

# 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物多样性分析

丛明阳<sup>1,①</sup>, 徐跃跃<sup>2</sup>, 唐录艳<sup>3</sup>

(1. 江西师范大学 分析测试中心, 江西 南昌 330022; 2. 南昌大学经济管理学院, 江西 南昌 330031;  
3. 贵州师范大学生命科学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 采用样方法对镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地内 16 个样点 80 个样方的苔藓植物进行了实地调查、标本采集和种类鉴定, 并对该区域苔藓植物的种类组成、优势类群、分布区类型、生境类型、水分生态类型和  $\alpha$  多样性指数进行了分析。结果表明: 共采集苔藓植物标本 1 726 份, 含 34 科 69 属 115 种, 其中, 藓类植物门 (Bryophyta) 有 26 科 57 属 95 种, 苔类植物门 (Marchantiophyta) 有 8 科 12 属 20 种; 优势科 (含 6 种及以上) 有青藓科 (Brachytheciaceae)、提灯藓科 (Mniaceae) 和绢藓科 (Entodontaceae) 等 8 个, 优势属 (含 3 种及以上) 有青藓属 (*Brachythecium* Bruch & Schimp.)、匐灯藓属 (*Plagiomnium* T. J. Kop.) 和绢藓属 (*Entodon* Müll. Hal.) 等 9 个, 优势种 (重要值在 2.0% 以上) 有毛尖紫萼藓 (*Grimmia pilifera* P. Beauv.)、提灯藓 (*Mnium hornum* Hedw.) 和匐灯藓 [*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop.] 等 9 个。该区域苔藓植物种的分布区类型有 9 个, 其中, 北温带分布型所占比例最高 (48.7%), 东亚分布型次之 (24.3%), 中国特有分布型占有一定比例 (7.0%)。统计结果表明: 72.2% 的苔藓植物种类生长在岩石上, 且 80.0% 的苔藓植物种类属于中生型。该区域不同环境中苔藓植物的 Patrick 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数的变化规律一致, 均表现为在熔岩台地与镜泊湖间区域最高, 在熔岩台地边缘最低; 而 Pielou 均匀度指数的变化规律则恰好相反。综上所述, 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物种类丰富, 多样性较高, 优势类群的抗旱性和抗寒性均较强; 并且, 该区域苔藓植物主要生长在岩石上, 地理成分具有明显的北温带性质。

**关键词:** 苔藓植物; 火山熔岩台地; 优势类群; 分布区类型; 生境类型; 水分生态类型;  $\alpha$  多样性指数

中图分类号: Q949.35; Q948.3; X176 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2020)06-0057-09  
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2020.06.07

**Analysis on diversity of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark**  
CONG Mingyang<sup>1,①</sup>, XU Yueyue<sup>2</sup>, TANG Luyan<sup>3</sup> (1. Analytical and Testing Center, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 2. School of Economics and Management, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 3. College of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2020, 29(6): 57-65

**Abstract:** Field survey, specimen collection and species identification of bryophytes in 80 quadrats of 16 sampling sites in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark were carried out by quadrat sampling method, and species composition, dominant group, distribution type, habitat type, water ecological type and  $\alpha$  diversity index of bryophytes in this area were analyzed. The results show that 1 726 bryophyte specimens are collected in total, including 115 species in 69 genera of 34 families, in which, Bryophyta contains 95 species in 57 genera of 26 families, Marchantiophyta contains 20 species in 12 genera of 8 families; there are 8 dominant families (containing 6 or more species) such as Brachytheciaceae, Mniaceae and Entodontaceae, etc., 9 dominant genera (containing 3 or more species) such as *Brachythecium* Bruch & Schimp., *Plagiomnium* T. J. Kop. and *Entodon* Müll. Hal., etc., 9

收稿日期: 2020-05-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31700168); 江西省博士后研究人员日常经费资助项目 (2019RC17); 江西师范大学青年英才培育资助计划项目 (202006); 江西师范大学博士后科研启动金项目 (12020739); 江西师范大学人才引进科研启动金项目 (12019506)

作者简介: 丛明阳 (1986—), 女, 江西南昌人, 博士, 实验师, 主要从事苔藓植物分类学和生物多样性研究。

①通信作者 E-mail: congmingyang@jxnu.edu.cn

dominant species (importance value above 2.0%) such as *Grimmia pilifera* P. Beauv., *Mnium hornum* Hedw. and *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop., etc. There are 9 distribution types of bryophytes in this area, in which, the percentage of North Temperate is the highest (48.7%), followed by East Asia (24.3%), and Endemic to China accounts for a certain percentage (7.0%). The statistical results show that 72.2% of bryophyte species grow on rocks and 80.0% of bryophyte species belong to mesophyte. The change laws of Patrick richness index, Shannon-Wiener diversity index and Simpson dominance index of bryophytes in different environments in this area are consistent, which are the highest in the area between lava platform and Jingpo Lake and the lowest in the edge of lava platform; while the change law of Pielou evenness index is just the opposite. In conclusion, the bryophytes in the volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark have rich species and high diversity, and the drought and cold resistances of dominant groups are relatively strong; in addition, bryophytes in this area mainly grow on rock, and their geographical component has evident north temperate characteristics.

**Key words:** bryophytes; volcanic lava platform; dominant group; distribution type; habitat type; water ecological type;  $\alpha$  diversity index

目前,生物多样性已成为全球研究者共同关注的热点<sup>[1]</sup>。火山熔岩台地是一种特殊的生态环境,为火山喷发时大规模熔岩流迸发后形成的平坦高地。植物在火山熔岩台地上可经历漫长的原生演替过程,但火山熔岩台地的植物演替历史较周围环境短,因此,研究火山熔岩台地的植物多样性对于进一步探讨火山生态系统的植被演替规律和植被恢复等科学问题具有重要意义。美国、俄罗斯、日本和新西兰等国研究者早已对火山生态系统的植物多样性开展了较为深入的研究<sup>[2]</sup>,而中国的相关研究却起步较晚且相对薄弱,迄今为止,研究者仅对黑龙江省的五大连池火山<sup>[3]</sup>和镜泊湖火山<sup>[4]</sup>以及海南省的羊山火山<sup>[5]</sup>和马鞍岭火山<sup>[6]</sup>的植物多样性进行了相关研究,且研究对象主要是维管植物。众所周知,火山熔岩台地的生态环境条件恶劣,很多植物难以在此生存,而多数苔藓植物抗逆性较强,可成为火山生态系统演替进程中的先锋植物,能够促进并保护火山生态系统的生物多样性。

苔藓植物是自然植物资源和生物多样性的重要组成部分<sup>[7]</sup>,目前国内关于火山生态系统苔藓植物多样性的研究报道极少,仅见关于五大连池火山苔藓植物多样性的报道<sup>[8]</sup>。镜泊湖火山和五大连池火山均位于黑龙江省,且均拥有较大面积的熔岩台地。镜泊湖世界地质公园是镜泊湖火山的重要组成部分,位于中国生物多样性优先保护关键地区——长白山区,由于园区内火山群在距今 5 200~5 500 年间多次喷发<sup>[9]</sup>,原有植被和土壤被毁灭,目前已形成完整、典型、稀有的火山地质遗迹景观,是地球演化进程中遗留的珍贵自然遗产。镜泊湖火山熔岩台地是揭示火

山生态系统植物多样性等科学问题的天然基地,已有学者对该区域种子植物的多样性<sup>[4]</sup>和区系地理成分开展了详细研究<sup>[10-12]</sup>,但该区域的苔藓植物多样性尚未明晰,亟待开展系统的调查研究。

鉴于此,作者采用样方法对镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地内 16 个样点 80 个样方的苔藓植物多样性进行了考察,并采用数量生态学方法量化分析了该区域的苔藓植物多样性,明确了该区域苔藓植物的种类组成、优势类群、分布区类型、生境类型、水分生态类型和  $\alpha$  多样性指数,以期完善镜泊湖世界地质公园的本底资料,并对丰富中国生物多样性保护内涵具有重要意义。

## 1 研究区自然概况和研究方法

### 1.1 研究区自然概况

镜泊湖世界地质公园位于黑龙江省宁安市境内,为张广才岭与老爷岭的过渡区,地理位置为东经 128°30'00"~129°10'00"、北纬 43°43'34"~44°17'55",总面积约 1 200 km<sup>2</sup>,其中,火山熔岩台地的面积约 500 km<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。镜泊湖世界地质公园内的火山熔岩台地地势平坦,呈现低山丘陵火山地貌,地质构造主要为玄武岩。该区域属温带大陆性季风气候,四季分明,春季多风干燥,夏季多雨清凉,秋季多晴凉爽,冬季寒冷漫长;年均温 3.6 °C,最冷月(1月)均温 -16.0 °C,最热月(7月)均温 21.6 °C,极端最低温 -36.7 °C,极端最高温 36.2 °C,年降水量 506.4 mm,且降水主要集中在夏季,无霜期约 150 d<sup>[10]</sup>。土壤类型以暗棕壤为主。地带性植被为以红松(*Pinus*

*koraiensis* Sieb. et Zucc.) 和蒙古栎 (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) 为主的针阔混交林<sup>[11-12]</sup>。

## 1.2 研究方法

1.2.1 样方设置与标本采集 分别于2017年8月和9月、2018年8月以及2019年7月和8月(即苔藓植物生长季)先后5次赴镜泊湖世界地质公园开展野外考察,调查范围覆盖火山熔岩台地全境。采用线路踏查和重点调查相结合的方法,按照距离镜泊湖由远到近的顺序(即按照熔岩台地边缘、镜泊湖与熔岩台地间区域、镜泊湖边缘的顺序),根据苔藓植物的实际分布情况,选择苔藓植物分布较为集中的地段设置样点。共设置16个样点,包括熔岩台地边缘样点4个、镜泊湖与熔岩台地间样点8个、镜泊湖边缘样点4个。在每个样点设置5个面积40 cm×40 cm的样方,共计80个样方。

将样方网筛置于样方内的苔藓植物群落中,将网筛分成1600个面积1 cm×1 cm的小样格<sup>[14]</sup>,详细记录每个样方的编号、经纬度、生境、基质、盖度、采集日期和采集人等信息。按照每个种类采集量不超过原有种群数量10%的原则采集苔藓植物,装入自封袋后带回实验室。挑出苔藓植物中的杂物,自然晾干,装入牛皮纸袋中保存,待鉴定。

1.2.2 种类鉴定与组成分析 采用经典植物分类学方法,在 Olympus SZ2-ILST 体式解剖镜(日本 Olympus 公司)和 Olympus CX31RTSF 光学显微镜(日本 Olympus 公司)下观察各种类的形态解剖学特征;参考《中国苔纲和角苔纲植物属志》<sup>[15]</sup>、《东北苔类植物志》<sup>[16]</sup> 和《东北藓类植物志》<sup>[17]</sup> 等工具书定种;依据贾渝等<sup>[18]</sup> 的观点建立镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物名录(附录 I),所有标本保藏于江西师范大学苔藓植物标本室(JXNU)。

基于建立的苔藓植物名录分析苔藓植物的种类组成;根据包含的种数判定优势科(含6种及以上)和优势属(含3种及以上),根据重要值判定优势种(重要值在2.0%以上)。

1.2.3 地理学特征分析 由于苔藓植物与种子植物具有相同的分布区类型<sup>[19]</sup>,故参照吴征镒等<sup>[20]</sup> 和吴鹏程等<sup>[21]</sup> 的观点划分苔藓植物种的分布区类型。整理各样方的调查信息,统计生境类型。依据苔藓植物对水分的依赖程度划分水分生态类型<sup>[22]</sup>。

1.2.4  $\alpha$  多样性指数分析 采用 Patrick 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 优势度指

数和 Pielou 均匀度指数分析供试区域苔藓植物的  $\alpha$  多样性指数<sup>[23-24]</sup>。

## 1.3 数据统计及分析

采用 Origin Pro 9.0 和 R 语言 3.5.1 软件进行数据统计。参照相关文献<sup>[25]</sup> 计算各种类的重要值,计算公式为重要值=(相对盖度+相对频度)/2。

## 2 结果和分析

### 2.1 苔藓植物种类组成分析

据统计,在镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地样方共采集苔藓植物标本1726份,含34科69属115种,其中,藓类植物门(Bryophyta)有26科57属95种,苔类植物门(Marchantiophyta)有8科12属20种。

优势科(含6种及以上)分析结果(表1)表明:该区域苔藓植物的优势科有8个,分别为青藓科(Brachytheciaceae)、提灯藓科(Mniaceae)、紫萁藓科(Grimmiaceae)、绢藓科(Entodontaceae)、真藓科(Bryaceae)、灰藓科(Hypnaceae)、丛藓科(Pottiaceae)

表1 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的优势科分析<sup>1)</sup>  
Table 1 Analysis on dominant family of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark<sup>1)</sup>

科 Family	属 Genus		种 Species	
	数量 Number	比例/% Percentage	数量 Number	比例/% Percentage
青藓科 Brachytheciaceae	4	5.8	14	12.2
提灯藓科 Mniaceae	4	5.8	14	12.2
紫萁藓科 Grimmiaceae	4	5.8	8	7.0
绢藓科 Entodontaceae	2	2.9	8	7.0
真藓科 Bryaceae	4	5.8	7	6.1
灰藓科 Hypnaceae	6	8.7	7	6.1
丛藓科 Pottiaceae	6	8.7	6	5.2
折叶苔科 Scapaniaceae	2	2.9	6	5.2
葫芦藓科 Funariaceae	2	2.9	4	3.5
柳叶藓科 Amblystegiaceae	3	4.3	3	2.6
挺叶苔科 Anastrophyllaceae	2	2.9	3	2.6
裂叶苔科 Lophoziaceae	2	2.9	3	2.6
齿萁苔科 Lophocoleaceae	1	1.4	3	2.6
金发藓科 Polytrichaceae	2	2.9	2	1.7
曲尾藓科 Dicranaceae	1	1.4	2	1.7
羽藓科 Thuidiaceae	2	2.9	2	1.7
白齿藓科 Leucodontaceae	1	1.4	2	1.7
平藓科 Neckeraaceae	2	2.9	2	1.7
薄罗藓科 Leskeaceae	2	2.9	2	1.7
牛舌藓科 Anomodontaceae	2	2.9	2	1.7
叶苔科 Jungermanniaceae	2	2.9	2	1.7

<sup>1)</sup>表中仅列出含2种及以上的科 The table only lists the families containing 2 or more species.

和折叶苔科(Scapaniaceae),共含32属70种,分别占该区域苔藓植物总属数和总种数的46.4%和60.9%。

优势属(含3种及以上)分析结果(表2)表明:该区域苔藓植物的优势属有9个,分别为青藓属(*Brachythecium* Schimp.)、匐灯藓属(*Plagiomnium* T. J. Kop.)、绢藓属(*Entodon* Müll. Hal.)、紫萼藓属(*Grimmia* Hedw.)、真藓属(*Bryum* Hedw.)、合叶苔属[*Scapania* (Dumort.) Dumort.]、葫芦藓属(*Funaria* Hedw.)、疣灯藓属(*Trachycystis* Lindb.)和裂萼苔属(*Chiloscyphus* Corda),其中,青藓属含种数最多,有9种。9个优势属共含45种,占该区域苔藓植物总种数的39.1%。

表2 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的优势属分析<sup>1)</sup>  
Table 2 Analysis on dominant genus of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark<sup>1)</sup>

属 Genus	种 Species	
	数量 Number	比例/% Percentage
青藓属 <i>Brachythecium</i>	9	7.8
匐灯藓属 <i>Plagiomnium</i>	8	7.0
绢藓属 <i>Entodon</i>	7	6.1
紫萼藓属 <i>Grimmia</i>	4	3.5
真藓属 <i>Bryum</i>	4	3.5
合叶苔属 <i>Scapania</i>	4	3.5
葫芦藓属 <i>Funaria</i>	3	2.6
疣灯藓属 <i>Trachycystis</i>	3	2.6
裂萼苔属 <i>Chiloscyphus</i>	3	2.6
白齿藓属 <i>Leucodon</i>	2	1.7
灰藓属 <i>Hypnum</i>	2	1.7
连轴藓属 <i>Schistidium</i>	2	1.7
毛灯藓属 <i>Rhizomnium</i>	2	1.7
美喙藓属 <i>Eurhynchium</i>	2	1.7
曲尾藓属 <i>Dieranum</i>	2	1.7
三瓣苔属 <i>Tritomaria</i>	2	1.7
细裂瓣苔属 <i>Barbilophozia</i>	2	1.7
折叶苔属 <i>Diplophyllum</i>	2	1.7

<sup>1)</sup>表中仅列出含2种及以上的属 The table only lists the genera containing 2 or more species.

优势种(重要值在2.0%以上)分析结果(表3)表明:该区域苔藓植物的优势种有9个,分别为毛尖紫萼藓(*Grimmia pilifera* P. Beauv.)、提灯藓(*Mnium hornum* Hedw.)、匐灯藓[*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop.]、美灰藓[*Hypnum leptothallum* (Müll. Hal.) Paris]、拟灰藓[*Hondaella caperata* (Mitt.) B. C. Tan & Z. Iwats.]、皱叶绢藓(*Entodon plicatus* Müll. Hal.)、尖叶匐灯藓[*Plagiomnium acutum*

(Lindb.) T. J. Kop.]、绿叶绢藓(*Entodon viridulus* Cardot)和钝叶匐灯藓[*Plagiomnium rostratum* (Schrad.) T. J. Kop.]。

表3 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的优势种分析<sup>1)</sup>  
Table 3 Analysis on dominant species of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark<sup>1)</sup>

种 Species	相对频度/% Relative frequency	相对盖度/% Relative coverage	重要值/% Importance value
毛尖紫萼藓 <i>Grimmia pilifera</i>	2.4	4.8	3.6
提灯藓 <i>Mnium hornum</i>	2.3	4.7	3.5
匐灯藓 <i>Plagiomnium cuspidatum</i>	2.3	4.3	3.3
美灰藓 <i>Hypnum leptothallum</i>	2.1	4.0	3.0
拟灰藓 <i>Hondaella caperata</i>	2.0	4.1	3.0
皱叶绢藓 <i>Entodon plicatus</i>	0.8	3.8	2.3
尖叶匐灯藓 <i>Plagiomnium acutum</i>	0.1	4.3	2.2
绿叶绢藓 <i>Entodon viridulus</i>	0.8	3.5	2.1
钝叶匐灯藓 <i>Plagiomnium rostratum</i>	0.6	3.6	2.1

<sup>1)</sup>表中仅列出重要值在2.0%以上的种 The table only lists the species with importance value above 2.0%.

## 2.2 苔藓植物地理学特征分析

2.2.1 地理成分分析 分布区类型统计结果(表4)表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的分布区类型共9个,包括北温带分布型、东亚分布型、中国特有分布型、世界广布型、东亚及北美间断分布型、泛热带分布型、热带亚洲分布型、泛南极分布型以及热带亚洲至热带大洋洲分布型。其中,北温带分布型种数最多,共56种,占该区域苔藓植物总种数的48.7%,代表种有复边藓[*Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P. Beauv.]、北地对齿藓[*Didymodon fallax* (Hedw.) R. H. Zander]、毛口藓(*Trichostomum brachydonium* Bruch)、灰白青藓[*Brachythecium albicans* (Hedw.) Bruch & Schimp.]、狭网真藓(*Bryum algovicum* Sendtn. ex Müll. Hal.)、平蒴藓[*Plagiobryum zierii* (Hedw.) Lindb.]、金灰藓[*Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch & Schimp.]、美姿藓北方变种(*Timmia megapolitana* var. *bavarica* Brid.)和梳藓[*Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt.]等;东亚分布型种数次之,共28种,占该区域苔藓植物总种数的24.3%,代表种有尖叶美喙藓[*Eurhynchium eustegium* (Besch.) Dixon]、盔瓣耳叶苔(*Frullania muscicola* Steph.)、柱蒴绢藓[*Entodon challengerii* (Paris) Cardot]、勃氏青藓(*Brachythecium brotherii* Paris)和日本匐灯藓(*Plagiomnium japonicum* Lindb.)等;中国特有分布型种数也较多,共8种,占该区域苔藓植物总

种数的 7.0%,代表种有中华附干藓 (*Schwetschkea sinica* Broth. & Paris)、斜枝青藓 (*Brachythecium campylohallum* Müll. Hal.) 和卷叶叉羽藓 (*Leptopterigynandrum incurvatum* Broth.)等。

表4 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物种的分布区类型  
Table 4 Species distribution type of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark

分布区类型 Distribution type	种 Species	
	数量 Number	比例/% Percentage
北温带分布 N. Temperate	56	48.7
东亚分布 E. Asia	28	24.3
中国特有分布 Endemic to China	8	7.0
世界广布 Cosmopolitan	7	6.1
东亚及北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	6	5.2
泛热带分布 Pantropic	4	3.5
热带亚洲分布 Trop. Asia	3	2.6
泛南极分布 Holantarctic	2	1.7
热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia to Trop. Australasia Oceania	1	0.9
合计 Total	115	100.0

2.2.2 生境类型分析 生境类型统计结果(表5)表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的生境类型共有4种,包括岩石、岩石上土壤、土壤和树木。其中,生长在岩石上的苔藓植物种数最多,共83种,占该区域苔藓植物总种数的72.2%;生长在岩石上土壤中的苔藓植物种数较多,共18种,占该区域苔藓植物总种数的15.7%;附生在树木上的苔藓植物种数较少,共8种,占该区域苔藓植物总种数的7.0%,主要生长在红松、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、黑桦(*Betula dahurica* Pall.)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr.)和黄槲(*Phellodendron amurense* Rupr.)等种类的树基和树干表面;生长在土壤中的苔藓植物种数最

表5 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的生境类型  
Table 5 Habitat type of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark

生境类型 Habitat type	种 Species	
	数量 Number	比例/% Percentage
岩石 Rock	83	72.2
岩石上土壤 Soil on rock	18	15.7
土壤 Soil	6	5.2
树木 Tree	8	7.0
合计 Total	115	100.0

少,仅6种,占该区域苔藓植物总种数的5.2%。

2.2.3 水分生态类型分析 水分生态类型统计结果(表6)表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的水分生态类型包括旱生型、中生型、湿中生型和湿生型4种。其中,中生型苔藓植物种数最多,共92种,占该区域苔藓植物总种数的80.0%,代表种有缺齿小石藓(*Weissia edentula* Mitt.)、东北小金发藓(*Pogonatum japonicum* Sull. & Lesq.)、金灰藓、长帽绢藓(*Entodon dolichocucullatus* S. Okamura)和鼠尾藓 [*Myuroclada maximowiczii* (G. G. Borshch.) Steere & W. B. Schofield]等;旱生型和湿中生型苔藓植物种数相同,均为10种,各占该区域苔藓植物总种数的8.7%,旱生型苔藓植物代表种有毛尖紫萼藓、东亚长齿藓 [*Niphotrichum japonicum* (Dozy & Molk.) Bednarek-Ochyra & Ochyra]和白毛砂藓 [*Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid.]等,湿中生型苔藓植物代表种有提灯藓和细裂瓣苔 [*Barbilophozia barbata* (Schmid.) Loeske]等;湿生型苔藓植物种数最少,仅3种,占该区域苔藓植物总种数的2.6%,分别为溪岸连轴藓 [*Schistidium rivulare* (Brid.) Podp.]、美姿藓北方变种和红蒴立碗藓 (*Physcomitrium eurystomum* Sendtn.)。

表6 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的水分生态类型  
Table 6 Water ecological type of bryophytes in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark

水分生态类型 Water ecological type	种数 Species number	比例/% Percentage
旱生型 Xerophyte	10	8.7
中生型 Mesophyte	92	80.0
湿中生型 Mesohydrophyte	10	8.7
湿生型 Hygrophyte	3	2.6
合计 Total	115	100.0

## 2.3 苔藓植物 $\alpha$ 多样性指数分析

镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地内不同环境中苔藓植物的  $\alpha$  多样性指数分析结果见表7。由表7可见:苔藓植物的 Patrick 丰富度指数、Shannon - Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数均表现为在镜泊湖与熔岩台地间区域最高,在镜泊湖边缘居中,在熔岩台地边缘最低,且这3个  $\alpha$  多样性指数在镜泊湖与熔岩台地间区域显著高于其余2种环境;而3种环境中苔藓植物的 Pielou 均匀度指数的变化规律则恰好相反,且在3种环境间差异显著。

表7 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地内不同环境中苔藓植物的 $\alpha$ 多样性指数( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>  
Table 7  $\alpha$  diversity indexes of bryophytes in different environments in volcanic lava platform of Jingpo Lake World Geopark ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>

环境 Environment	Patrick 丰富度指数 Patrick richness index	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	Simpson 优势度指数 Simpson dominance index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index
E1	15.0±0.3a	0.63±0.46a	1.21±0.11a	0.69±0.02c
E2	74.0±1.0b	2.43±0.84b	2.82±0.79b	0.21±0.17b
E3	26.0±0.6a	1.10±0.01a	1.42±0.09a	0.43±0.08a

<sup>1)</sup> E1: 熔岩台地边缘 Edge of lava platform; E2: 镜泊湖与熔岩台地间区域 Area between Jingpo Lake and lava platform; E3: 镜泊湖边缘 Edge of Jingpo Lake. 同列中不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same column indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference.

### 3 讨论和结论

统计结果表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地的苔藓植物丰富度较高,这与该区域地处偏远地区、人为干扰较小且长期得到有效保护密切相关。比较发现,该区域藓类植物门的种数明显多于苔类植物门,这是因为苔类植物门种类对水分的要求高于藓类植物门种类<sup>[26]</sup>,而火山熔岩台地的生态环境却相对干旱,不利于苔类植物生存。

本研究分析结果表明:供试区域苔藓植物的优势类群与镜泊湖熔岩台地独特的火山生态环境相适应,以抗旱性和抗寒性较强的种类为主。青藓科、紫萼藓科、绢藓科、真藓科、灰藓科和丛藓科等优势科的诸多种类适应性较强,有较强的抗旱性和抗寒性,能长期忍受干燥、寒冷的环境以及较强的阳光直射<sup>[27]</sup>。青藓属、绢藓属、紫萼藓属、真藓属和葫芦藓属等优势属的诸多种类生命力顽强,能够在其他陆生植物难以生存的环境中生长。毛尖紫萼藓、提灯藓和匍灯藓是重要值排在前3位的优势种,其中,毛尖紫萼藓是典型的旱生植物,生长极缓慢,广布于火山熔岩台地干燥的裸岩表面,为重要的先锋物种<sup>[28]</sup>;提灯藓和匍灯藓则分布在岩石的阴湿缝隙中。

分布区类型分析结果表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物的地理成分较为复杂,并与五大连池火山苔藓植物区系主要成分一致<sup>[29]</sup>。该区域苔藓植物的地理成分特征主要表现为北温带分布型优势明显,东亚分布型次之,中国特有分布型占有一定比例。究其原因:第一,该区域气候属于温带大陆性季风气候,决定了该区域苔藓植物的地理成分以北温带分布型为主;第二,该区域地理位置与日本毗邻,区域内苔藓植物的东亚分布型必定占有重要地位;第三,火山生态系统的基质和地质构造有别于其他生态系统,在特殊生境中必会孕育出一些特有种(如卷叶

叉羽藓等)。可见,镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物地理成分总体上具有明显的北温带性质,并与东亚植物保持紧密联系,还具有一定的特殊性,这与该区域所处的气候类型、地理位置和地貌特征相吻合。

苔藓植物广泛分布于陆地生态系统的多种生境<sup>[30]</sup>,是高压环境中重要的植物类群<sup>[31]</sup>。本研究结果表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地的苔藓植物生境类型以岩石(玄武岩)为主,如真藓科和丛藓科的多数种类常生于开阔的裸露岩石表面<sup>[32-33]</sup>,这可能与该区域的地势和玄武岩基质密切相关;在岩石上土壤中生长的苔藓植物种数也较多,这可能是由于苔藓植物常稀疏生于裸岩表面,死亡后残体堆积参与土壤构建,可在玄武岩表面形成瘠薄的土层<sup>[34-35]</sup>;在土壤中生长的苔藓植物种数最少,这可能与镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地无较多土壤有关。值得注意的是,附生在树木上的苔藓植物种数较少,但多数种类为中国特有种,如卷叶叉羽藓、中华附干藓、台湾拟附干藓(*Schwetschkeopsis formosana* Nog.)和绿枝青藓(*Brachythecium viridifactum* Müll. Hal.)。

水分生态类型分析结果表明:镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地的中生型苔藓植物占有绝对优势,这与该区域种子植物水分生态类型一致<sup>[4]</sup>,并符合植物界中生型植物数量最大、种类最多、分布最广、生命力最强的规律<sup>[22]</sup>。部分苔藓植物能够在水分条件匮乏的火山生态环境中生存和扩大种群,这是因为这些种类具有适宜的生存策略,在环境干旱时可大幅降低体内含水量,以休眠方式继续维持生存,一旦水分条件适宜,可迅速吸收水分并恢复正常代谢活动<sup>[36]</sup>。例如:紫萼藓科种类在干旱环境中保持休眠状态,植物体呈黑绿色,遇水后可继续生长繁殖<sup>[27]</sup>。

$\alpha$ 多样性指数可定量表征苔藓植物群落的多样性和稳定性,即 $\alpha$ 多样性指数越高,表示群落越稳定,抵抗外界干扰及恢复自身平衡的能力越强<sup>[37]</sup>。本研

究中,苔藓植物 Patrick 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数在不同环境中的变化规律一致,由大到小均依次为镜泊湖与熔岩台地间区域、镜泊湖边缘、熔岩台地边缘,这可能与火山熔岩台地不同环境的岩石风化程度和土壤积累量差异有关<sup>[10]</sup>,镜泊湖与熔岩台地间以及镜泊湖边缘的岩石风化程度相对较高,土壤积累相对较多,而熔岩台地边缘的岩石风化程度较低,土体相对稀薄<sup>[38-39]</sup>。然而,Pielou 均匀度指数在不同环境中的变化规律与上述3个 $\alpha$ 多样性指数恰好相反,这可能与苔藓植物群落分布相对零散且不均匀有关<sup>[25]</sup>。

综上所述,镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地的苔藓植物种类丰富,多样性较高,优势类群的抗旱性和抗寒性均较强,与该区域独特的生态环境相适应;并且,该区域苔藓植物主要生长在岩石上,地理成分具有明显的北温带性质。

**致谢:** 黑龙江省风景名胜区自然保护区管理委员会马晓群主任以及牡丹江镜泊湖旅游集团有限公司火山口经营管理分公司李永坤经理在野外调查中提供了大量帮助,在此表示感谢!

#### 参考文献:

- [1] 马克平. 生物多样性科学的热点问题[J]. 生物多样性, 2016, 24(1): 1-2.
- [2] 黄庆阳, 曹宏杰, 谢立红, 等. 五大连池不同年代火山熔岩流遗迹的物种组成及多样性分析[J]. 国土与自然资源研究, 2017(6): 68-71.
- [3] 谢立红, 黄庆阳, 曹宏杰, 等. 五大连池新期火山熔岩台地维管束植物物种多样性[J]. 西北植物学报, 2017, 37(4): 790-796.
- [4] 于爽, 曲秀春, 尹航, 等. 黑龙江镜泊湖熔岩台地种子植物多样性[J]. 西北植物学报, 2010, 30(2): 385-390.
- [5] 申益春, 卢刚, 刘寿柏, 等. 海口羊山火山熔岩湿地中的植物分布特征[J]. 湿地科学, 2019, 17(5): 493-503.
- [6] 袁浪兴, 史佑海, 成夏岚, 等. 海口马鞍岭火山口地区的维管植物多样性[J]. 生物多样性, 2017, 25(10): 1075-1084.
- [7] 马和平, 郑维列, 邵小明, 等. 藏东南色季拉山(西坡)地面生苔藓类植物物种组成的初步研究[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(1): 115-117.
- [8] 寇瑾. 五大连池新期火山苔藓植物物种多样性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学生命科学学院, 2013: 12-25.
- [9] 陈洪洲, 马宝君, 高峰. 镜泊湖全新世火山喷发特征[J]. 中国地震, 2005, 21(3): 360-368.
- [10] 尹航, 曲秀春, 于爽, 等. 镜泊湖熔岩台地种子植物区系调查分析[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(3): 103-105.
- [11] 王立凤, 曲秀春, 姜明, 等. 镜泊湖世界地质公园种子植物种的区系成分分析[J]. 草业科学, 2013, 30(8): 1208-1211.
- [12] 曲秀春, 刘祥君, 于爽, 等. 镜泊湖自然保护区种子植物区系的研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(11): 2295-2300.
- [13] FAN Q, SUN Q, LI N, et al. Holocene volcanic rocks in Jingbo Lake region-diversity of magmatism [J]. Progress in Natural Science, 2006, 16(1): 65-71.
- [14] 沈蕾, 郭水良, 宋洪涛, 等. 样方大小对苔藓植物生态学指标的影响[J]. 广西植物, 2011, 31(2): 198-203.
- [15] 高谦, 吴玉环. 中国苔纲和角苔纲植物属志[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1-636.
- [16] 高谦, 张光初. 东北苔类植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 1-220.
- [17] 辽宁省林业土壤研究所. 东北藓类植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 1-404.
- [18] 贾渝, 何思. 中国生物物种名录: 第一卷 植物 苔藓植物[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 430-525.
- [19] 邓坦, 何林, 邓伟. 贵州乌江东风水库库区消落带苔藓植物区系分析[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26(1): 97-103.
- [20] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245-257.
- [21] 吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓植物的地理分区及分布类型[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(1): 1-8.
- [22] 姜汉侨, 段昌群, 杨树华, 等. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 266-267.
- [23] 尚占环, 姚爱兴, 郭旭生. 国内外生物多样性测度方法的评价与综述[J]. 宁夏农学院学报, 2002, 23(3): 68-73.
- [24] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法: I  $\alpha$ 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [25] 丛明畅, 唐录艳, 李金江, 等. 渤海国上京龙泉府宫城遗址苔藓植物物种多样性[J]. 植物研究, 2019, 39(2): 229-238.
- [26] 贾少华, 张朝晖. 喀斯特城市石漠苔藓植物多样性及水土保持[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2): 100-105.
- [27] 吴玉环, 程佳强, 冯虎元, 等. 耐旱藓类的抗旱生理及其机理研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(1): 23-29.
- [28] 王曼, 沙伟, 张梅娟, 等. 高温胁迫对毛尖紫萼藓生理生化特性的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(6): 1290-1295.
- [29] 冯超. 黑龙江五大连池火山苔藓植物多样性及分类学研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学生命科学学院, 2013: 17-21.
- [30] 汪庆, 贺善安, 吴鹏程. 苔藓植物的多样性研究[J]. 生物多样性, 1999, 7(4): 332-339.
- [31] 卜兆君, 陈旭, 姜丽红, 等. 苔藓植物相互作用的研究进展[J]. 应用生态学报, 2009, 20(2): 460-466.
- [32] 李利博, 赵建成, 曹娜. 河北省真藓属(*Bryum* Hedw.)植物分类学研究[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2009, 33(6): 800-809.
- [33] 何祖霞, 严岳鸿, 马其侠, 等. 湖南丹霞地貌区的苔藓植物多样性[J]. 生物多样性, 2012, 20(4): 522-526.
- [34] 福英, 白学良, 张乐, 等. 五大连池火山熔岩地貌苔藓植物对土壤养分积累的作用[J]. 生态学报, 2015, 35(10): 3288-3297.

- [35] 李军峰, 王智慧, 张朝晖. 喀斯特石漠化山区苔藓多样性及水土保持研究[J]. 环境科学研究, 2013, 26(7): 759-764.
- [36] 张萍, 白学良, 钟秀丽. 苔藓植物耐旱机制研究进展[J]. 植物学通报, 2005, 22(1): 107-114.
- [37] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. 生态学杂志, 2001, 20(4): 55-60.
- [38] 常征, 许林书, 高梅香, 等. 镜泊湖全新世玄武岩台地土壤养分特征分析[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(10): 57-59.
- [39] 马玉心, 曲秀春, 崔大练. 镜泊湖熔岩台地植被类型及演替规律[J]. 中国林副特产, 2001(3): 62.

(责任编辑: 佟金凤)

## 附录 I Appendix I

## 藓类植物门 Bryophyta

## 黑藓科 Andreaeaceae

黑藓属 *Andreaea*欧黑藓原亚种 *A. rupestris* subsp. *rupestris*

## 金发藓科 Polytrichaceae

仙鹤藓属 *Atrichum*仙鹤藓多蒴变种 *A. undulatum* var. *gracilisetum*小金发藓属 *Pogonatum*东北小金发藓 *P. japonicum*

## 美姿藓科 Timmiaceae

美姿藓属 *Timmia*美姿藓北方变种 *T. megapolitana* var. *bavarica*

## 葫芦藓科 Funariaceae

葫芦藓属 *Funaria*葫芦藓 *F. hygrometrica*小口葫芦藓 *F. microstoma*刺边葫芦藓 *F. mühlenbergii*立碗藓属 *Physcomitrium*红蒴立碗藓 *P. eurystomum*

## 细叶藓科 Seligeriaceae

小穗藓属 *Blindia*小穗藓 *B. acuta*

## 紫萼藓科 Grimmiaceae

紫萼藓属 *Grimmia*近缘紫萼藓 *G. longirostris*高山紫萼藓 *G. montana*卵叶紫萼藓 *G. ovalis*毛尖紫萼藓 *G. pilifera*长齿藓属 *Niphotrichum*东亚长齿藓 *N. japonicum*砂藓属 *Racomitrium*白毛砂藓 *R. lanuginosum*连轴藓属 *Schistidium*溪岸连轴藓 *S. rivulare*粗疣连轴藓 *S. strictum*

## 曲尾藓科 Dicranaceae

曲尾藓属 *Dicranum*直毛曲尾藓 *D. montanum*东亚曲尾藓 *D. nipponense*

## 丛藓科 Pottiaceae

丛本藓属 *Anoetangium*卷叶丛本藓 *A. thomsonii*复边藓属 *Cinclidotus*复边藓 *C. fontinaloides*对齿藓属 *Didymodon*北地对齿藓 *D. fallax*拟合睫藓属 *Pseudosymblypharis*狭叶拟合睫藓 *P. angustata*毛口藓属 *Trichostomum*毛口藓 *T. brachydontium*小石藓属 *Weissia*缺齿小石藓 *W. edentula*

## 虎尾藓科 Hedwigiaceae

虎尾藓属 *Hedwigia*虎尾藓 *H. ciliata*

## 真藓科 Bryaceae

短月藓属 *Brachymenium*纤枝短月藓 *B. exile*真藓属 *Bryum*狭网真藓 *B. algovicum*真藓 *B. argenteum*丛生真藓 *B. caespiticium*刺叶真藓 *B. lonchocaulon*平蒴藓属 *Plagiobryum*平蒴藓 *P. zierii*大叶藓属 *Rhodobryum*狭边大叶藓 *R. ontariense*

## 提灯藓科 Mniaceae

提灯藓属 *Mnium*提灯藓 *M. hornum*斛灯藓属 *Plagiomnium*尖叶斛灯藓 *P. acutum*皱叶斛灯藓 *P. arbusculum*斛灯藓 *P. cuspidatum*全缘斛灯藓 *P. integrum*日本斛灯藓 *P. japonicum*侧枝斛灯藓 *P. maximoviczii*钝叶斛灯藓 *P. rostratum*瘤柄斛灯藓 *P. venustum*毛灯藓属 *Rhizomnium*大叶毛灯藓 *R. magnifolium*细枝毛灯藓 *R. striatulum*疣灯藓属 *Trachycystis*鞭枝疣灯藓 *T. flagellaris*疣灯藓 *T. microphylla*树形疣灯藓 *T. ussuriensis*

## 皱蒴藓科 Aulacomniaceae

皱蒴藓属 *Aulacomnium*异枝皱蒴藓 *A. heterostichum*

## 棉藓科 Plagiotheciaceae

棉藓属 *Plagiothecium*长喙棉藓 *P. succulentum*

## 柳叶藓科 Amblystegiaceae

柳叶藓属 *Amblystegium*柳叶藓 *A. serpens*拟细湿藓属 *Campyliadelphus*仰叶拟细湿藓 *C. stellatus*牛角藓属 *Cratoneuron*牛角藓 *C. filicinum*

## 蝎尾藓科 Scorpidiaceae

三洋藓属 *Sanionia*三洋藓 *S. uncinata*

## 薄罗藓科 Leskeaceae

叉羽藓属 *Leptopterigynandrum*卷叶叉羽藓 *L. incurvatum*附干藓属 *Schwetschkea*中华附干藓 *S. sinica*

## 羽藓科 Thuidiaceae

山羽藓属 *Abietinella*山羽藓 *A. abietina*小羽藓属 *Haplocladium*狭叶小羽藓 *H. angustifolium*

## 青藓科 Brachytheciaceae

青藓属 *Brachythecium*灰白青藓 *B. albicans*勃氏青藓 *B. brotheri*斜枝青藓 *B. campylothallum*平枝青藓 *B. helminthocladum*



- 长肋青藓 *B. populeum*  
 青藓 *B. pulchellum*  
 长叶青藓 *B. rotaeantum*  
 卵叶青藓 *B. rutabulum*  
 绿枝青藓 *B. viridefactum*  
 美喙藓属 *Eurhynchium*  
 狭叶美喙藓 *E. coarctum*  
 尖叶美喙藓 *E. eustegium*  
 小叶美喙藓 *E. filiforme*  
 鼠尾藓属 *Myuroclada*  
 鼠尾藓 *M. maximowiczii*  
 长喙藓属 *Rhynchostegium*  
 水生长喙藓 *R. riparioides*  
 灰藓科 Hypnaceae  
 粗枝藓属 *Gollania*  
 皱叶粗枝藓 *G. ruginosa*  
 拟灰藓属 *Hondaella*  
 拟灰藓 *H. caperata*  
 灰藓属 *Hypnum*  
 弯叶灰藓 *H. hamulosum*  
 美灰藓 *H. leptothallum*
- 苔类植物门 Marchantiophyta  
 叶苔科 Jungermanniaceae  
 叶苔属 *Jungermannia*  
 深绿叶苔 *J. atrovirens*  
 狭叶苔属 *Liochlaena*  
 狭叶苔 *L. lanceolata*  
 挺叶苔科 Anastrophyllaceae  
 挺叶苔属 *Anastrophyllum*  
 石生挺叶苔 *A. saxicola*  
 细裂瓣苔属 *Barbilophozia*  
 四裂细裂瓣苔 *B. quadriloba*  
 细裂瓣苔 *B. barbata*  
 裂叶苔科 Lophoziaaceae  
 裂叶苔属 *Lophozia*  
 阔瓣裂叶苔 *L. excisa*
- 假丛灰藓属 *Pseudostereodon*  
 假丛灰藓 *P. procerrimum*  
 毛梳藓属 *Ptilium*  
 毛梳藓 *P. crista-castrensis*  
 鳞叶藓属 *Taxiphyllum*  
 鳞叶藓 *T. taxirameum*  
 金灰藓科 Pylaisiaceae  
 金灰藓属 *Pylaisia*  
 金灰藓 *P. polyantha*  
 塔藓科 Hylocomiaceae  
 梳藓属 *Ctenidium*  
 梳藓 *C. molluscum*  
 垂枝藓科 Rhytidiaceae  
 垂枝藓属 *Rhytidium*  
 垂枝藓 *R. rugosum*  
 绢藓科 Entodontaceae  
 绢藓属 *Entodon*  
 柱蒴绢藓 *E. challengerii*  
 长帽绢藓 *E. dolichocucullatus*  
 广叶绢藓 *E. flavescens*  
 皱叶绢藓 *E. plicatus*
- 三瓣苔属 *Tritomaria*  
 三瓣苔 *T. exsecta*  
 密叶三瓣苔小叶变型 *T. quinquentata* f. *gracilis*  
 折叶苔科 Scapaniaceae  
 折叶苔属 *Diplophyllum*  
 折叶苔 *D. albicans*  
 鳞叶折叶苔 *D. taxifolium*  
 合叶苔属 *Scapania*  
 多胞合叶苔 *S. apiculata*  
 厚边合叶苔 *S. carinthiaca*  
 细齿合叶苔 *S. parvitexta*  
 褶萼合叶苔 *S. plicata*  
 齿萼苔科 Lophocoleaceae
- 横生绢藓 *E. prorepens*  
 亚美绢藓 *E. sullivantii*  
 绿叶绢藓 *E. viridulus*  
 赤齿藓属 *Erythrodonium*  
 穗枝赤齿藓 *E. julaceum*  
 白齿藓科 Leucodontaceae  
 白齿藓属 *Leucodon*  
 朝鲜白齿藓 *L. coreensis*  
 白齿藓 *L. sciuroides*  
 平藓科 Neckeraceae  
 残齿藓属 *Forsstroemia*  
 大残齿藓 *F. neckeroides*  
 扁枝藓属 *Homalia*  
 扁枝藓 *H. trichomanoides*  
 牛舌藓科 Anomodontaceae  
 牛舌藓属 *Anomodon*  
 皱叶牛舌藓 *A. rugelii*  
 拟附干藓属 *Schwetschkeopsis*  
 台湾拟附干藓 *S. formosana*
- 裂萼苔属 *Chiloscyphus*  
 芽胞裂萼苔 *C. minor*  
 裂萼苔 *C. polyanthos*  
 异叶裂萼苔 *C. profundus*  
 光萼苔科 Porellaceae  
 光萼苔属 *Porella*  
 细光萼苔 *P. gracillima*  
 扁萼苔科 Radulaceae  
 扁萼苔属 *Radula*  
 芽胞扁萼苔 *R. lindenbergiana*  
 耳叶苔科 Frullaniaceae  
 耳叶苔属 *Frullania*  
 盔瓣耳叶苔 *F. muscicola*