

## 青藏高原东南地区松萝科地衣的鉴定研究

杨子颖<sup>1</sup>, 李奇穗<sup>2</sup>, 苏洁<sup>1</sup>, 李惠玲<sup>3</sup>, 章漳<sup>3</sup>, 彭湃<sup>4</sup>, 苏印泉<sup>4</sup>, 彭锋<sup>1\*</sup>

(1. 北京林业大学 林木生物质北京市重点实验室, 北京 海淀 100083; 2. 四川省眉山市气象局, 四川 眉山 620010;  
3. 伽蓝(集团)股份有限公司, 上海 200233; 4. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:**对采自青藏高原东南地区的 212 份地衣标本进行调查研究,通过形态学观察和化学显色反应法鉴定出松萝属 8 种:长松萝、拟长松萝、粗皮松萝、灌松萝、亚灌松萝、花松萝、须松萝、角状松萝;树发属 2 种:树发、沟树发;树花属 1 种:中国树花;金丝属 1 种:金丝刷。其中,角状松萝为青藏高原地区新纪录种,树发、沟树发为西藏自治区首次报道;本研究填补了近 50 a 来青藏高原地区地衣松萝科植物资源研究的空白,丰富该地区地衣松萝科植物资源,为进一步开发利用奠定基础。

**关键词:**地衣;松萝科;青藏高原新纪录

**中图分类号:**Q914.84

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2022)05-0117-07

### Identification of the Usneaceae Lichen from Southeast Tibetan Plateau

YANG Zi-ying<sup>1</sup>, LI Qi-sui<sup>2</sup>, SU Jie<sup>1</sup>, LI Hui-ling<sup>3</sup>, ZHANG Zhang<sup>3</sup>, PENG Pai<sup>4</sup>, SU Yin-quan<sup>4</sup>, PENG Feng<sup>1\*</sup>

(1. Beijing Key Lab of Lignocellulosic Chemistry, Beijing Forestry University, 100083, Beijing, China; 2. Meteorological Bureau of Meishan City, Meishan 620010, Sichuan, China; 3. Jala Corporation, Fengxian 200233, Shanghai, China;  
4. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** This article investigated the *Usneaceae* lichens collected from the southeast part of the Qinghai-Tibet Plateau. A total of 212 lichen specimens were filed and identified, and their characteristics were analyzed by morphological observation and color test. Four genera and 12 species were found, including 8 *Usnea* species: *U. longissima*, *U. pectinata*, *U. montis-fuji*, *U. thomsonii*, *U. arborea*, *U. florida*, *U. barbata*, and *U. cornuta*; 2 *Alectoria* species: *A. jubata* and *A. sulcata*; 1 *Ramalina* species: *R. sinensis*; 1 *Lethariella* species: *L. cladonioides*. Among them, *U. cornuta* is a new recorded species from the Qinghai-Tibet Plateau, *A. jubata* and *A. sulcata* are the new recorded species from Tibet Autonomous Region. The finding provides a study on research blankness of the *Usneaceae* lichen in the Qinghai-Tibet Plateau in the past 50 years. The results enriched the *Usneaceae* lichen resources in this area and supported for the basic research in the *Usneaceae* lichen taxonomy.

**Key words:** lichen; *Usneaceae*; newly recorded species from Qinghai-Tibet Plateau

青藏高原位于我国西南,喜马拉雅山脉北部,是世界上海拔最高的地区之一,被称为“世界屋脊”、地球的“第三极”<sup>[1]</sup>。青藏高原地理环境独特复杂,根据不同地区的地形地貌特征可以将其分为藏北高原、藏南谷地、柴达木盆地、祁连山地、青海高原和川藏高山峡谷区 6 个亚高原区<sup>[2]</sup>。其中,青藏高原东

南地区属于川藏高山峡谷区,包括川西、藏东和滇西北一带,该地区东南海拔低,西北高,山脉呈南北走向,高山与河谷相间,这一地形特点使得印度洋暖湿气流能够沿峡谷北上,给青藏高原东南地区带来较为丰富的降水,由此孕育了丰富的植物资源。地衣作为植物资源的一个重要组成部分,是由共生菌(子

收稿日期:2021-08-03 修回日期:2021-09-25

基金项目:北京林业大学杰出青年人才培养计划项目(2019JQ03017);伽蓝(集团)股份有限公司合作项目(YF-ZX-201803-0320)。

第一作者:杨子颖。研究方向:植物资源化学。E-mail:838613908@qq.com

\*通信作者:彭锋,教授,博士生导师。研究方向:生物质高值化利用。E-mail:fengpeng@bjfu.edu.cn

囊菌或担子菌)和共生藻(或蓝细菌)所形成的自给自足,互惠共生的菌藻复合生命体<sup>[3]</sup>。据统计,约有 14 000 种地衣广泛分布于世界各地,而已报道的青藏高原(西藏南部)地衣仅有 194 种,隶属于 53 属 25 科<sup>[3-4]</sup>。加快、加强我国青藏高原地区地衣的研究工作十分必要。

树花属(*Ramalina*)、松萝属(*Usnea*)、树发属(*Alectoria*)和金丝属(*Lethariella*)共同隶属于子囊地衣纲,茶渍目,松萝科。松萝科植物的地衣体一般为灌丛状、细丝状、扁平条带状或者扇形叶状,通常以基部附着器或假根固着于树皮、树枝、灌木或篱笆桩等基质上<sup>[5]</sup>。松萝科植物表面具皮层,髓层实心或呈中空状,中轴通常为软骨质,少见绒絮状。子囊盘为茶渍型,侧生或顶生<sup>[6]</sup>。对于松萝科植物分类学研究的传统方法主要是通过对地衣体的分枝形态、皮层、髓层和中轴的厚度、有无色素出现和化学显色反应结果来进行该物种的鉴别工作<sup>[7-8]</sup>。近年来,随着聚合酶链反应技术(PCR)和 DNA 测序技术的发展,分子生物学技术在松萝科植物鉴定工作中的引入对其种系关系的建立和分类产生了巨大影响,奥地利格拉茨大学博士后研究员 T. Spribille et al<sup>[9]</sup>对松萝植物的研究甚至改写了 150 多年以来关于地衣的定义。但是,通过分子数据重建的系统发育关系与传统的分类学概念常有冲突<sup>[10-11]</sup>。L. J. Kelly et al<sup>[12]</sup>、C. Truong et al<sup>[13]</sup>证明,使用传统的形态学以及化学显色反应法相结合鉴定松萝科植物仍然是有效、准确的<sup>[12-13]</sup>。

几个世纪以来,在中国、印度和日本等亚洲国家,松萝科植物除了被用于治疗疟疾、蛇咬伤和咳嗽等疾病,还可以用作染料、化妆品、防腐剂和除臭剂<sup>[14-16]</sup>。松萝科植物所含有的酚酸类和多糖类物质具有重要的经济和药用价值<sup>[17]</sup>。国外已经有大量关于各地区松萝科植物的专门报道。但是,关于“世界屋脊”青藏高原地区的松萝科植物的调查研究仍然十分稀少。自 1966 年中国科学院西藏科学考察队对珠峰地区进行综合科学考察,并于 1974 年发表“珠穆朗玛峰地区地衣资料”一文后,国内关于青藏高原地区松萝科植物的调查研究便陷入了停滞状态。目前,国内关于青藏高原地区松萝科植物的研究资料主要来源于 1986 年出版的《西藏地衣》。《西藏地衣》报道了松萝科植物 15 种,但是此书籍的出版年代已过于久远。近 50 a 来,关于青藏高原地区松萝科植物研究的报道极少,青藏高原地区松萝科植物资源的开发利用、新种鉴定亟待加强。

为调查青藏高原东南地区(其行政范围主要包括西藏自治区林芝市、云南迪庆藏族自治州香格里拉

市、四川省甘孜藏族自治州稻城县和康定市、雅安市天全县)松萝科地衣的多样性、生境、区系以及分布情况,进一步挖掘我国地衣植物资源,本研究对来自青藏高原东南地区的松萝科植物进行分类鉴定。

## 1 材料与方法

### 1.1 标本的采集与鉴定

1.1.1 标本的采集 2018—2019 年在青藏高原东南地区进行样品采集,共获得 212 份地衣标本,阴干后进行室内鉴定。以上标本均保存于北京林业大学林木生物质化学北京市重点实验室。

1.1.2 形态学鉴定 通过对采集的松萝科植物标本的地衣体形态,分枝、横剖面类型,附着器的颜色、大小,表皮颜色,分枝表面的纤毛、环裂、粉芽、乳状突及疣状突,皮质层、髓层、软骨质中轴的特征,子囊盘的有无、着生位置、形状大小、托缘类型、盘面颜色及粗糙度情况等特征进行观察,参考地衣分类学资料<sup>[3,6,14]</sup>、西北农林科技大学标本馆所收藏的地衣真菌资料进行对照鉴定。

1.1.3 化学显色反应法<sup>[7,18]</sup> 不同的地衣种类因含有不同的地衣酸,会发生不同的颜色反应,根据颜色反应的结果可判别不同的地衣种类。

1.1.3.1 试剂准备 氢氧化钾(KOH,简称为 K):10%水溶液。

次氯酸钙( $\text{CaCl}_2\text{O}_2$ ,简称为 C):新鲜配制的饱和水溶液。

对苯二胺(P-Phenylenediamine,简称为 P):2%的乙醇溶液。

碘化钾(KI,简称为 I):10%的水溶液。

为防止试剂失效,次氯酸钙饱和水溶液 7 d 更换 1 次,对苯二胺的乙醇溶液 1 h 更换 1 次。

鉴定用氢氧化钾、次氯酸钙、无水乙醇、对苯二胺、碘化钾均为分析纯,均生产于北京化工厂。

1.1.3.2 检验方法 将样品处理干净并置于洁净的表面皿上,用毛细管将上述 3 种试剂分别涂抹到地衣体的皮层、髓层,观察有无颜色变化并记录。通常显色反应结果的记录方法是用“+”“-”表示正、负反应:皮层涂抹氢氧化钾试剂后变为红色,记录为皮层 K+红色;髓层涂抹氢氧化钾试剂后变为黄色,随后转变为红色,记录为髓层 K+黄色→红色;先将氢氧化钾试剂涂抹于髓层,紧接着在涂抹上饱和次氯酸钙溶液,髓层即变为黄色,记录为髓层 KC+黄色。如以上 3 种试剂涂抹后皮层、髓层都不变色,则记录为:K-、C-、P-、KC-。

在做髓层的显色反应过程中应尽量保证髓层清洁,防止髓层上有皮质残留干扰显色反应结果。生

长点的显色反应较其他部位更加灵敏,应尽量取用靠近生长点的部位做显色反应。

## 1.2 生境与区系研究

根据松萝科地衣生境和基物不同,参考相关文献<sup>[3,6,16]</sup>对其生境进行研究和分析。此外,参照相关文献<sup>[19-21]</sup>中分布区划分的类型,对青藏高原东南地区松萝科地衣区系特征进行研究。

## 2 结果与分析

### 2.1 青藏高原东南地区松萝科地衣形态及解剖结果

通过对青藏高原东南地区采集的212份地衣样本进行分析,鉴定出松萝属地衣8种、树发属地衣2种、树花属地衣1种、金丝属地衣1种。其中,松萝属地衣 *Usnea cornuta* (角状松萝) 为青藏高原地区新纪录种,树发属地衣 *Alectoria jubata* (树发)、*Alectoria sulcata* (沟树发) 为西藏自治区首次报道。对鉴定出的松萝科地衣进行描述,其形态解剖学特征如下。

2.1.1 松萝科松萝属 *Usnea* Wigg. Emend. Ach. Wigg. Primit. Flor. Holsat. 90 (1780) emend. Ach. Kgl. Vetensk-akad. Nya Handl. 15: 259 (1794). Mot. Lich. Gen. *Usnea* Stud. Monogr. pars syst. 1 (1936-1938).

2.1.1.1 长松萝(图1) *Usnea longissima* Ach. lich. Univers. 626 (1810). Mot. Lich. Gen. *Usnea* Stud. Monogr. pars syst. 423 (1936-1938)

形态学特征:地衣体大型细丝状,较为柔软,悬垂,长约25 cm或以上;表面呈淡黄绿色或淡灰绿色,无光泽;主枝较短,黑色,偶见环裂;附着器膨大;主枝以上丝状型分枝;初生分枝皮层较为完整,与主枝通常成锐角,偶见裸露的髓层;次生分枝细软,缺乏皮层,并密生垂直的小纤毛,平滑,单一或分枝;分枝上无乳状突,常见皮层破裂。分枝横剖面为正常型;皮层较厚;髓层致密,白色;中轴切面近似圆形,有韧性。子囊盘较为少见,侧生于分枝上,圆盘状,盘面光滑,白灰色,生有长缘毛。

化学显色反应:皮层 K+淡黄色;髓层 K-, P-, C-;中轴 I+蓝色。

生境:高山松树干、树枝。

采集地:林芝市色季拉山(海拔3 018 m)、南伊沟(海拔2 458 m)、鲁朗(海拔3 651 m)、香格里拉市普达措(海拔3 651 m)、稻城县亚丁(海拔3 421 m)、康定市海螺沟(海拔2 631 m)、天全县喇叭河(海拔1 721 m)。

分布:内蒙古、黑龙江、四川、云南、西藏、陕西、

台湾。

2.1.1.2 拟长松萝(图2) *Usnea pectinata* Tayl. in Hook, London J. Bot. 6: 191, 1847.

形态学特征:地衣体大型细丝状,较硬,悬垂,长约20 cm;表面呈黄绿色,偶见乌黑色,粗糙无光泽;附着器未见;主枝以上丝状型分枝;次生分枝呈二叉状,典型的螺旋状扭曲,分枝较少,枝侧密生小纤毛;分枝上无乳状突、粉芽,常见皮层脱落,未见环裂。皮层厚且呈深绿色;髓层白色,致密;中轴较粗,典型的螺旋状,切面近似圆形,有弹性。子囊盘未见。

化学显色反应:皮层 K-;髓层 K+黄红色、P-;中轴 I+蓝色。

生境:高山松树干、树枝。

采集地:天全县喇叭河(海拔1 653 m)。

分布:四川、云南、西藏、陕西、台湾。

2.1.1.3 粗皮松萝(图3) *Usnea montis-fuji* Mot. Monogr. *Usnea* 1936-1938: 420.

形态学特征:地衣体细丝状,较硬,悬垂,长约20 cm或以上;表面褐绿色,无光泽;未见初生附着器;主枝不明显;主枝以上丝状型分枝;次生分枝少,较硬,枝侧生有大量小纤毛,长5~15 mm;分枝上无乳状突、粉芽,因皮层破裂剥落致使地衣体表面粗糙,呈麸屑状。皮层薄,土褐色;髓层疏松,白色;中轴切面扁平,淡白色,偶见褐色斑块,有弹性。子囊盘未见。

化学显色反应:皮层 K-;髓层 K+黄色→血红色、P+黄色;中轴 I-。

生境:高山松树干、树枝。

采集地:天全县喇叭河(海拔1 735 m)。

分布:四川、陕西、甘肃、吉林、辽宁。

2.1.1.4 灌松萝(图4) *Usnea thomsonii* Stirton. Scott. Natur. 6: 107 (1881). Mot. Lich. Gen. *Usnea* stud. Monogr. pars syst.

形态学特征:地衣体灌丛状,较坚硬,直立,高5~7 cm;表面黄绿色,无光泽;初生附着器膨大;主枝黑棕色;主枝以上假轴型分枝;初生分枝较多,与主枝成直角;次生分枝偶见皮层破裂,侧生大量垂直、长短不一的小纤毛,顶端尖细;分枝表面偶见乳状突起。皮层较厚,黄绿色;髓层疏松,形似棉花;中轴较粗,切面近似圆形,具弹性。子囊盘常见,假顶生,大小不一的圆盘状;盘面黄绿色,光滑,覆有白色粉霜;盘缘纤毛状缘毛放射状着生。

化学显色反应:皮层 K-, P-;髓层 K-, P-。

生境:灌木、野樱桃树枝。

采集地:林芝市南伊沟(海拔2 521 m)。

分布:西藏、云南。

2.1.1.5 亚灌松萝(图5) *Usnea arborea* Stirton. Scott. Natur. 6:296(1882). A. Z. cat. Lich. Gen. *Usnea* stud. Monogr. pars syst.

形态学特征:地衣体灌丛状,较坚硬,直立,高约5 cm;表面灰绿色,无光泽;初生附着器膨大;主枝黑棕色,较短;主枝以上假轴型分枝;初生分枝较多,与主枝几乎成直角;次生分枝偶见皮层破裂,侧生大量小纤毛,顶端尖细,偶有分叉。皮层较厚,黄绿色;髓层疏松;中轴较粗,切面近似圆形,具弹性。子囊盘常见,假顶生,圆盘状;盘面黄绿色,光滑,盘中间偶有凸起,覆有白色粉霜;盘缘着生缘毛。

化学显色反应:皮层 K—, P—;髓层 K+黄色→橘红色、P+橘红色。

生境:枯木、野樱桃树枝。

采集地:林芝市南伊沟(海拔2 513 m),香格里拉市普达措(海拔3 596 m)。

分布:西藏。

2.1.1.6 花松萝(图6) *Usnea florida* (L.) Weber ex F. H. Wigg. Pr. Fl. Holsat. 91, 1780.

形态学特征:地衣体灌丛状,坚硬,直立,高约5 cm;表面灰绿色,无光泽;附着器黑色,膨大;主枝较短;主枝以上假轴型分枝;初生分枝粗壮,生有明显的环状裂纹,与主枝夹角大于90°;次生分枝较为平滑,枝侧密生小纤毛。皮层灰绿色;髓层疏松;中轴切面近似圆形,较粗。子囊盘常见,生于分枝上,圆盘状,盘面光滑呈黄绿色;盘缘缘毛呈环状排列。

化学显色反应:皮层 K—, P—;髓层 K—, P—。

生境:枯木、野樱桃树枝。

采集地:香格里拉市普达措(海拔3 585 m)。

分布:内蒙古、四川、云南、新疆、台湾。

2.1.1.7 须松萝(图7) *Usnea barbata* Var. Med. Soc. Fa. Fl. Fenn. 48:173, 1925.

形态学特征:地衣体呈半灌丛状,倾斜,扇形扩展,长约8 cm;表面呈黄绿色;附着器黑色,膨大,粗约5 mm;主枝短,灰棕色;主枝以上不规则假轴型分枝;次生分枝稠密,圆柱状,与主枝几乎成直角;分枝末端渐细,成二叉状;次生分枝上有明显的乳状突,细分枝上形成白色斑块粉芽堆,主枝以及次生分枝上少见环状裂纹。皮层黄绿色,较厚;髓层白色,易碎,较为疏松;中轴较粗,切面近似圆形,具弹性;无子囊盘。

化学显色反应:皮层 K—, P—;髓层 K+黄→红、C—, P+黄。

生境:枯树树皮。

采集地:稻城县亚丁自然保护区(海拔3 214 m)、稻城县巨龙乡(海拔3 025 m)。

分布:四川、云南、陕西。

2.1.1.8 角状松萝(图8) *Usnea cornuta* Körb. subsp. *cornuta*, Parerga Lichenol. :2, 1859.

形态学特征:地衣体灌丛状,直立,高约4 cm;表面呈黄绿色;附着器黑色;主枝较短,灰白色;主枝以上呈假轴型分枝,顶端膨大;次生分枝粗壮,较短,与初生分枝几乎成直角;分枝上有较多乳状突,偶见凹痕,特别是在分枝顶端,有大量粉芽堆;枝侧纤毛少见。皮层灰绿色,较薄;髓层白色,疏松;中轴较细,切面近似圆形,具弹性;无子囊盘。

化学显色反应:皮层 K—, P—;髓层 K+黄→红、C—, P+橘黄。

生境:枯树树枝。

采集地:稻城县亚丁自然保护区(海拔3 214 m)。

分布:陕西。

2.1.2 松萝科树发属 *Alectoria* Ach. Ach. in Luyken, Ten. Hist. Lich. 95 (1809). Brodo & Hawksw. Opera Bot. 42:56 (1977).

2.1.2.1 树发(图9) *Alectoria jubata* (L.) Ach. Lich. Univ. :592 (1810).

形态学特征:地衣体黑褐色,细丝状,直立或悬垂,高5~8 cm,常缠绕于其他地衣体上;主枝以上重复二叉状分枝,分枝稠密,圆柱状;次生分枝单一平行延伸,枝侧有稀疏的小纤毛,纤毛顶端偶见分叉;地衣体呈黑褐色,偶见少量白色粉芽;髓层白色,较为致密;无子囊盘。

化学显色反应:皮层 K—;髓层 P+红色、K—。

生境:野樱桃、高山栎或枯树树枝。

采集地:林芝市鲁朗(海拔3 649 m)、南伊沟(海拔2 450 m)。

分布:陕西、云南、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、台湾。

2.1.2.2 沟树发(图10) *Alectoria sulcata* Nyl. Mem. Soc. Imp. Sci. Nat. Cherbourg 5:98 (1857).

形态学特征:地衣体灰白色,坚硬,灌丛状,直立,高约5~8 cm,以基部附着器固着于树皮或树枝上;附着器明显膨大,呈黑褐色;主枝较短,灰白色,主枝以上二叉状分枝;次生分枝与主枝成锐角,枝侧偶见小纤毛;分枝上有1条明显的纵向凹槽;表皮一般呈灰白色,偶见灰褐色表皮;分枝表面光滑,略带光泽;无粉芽。无中轴,皮层致密;髓层白色,常裸露在外;子囊盘常见,数量较多,侧生或假顶生;圆盘状,直径5 mm左右;盘面呈灰褐色或灰白色;托缘轻微隆起。

化学显色反应:皮层 K+淡黄色;髓层 K—、

C-、KC-、P+橘红色。

生境:野樱桃、高山栎或枯树树枝。

采集地:林芝市南伊沟(海拔2451 m)。

分布:四川、云南、陕西、甘肃、台湾。

2.1.3 松萝科树花属 *Ramalina* Ach. Ach. lichenogr. Univers. 122 et 598 (1810).

2.1.3.1 中国树花(图11) *Ramalina sinensis* Jatta, nuov. Giorn. Botan. Ital. nov. ser. 60: 462 (1902).

形态学特征:地衣体灰黄色,呈扁平扇形,较硬,灌丛状,直立,高3~4 cm,以基部附着器固着于枯树枝上;具明显的纵向脉纹状棱脊;地衣体皮层较厚;髓层白色,疏松;子囊盘常见,圆盘状,较多,生于裂片顶端或背面;盘面黄褐色,直径1~5 mm,托缘内卷。

化学显色反应:皮层K-;髓层K-、C-、P-。

生境:枯树树枝。

采集地:林芝市南伊沟(海拔2451 m)。

分布:辽宁、吉林、黑龙江、四川、云南、西藏、陕西、甘肃、台湾。

2.1.4 松萝科金丝属 *Lethariella* (Mot.) Krog.

Krog, Norw. J. Bot. 123: 88 (1976). *Usnea subgen. Lethariella* Mot. Lich. Gen. *Usnea* Stud. Monogr. pars syst. 39 (1936-1938).

2.1.4.1 金丝刷(图12) *Lethariella cladonioides* (Nyl.) Krog, Norw. J. Bot. 23: 93 (1976)

形态学特征:地衣体呈松散的灌丛状,近末梢处鲜艳的橘红色或锈黄色,近基部污白色至土黄色,坚硬,直立或团状,高5~6 cm,以基部附着器固着于树枝上;主枝3 mm左右,主枝以上不等二叉状分枝;次生分枝顶端渐细,常见分叉,呈尖头或勾状;皮层薄;髓层疏松;中轴白色,较硬;子囊盘未见。

化学显色反应:皮层K+紫红色;髓层K-、P-。

生境:枯树树枝、树干。

采集地:稻城县亚丁自然保护区(海拔3220 m)。

分布:四川、西藏。

## 2.2 青藏高原东南地区松萝科地衣生境类型和区系研究

根据地衣生长环境的不同可将其分为藓丛生地衣、树生地衣(包括枯木生地衣)、草地生地衣、石生地衣和多生地衣。通过对青藏高原东南地区松萝科地衣的生境进行调查研究发现,该地区12种松萝科地衣都通过附着器固着在树枝、树皮以及枯木上,生境较为单一,原因可能是树枝、树皮以及枯木为松萝科地衣植物的生长创造了适宜的环境,并提供了一定的营养物质。

地衣对环境的适应性较强,可塑性较大,与高等植物相比,地衣在世界范围内的分布区更为宽广。根据相关文献的报道,青藏高原地衣植物主要以高山成分、泛北极寒温成分以及南北两半球寒温成分为主,约占89%左右<sup>[3]</sup>。现将已鉴别的青藏高原东南地区的12种松萝科地衣划分入6种区系类型。

2.2.1 世界广布种 指在全球各大洲广泛分布,没有特殊分布中心的成分,适应力强。本区世界广布种有共2属2种,分别是:长松萝(*U. longissima*)、沟树发(*A. sulcata*)。

2.2.2 环北极成分 指分布在北极和附近地区,包括亚欧大陆和美洲大陆北部。本区环北极成分有共1属2种,分别是:角状松萝(*U. cornuta*);须松萝(*U. barbata*)。

2.2.3 东亚-北美成分 指生长在亚洲东部和美洲北部地区。本区东亚-北美成分有共1属1种:拟长松萝(*U. pectinata*)。

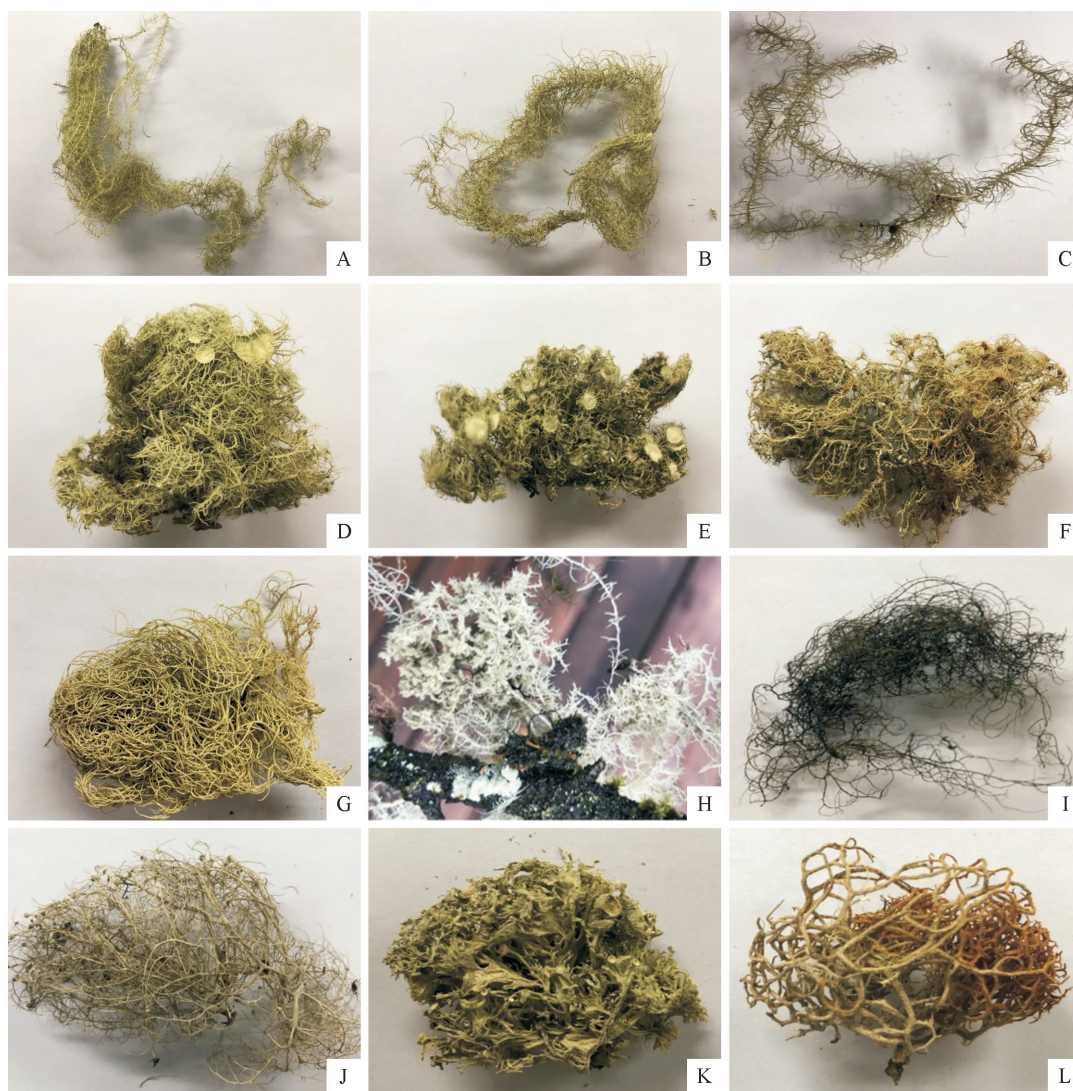
2.2.4 欧亚成分 指分布在亚洲和欧洲地区,其他地区未见报道的地衣。本区欧亚成分有共3属4种,分别是:粗皮松萝(*U. montis-fuji*)、花松萝(*U. florida*)、树发(*A. jubata*)、中国树花(*R. sinensis*)。

2.2.5 中国特有成分 指目前发现仅分布在中国的地衣种。本区中国喜马拉雅特有分布共2属3种,分别是:灌松萝(*U. thomsonii*)、亚灌松萝(*U. arborea*)、金丝刷(*L. cladonioides*)。

青藏高原东南地区的松萝科地衣以泛北极寒温成分和中国特有分布为主。这一地衣区系特点可能是由于青藏高原不断抬升与寒化,使得当地纬度性因素所带来的影响受到强烈破坏在地衣区系方面的反映。另一方面,青藏高原东南地区的高山与纵横河谷的持续切割而造就的独特复杂的自然地理环境和气候为中国特有成分(中国-喜马拉雅特有种)的形成创造了有利条件。

## 3 结论与讨论

利用传统的形态学和化学显色反应法对采自青藏高原东南地区的212份样品进行鉴定,在采集的样品中共鉴定出4属12种。松萝属8种:长松萝 *U. longissima*、拟长松萝 *U. pectinata*、粗皮松萝 *U. montis-fuji*、灌松萝 *U. thomsonii*、亚灌松萝 *U. arborea*、花松萝 *U. florida*、须松萝 *U. barbata*、角状松萝 *U. cornuta*。树发属2种:树发、沟树发 *A. sulcata*。树花属1种:中国树花;金丝属1种:金丝刷。其中,角状松萝 *U. cornuta* 为青藏高原地区新纪录种;树发、沟树发 *A. sulcata* 为西藏自治区首次报



A. 长松萝; B. 拟长松萝; C. 粗皮松萝; D. 灌松萝; E. 亚灌松萝; F. 花松萝; G. 须松萝; H. 角状松萝; I. 树发; J. 沟树发; K. 中国树花; L. 金丝刷。  
A. *Usnea longissima*; B. *Usnea pectinata*; C. *Usnea montis-fuji*; D. *Usnea thomsoii*; E. *Usnea arborea*; F. *Usnea florida*; G. *Usnea barbata*; H. *Usnea cornuta*; I. *Alectoria jubata*; J. *Alectoria sulcata*; K. *Ramalina sinensis*; L. *Lethariella cladonioides*。

图 1 青藏高原东南地区 12 种松萝科地衣

Fig. 1 Twelve species of Usneaceae lichen in the southeast Tibetan Plateau

道。本次调查研究所采集的地衣松萝科植物集中在 1 700~3 700 m 的高海拔,气候湿润,雨量充沛的区域。另外,该地区的松萝科地衣都以附着器固着于树皮、树干或枯枝上,且该地区的松萝科地衣主要为泛北极寒温成分和中国特有成分。青藏高原东南地区自然地理情况复杂,森林资源丰富,种类繁多,本研究更新和丰富了该地区的地衣松萝科植物资料,填补了近 50 a 来的研究空白,为今后进一步调查青藏高原地区地衣植物提供了参考,预计对该地区的进一步调查研究会有更多的收获和发现。

#### 参考文献:

- [1] ZHU N, SCHRAMM K W, WANG T, *et al.* Lichen, moss and soil in resolving the occurrence of semi-volatile organic compounds on the southeastern Tibetan Plateau, China[J]. Science of the Total Environment, 2015, 518: 328-336.
- [2] 孙中帅. 青藏高原鸡皮衣科地衣研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2009.
- [3] 魏江春, 姜玉梅. 西藏地衣[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 4-6, 67-73.
- [4] LARRY L. S T. CLAIR G S. Lichens: a promising source of antibiotic and anticancer drugs[J]. Phytochemistry Reviews, 2013, 12(1): 229-244.
- [5] 彭锋. 松萝属植物形态学和五种松萝种多糖的分离纯化及活性研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2007.
- [6] 吴金陵. 中国地衣植物图鉴[M]. 北京: 中国展望出版社, 1987: 1-14, 176-182.
- [7] CLERC P. Species concepts in the genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes)[J]. The Lichenologist, 1998, 30(4): 321-340.
- [8] OHMURA Y. Taxonomic study of the genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes) in Japan and Taiwan[J]. Journal of the Hattori Botanical Laboratory, 2001, 90(90): 1-96.

- [9] SPRIBILLE T, TUOVINEN V, RESL P, *et al.* Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens[J]. *Science*, 2016, 353(6298): 488-492.
- [10] CRESPO A, KAUFF F, DIVAKAR P K, *et al.* Phylogenetic generic classification of parmelioid lichens (Parmeliaceae, Ascomycota) based on molecular, morphological and chemical evidence[J]. *Taxonomy*, 2010, 59(6): 1735-1753.
- [11] PRINTZEN C. Lichen systematics: the role of morphological and molecular data to reconstruct phylogenetic relationships [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2010: 233-275.
- [12] KELLY L J, HOLLINGSWORTH P M, COPPINS B J, *et al.* DNA barcoding of lichenized fungi demonstrates high identification success in a floristic context[J]. *New Phytologist*, 2011, 191(1): 288-300.
- [13] TRUONG C, DIVAKAR P K, YAHR R, *et al.* Testing the use of ITS rDNA and protein-coding genes in the generic and species delimitation of the lichen genus *Usnea* (Parmeliaceae, Ascomycota) [J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2013, 68(2): 357-372.
- [14] 彭锋, 边静, 彭湃, 等. 松萝属地衣植物的研究进展[J]. *林产化学与工业*, 2012, 32(1): 111-118.
- [15] 苏印泉, 王海宏, 马养民, 等. 西藏长松萝浸提物抑菌作用研究[J]. *西北林学院学报*, 2006(5): 154-155, 159.
- SU Y Q, WANG H H, MA Y M, *et al.* Bacteriostasis of *Usnea longissima* extracts of Tibet[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2006(5): 154-155, 159. (in Chinese)
- [16] 杨东升, 苏印泉, 彭锋, 等. 几种松萝中松萝酸含量及提取物清除 DPPH 自由基能力测定[J]. *西北林学院学报*, 2007, 22(5): 135-138.
- YANG D S, SU Y Q, PENG F, *et al.* Measurement on content of usnic acid in several *Usnea* and the activity of the extractions scavenging DPPH free radical[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(5): 135-138. (in Chinese)
- [17] 孙长霞, 苏印泉, 张柏林. 不同产地松萝中多糖的分子量及活性研究[J]. *西北林学院学报*, 2014, 29(1): 100-104.
- SUN C X, SU Y Q, ZHANG B L. Studies on the molecular weight distribution and biological activities of polysaccharide of *Usnea* from different locations[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2014, 29(1): 100-104. (in Chinese)
- [18] BRODO I M, SHARNOFF S D, SHARNOFF S. Lichen of north American[M]. New Haven and London: Yale University Press, 2001: 709-726.
- [19] 李博, 闫焱激, 石瑛. 历山国家级自然保护区地衣多样性及区系研究[J]. *山西农业大学学报: 自然科学版*, 2021, 41(2): 83-88.
- [20] 文雪梅, 阿地里江·阿不都拉, 热衣木·马木提, 等. 新疆北部松萝属地衣生态分布与地理区系成分分析[J]. *广西植物*, 2010, 30(04): 478-483.
- [21] 李博, 闫焱激, 石瑛. 中国石蕊科地衣多样性与区系研究[J]. *植物科学学报*, 2021, 39(1): 14-21.
- LI B, YAN T W, SHI Y. Species diversity and floristic elements of the lichen family Cladoniaceae in China[J]. *Plant Science Journal*, 2021, 39(1): 14-21. (in Chinese)
- 
- (上接第 110 页)
- [28] 刘桂林, 杜鸿云, 王艳, 等. 美国红栎叶片呈色差异的研究[J]. *西北林学院学报*, 2008, 23(4): 42-44, 51.
- LIU G L, DU H Y, WANG Y, *et al.* Comparison of physiological characteristic between the leaves with different colors of *Cotinus coggygria* 'Royal Purple'[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2008, 23(4): 42-44, 51. (in Chinese)
- [29] 冯露, 吴际洋, 鞠易倩, 等. 紫叶紫薇呈色生理及光合特性研究[J]. *北京林业大学学报*, 2017, 39(12): 93-101.
- FENG L, WU J Y, JU Y Q, *et al.* Study on Color Physiology and photosynthetic Characteristics of Crape Myrtle[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2017, 39(12): 93-101. (in Chinese)
- [30] 韩文学, 江皓, 卞健, 等. 10 个观赏海棠品种叶片春季色彩变化及其与色素含量的相关性[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2020, 46(5): 562-570.
- HAN W X, JIANG H, BIAN J, *et al.* Leaf color variation and its correlation with pigment content of 10 ornamental begonia cultivars in spring[J]. *Journal of Zhejiang University Agriculture and Life Sciences*, 2020, 46(5): 562-570. (in Chinese)
- [31] 齐睿, 李小红, 石博雨, 等. 红叶石楠转色期叶片色彩参数与色素含量的相关性分析[J]. *河南农业科学*, 2019, 48(4): 93-101.
- [32] 杨秀莲, 华雅洁, 卢辰艳, 等. 海州常山花萼转色期生理变化研究[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2019, 47(4): 58-64.
- YANG X L, HUA Y J, LU C Y, *et al.* Study on physiological changes of calyx during color transition in Changshan, Haizhou[J]. *Journal of Northwest University of agriculture and forestry science and Technology: Natural Science Edition*, 2019, 47(4): 58-64. (in Chinese)
- [33] 王珂, 周颖, 阙林仁, 等. 3 种法师系多肉植物秋季叶色表现及色素含量分析[J]. *安徽农学通报*, 2021, 27(11): 73-74.
- [34] 潘丽芹, 李纪元, 韦海忠, 等. 红叶山茶(*Camellia japonica*)叶片色素含量与叶色参数的相关性分析[J]. *分子植物育种*, 2020, 18(2): 579-585.
- PAN L Q, LI J Y, WEI H Z, *et al.* Correlation analysis between leaf pigment content and leaf color parameters of *Camellia japonica* [J]. *Molecular plant breeding*, 2020, 18(2): 579-585. (in Chinese)
- [35] 杨小鑫, 吕运舟, 董筱昀, 等. '金焰彩棠'与黄山栾树光合特性比较[J]. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2016, 40(4): 74-80.
- YANG X X, LU Y Z, DONG X Y, *et al.* Comparison of photosynthetic characteristics between 'golden fireworks Luan' and Huangshan Luan[J]. *Journal of nanjing forestry university: Natural Science Edition*, 2016, 40(4): 74-80. (in Chinese)