学特征: 利用颜色反应, 使用 K 试剂(10%氢氧化钾水溶液)、C 试剂(次氯酸钠水溶液)和 P 试剂(将对苯二胺溶于无水乙醇, 配成 5%乙醇溶液)进行测试; 使用标准的薄层色谱法(TLC)检测地衣中所含次生代谢物, 溶剂系统为 C 系统^[12-14]。

1.3 基因型研究

DNA 的提取扩增和测序 采用 CTAB 法从地衣属标本的子囊组织中提取总 DNA^[15], 采用 PCR 扩增核糖体转录间隔区序列(ITS), 引物为 ITS5/ITS4^[16]。反应体系总体积为 25 μ L, 包括正反向引物各 1 μ L, 模板 DNA 2 μ L, ddH₂O 8 μ L 和 2 \times Taq PCR MasterMix[®] 13 μ L。扩增程序^[17]为: 95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min; 然后 94 $^{\circ}$ C 30 s, 52 $^{\circ}$ C 30 s, 72 $^{\circ}$ C

1 min, 共 34 个循环; 最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min。扩增产物经 1%琼脂糖凝胶电泳检测, 并由天一辉远(北京)生物有限公司进行测序。因研究标本较陈旧, 因此, 对同一份标本提取 DNA 2 次, 分别进行 PCR 扩增及测序, 并作为 2 条单独的 ITS 序列应用于该属的系统发育树构建(表 1)。

系统发育树构建 通过查阅文献, 在 NCBI 网站下载 20 条序列, 与本研究的 2 条地衣属序列, 共 22 条序列进行系统发育分析, 以地衣科亲缘关系最近的凹盘衣科(Gyalectaceae)的 *Gyalecta* 属为外群^[18]。使用 BioEdit V 7.0.5 中的 ClustalW Multiple Alignment 利用最大似然法(Maximum-likelihood, ML)进行比对^[19-20], 使用在线网站 Cipes Science Gateway (<http://www.phylo.org>)中的 RAxML HPC V. 8.2.6 构建系统发育树^[21], 运算方法选择 GTR+I+G 模型, 每个节点设置 1 000 次重复以评价自展支持值。获得的系统树文件在 FigTree V. 1.4.2 中查看和编辑, 自展支持值(bootstrap) \geq 75%的分支可信(图 1)。

表 1 地衣标本信息和 ITS 序列的 GenBank 登录号

Table 1 Lichen specimen information and GenBank accession No.

地衣 Lichen	标本号 Specimen No.	产地 Origin	GenBank 登录号 GenBank accession No.
裂芽绒衣 <i>Coenogonium isidiatum</i>	C20	俄罗斯 Russia	MH179137
金黄绒衣 <i>C. luteum</i>	AFTOL-ID 352		HQ650710
<i>Gyalecta hypoleuca</i>	AFTOL-ID 380		HQ650711
<i>G. jenensis</i>	AFTOL-ID 361		HQ650712
<i>Coenogonium ulmi</i>	AFTOL-ID 362		HQ650713
<i>Phlyctis agelaea</i>	O-L-206746	挪威 Norway	MK812009
亮地衣 <i>P. argena</i>	AFTOL-ID 1375		DQ986880
	NY2991	瑞典 Sweden	MF625063
	NY2930	加拿大 Canada	MF625062
	NY1580	加利福尼亚 California	MF625060
<i>P. boliviensis</i>	NY3810	威斯康星 Wisconsin	MF625066
<i>P. boliviensis</i>	NY1615	北卡罗来纳 North Carolina	MF625065
<i>P. boliviensis</i>	NY1577	格鲁吉亚 Georgia	MF625064
<i>P. petraea</i>	NY Z. Muscavitch 84	北卡罗来纳 North Carolina	NR153500
<i>P. petraea</i>	NY4140	北卡罗来纳 North Carolina	MF625079
<i>P. petraea</i>	NY4224	弗吉尼亚 Virginia	MF625083
<i>P. petraea</i>	NY4144	北卡罗来纳 North Carolina	MF625082
<i>P. petraea</i>	NY4139	北卡罗来纳 North Carolina	MF625078
类喜马拉雅地衣(新拟) <i>P. subhimalayensis</i>	HMAS-L 105300	北京 Beijing	MW742513*
<i>P. subhimalayensis</i>	HMAS-L 105300	北京 Beijing	-*
<i>P. speirea</i>	NY3285	密歇根 Michigan	MF625084
<i>Petractis luetkemulleri</i>	AFTOL-ID 381		HQ650714
<i>P. nodispora</i>	C.C. 41		FJ588710

*: 新测序列, 其余为 GenBank 中下载序列。

*: Newly tested sequence, and the rest downloaded from GenBank.

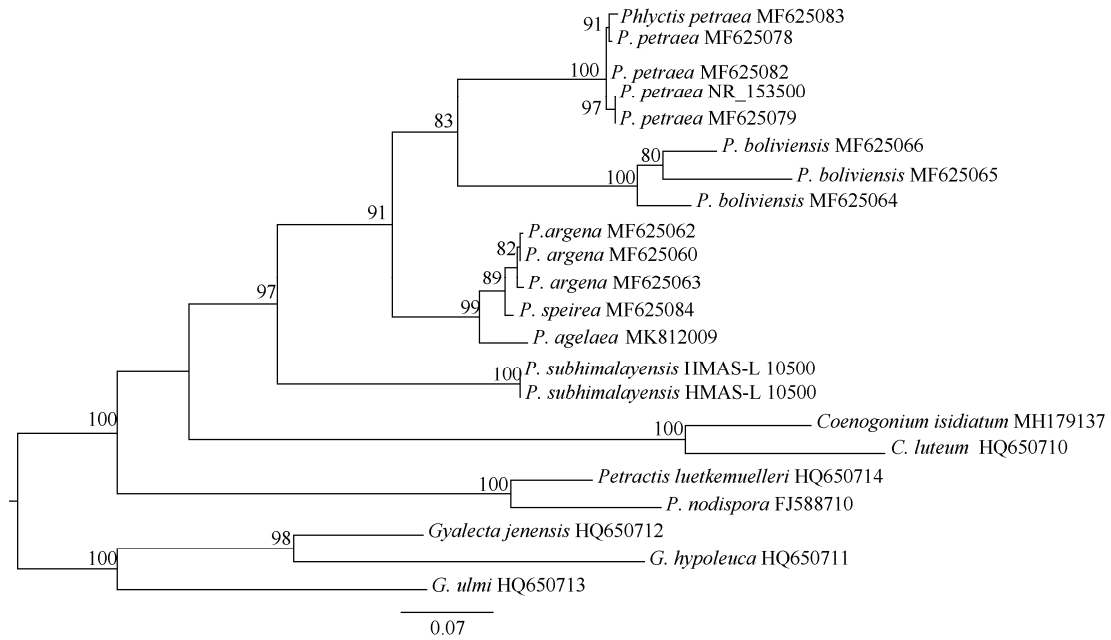


图 1 基于 ITS 序列构建的袍衣属系统发育树

Fig. 1 Phylogenetic tree of *Phlyctis* based on ITS sequences

2 结果和分析

2.1 类喜马拉雅袍衣 (新拟) 图 2

Phlyctis subhimalayensis S. Joshi & Upreti, *Lichenologist* 44(3): 365 (2012)

地衣体壳状, 上表面白色或灰白色, 平滑且连续, 无粉芽及裂芽, 无前地衣体; 共生藻为绿藻。子囊器为子囊盘, 埋生于地衣体内, 子囊盘数量较多, 直径 0.2~0.5 mm, 呈分散状或 2~3 个聚集在一起, 近似圆形或拉长到角状, 盘面呈黑色, 圆形至不规则, 平至凹状, 具有白色粉霜, 边缘灰白色, 且呈叶片状。囊层基呈浅褐色至浅黄色, 子实层无

色, I-; 侧丝较为简单, 顶端相互交织, 且不肿胀, 无分叉; 子囊棍棒状, 8 个孢子, 60~73 μm × 12~16 μm, I-; 子囊孢子无色透明, 梭形, 具 5~7 横隔, 37~45 μm × 4~6 μm, I-。

化学反应: 地衣体 K-, C-, KC-, P-; 未检测到地衣次生代谢产物。

基物: 树皮。

研究标本: 云南, 楚雄市, 附近山上, 海拔 2 200 m; 2002-10-26, 任强 301 (HMAS-L105300)。

世界分布: 印度的喜马拉雅山北部和东部^[22]。

讨论: 该种主要特征为地衣体表面无粉芽, 子囊盘表面带有白色粉霜, 子囊 8 个孢子, 孢子横隔

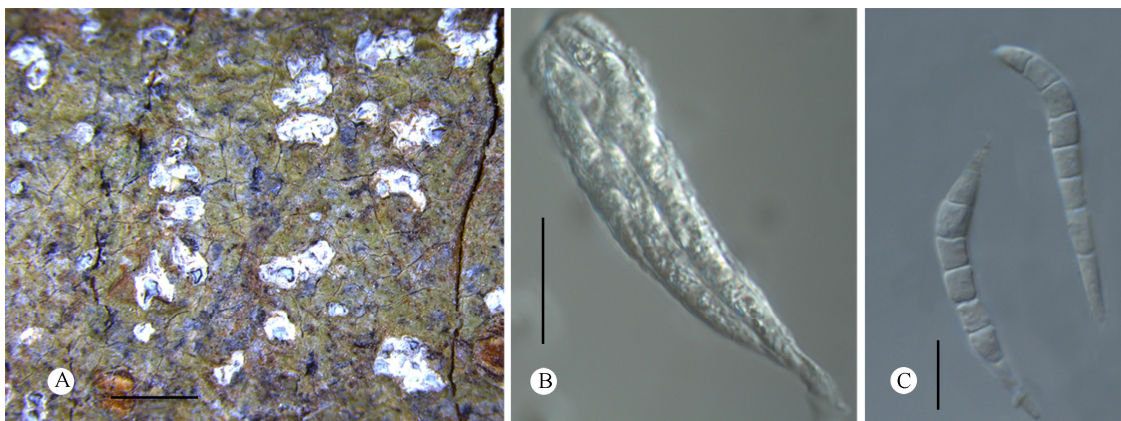


图 2 类喜马拉雅袍衣(HMAS-L 105300)。A: 地衣体和子囊器; B: 子囊及子囊孢子; C: 子囊孢子。标尺: A=0.5 mm; B=20 μm; C=10 μm

Fig. 2 *Phlyctis subhimalayensis* (HMAS-L 105300). A: Thallus with ascomata; B: Ascus with ascospores; C: Ascospores. Bars: A=0.5 mm; B=20 μm; C=10 μm

型, 具有 5~7 个横隔, 囊层基呈浅褐色至浅黄色, 无地衣次生代谢产物。在图 1 中, *P. subhimalayensis* 的 2 条自测序列完全一致, 能够完好代表标本 HMAS-L 105300。分子数据分析表明, 该种与 *Phlyctis* 属其他物种很好的聚为一单系分支, 支持值高达 99%; 且与 *Phlyctis* 属其他物种明显分开, 作为独立分支, 因此鉴定为 *P. subhimalayensis*。

该种与 *P. himalayensis* (Nyl.) D. D. Awasthi 和 *P. karnatakana* S. Joshi & Upreti 较为相似, 子囊孢子具有 7 个横隔, 但在子囊孢子的大小和地衣次生代谢产物方面明显区别于后两者, *P. karnatakana* 的子囊孢子 $25\sim 35\ \mu\text{m}\times 4\sim 7\ \mu\text{m}$, *P. himalayensis* 的子囊孢子 $60\sim 75\ \mu\text{m}\times 18\sim 24\ \mu\text{m}$, 二者地衣体均遇 K+ 红色, *P. himalayensis* 具有未知的地衣化合物, *P. karnatakana* 具有降斑点酸(norstictic acid)^[23-24]。此外, 该种还与 *P. megalospora* (P. James) D. J. Galloway & G. Guzmán 具有相似之处, 这 2 种的子囊孢子均呈横隔型, 然而 *P. megalospora* 的孢子大小为 $285\sim 390\ \mu\text{m}\times 79\sim 95\ \mu\text{m}$, 且地衣体含斑点酸(stictic acid)和茶痂衣酸(psoromic acid)^[10]。

2.2 中国已报道痂衣属物种

亮痂衣 *Phlyctis argena* (Ach.) Flot., Bot. Ztg. 8: 572 (1850)

地衣体壳状, 表面被粉芽堆覆盖, 带有白色粉霜, 聚集在地衣体表面。子囊盘不常见, 子囊单孢, 子囊孢子无色透明, 砖壁型, $100\sim 150\ \mu\text{m}\times 25\sim 50\ \mu\text{m}$ 。含有降斑点酸。

研究标本: 台湾, 南投县河谷, 950 m, Aptroot 52055、53436 (ABL)。

基物: 树皮。

分布: 台湾^[6]。

讨论: 该种主要特征是地衣体具有丰富的粉芽; 子囊盘不常见; 子囊单孢, 子囊孢子砖壁型, 大小 $100\sim 150\ \mu\text{m}\times 25\sim 50\ \mu\text{m}$ 。本种与 *P. agelaea*、*P. speirea*、*P. karnatakana* 和 *P. subargena* 相似, 如子囊盘表面都具有白色粉霜, 含有降斑点酸, 但这 4 种地衣体表面均无丰富的粉芽^[2,5,9,24]。

卡纳痂衣 *Phlyctis karnatakana* S. Joshi & Upreti, Bryologist 113(4): 726 (2010)。

地衣体壳状, 树皮生。子囊盘直径为 $0.4\sim 0.5\ \mu\text{m}$, 具有轻微粉霜, 子囊棒状, 含有 8 个孢子, 子囊孢

子透明, 横隔型, $25\sim 35\ \mu\text{m}\times 4\sim 7\ \mu\text{m}$, 含有降斑点酸。

研究标本: 云南, 普洱市国家森林公园, 1 552 m, 王欣宇 CH130421 (KoLRI 020827)。

基物: 树皮。

分布: 云南^[2]。

讨论: 该种的子囊孢子具有 7 个横隔, 与 *P. himalayensis* 和 *P. longifera* (Nyl.) D. J. Galloway & Guzmán 相似, 但后两者具有较大的子囊孢子, 分别为 $60\sim 75\ \mu\text{m}\times 6\sim 8\ \mu\text{m}$ 和 $55\sim 86\ \mu\text{m}\times 5\sim 7\ \mu\text{m}$, 且地衣体含有斑点酸^[10,23]。该种在孢子横隔型与 *P. uncinata* 和 *P. communis* Chitale & Makhija 相近, 不同点在于 *P. uncinata* 的子囊孢子 $50\sim 54\ \mu\text{m}\times 5\sim 7\ \mu\text{m}$, 具有 8 个横隔; *P. communis* 的子囊孢子具有 7~16 个横隔, 含有斑点酸和水杨嗪酸(salazinic acid)^[25-26]。

裂痂痂衣 *Phlyctis schizospora* Zahlbr., in Handel-Mazzetti, Symb. Sinic. 3: 178 (1930)

地衣体壳状, 灰色至淡灰绿色, 子囊盘直径 $0.3\sim 0.6\ \text{mm}$; 子囊棒状, 含有单孢; 子囊孢子褐色, 砖壁型, $73\sim 85\ \mu\text{m}\times 25\sim 37\ \mu\text{m}$ 。未检测到地衣次生代谢产物。

研究标本: 湖北, 神农架, 2 900 m, 魏江春和陈建斌 10896 (HMAS-L)。

基物: 竹子。

分布: 湖北^[7]。

讨论: 该种主要特征为地衣体不含地衣次生代谢产物, 与本研究中的新记录种 *P. subhimalayensis* 较为相似, 但后者的子囊含有 8 个孢子, 且子囊孢子横隔型, $37\sim 45\ \mu\text{m}\times 4\sim 6\ \mu\text{m}$ ^[22]。

灰色痂衣 *Phlyctis speirea* G. Merr., Ottawa Nat. 27(9): 118(1913)

地衣体壳状, 子囊盘直径 $0.3\sim 0.5\ \text{mm}$, 通常具有白色粉霜, 子囊椭圆形, 含有单孢或 2 个孢子, 子囊孢子无色透明, 砖壁型, $40\sim 80\ \mu\text{m}\times 25\sim 35\ \mu\text{m}$, I-。含有降斑点酸。

研究标本: 甘肃, 文县邱家坝, 2 620 m, 杨芳 20070197、20070443、20070451 (SDNU)。

基物: 树皮。

分布: 甘肃^[2]。

讨论: 该种主要特征是子囊盘表面黑褐色, 具有白色粉霜, 子囊单孢或 2 个孢子, 子囊孢子砖壁

型, $40\sim 80\ \mu\text{m}\times 25\sim 35\ \mu\text{m}$, 含有降斑点酸。该种与 *P. communis* Chitale & Makhija 较为相似, 表面均呈灰色, 具有白色粉霜, 子囊盘埋生在地衣体中, 但 *P. communis* 子囊含有 8 个孢子, 子囊孢子横隔型, $18\sim 33(\sim 45)\ \mu\text{m}\times 6\sim 9\ \mu\text{m}$, 含有降斑点酸和水杨嗉酸^[26]。

亚亮疱衣 *Phlyctis subargena* R. Ma & H. Y. Wang, Mycotaxon 114: 362 (2010)

地衣体壳状。子囊盘直径 0.1~0.3 mm, 通常 3~8(~10)聚集在一起, 盘面红褐色, 具有白色粉霜; 子囊棒状, 含有 2 个孢子; 子囊孢子透明, 砖壁型, $42\sim 78\ \mu\text{m}\times 30\sim 42\ \mu\text{m}$ 。含有降斑点酸。

研究标本: 甘肃, 文县邱家坝, 2 450 m, 杨芳 20070024、20070045、20070381 (SDNU)。

基物: 树皮。

分布: 甘肃^[9]。

讨论: 该种地衣体表面严重粉芽化, 子囊含有 2 个孢子, 含有降斑点酸。疱衣属中含有降斑点酸的物种有 6 种, 分别是: *P. agelaea* (Ach.) Flot.、*P. chilensis* D. J. Galloway & Guzmán、*P. speirea* G. Merr.、*P. uncinata* Stirt.、*P. argena* (Ach.) Flot.和 *P. karnatakana* S. Joshi & Upreti, 他们各具明显不同特征: *P. agelaea* 地衣体表面无粉芽; *P. chilensis* 子囊单孢, 子囊孢子砖壁型, $(190\sim)230\sim 270(\sim 285)\ \mu\text{m}\times 55\sim 70\ \mu\text{m}$; *P. speirea* 子囊单孢或 2 个孢子, 子囊孢子砖壁型, $40\sim 80\ \mu\text{m}\times 25\sim 35\ \mu\text{m}$; *P. uncinata* 子囊 8 个孢子, 子囊孢子横隔型, $50\sim 54\ \mu\text{m}\times 5\sim 7\ \mu\text{m}$; *P. argena* 子囊盘较为稀少, 子囊单孢, 子囊孢子 $100\sim 150\ \mu\text{m}\times 25\sim 50\ \mu\text{m}$ ^[2,5,10,24~25]。

中国疱衣属分种检索表

- 1a. 子囊孢子砖壁型.....2
- 1b. 子囊孢子横隔型.....5
- 2a. 地衣体含地衣次生代谢产物.....3
- 2b. 地衣体未检测到地衣次生代谢产物, 子囊孢子 $73\sim 85\ \mu\text{m}\times 25\sim 37\ \mu\text{m}$ 裂疱疱衣 *P. schizospora*
- 3a. 地衣体表面具有丰富的粉芽.....4
- 3b. 地衣体表面无粉芽灰色疱衣 *P. speirea*
- 4a. 子囊含 2 个孢子, 子囊孢子 $42\sim 78\ \mu\text{m}\times 30\sim 42\ \mu\text{m}$ 亚亮疱衣 *P. subargena*
- 4b. 子囊含单孢子, 子囊孢子 $100\sim 150\ \mu\text{m}\times 25\sim 50\ \mu\text{m}$ 亮疱衣 *P. argena*
- 5a. 子囊层 I+紫红色, 子囊孢子 $100\sim 120\ \mu\text{m}\times 10\sim 15\ \mu\text{m}$ 卡纳疱衣 *P. karnatakana*
- 5b. 子囊层 I-, 子囊孢子 $60\sim 73\ \mu\text{m}\times 12\sim 16\ \mu\text{m}$ 类喜马拉雅疱衣 *P. subhimalayensis*

致谢 感谢中国科学院微生物研究所菌物标本馆的邓红高级实验师在借阅标本方面提供帮助; 中国科学院微生物研究所魏江春课题组的任强研究员提供样品, 魏鑫丽研究员对本文提出了宝贵建议。

参考文献

[1] POENGSUNGNOEN V, BUARUANG K, VONGSHEWARAT K, et al. Three new crustose lichens from Thailand [J]. Bryologist, 2019, 122(3): 451–456. doi: 10.1639/0007-2745-122.3.451.

[2] MA R. Primary study on taxonomy of the Ostropean lichen in China [D]. Ji'nan: Shandong Normal University, 2011: 1–161.
马瑞. 中国厚顶盘类地衣的初步研究 [D]. 济南: 山东师范大学, 2011: 1–161.

[3] WEI J C. An Enumeration of Lichens in China [M]. Beijing: International Academic Publishers, 1991: 1–278.

[4] JOSHI S, UPRETI D K, WANG X Y, et al. *Graphis yunnanensis* (Ostropales, Graphidaceae), a new lichen species from China [J]. Mycobiology, 2015, 43(2): 118–121. doi: 10.5941/MYCO.2015.43.2.118.

[5] APTROOT A, SEAWARD M R D. Annotated checklist of Hongkong Lichens [J]. Trop Bryol, 1999, 17(1): 57–101. doi: 10.11646/BDE.17.1.12.

[6] APTROOT A, SPARRIUS L. Notes on *Thelocarpon citrum* (Wallr.) Rossman (Syn. *T. herterij* Lahm, *T. vicinellumnyl*) and a report of *T. sphaerosporum* H. Magn. with pycnidia, both colonizing sandy areas recently stripped of their top soil [J]. Lichenologist, 2000, 32(5): 513–514. doi: 10.1006/lich.2000.0284.

[7] APTROOT A, SPARRIUS L B. New microlichens from Taiwan [J]. Fungal Diver, 2003, 14: 1–50.

[8] Shennongjia Fungal Lichen Investigation Team, Chinese Academy of Sciences. Fungi and Lichens of Shennongjia [M]. Beijing: World Book

- Inc, 1989: 386–493.
中国科学院神农架真菌地衣考察队. 神农架真菌与地衣 [M]. 北京: 世界图书出版公司, 1989: 386–493.
- [9] MA R, LI H M, WANG H Y, et al. A new species of *Phlyctis* (Phlyctidaceae) from China [J]. *Mycotaxon*, 2010, 114: 361–366. doi: 10.5248/114.361.
- [10] GALLOWAY D J, GRIMALDI G G. A new species of *Phlyctis* from Chile [J]. *Lichenologist*, 1988, 20(4): 393–397. doi: 10.1017/S0024282988000507.
- [11] MUSCAVITCH Z M, LENDEMER J C, HARRIS R C. A review of the lichen genus *Phlyctis* in North America (Phlyctidaceae) including the description of a new widespread saxicolous species from eastern North America [J]. *Bryologist*, 2017, 120(4): 388–417. doi: 10.1639/0007-2745-120.4.388.
- [12] BRODO I M. Microchemical methods for the identification of lichens [J]. *Bryologist*, 2003, 106(2): 345–345. doi: 10.1639/0007-2745(2003)106[0345:R]2.0.CO;2.
- [13] CULBERSON C F, KRISTINSSON H D. A standardized method for the identification of lichen products [J]. *J Chromatogr A*, 1970, 46: 85–93. doi: 10.1016/S0021-9673(00)83967-9.
- [14] CULBERSON C F. Improved conditions and new data for identification of lichen products by standardized thin-layer chromatographic method [J]. *J Chromatogr A*, 1972, 72(1): 113–125. doi: 10.1016/0021-9673(72)80013-X.
- [15] ROGERS S O, BENDICH A J. Extraction of DNA from plant tissues [M]// GELVIN S B, SCHILPEROORT R A, VERMA D P S. *Plant Molecular Biology Manual*. Dordrecht: Springer, 1988, A6: 1–10. doi: 10.1007/978-94-009-0951-9_6.
- [16] GARDES M, BRUNS T D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes: Application to the identification of mycorrhizae and rusts [J]. *Mol Ecol*, 1993, 2(2): 113–118. doi: 10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x.
- [17] YAO Z T, JIANG S H, JIA Z F. A taxonomic study of *Trypethelium* Lichens in China [J]. *Shandong Sci*, 2021, 34(1): 130–137. doi: 10.3976/j.issn.1002-4026.2021.01.016.
- 姚宗廷, 蒋淑华, 贾泽峰. 中国乳嘴衣属地衣分类学研究 [J]. *山东科学*, 2021, 34(1): 130–137. doi: 10.3976/j.issn.1002-4026.2021.01.016.
- [18] SCHMULL M, MIADLIKOWSKA J, PELZER M, et al. Phylogenetic affiliations of members of the heterogeneous lichen-forming fungi of the genus *Lecidea* sensu Zahlbruckner (Lecanoromycetes, Ascomycota) [J]. *Mycologia*, 2011, 103(5): 983–1003. doi: 10.3852/10-234.
- [19] HALL T A. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT [J]. *Nucleic Acid Symp*, 1999, 41(2): 95–98. doi: 10.1021/bk-1999-0734.ch008.
- [20] THOMPSON J D, HIGGINS D G, GIBSON T J. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice [J]. *Nucl Acid Res*, 1994, 22(22): 4673–4680. doi: 10.1093/nar/22.22.4673.
- [21] STAMATAKIS A. RAxML Version 8: A tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies [J]. *Bioinformatics*, 2014, 30(9): 1312–1313. doi: 10.1093/bioinformatics/btu033.
- [22] JOSHI S, UPRETI D K, NAYAKA S. Two new species in the lichen genus *Phlyctis* (Phlyctidaceae) from India [J]. *Lichenologist*, 2012, 44(3): 363–369. doi: 10.1017/S0024282911000879.
- [23] JOSHI S, UPRETI D K. The lichen genus *Phlyctis* (Phlyctidaceae) in India [J]. *Geophytology*, 2013, 42(2): 151–157.
- [24] JOSHI S, UPRETI D K, MISHRA G K, et al. Two new species of the lichen genus *Phlyctis* in India [J]. *Bryologist*, 2010, 113(4): 724–727. doi: 10.1639/0007-2745-113.4.724.
- [25] JOSHI S, UPRETI D K, OH S O, et al. New records of crustose lichens and a lichenicolous *Arthonia* from Vietnam [J]. *Mycotaxon*, 2015, 130(2): 329–336. doi: 10.5248/130.329.
- [26] CHITALE G, MAKHIJA U. A new species of the lichen genus *Phlyctis* from Maharashtra, India [J]. *Mycotaxon*, 2012, 120(1): 75–79. doi: 10.5248/120.75.