

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201508004

罗先真, 熊源新, 曹威, 等. 月亮山自然保护区苔藓植物垂直分布初步研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(8):1008-1013

LUO XZ, XIONG YX, CAO W, et al. Vertical distribution of bryophytes in Yueliang Mountain Nature Reserve [J]. Guihaia, 2016, 36(8):1008-1013

月亮山自然保护区苔藓植物垂直分布初步研究

罗先真¹, 熊源新^{1*}, 曹威¹, 钟世梅¹, 谈洪英¹, 夏欣¹, 周书芹²

(1. 贵州大学 生命科学学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025)

摘要: 该研究通过采集、鉴定和测量苔藓植物标本并用 SPSS 软件进行数据分析, 对贵州省月亮山自然保护区苔藓植物的垂直分布规律进行了初步分析。结果表明: 月亮山自然保护区苔藓植物共有 69 科 147 属 374 种, 苔藓植物呈明显的带状分布; 不同海拔苔藓植物科属种所占的百分比均呈先升高后降低, 优势科灰藓科 (Hypnaceae) 和细鳞苔科 (Lejeuneaceae) 和优势属凤尾藓属 (*Fissidens*)、耳叶苔属 (*Frullania*)、真藓属 (*Bryum*)、疣鳞苔属 (*CoLoLejeunea*) 和细鳞苔属 (*Lejeunea*) 内种数在不同海拔也呈相同趋势; 该地区苔藓植物石生群落和土生群落分布最广, 木生群落次之, 水生群落分布最少; 苔藓植物雌雄异株数量在不同海拔均比同株数量多, 比例约为 7:3; 随着海拔升高, 多种不利环境使长柄绢藓 (*Entodon macropodus*) 的叶片显著变小、叶长与叶宽的比显著增大, 叶片由卵圆形变为卵状披针形, 孢蒴极显著缩短、孢子直径显著增大, 孢子的产量逐渐减少, 不利苔藓植物的繁殖, 蒴柄显著增长, 有利于孢子的传播, 体现了苔藓植物在不同的海拔的适应性。该研究结果为进一步研究苔藓植物的分布及环境适应性提供了基本资料。

关键词: 苔藓植物, 垂直分布, 长柄绢藓, 贵州省, 月亮山自然保护区

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)08-1008-06

Vertical distribution of bryophytes in Yueliang Mountain Nature Reserve

LUO Xian-Zhen¹, XIONG Yuan-Xin^{1*}, CAO Wei¹, ZHONG Shi-Mei¹,
TAN Hong-Ying¹, XIA Xin¹, ZHOU Shu-Qin²

(1. College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: The vertical distribution law of bryophytes was studied and analyzed by collecting and identifying bryophytes specimens, measuring and analyzing data by SPSS in Yueliang Mountain Nature Reserve, Guizhou, China. The results showed that there were 69 families, 147 genera and 374 species, with obvious vertical bands of bryophytes. The percentage of families, genera and species increased first then decreased along with the increasing of altitude and the dominant families Hypnaceae and Lejeuneaceae, as well as the dominant genera *Fissidens*, *Frullania*, *Bryum*, *Coolejeunea* and *Lejeunea* had similar trend. The rock-community and soil-community possessed the most widely distribution, followed by tree-community, while aquatic community had the narrowest distribution, as well as the number of dioecious plant was more than that of monoecious plant bryophytes, with the scale 7:3. Many adverse environments made the leaves significantly small, the ratio between leaf length and width significantly increased and the morphology of *Entodon macropodus*

收稿日期: 2015-03-06 修回日期: 2015-12-04

基金项目: 国家自然科学基金(31360041); 贵州大学研究生创新基金(研农 2016001) [Supported by the National Natural Science Foundation of China(31360041); Innovation Fund for Postgraduates in Guizhou University (2016001)].

作者简介: 罗先真(1990-), 男, 湖北黄冈人, 在读硕士研究生, 研究方向为苔藓环境学, (E-mail) 1610840234@qq.com。

*通讯作者: 熊源新, 教授, 硕士生导师, 国际苔藓植物学会(IAB)会员, 研究方向为苔藓植物学, (E-mail) xiongyx@vip.sina.com。

(Hedw.) Müll. ranged from ovoid to egg lanceolate, as well as the capsula greatly significantly shortened, the diameter of spore, the number of spores gradually reduced and seta gradually became significantly long for the spread of spores, which showed the adaptation of bryophytes. This paper provides the basic information for the further study of the distribution and environment adaptation of bryophytes.

Key words: bryophytes, vertical distribution, *Entodon macropodus*, Guizhou Province, Yueliang Mountain Nature Reserve

月亮山自然保护区位于贵州省东南角,地处从江、榕江、三都、荔波 4 县的交界处,最高海拔 1 508 m,相对高度差在 1 100 m 以上,在海拔跨度上为苔藓植物的分布多样性提供了一定条件。境内常年高温多雨,水热资源丰富,自然地理条件优越,植物种类资源丰富,非常适合林木生长,且古老孑遗的植物种类很多,为苔藓植物的生长创造了良好环境。国内虽有少量对苔藓植物垂直分布的探究,但主要集中在苔藓植物在不同海拔高度的分布情况方面,很少有人较全面深入探究海拔变化对苔藓植物科属种的分布、生态群落和形态等的影响,并且至今未见有人对该地区的苔藓植物垂直分布进行探究。

本研究于 2014 年 9 月 20-29 日进行为期 10 d 的考察和采集 986 余份标本,经鉴定和统计,月亮山自然保护区苔藓植物 69 科 147 属 374 种。并对苔藓植物的垂直分布、不同海拔科属种和优势科、属的分布进行了分析;探究了苔藓植物生态群落与雌雄异株和同株的分布情况,更深入地分析了不同海拔长柄绢藓(*Entodon macropodus*)形态特征的变化,为进一步研究苔藓植物的分布及环境适应性提供了基本资料。

1 自然概况

月亮山自然保护区属西南高山峡谷区,地理位置在 108°14'~109°12' E, 25°19'~26°03' N,境内地貌类型复杂多样,山地,丘陵面积占总面积的 98%,属中亚热带温暖湿润气候,年均气温 18.4 °C,年均降水 1 195 mm,无霜期 320 d,地上地下资源丰富,开发潜力巨大。月亮山自然保护区总面积为 24 800 hm²,其中核心区 7 040 hm²,实验区 7 216 hm²,缓冲区 10 544 hm²。其主要保护对象为水源涵养林,至今还保留着大面积的原始常绿阔叶混交林,森林覆盖率高达 77%。总之,月亮山自然保护区地理位置优越,湿度大,森林植被丰富,为苔藓植物的生长繁殖提供了良好的环境。

2 材料采集与数据处理

根据月亮山自然保护区地质地貌、气候水文和植被特点,选取代表性的采集地点,从高海拔的山地,沿山体的北坡和南坡分段进行,以每 50 m 海拔高度为一个采集点,然后根据苔藓植物生长的基质确定其生态群落(郑桂灵等, 2002),对苔藓植物进行采集并记录海拔、地点和生态群落。采集的标本借助 UB102i 型显微镜对苔藓植物标本进行观察,利用《Moss Flora of China》和云南植物志第十七卷(中国科学院昆明植物研究所, 2000)等苔藓分类工具书进行标本的鉴定,通过标本实物和苔藓植物分类工具书对苔藓植物雌雄同株或异株进行了判定。

通过统计整理标本,发现长柄绢藓在各海拔段都有分布,所以选取长柄绢藓作为材料,然后从每个海拔段选取 10 个植株(包含孢蒴),分别选取植株的上中下 3 个位置的叶各 3 片,通过 HYYF-C1 测微尺分别测量这些叶的叶长、叶宽及植株上的蒴柄长、孢蒴长和孢子直径,取平均值,并用 SPSS19 对其在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平下进行显著分析。通过 Excel 2013 对记录的数据进行分科属种统计和分析。

3 结果与分析

3.1 不同海拔生境下苔藓植物的常见科、种的分布

苔藓植物的垂直分布受种子植物植被的影响较为明显,结合该保护区的种子植物的分布,将苔藓植物的垂直分布初步分为 4 个带:(1)常绿阔叶林苔藓植物带(600 m 以下);(2)落叶常绿阔叶林苔藓植物带(600~900 m);(3)针阔混交林苔藓植物带(900~1 200 m);(4)落叶阔叶林少灌木草甸苔藓植物带(1 200~1 500 m)。由图 1 可知,常绿落叶阔叶林苔藓植物带处于低海拔区,此区苔藓植物主要分布于路边,受人为干扰大,分布主要有藓类有凤尾藓科(Fissidentaceae)、提灯藓科(Mniaceae)、青藓科



图 1 月亮山保护区苔藓植物的垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of bryophytes in Yueliang Mountain Reserve

(Brachytheciaceae)等;苔类有羽苔科(Plagiochilaceae),细鳞苔科(Lejeuneaceae)等。按生活类型分类,几乎全为交织型和矮丛集型,这些生活型反映了该带基质及空气的干燥,如交织型和矮丛集型生的匍灯藓(*Plagiomnium cuspidatum*)、卵叶长喙藓(*Rhynchostegium ovalifolium*)、暗绿细鳞苔(*Lejeunea obscura*)等;落叶常绿阔叶林苔藓植物带,由常绿阔叶植物和落叶阔叶植物形成的混交林苔藓植物带,分布主要有藓类真藓科(Bryaceae)、灰藓科(Hypnaceae);苔类指叶苔科(Lepidoziaceae)等,该海拔范围内,空气湿度大,树附生种类较多如树附生的白边鞭苔(*Bazzania oshimensis*)、鳞叶藓(*Taxiphyllum taxirameum*)等;针阔混交林苔藓植物带,由针叶林和阔叶林形成混交林苔藓植物带,分布主要有藓类金发藓科(Polytrichaceae)、蔓藓科(Meteoriaceae);苔类剪叶苔科(Herbertaceae)等,该区与第二个苔藓带相差不多,空气湿度大,如沼泽地生的狭叶仙鹤藓(*Atrichum angustatum*)和树附生的扭叶藓(*Trachypus bicolor*)等;落叶阔叶林少灌木草甸苔藓植物带,分布主要有藓类白发藓科(Leucobryaceae)、蔓藓科(Meteoriaceae)、苔类羽苔科(Plagiochilaceae),细鳞苔科(Lejeuneaceae)等,由于低矮的灌丛和草甸提供的潮湿的环境相对有限,严重影响了藓类植物的生长,灌木附生的树形羽苔(*Plagiochila arbuscula*)、暗绿细鳞苔(*Lejeunea obscura*)和石土生的白发藓(*Leucobryum glaucum*)、扭叶藓(*Trachypus bicolor*)等。

3.2 不同海拔高度科、属、种的分布

对该保护区苔藓植物进行科属种统计分析,由图2可知,该区苔藓植物科属种所占的百分比均随

着海拔升高先逐渐增加后减小,在海拔高度900~1200m均达到最大,在该海拔高度苔藓植物种类最丰富,这与针阔混交林苔藓植物带的水湿环境有关;而在海拔高度600m以下苔藓植物地处低海拔,人为干扰较大,科属种数量占总科属种数百分比少;海拔高度1200~1500m苔藓植物,受所处高海拔气温偏低,风速较大的影响,科属种数量较少。各科属种的苔藓植物主要集中在900~1200m,这与该区的森林垂直分布特点相一致,在1200m以下,由于森林覆盖率的提高,植被类型的多样,湿度的增加,苔藓植物科属种数量不断增加,在1200m以上,海拔升高,环境逐渐不利于苔藓植物的生长,苔藓植物的科属种数量不断减少。

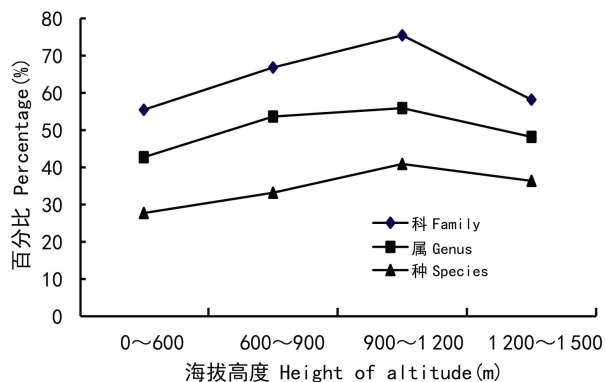


图 2 不同海拔高度科属种的分布

Fig. 2 Distribution of families, genera and species at different altitudes

3.3 优势科、属的垂直分布

结合总种数、科内种数和属内种数,将科内种数14种以上的科定为优势科,属内种数8种以上的属

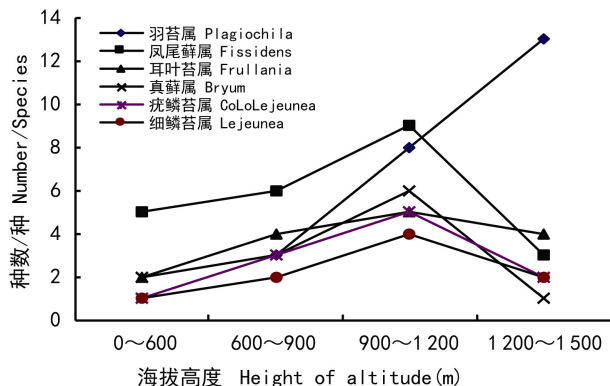
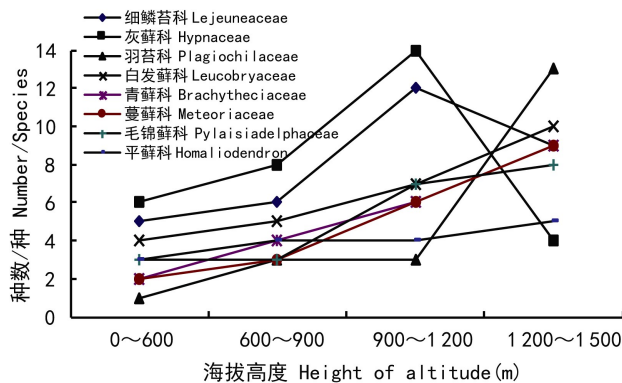


图 3 苔藓植物优势科、属的垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of dominant families, genera of bryophytes

定为优势属。则优势科有细鳞苔科、灰藓科、羽苔科、白发藓科、青藓科、蔓藓科、毛锦藓科、平藓科, 优势属有羽苔属、凤尾藓属、耳叶苔属、真藓属、疣鳞苔属、细鳞苔属, 其垂直分布情况如图 3 所示。

由图 3 可知, 各科分布规律极为明显, 主要分布在 900~1 200 m。灰藓科和细鳞苔科的种数均随着海拔的升高先增加后减少, 在海拔 900~1 200 m 分布最多; 羽苔科、白发藓科、蔓藓科、青藓科和毛锦藓科均随着海拔的升高不断增加, 而平藓科在整个海拔段上的分布较为均匀。由图 3 可知, 各属的分布规律也较为明显, 主要分布在 900~1 200 m, 与优势科分布的海拔段相同, 羽苔属的种数随着海拔的升高不断增加。据统计发现羽苔属植物群落类型多样, 有土生群落、木生群落和石生群落, 随着海拔的升高, 树生群落增多(图 4), 较强适应树生的羽苔属植物种类多, 从而出现不断增多的趋势; 凤尾藓属、耳叶苔属、真藓属、疣鳞苔属和细鳞苔属内种数均随着海拔的升高先增加后减少, 其群落类型相对狭窄, 特别是适应树生的群落相对较少, 从而种类数减少; 细鳞苔属在各个海拔段较为均匀的分布。优势科、属主要分布在 900~1 500 m, 随着海拔升高, 各个优势科、属内的种数的变化与图 2 总科属种的数量变化基本一致。

3.4 不同海拔苔藓植物生态群落分布特点

根据已有的苔藓植物的群落划分(朱瑞良等, 1993; 熊源新, 2003; 张政, 2006; 李粉霞, 2006; 汪岱华等, 2012; 刘振东等, 2013), 并结合对月亮山保护区的实际观察和记录, 本文将该保护区苔藓植物划分为 4 种群落类型, 即水生群落、土生群落、木生群落和石生群落, 其中木生群落包括树生群落

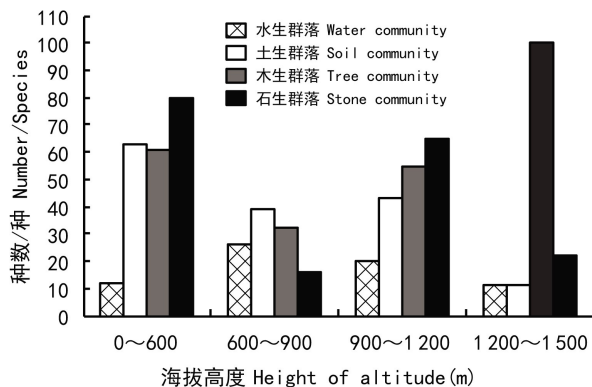


图 4 不同海拔苔藓植物生态群落分布

Fig. 4 Ecological community distribution of bryophytes at different altitudes

和腐木生群落。

苔藓植物个体微小, 对生存的环境非常敏感, 要求的条件在种间亦有异, 群落的形成不仅与其生活习性相关, 而且与所处的生态环境密切相关。由图 4 可知, 不同海拔高度, 苔藓植物主要的生态群落不一样, 石生群落和土生群落分布最广, 木生群落次之; 水生群落分布范围最小。600~900 m 和 900~1 200 m 苔藓植物群落均以石生群落分布最多; 600 m 以下和 1 200~1 500 m 苔藓植物群落分别以土生群落和木生群落分布最为丰富。木生群落分布, 对空气湿度有很大的依赖性, 气候干燥, 空气湿度小的地方, 木生群落少, 因此, 木生群落在树干上的分布位置和群落的丰富程度, 一定程度上反映了该保护区水湿条件; 水生群落种类对水湿条件要求更高, 因此在不同海拔上, 分布种类最少, 分布范围相对窄。

3.5 不同海拔雌雄同株和雌雄异株的苔藓植物分布特征

对于较高海拔地区,雌雄异株种类的分布较为分散,而雌雄同株与孢子体的产生具有密切的相关性(陈娟等, 2014),因而对苔藓植物在不同海拔雌雄同株和异株的差异情况进行分析。

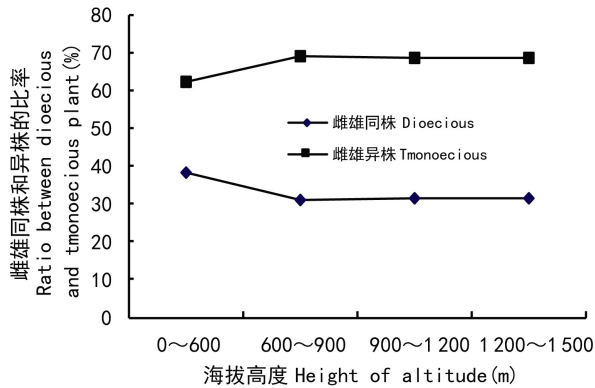


图5 不同海拔雌雄同株和雌雄异株的苔藓植物分布
Fig. 5 Vertical distribution of dioecious plant and tmonoecious plant bryophytes at different altitudes

由图5可知,在不同海拔生境条件下,苔藓植物雌雄异株的数量均大于同株的数量,表明雌雄异株的苔藓植物更适应该区环境的生存,也是环境选择的结果;而在低海拔区(600 m以下)和高海拔区(1200 m以上),雌雄异株的数量显著大于同株数量,表明对于低海拔的高干扰和高海拔的低温、高紫外线的环境,雌雄异株的苔藓植物更能适应这种环境(黄土良等, 2009),由于雌雄异株的苔藓植物的干物质积累、净光合作用、蒸腾速率等和雌雄同株苔藓植物相比,具有较高的优越性(胥晓等, 2007);在600~1200 m海拔范围内,环境相对适宜,温度、湿度和光照比较适合苔藓植物的生存,在这种环境条件下,苔藓植物主要利用无性繁殖来扩大种群,雌雄同株比率增多,雌雄异株比率减少,但总体上雌雄异株比率更大。在此海拔范围内,雌雄异株和同株的数量各自占总数的比例变化不明显,雌雄异株的数量与雌雄同株的数量比约为7:3。

3.6 不同海拔长柄绢藓形态特征分析

苔藓植物的叶片、蒴柄、孢蒴和孢子与海拔高度之间存在一定的相关性(李高阳, 2004; 陈军, 2002)。由表1可知,随着海拔的升高,长柄绢藓的叶长和叶宽逐渐显著性减小,叶片显著减小,叶长与叶宽的比逐渐增大,叶片形状呈卵圆形到卵状披针

形变化,这些形态的变化与海拔升高所带来的环境变化有关,随着海拔升高,大气温度降低,太阳光和紫外线辐射增强等因素,叶片大小,和形状受到影响;同时随着海拔的升高,蒴柄显著增长,孢蒴极显著的缩短,孢子直径逐渐增大。孢子产量与孢子大小通常成反比(Sundberg et al, 1998; He et al, 2010)。由于孢子直径显著增大,孢蒴极显著缩短,随着海拔的升高,苔藓植物孢子产量逐渐减少。认为当孢子直径 $>17 \mu\text{m}$,不适合远距离气流传播,随着海拔升高(Gradstein et al, 2001; 贺琼, 2012)。孢子产量逐渐的减少,孢子直径逐渐的增大,对孢子的传播不利,此时蒴柄的逐渐增长,为孢子的传播提供有利的条件,充分说明苔藓植物对环境的敏感性和对环境的适应性。

表1 不同海拔长柄绢藓形态特征(LSD)

Table 1 Morphological characteristics of *Entodon macropodus* at different altitudes (LSD)

形态特征 Morphological characteristics	<600 m	600~900 m	900~1200 m	1200~1500 m
叶长 Leaf length (mm)	2.178 ± 0.197aA	2.056 ± 0.189abAB	1.905 ± 0.517bAB	1.868 ± 0.214bB
叶宽 Leaf width (mm)	0.615 ± 0.132abA	0.565 ± 0.105bAB	0.496 ± 0.053bcAB	0.441 ± 0.067cB
叶长/叶宽 Leaf width / length	3.680 ± 0.897a	3.726 ± 0.654ab	3.871 ± 0.392ab	4.324 ± 0.842b
蒴柄长 Seta (cm)	1.733 ± 0.229aA	1.982 ± 0.190aA	2.895 ± 0.224bB	3.153 ± 0.338bB
孢蒴长 Cell purusha length	2.752 ± 0.171aA	2.182 ± 0.222bB	1.813 ± 0.147cC	1.490 ± 0.970dD
孢子直径 Spore diameter (μm)	101.167 ± 3.870a	102.333 ± 1.867a	112.333 ± 0.889ab	133.000 ± 2.220b

注:通过LSD检验对各组数据进行显著性检验,小写字母为 $P<0.05$ 水平,大写字母为 $P<0.01$ 水平。

Note: The data of each group were tested significantly by LSD test and small letters are marked for $P<0.05$ level, capital letters are marked for $P<0.01$ level.

4 结论

不同结构的种子植物对苔藓植物生活的环境具有极大影响,种子植物的分布对苔藓植物的分布也有一定的影响,月亮山自然保护区种子植物垂直分布明显呈带状,苔藓植物也呈现明显的带状,与黄土良等研究的河北省侧蒴藓植物垂直分布规律相似(黄土良等, 2009)。苔藓植物中苔类细鳞苔科和藓

类真藓科在各个海拔都有分布,表明其相对分布广。由于低海拔人为干扰和高海拔低温、强光照和高辐射等极端环境对苔藓植物的分布的影响,不同海拔科属种的数量先升高后降低,不同海拔优势科、属内种数也呈现相同趋势。苔藓植物的群落的形成与所处的环境密切相关,不同海拔所处的环境不同,苔藓植物的群落组成也不同,该地区石生群落和土生群落分布最广,水生群落分布最少。不同海拔对苔藓植物雌雄异株分布有影响,而孢子的产生与雌雄同株有关,雌雄异株数量在不同海拔均比同株数量多,在海拔 600~1 200 m,雌雄同株和异株各自所占百分比变化不大,数量比约为 3:7。随着海拔升高,不利环境使得长柄绢藓的叶片显著变小、叶片由卵圆形变为卵披针形;孢蒴显著缩短、孢子直径极显著增大,制约着孢子的产量和传播,但蒴柄的逐渐增长,有利于孢子的传播,表明苔藓植物对环境的适应性。

参考文献:

CHEN J, LI CY, 2014. Sex-specific responses to environmental stresses and sexual competition of dioecious plants [J]. *Appl Environ Biol*, 20(4):743-750. [陈娟, 李春阳, 2014. 环境胁迫下雌雄异株植物的性别响应差异及竞争关系 [J]. *应用与环境生物学报*, 20(4):743-750.]

CHEN J, ZHU JY, CHEN GX, et al, 2002. Primary study on population variance of morphological characteristics of leaf in *Dolichomitriopsis diversiformis* (Mitt.) Nog. [J]. *Life Sci Res*, 6(4):367-370. [陈军, 朱杰英, 陈功锡, 2002. 尖叶拟船叶藓居群叶形态变异的初步研究 [J]. *生命科学研究*, 6(4):367-370.]

HE Q, 2012. Spore output and cell surface structure of selected liverworts, and species diversity of *Drepanolejeunea* in China [D]. Shanghai: East China Normal University. [贺琼, 2012. 苔类植物的孢子产量、细胞表面结构以及中国角鳞苔属的物种多样性 [D]. 上海:华东师范大学.]

HE Q, ZHU RL, 2010. Spore output in 24 Asian bryophytes [J]. *Acta bryolichenol Asiat*, 3:125-129.

GRADSTEIN SR, CHURCHILL SR, SALAZAR AN, 2001. Guide to the bryophytes of tropical America [J]. *Mem NY Bot Gard*, 86: 1-577.

HUANG SL, WANG ZJ, ZHAO JC, et al, 2009. Studies on the vertical distribution of pleurocarpous mosses in Hebei [J]. *Hebei Norm Univ; Nat Sci Ed*, 33(5):666-671. [黄士良, 王振杰, 赵建成, 等, 2009. 河北省侧蒴藓类植物垂直分布研究 [J]. *河北师范大学学报·自然科学版*, 33(5):666-671.]

INSTITUTUM BOTANICUM KUNMINGENSE ACADEMIAE SINICAE, 2000. *Flora Yunnanica* [M]. Beijing: Science Press, 17: 1-648. [中国科学院昆明植物研究所, 2000. *云南植物志*:17卷 [M],北京:科学出版社, 17:1-648.]

LI FX, 2006. Species and ecosystem diversity of bryophyte in Foping Nature Reserve [D]. Shanghai: East China Normal University. [李粉霞, 2006. 佛坪国家自然保护区苔藓植物的物种及生态系统多样性 [D]. 上海:华东师范大学.]

LI GY, 2004. Relationship between environment and morphology and genetic diversity of bryophytes [D]. Chendu: Sichun University. [李高阳, 2004. 苔藓植物形态、遗传多样性及其与环境的关系的研究 [D]. 成都:四川大学.]

LIU ZD, XIONG YX, Yang B, et al, 2013. Study on liverworts in Duliu River Wetland Nature Reserve in Dushan County of Guizhou [J]. *Guizhou Agric Sci*, 41(6):35-41. [刘正东, 熊源新, 杨冰, 等, 2013. 贵州省独山都柳江源湿地自然保护区苔类植物研究 [J] *贵州农业科学*, 41(6):35-41.]

SUNDBERG S, RUDIN H, 1998. Spore number in Sphagnum and its dependence on spore and capsule size [J]. *J Bryol*, 20: 1-16.

XIONG YX, 2003. Bryophyte in Nangong Natural Reserve [M]. Guiyang: Guizhou Science Press: 40-54. [熊源新, 2003. 南宫自然保护区苔藓植物 [G]. 贵阳:贵州科技出版社, 40-54.]

XU X, YANG F, YIN CY, et al, 2007. Research advances in sex-specific responses of dioecious plants to environmental stresses [J]. *App Ecol*, 18(11):2 626-2 631. [胥晓, 杨帆, 尹春英, 等, 2007. 植物对环境胁迫响应的性别差异研究进展 [J]. *应用生态学报*, 18(11):2 626-2 631.]

WANG DH, WANG YF, ZUO Q, et al, 2012. Bryophyte species diversity in seven typical forests of the West Tianmu Mountain in Zhejiang, China [J]. *Plant Ecol*, 36(6):550-559. [汪岱华, 王幼芳, 左勤, 2012. 浙江西天目山主要森林类型的苔藓多样性比较 [J]. *植物生态学报*, 36(6):550-559.]

ZHANG Z, 2006. Studies on species diversity and distribution pattern of Bryophytes in Wuxi City, Jiangsu Province [D]. Shanghai: Shanghai Normal University. [张政, 2006. 无锡市苔藓植物物种多样性及其分布格局的研究 [D]. 上海:上海师范大学.]

ZHENG GL, LIU SX, CHEN GY, et al, 2002. Studies on the vertical distribution of mosses in Mt. Jiugongshan, Hubei, China [J]. *Wuhan Bot Res*, 20(6):429-432. [郑桂灵, 刘胜祥, 陈桂英, 等, 2002. 湖北省九宫山藓类植物垂直分布的初步研究 [J]. *武汉植物学研究*, 20(6):429-432.]

ZHU RL, HU RL, 1993. Studies on the mosses in evergreen broad-leaf forest of Baishanzu, Zhejiang [J]. *East of Chin Norm Univ; Nat Sci Ed*, (3):95-105. [朱瑞良, 胡人亮, 1993. 浙江百山祖常绿阔叶林内苔藓植物的研究 [J]. *华东师范大学学报·自然科学版*, (3):95-105.]