

The Research Progress of Parmelioid Lichen and Identification between Its Genus

Shandouhashen Habuli, Abudulla Abbas*

College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang
Email: 2395025340@qq.com, *zxcg_lichen@163.com

Received: Feb. 22nd, 2018; accepted: Mar. 8th, 2018; published: Mar. 19th, 2018

Abstract

Parmelioid lichen is an important group in Parmeliaceae, widely distributed in the world. There are 67 species of Parmelioid lichen in the world, and only 30 species are reported in China. This paper summarizes the research progress of the Parmelioid lichen and probes into the difference of the morphological and chemical components of the four genus in the Parmelioid lichen; at the same time, the phylogenetic relationship about the Parmelioid lichen with the help of molecular phylogeny methods was studied. In this paper, we select the Parmelioid lichen distributed in different regions in NCBI database, namely, three species of *Melanelia* Essl., four species of *Melanelixia*, four species of *Melanohalea* and five species of *Montanelia*. The phylogenetic research of species is studied by ITS sequences and using ML analyses. Our phylogenetic analyses support traditional genera delimitation based on morphological and chemical traits in most but not all cases.

Keywords

Parmelioid Lichen, The Research Progress, Identification between Parmelioid Lichen Genus

褐梅衣类地衣的研究简史及其属之间的区别

山都喀什·哈布力, 阿不都拉·阿巴斯*

新疆大学, 生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐
Email: 2395025340@qq.com, *zxcg_lichen@163.com

收稿日期: 2018年2月22日; 录用日期: 2018年3月8日; 发布日期: 2018年3月19日

摘要

褐梅衣类(Parmelioid lichen)地衣为叶状地衣中的重要类群, 为世界广泛分布, 全世界有67种, 而我国仅报道了该类地衣的30个种。本文初步总结褐梅衣类地衣研究进展和褐梅衣类地衣中四个属的形态学和

*通讯作者。

化学成分存在的差异, 同时借助分子系统学研究手段, 解决属之间进化距离关系。本论文选取NCBI数据库中分布于不同地区的褐梅衣类地衣, 即: 褐衣属的3个种、伊氏叶属的4个种、黑尔衣属的4个种和山地衣属的5个种的ITS基因序列, 利用最大似然法(ML)构建该三个属之间的系统发育关系。系统发育关系所显示的结果与传统形态学分类方法基本一致。

关键词

褐梅衣类地衣, 研究进展, 褐梅衣类地衣间的区别

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 褐梅衣类地衣的研究简史及其属之间的区别

1.1. 褐梅衣类地衣及其世界研究简史

褐梅衣类地衣是梅衣科中主要的地衣之一。早在 1753 年, 林奈(Linnæus)在《植物种志》(Species Plantarum)中, 将所有的地衣作为一个属来处理, 属名为“Lichen”, 其中包括部分藻类、共收录 80 个种, 其中记录了 2 个先属于褐梅衣类地衣的种, 即 *Lichen stygius* (= *Melanelia stygia*) 和 *L. olivaceus* (*Melanohalea olivacea*) [1]。

在林奈建立属名 Lichen 之后, 地衣学之父 Acharius 以 Lichen 为属名, 描述了一种褐梅衣类地衣: *Lichen hepatizon* Ach. (= *Melanelia hepatizon* (Ach.) A. Thell) [2]。

1803 年, Acharius 建立了梅衣属(*Parmelia*), 其中包括子囊盘为茶渍型的大多数地衣。但是这些地衣现已被划为不同类群, 如: 梅衣科(*Parmeliaceae*)、蜈蚣衣科(*Physciaceae*)、肺衣科(*Lobariaceae*)、鳞叶衣科(*Pannariaceae*)、黄枝衣科(*Teloschistaceae*)等[3]。

1890 年, Vainio 首次将真梅衣亚属(Subgenus *Euparmelia*)分为裸缘梅衣组(Section *Amphigymnia* Vain.)、黄梅衣组(Sect. *Xanthoparmelia* Vain.)和毛里梅衣组(Sect. *Hypotrachyna* Vain.), 其中裸缘梅衣组又再分为黄绿类(*Subflavescentes* Vain.)和灰色类(*Subglaucoscentes* Vain.) [4]。

1926 年, Zahlbruckner 在 Engler et Prantl 的《植物自然科志》一书中, 将 Acharius (1803 年)的梅衣属分袋衣亚属(subg. *Hypogymnia*)、孔叶衣亚属(subg. *Menegazzia*), subg. *Omphalodium* 和真梅衣亚属(subg. *Euparmelia*) [5]。目前所称的广义梅衣类地衣或梅衣属实际上指 Zahlbruckner 系统中的梅衣属的真梅衣亚属的地衣。当时真梅衣亚属中包括 5 个组: 褐梅衣组(Section *Melanoparmelia*)、条衣组(Section *Everniae formes*)、裸缘梅衣组(Sect. *Amphigymnia*)、黄梅衣组(Sect. *Xanthoparmelia*)、毛里梅衣组(Sect. *Hypotrachyna*) [6]。

1964 年, 美国地衣学者 Hale 和 Kurokawa 将梅衣属分为 3 个亚属: 梅衣亚属(Subg. *Parmelia*)、黄梅衣亚属(Subg. *Xanthoparmelia* (Vain.) Hale)和裸缘梅衣亚属(Subgenus *Amphigymnia* (Vain.) Dodge), 但褐梅衣类地衣仍未被确定等级[7]。

1970 年以后, 地衣学家们对梅衣类的分类等级作了更大修订。

1977 年, Esslinger 对世界褐梅衣类进行研究后, 将其分为两个棕色的亚属, 即: 由原来的褐梅衣组提升为 Subgenus. *Melanoparmelia* (Hue) Essl.和 Subg. *Neofusca* (Gyeln.) Essl. [8]。

1978年, Esslinger 将 Subg. *Melanoparmelia* (Hue) Essl.、Subg. *Allantoparmelia* Vain.和 Subg. *Neofusca* (Gyeln.) Essl.提升为属的等级, 即褐梅衣属(*Melanelia* Essl.)、异褐梅属(*Allantoparmelia* (Vain.) Essl.)和新棕梅属(*Neofuscelia* Essl.)。Esslinger 以 *Melanelia stygia* (L.) Essl.为模式种建立了 *Melanelia* Essl., 包括 30 个种[9]。

1978年至2004年之间, 全世界陆续报道了 *Melanelia* 的新分类单位, 包括 7 个种[10] [11] [12] [13], 即: *Melanelia soredata* (Ach.) Goward & Ahti、*Melanelia tominii* (Oxner) Essl.、*Melanelia agnate* (Nyl.) A. Thell、*M. commixta* (Nyl.) A. Thell、*M. culbersonii* (Hale) A. Thell、*M. hepatizon* (Ach.) A. Thell、*M. Microglabra* Divakar, Upreti, G. P. Sinha & Elix。

随着分子生物学方法(DNA 测序技术、PCR 技术)的发展, 分子生物学开始被应用于系统学和地衣分类学的研究中。地衣分类学家运用分子生物学手段, 对褐梅衣类地衣的系统地位和种属的界限划分进行了深入研究。

1999年, Crespo 等基于核 r DNA 的 LSU 核苷酸序列, 应用最大简约法(Maximum Parsimony)分析了 *M. glabra* 和 *M. exasperata* 不属于同一类群[14]。

2004年, Blanco O. [15]等人对 *Melanelia* 的部分种的核 ITS 和 LSU r DNA 的序列进行了分子系统学分析, 从 *Melanelia* 中分出两个新属, 即: *Melanelixia* O. Blanco *et al.*和 *Melanohalea* O. Blanco *et al.*, 这两新属依然隶属于梅衣科(Parmeliaceae); 其中属于 *Melanelixia* 共有 8 个种, 属于 *Melanohalea* 的种共有 18 个。*Melanelixia* 的典型特征为上皮层有孔, 髓层含有茶渍酸(lecanoric acid); 而 *Melanohalea* 的典型特征为上皮层无孔, 有假杯点, 假杯点常位于裂芽或疣突顶端, 髓层含有缩酚酸醚(depsidones)或者不含次生代谢产物。

2004年之后, 全世界先后报道了 *Melanohalea* 的 4 个新种[16] [17] [18] [19], 即: *Melanohalea nilgirica* Divakar & Upreti、*M. subexasperata* F.G. Meng & H.Y. Wang、*M. lobulata* F.G. Meng & H.Y. Wang、*M. subinfumata* F.G. Meng & H.Y. Wang, *Melanelixia* 的 1 个新种[20], 即: *Melanelixia subvillosella* H.Y. Wang & J.C. Wei。

2012年 Divakar 等[21]人进一步对褐梅衣属进行了分子系统学研究, 新增加了山地衣属(*Montanelia* Divakar *et al.*)。2016年, Ristić S 等人在研究植物的抗氧化剂和抗癌作用中应用了褐梅衣类地衣[22]。

至今为止, 全世界已知的褐梅衣类地衣有 67 个种, 其中 *Melanelia* 有 8 个; *Melanohalea* 有 30; *Melanelixia* 有 21 个; *Montanelia* 有 8 个。

1.2. 褐梅衣类地衣的国内研究简史及现状

在中国, 褐梅衣类地衣的研究是 1980 年之后开始的, 1987 年吴金陵在《中国地衣植物图鉴》中首次发表 *Melanelia* 的 2 个种[23], 即: *Melanelia glabra* 和 *M. huei*。

1991年, 魏江春在《中国地衣纵览》中记录了褐梅衣类地衣的 8 种[24], 2005年, 陈建斌报道了 *Melanelia* 的 4 个新记录[24], 即: *Melanelia exasperata*、*M. poeltii*、*M. tominii* 和 *M. villosella*。

2008年至2010年, 魏江春, 赵遵田, 孟凡格及杜远达[10] [11] [12] [13]等人先后报道了黑尔衣属(*Melanohalea*)的 4 个新种以及伊氏叶属(*Melanelixia*)的一个新种, 即: *Melanohalea nilgirica* Divakar & Upreti、*M. subexasperata* F.G. Meng & H.Y. Wang、*M. lobulata* F.G. Meng & H.Y. Wang、*M. subinfumata* F.G. Meng & H.Y. Wang; *Melanelixia subvillosella* H.Y. Wang & J.C. Wei 以及 3 个新记录种。2015年, 陈建斌主编的《中国地衣志》第四卷中记录了褐梅衣类地衣的 15 个种。在新疆, 褐梅衣类地衣的研究是从 1998 年开始的, 首次是在阿不都拉·阿巴斯教授主编的《新疆地衣》中记录了褐梅衣属(*Melanelia*)的 7 个种[26]。2004年, 孜比尔尼沙·吾买尔等人在云南植物研究第 26 卷上报道了 2 个中国新记录种[27]即: *Melanelia*

tominii 和 *Melanelia glabroides*。2008 年, 阿不都拉·阿巴斯教授, 王玉良等人报道了新疆褐梅衣属的研究, 其中具体比较了新疆褐梅衣属的 7 个种之间的差异[28]。2015 年, 库丽娜孜·沙合达提, 阿不都拉·阿巴斯等人发表了 *Melanohalea* (黑尔衣属) 的 2 个中国新记录种, 即: *Melanohalea infumata* (烟色黑尔衣)、*M.subolivacea* (亚橄榄黑尔衣), 1 个新疆新记录种, 即: *M.subelegantula* (亚长芽黑尔衣) [29]。2016 年, 库丽娜孜·沙合达提, 拉扎提等人报道了 *Melanelixia* 的新疆新记录种一个[30]。迄今为止, 中国已知褐梅衣类地衣有 30 种, 其中新疆有已报道了 13 种。

2. 褐梅衣类地衣及其属之间的区别

褐梅衣类(Parmelioid lichen)地衣为叶状地衣中的重要类群, 为世界广泛分布, 全世界有 67 种, 隶属于真菌界(Fungi), 子囊菌门(Ascomycota), 茶渍衣纲(Lecanoromycetes), 茶渍目(Lecanorales), 梅衣科(Parmeliaceae) [31]。

褐梅衣类地衣主要包括 *Melanelia*、*Melanohalea*、*Melanelixia* 和 *Montanelia* 四个属。褐梅衣类地衣为叶状, 具明显背腹面的差异, 是异层地衣。主要特征为地衣体疏松或紧密贴生于基物, 裂片宽 0.2~8 mm, 裂片连续至覆瓦状; 地衣体上表面为橄榄棕色、橄榄黑色或者橄榄绿色, 上表面具或不具裂芽, 假杯点以及皮层毛, 有的种具有粉霜; 下表面褐色至暗褐色, 下表面常有假根, 与下表面同色, 假根分支至单一; 子囊盘为茶渍型; 盘面无穿孔, 褐色, 盘托表面通常有假杯点, 子囊棒状, 含有 8~32 个孢子; 子囊孢子椭圆形至宽卵形, 无色单胞; 褐梅衣类地衣的分生孢子器表面生或者边缘生, 埋没至突起, 分生孢子形状变化频大, 杆状至纺锤形, 双菱形或者针形; 髓层中含有次生代谢产物或者无。*Melanelia* 属与 *Montanelia* 属的主要区别在于, *Montanelia* 属的裂片狭窄, 分生孢子圆柱形至纺锤形并且含有 *orcinoaldepsides*, 而 *Melanelia* 属含有 β -Orcinol depsidones, aliphatic。*Montanelia* 属与 *Melanelixia* 属和 *Melanohalea* 属以它的扁平至凸面的边缘, 一定形状的假杯点来区分。*Melanelixia* 属的裂片较宽较短, 外皮层有孔并且含有 *Orcinol depsides*。*Melanohalea* 属在褐梅衣类地衣中较特殊, 其裂芽顶端有疣状或圆形的假杯点并且含有 β -orcinol depsidones 或缺乏次生代谢产物。褐梅衣类地衣中 *Melanelia* 属和 *Montanelia* 属的基物为岩石, 少数为树生, *Melanelixia* 属和 *Melanohalea* 属的基物为树皮及树[15] [16] [21]。由于褐梅衣类地衣地衣属之间的差异不明显, 仅凭形态学和化学成分来区分比较难, 因此通过对 *Melanelia* 属、*Melanelixia* 属、*Melanohalea* 属和 *Montanelia* 属的 ITS 序列构建进化树来分析四个属之间的差异。

本文中用于系统进化树所使用的序列均选自 NCBI 数据库, 所用序列的种名、产地以及基因文库序列号在表 1 所示。利用 MEGA7.0 中的 ClustalW 方法进行多序列比对, 再利用 MEGA7.0 软件按邻接法(NJ)构建系统发育树, 其中自展检测值(Bootstrap)设置为 1000, 进化距离采用方法为 Minimum Evolution (ME)、Maximum Composite Likelihood (ML)、Neighbour Joining (NJ)、Maximum Parsimony (MP)、UPGMA 等方法[32] [33] [34] [35]。利用 MP、ML、NJ 和 UPGMA 方法的构建进化树之间并无较大的差异, 因此本文中只展示了最大似然法(ML)构建的进化树(图 1)。

Melanelia、*Melanelixia* 及 *Melanohalea* 在形态学和解剖上很相似, 易混淆, 但 *Melanohalea* 缺乏或含有 β -orcinol depsidones, *Melanelixia* 含有 *Orcinol depsides*, 而 *Melanelia* 含有 β -orcinol depsidones 和 aliphatic acids。在 ML 系统发育树中, *Melanohalea* 和 *Montanelia* 的距离较远, 跟形态学和解剖学特征一致, *Melanohalea* 裂片宽而 *Montanelia* 的裂片较短, 狭窄并且含有 *Orcinol depsides*。

3. 褐梅衣类地衣在新疆的分布状况

根据相关文献资料以及褐梅衣类地衣在我国的研究结果, 目前已报道的褐梅衣类地衣在新疆主要分布情况见图 2。

Table 1. The information about the sequences in the study
表 1. 本文所用的序列信息表

种名/Species	产地/Locality	基因文库序列号/GenBank Acc. No
<i>Melanelia stygia</i>	芬兰	AY611097
<i>Melanelia agnata</i>	格陵兰岛	KF257942
<i>Melanelia hepatizon</i>	冰岛	KY508678
<i>Melanelixia subglabra</i>	新西兰	GU994564
<i>Melanelixia villosella</i>	印度	GU994565
<i>Melanelixia fuliginosa</i>	西班牙	AY611089
<i>Melanelixia subaurifera</i>	美国	AY611118
<i>Melanohalea elegantula</i>	西班牙	AY611080
<i>Melanohalea exasperata</i>	西班牙	AY611081
<i>Melanohalea olivacea</i>	芬兰	AY611091
<i>Melanohalea septentrionalis</i>	芬兰	AY611093
<i>Montanelia disjuncta</i> 1	瑞典	DQ980015
<i>Montanelia disjuncta</i> 2	芬格兰	JX974654
<i>Montanelia tominii</i>	中国	KP771856
<i>Montanelia soredata</i>	瑞典	KP771845
<i>Montanelia panniformis</i>	美国	KF257976

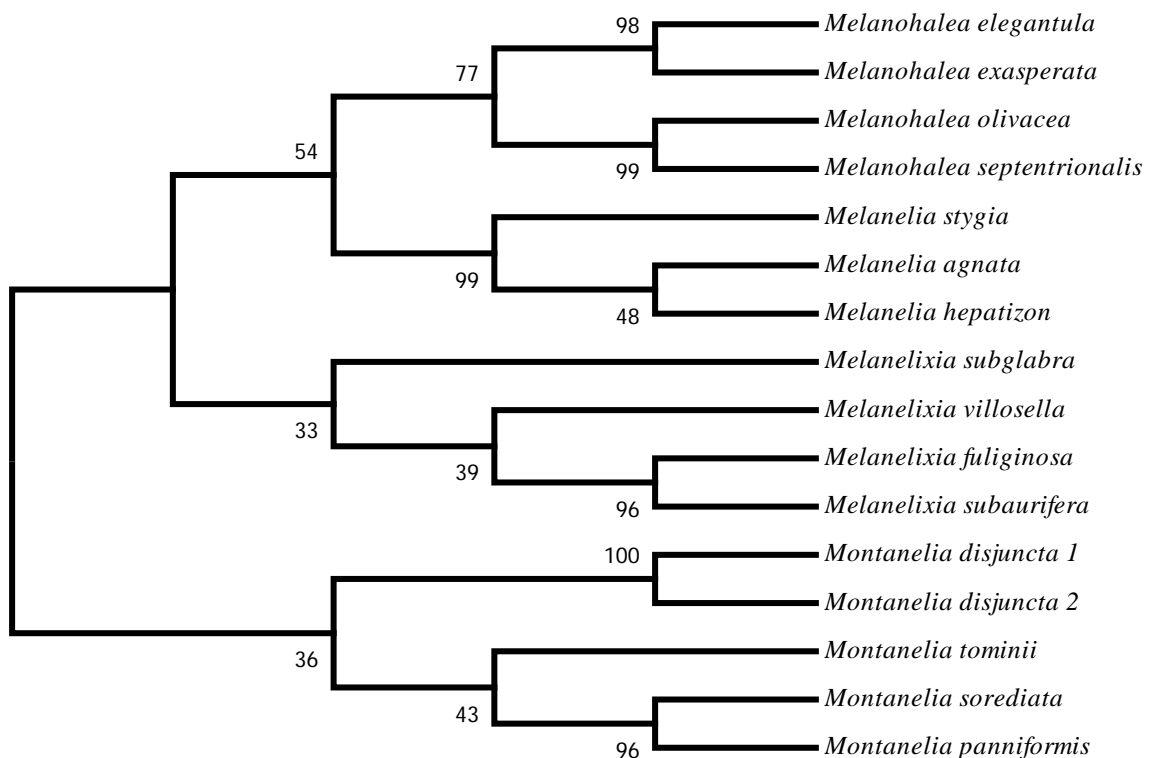
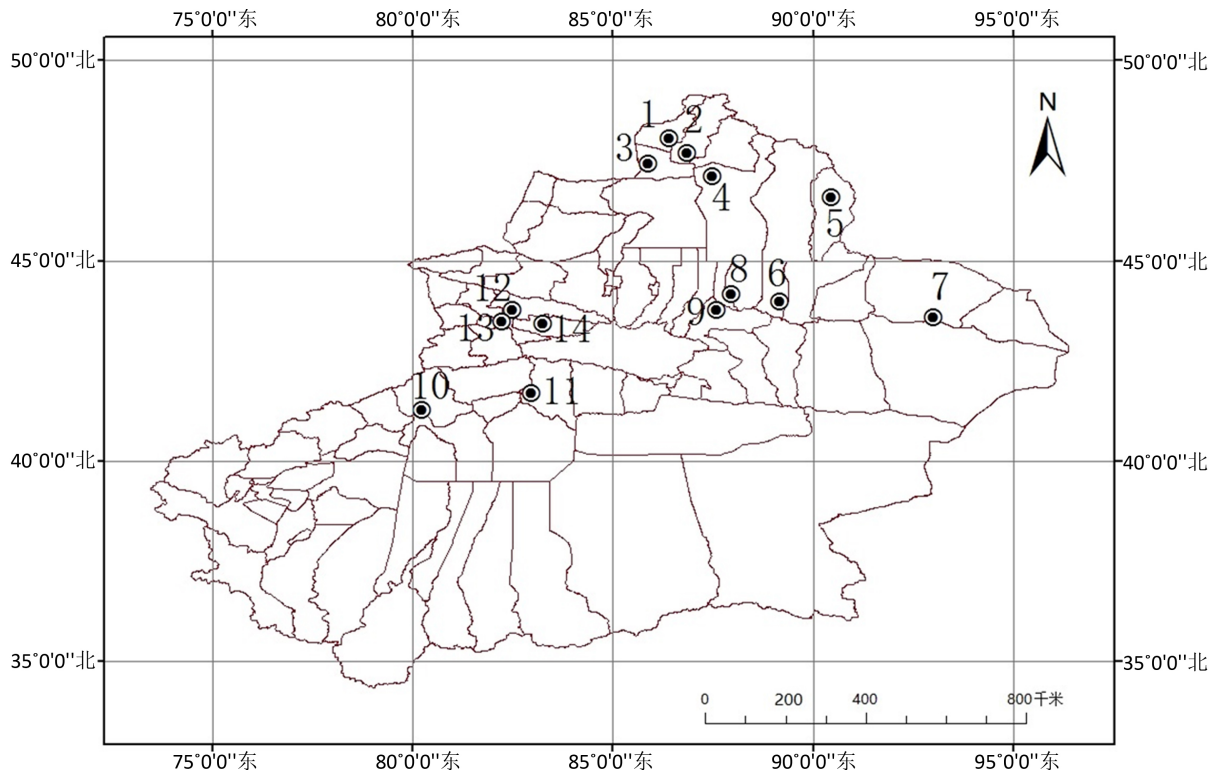


Figure 1. Phylogenetic tree of Parmelioid lichen basing on ITS data of partial species (ML method)

图 1. 褐梅衣类地衣部分种的 ITS 序列系统发育树(ML)



1. 哈巴河县, 2. 布尔津县, 3. 吉木乃县, 4. 福海县, 5. 青河县, 6. 吉木萨尔, 7. 巴里坤县, 8. 阜康县, 9. 乌鲁木齐县, 10. 温宿县, 11. 库车县, 12. 尼勒克县, 13. 巩留县, 14. 新源县

Figure 2. The main distribution area of the brown lichen in Xinjiang

图 2. 褐梅衣类地衣在新疆的主要分布区域

由此可知, 褐梅衣类地衣在新疆广泛分布, 主要分布区在阿勒泰地区的各各县的山区地带, 主要生长基物各种树皮, 枯木以及岩面等。在我国以及新疆褐梅衣类地衣的研究还处于初步阶段, 因此需要更加深入地研究褐梅衣类地衣。

基金项目

国家自然科学基金项目(31670023)。

参考文献

- [1] Linnaeus, C. (1753) *Species Plantarum*. Laurentii Salvii, Holmiae.
- [2] Acharius, E. (1798) *Prodromus Lichenographiae Suecicae*. Lincopiae. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.79420>
- [3] Acharius, E. (1803) *Methodus Lichenum*. Stockholm.
- [4] Vainio, E.A. (1890) *Etude sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brèsi*. *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, **7**, 1-240.
- [5] Zahlbruckner, A. and Lichenes, B. (1926) *Spezieller Teil*. In: Engler, A. and Prantl, K., Eds, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Bornträger, Leipzig, 61-270.
- [6] 赖明洲, 钱之广. 中国梅衣类属群分类纲要[J]. 考察与研究, 1993: 27-52.
- [7] Hale Jr., M.E. and Kurokawa, S. (1964) *Studies on Parmelia Subgenus Parmelia*. *Contributions from the United States National Herbarium*, **36**, 121-191.
- [8] Esslinger, T.L. (1977) *A Chemosystematic Revision of the Brown Parmeliae*. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **42**, 1-211.
- [9] Esslinger, T.L. (1978) *A New Status for the Brown Parmeliae*. *Mycotaxon*, **7**, 45-54.

- [10] Ahti, T., Brodo, I.M. and Noble, W.J. (1987) Contributions to the Lichen Flora of British Columbia, Canada. *Mycotaxon*, **28**, 91-97.
- [11] Divakar, P.K., Upreti, D.K., Sinha, G.P. and Elix, J.A. (2003) New Species and Records in the Lichen Family Parmeliaceae (Ascomycota) from India. *Mycotaxon*, **88**, 149-154.
- [12] Esslinger, T.L. (1992) The Brown Parmelia Type Specimens of A. N. Oxner. *Lichenologist*, **24**, 13-20. <https://doi.org/10.1017/S0024282992000057>
- [13] Thell, A. (1995) A New Position of the *Cetraria commixta* Group in Melanelia (Ascomycotina, Parmeliaceae). *Nova Hedwigia*, **60**, 407-422.
- [14] Crespo, A., Gavililan, R., et al. (1999) A Comparison of Morphological, Chemical and Molecular Characters in Some Parmelioid Genera. *Lichenologist*, **3**, 451-460. <https://doi.org/10.1006/lich.1999.0222>
- [15] Blanco, O., Crespo, A., Divakar, P.K., et al. (2004) Melanelixia and Melanohalea, Two New Genera Segregated from Melanelia (Parmeliaceae) Based on Molecular and Morphological Data. *Mycological Research*, **108**, 873-884. <https://doi.org/10.1017/S0953756204000723>
- [16] Divakar, P.K. and Upreti, D.K. (2005) A New Species in Melanohalea (Parmeliaceae, Ascomycotina) and New Lichen Records from India. *Lichenologist*, **37**, 511-517. <https://doi.org/10.1017/S0024282905015215>
- [17] Sun, L.Y., Meng, F.G., Li, H.M., Wang, H.Y. and Zhao, Z.T. (2010) A New Lichen, *Melanohalea subexasperata* (Parmeliaceae) from the Tibetan Plateau. *Mycotaxon*, **111**, 65-69. <https://doi.org/10.5248/111.65>
- [18] Zhao, Z.T., Meng, F.G., Li, H.M. and Wang, H.Y. (2009) A New Species of Melanohalea (Parmeliaceae) from the Tibetan Plateau. *Mycotaxon*, **108**, 347-352. <https://doi.org/10.5248/108.347>
- [19] Du, Y.D., Meng, F.G., Li, H.M., Wang, H.Y. and Zhao, Z.T. (2010) Three New Records of Brown Parmelioid Lichens from the Tibetan Plateau. *Mycotaxon*, **111**, 283-286. <https://doi.org/10.5248/111.283>
- [20] Wang, H.Y., Chen, J.B. and Wei, J.C. (2008) A New Species of Melanelixia (Parmeliaceae) from China. *Mycotaxon*, **104**, 185-188.
- [21] Divakar, P.K., et al. (2012) Diversification of the Newly Recognized Lichen-Forming Fungal Lineage Montanelia (Parmeliaceae, Ascomycota) and Its Relation to Key Geological and Climatic Events. *American Journal of Botany*, **99**, 2014-2026. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200258>
- [22] Ristic, S., Rankovic, B., Kosanic, et al. (2016) Phytochemical Study and Antioxidant, Antimicrobial and Anticancer Activities of *Melanelia subaurifera* and *Melanelia fuliginosa* Lichens. *Journal of Food Science and Technology*, **53**, 2804-2816. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2255-3>
- [23] 吴金陵. 中国地衣植物图鉴[M]. 北京: 中国展望出版社, 1987.
- [24] Wei, J.C. (1991) An Enumeration of Lichens in China. International Academic Publishers, Beijing, 1-278.
- [25] Chen, J.B. and Esslinger, T.L. (2005) Parmeliaceae (Ascomycota) Lichens in China's Mainland. IV. Melanelia Species New to China. *Mycotaxon*, **93**, 71-74.
- [26] 阿不都拉阿巴斯, 吴继农. 新疆地衣[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1998: 141-143.
- [27] 孜比尔尼沙吾买尔, 阿孜古丽克依木, 阿不都拉阿巴斯. 褐梅衣属地衣的中国新记录种[J]. 云南植物研究, 2004, 26(4): 385-386.
- [28] 王玉良, 阿地力江阿不都拉, 阿不都拉阿巴斯. 新疆褐梅衣属地衣研究[J]. 广西植物, 2008(5): 585-588.
- [29] 库丽娜孜, 沙合达提, Mukhidinov Nashtay, 孜比尔尼沙吾买尔, 阿不都拉阿巴斯. 新疆黑尔衣属地衣的研究[J]. 西北植物学报, 2015(11): 2331-2336.
- [30] Nazarbek Guldan, 库丽娜孜沙合达提, Mukhidinov Nashtay, 阿不都拉阿巴斯. 新疆伊氏叶属(Melanelixia)地衣的研究[J]. 菌物研究, 2016, 14(1): 28-32.
- [31] Lumbsch, T.H. and Huhndorf, S.M. (2007) Outline of Ascomycota. *Myconet*, **13**, 1-58.
- [32] Sudhir, K., Glen, S. and Koichiro, T. (2016) MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. *Molecular Biology and Evolution*, **33**, 1870-1874. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw054>
- [33] Zhang, W. and Sun, Z.R. (2008) Random Local Neighbor Joining: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **47**, 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.01.019>
- [34] Felsenstein (1985) Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the Bootstrap. *Evolution*, **39**, 783-791.
- [35] Tamura, K., Nei, M. and Kumar, S. (2004) Prospects for Inferring Very Large Phylogenies by Using the Neighbor-Joining Method. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **101**, 11030-11035. <https://doi.org/10.1073/pnas.0404206101>

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5665，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：br@hanspub.org