

贵州思雅河河谷地区喀斯特峰丛 石漠苔藓植物群落研究

张天汉¹, 王智慧¹, 张朝晖^{2*}

(1 贵州师范大学 生命科学学院, 贵阳 550001; 2 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵阳 550001)

摘要: 采用样带调查取样法, 初步分析贵州思雅河河谷地区的喀斯特石漠区 4 座受人类活动影响频繁的峰丛以及 3 个坡段(坡底、坡中、坡顶)上的苔藓植物群落, 研究苔藓植物群落不同峰丛及其不同坡段的分布规律。结果显示: (1) 在研究区域内, 苔藓植物群落组成有 8 科 19 属 40 种, 而且苔藓植物群落分为 19 个类型, 其中纯群落有 14 个, 常见群落有穗枝赤齿藓群落、真藓群落和卷叶湿地藓群落。(2) 由于强烈的人类活动造成的干燥、贫瘠的环境, 该区域苔藓主要生活型只有矮丛集型和交织型。(3) 在这种特殊生境下, 苔藓植物群落的丰富性也随着人类干扰范围的增大而减小。(4) 在每座峰丛的不同坡段中, 穗枝赤齿藓群落有着最大的综合优势比。推测穗枝赤齿藓群落对治理此类人为造成的石漠化生境具有实际应用潜力。

关键词: 苔藓群落; 喀斯特石漠峰丛; 人类活动; 群落生态

中图分类号: Q949.35; Q948.15⁺6

文献标志码: A

Distribution of Bryophyte Communities from Karst Peak Cluster Rock Desertification in Valley of Siya River, Guizhou Province

ZHANG Tianhan¹, WANG Zhihui¹, ZHANG Zhaoxue^{2*}

(1 School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2 Key Laboratory for Information System of Mountainous Area and Protection of Ecological Environment of Guizhou Province, Guiyang 550001, China)

Abstract: The bryophyte communities were preliminarily studied by the method of transect sampling from four peak clusters and three slope sections (lower slope, middle slope, upper slope) of karst rock desertification which were influenced by human actions in valley of Siya River, Guizhou Province. The distribution of the bryophyte communities in different peak cluster and different slope section was studied. The results are as follows: (1) The bryoflora of this site includes 8 families, 19 genera and 40 species. There are 19 types of bryophyte communities in the area. Among them, 14 types are pure communities. The dominant communities are *E. julaceum*, *B. argenteum* and *H. involuta*. (2) There are two very important life-forms, which are wefts and short turfs occurring on the area owing to dry and barren environment affected by human actions. (3) The richness of the bryophyte communities is reducing with the expansion of human action area in this special environment. (4) The results indicated that the *E. julaceum* has the potential value to control rock desertification contribution which was made by human actions to its highest summed dominance ratio.

Key words: bryophyte communities; karst rocky desertification peak cluster; human actions; ecological community

收稿日期: 2013-07-01; 修改稿收到日期: 2013-09-27

基金项目: 国家自然科学基金(31160042); 贵州省国际科技合作项目(黔科合外 G 字 2013-7016 号)

作者简介: 张天汉(1988—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。E-mail: zthlucky@126.com

* 通信作者: 张朝晖, 教授, 博士, 主要从事植物学和生态学研究。E-mail: academiclife@126.com

思雅河河谷地区位于贵州贵阳花溪区西南部党武乡一带,该地区有着典型的喀斯特峰丛地貌,自然环境较好。但是,近年来高校聚集区的建设,使得思雅河河谷地区的自然环境遭受破坏。人类活动的介入对该区域的生物群落产生严重影响。峰丛的原生植被由于突然频繁的人类活动而遭受破坏,校区建筑的建造过程中产生的垃圾更是会对当地的物质能量循环造成巨大影响。同时,由于人类的大量进入,使得思雅河一带的商业潜力被充分发掘,大量的商业建筑将在短时间内拔地而起,这一连串的迅速而强烈的人类活动必然给思雅河河谷地区的自然环境带来不可估量的破坏与损失,它的生态环境保护已迫在眉睫。

苔藓植物是一种重要的先锋植物,它的形态结构比较简单,在植物界的演化进程中代表着从水生逐渐过渡到陆生的类型,广泛分布在世界各地的不同环境中。苔藓自身构造的特殊性决定了其有很多的生态功能,并且可以适应很多严酷的环境。有些苔藓群落可以很好地克服钙华沉积的压力而生活于钙华沉积的瀑布以及溶洞洞口中带^[1-5]。在很多干旱地区也可以发现一些特殊的苔藓种群。在人类活动强烈的地区,例如被重金属污染的矿区,苔藓也可以较好地生长^[6-8]。在思雅河河谷地区,最常见的就是喀斯特峰丛,这是一种以喀斯特地貌为背景,有着较大坡度,不同的植被覆盖度,有强光的照射并受到强烈的人为活动影响的特殊生境^[9-12]。本研究考察了该地区海拔分别为 1 209、1 239、1 248 和 1 256 m 的 4 座峰丛,它们全都处于人为干扰区内,在部分坡段出现了大面积的人为干扰痕迹。拟通过对思雅河河谷地区峰丛苔藓群落的研究,以期对该区域的苔藓群落的组成、群落特征、生态功能及意义等有大致地了解并提供基础数据,为改善人类活动对自然环境的影响,治理人为造成的石漠化地区生态环境,建设生态文明城市提供参考资料。

1 研究区域自然地理概况

研究点位于贵州贵阳花溪区西南部的党武乡一带。该区位于黔中腹地,贵阳市南郊,距市中心 17 km,由于其位于扬子板块的核心,因此区内主要接受浅海碎屑岩和巨型碳酸盐岩台地沉积。区域内山峰广阔,可溶碳酸盐岩大面积出露,喀斯特地形分布广泛,地貌类型主要包括喀斯特峰丛-谷地、喀斯特峰丛-洼地等。该区地处北纬 26°19′~26°25′,东经 106°33′~106°39′。境内岗峦起伏,属岩溶丘陵亚

区,森林覆盖率仅有 13.9% 左右。按照熊康宁等^[13]喀斯特石漠化等级划分标准,研究区域的峰丛属于潜在石漠化、轻度石漠化和中度石漠化共存。

2 材料和方法

2.1 野外样地设置及调查

贵州贵阳花溪区思雅河河谷地区有着典型的喀斯特峰丛-谷地地貌,在河流两岸常见发育良好的峰丛。经过调查,该地区峰丛植被覆盖度较高,其中有轻度石漠化和中度石漠化现象的峰丛大都是由于建筑建设的影响。峰丛植被以灌丛草丛为主,偶见次生林。坡底原本以农垦地为主,现被建筑用地大量取代;坡中常见灌木与草丛,偶见乔木;坡顶以草丛为主,偶见灌木与乔木。2012 年 1 月上旬,在贵州省花溪区思雅河河谷地区大学城,以贵州师范大学为中心,在周围选取了 4 座典型喀斯特峰丛,按照相对高差将每座峰丛分为坡顶、坡中和坡底 3 段。为反映不同坡段苔藓分布情况以及完整体现峰丛的苔藓种类,我们采用“样带调查取样法”,在坡底、坡中和坡顶设置样宽为 4 m 的环形样带进行调查采样。在每条样带中根据实际情况采用蛇形布点采样法布置 10 cm×10 cm 苔藓小样方 7~9 个,采集小样方内全部苔藓,并将每个小样方内全部苔藓记为一个苔藓群落。每座峰丛采集苔藓植物标本 23~24 份,共计采集苔藓植物标本 93 份,在野外同时记录了苔藓植物生长的小生境等。标本存放于贵州师范大学苔藓植物标本室。表 1 是 4 座峰丛的基本特征。

2.2 室内工作

2.2.1 标本鉴定 将采集的标本放在阴凉处晾干,装入标本袋并写上标签。标本鉴定时,取少量苔藓标本置于盛有清水的培养皿中浸泡 3 min 左右,取植株。借助 HWG-1 解剖镜和 XSZ-107 显微镜对苔藓植物进行观察并绘图。再借助所绘的图,利用《Moss Flora of China (English Version)》^[14-18] 和《中国苔藓植物志》第 2、4~8 卷^[19-24] 等苔藓分类工具书进行标本的鉴定。

2.2.2 群落划分及命名 以 10 cm×10 cm 小样方内全部苔藓记为一个苔藓群落,确定群落中优势种,并据优势种原则对苔藓植物群落进行命名^[25]。

2.2.3 数据处理 利用苔藓植物相似性系数计算不同峰丛苔藓植物的种相似性系数^[26]。

$$Sc = \frac{2c}{A+B} \times 100\%$$

式中,Sc 代表 2 座峰丛的种相似性系数;c 代表共有

表 1 贵州思雅河河谷地区喀斯特峰丛石漠研究地概况

Table 1 Field research sites of karst peak cluster rocky desertification in valley of Siya River of Guizhou Province

项目 Item	峰丛编号 No.			
	I	II	III	IV
经纬度 Latitude and longitude	26°23′16.9″~26°23′23.3″N 106°38′03.3″~106°38′16.4″E	26°23′20.9″~26°23′24.2″N 106°38′04.3″~106°38′09.0″E	26°23′13.4″~26°23′16.6″N 106°38′04.0″~106°38′07.6″E	26°23′06.9″~26°23′09.0″N 106°38′42.3″~106°38′46.6″E
海拔高度 Elevation/m	1 256	1 248	1 239	1 209
相对高差 Relative height/m	86	69	78	43
坡度 Slope/°	52	60	76	55
植被覆盖度 Vegetation coverage/%	67	55	53	42
岩石裸露度 Bareness degree of rock/%	10	15	35	50
人为干扰强度 Human disturbance intensity	轻度 Slight	中度 Moderate	中度 Moderate	重度 Strong
峰丛概况 General situation of peak cluster	坡顶和坡中植被较丰富,以灌木和草本为主,坡底为建设区,人为破坏严重。There are rich herbs and rich bushes in upper slope and middle slope. The building in lower slope is the administration building of Guizhou Normal University, it was destroyed seriously by human action.	坡顶分布草本植物,有高压线,坡中偶见灌木,坡底边为公路,人为破坏较大。The high-tension line was built in upper slope. There are a few bushes in middle slope. The motorway was built in lower slope, it was destroyed seriously by human action.	坡顶和坡中分布有灌木、草本,偶见乔木。坡底岩石裸露严重。The upper slope and middle slope have some bushes, some herbs and a few arbors. The bareness of rock is very serious in lower slope.	坡中分布草本植物,少量灌木乔木混合生长。坡顶有建筑,只有少量草本植物,坡底岩石裸露严重。The middle slope has some herbs, a few bushes and a few arbors. There are some buildings which were built in upper slope, which has a few herbs. The bareness of rock is very serious in lower slope.

种数, A 、 B 代表出现于两地的全部种数。

同时利用野外测得的苔藓群落的盖度和频度来计算不同峰丛不同坡段的综合优势比^[27]。综合优势比可以反映出苔藓群落在区域内的优势程度,从而筛选出有治理这种特殊石漠化潜力的苔藓。

常用的为两因素的综合优势比(SDR_i),即在密度比、盖度比、频度比、高度比和重量比这 5 项指标中取任意两项求其平均值再乘以 100%,本文选取盖度比(CC_i)和频度比(CF_i)计算出综合优势比。

$$SDR_i = \frac{CC_i + CF_i}{2} \times 100\%$$

其中: $CC_i = \frac{C_i}{\text{Max}(C_i)} \times 100\%$

$$CF_i = \frac{F_i}{\text{Max}(F_i)} \times 100\%$$

式中, C_i 和 F_i 表示该苔藓群落在此坡段的盖度和频度, $\text{Max}(C_i)$ 和 $\text{Max}(F_i)$ 表示该地区苔藓群落的最大盖度和最大频度。

在计算出苔藓群落综合优势比之后,以不同坡段的苔藓群落为研究对象,以综合优势比为指标,应用 CANOCO for Windows 4.5 对苔藓群落进行统计分析^[28],研究苔藓群落在峰丛不同坡段上的综合优势比情况,以及找出在不同坡段中有较高综合优

势比的苔藓植物群落。

所有的数据运算与统计在 Microsoft Excel 和 CANOCO for Windows 4.5 中完成。

3 结果与分析

3.1 苔藓群落种类组成

在采样及调查区域内,4 座喀斯特峰丛共采集苔藓植物群落样方 93 个,鉴定结果共有藓类植物 8 科 19 属 40 种(表 2)。其中,未发现苔类植物。其中优势科为丛藓科(Pottiaceae,含 8 属 12 种)、真藓科(Bryaceae,含 2 属 11 种)和青藓科(Brachytheciaceae,含 3 属 10 种),说明在人类影响下此类苔藓依然可以良好地生长。

3.2 苔藓群落的生活型

生活型是苔藓植物生长型、群集方式及其对外界环境的综合反映。通过苔藓植物生活型的分析,可以揭示环境的一般特征。参照 Magdefrau^[29]的分类系统,该区域苔藓植物可划分为矮丛集型、高丛集型、交织型和垫状型 4 种生活型。其中,矮丛集型有 20 种,占总种数的 50.00%,如卷叶湿地藓(*Hyophila involuta*)、真藓(*Bryum argenteum*)和东亚扭口藓(*Barbula subcomosa*)等;交织型有 16 种,占总种数的 40.00%,常见的有穗枝赤齿藓(*Erythrodontium julaceum*)、毛尖

青藓(*Brachythecium piligerum*)和狭叶小羽藓(*Haplocladium angustifolium*)等。这 2 种是该区域内苔藓主要生活型。可以看出,在人类影响造成的石漠化地区,总体苔藓物种多样性并不高。矮丛集型生

表 2 贵州思雅河河谷地区喀斯特峰丛石漠苔藓植物群落种类组成统计
Table 2 Families, genera and species of bryophytes at karst peak cluster rocky desertification in valley of Siya River of Guizhou Province

科名 Family	属名 Genus	种名 Species	出现群落 Bryophyte community
丛藓科 Pottiaceae	丛本藓属 <i>Anoetangium</i>	丛本藓 <i>Anoetangium aestivum</i>	9、10
	小石藓属 <i>Weissia</i>	新进小石藓 <i>Weissia newcomeri</i>	9、16
	毛口藓属 <i>Trichostomum</i>	阔叶毛口藓 <i>Trichostomum platyphyllum</i>	2、9、17
	反纽藓属 <i>Timmiella</i>	反纽藓 <i>Timmiella anomala</i>	7
	湿地藓属 <i>Hyophila</i>	卷叶湿地藓 <i>Hyophila involuta</i>	2、7、9、16
		芽胞湿地藓 <i>Hyophila propagulifera</i>	11
		匙叶湿地藓 <i>Hyophila spathulata</i>	11
	扭口藓属 <i>Barbula</i>	朝鲜扭口藓 <i>Barbula coreensis</i>	15
		东亚扭口藓 <i>Barbula subcomosa</i>	11、15
		钝叶扭口藓 <i>Barbula chenii</i>	15
	石灰藓属 <i>Hydrogonium</i>	大叶石灰藓 <i>Hydrogonium majusculum</i>	9、16
	墙藓属 <i>Tortula</i>	弯叶墙藓 <i>Tortula reflexa</i>	8
真藓科 Bryaceae	短月藓属 <i>Brachymenium</i>	饰边短月藓 <i>Brachymenium longidens</i>	9
	真藓属 <i>Bryum</i>	狭网真藓 <i>Bryum algovicum</i>	7、16
		真藓 <i>Bryum argenteum</i>	5、7、9、12、16、17
		比拉真藓 <i>Bryum billardieri</i>	10
		卵叶真藓 <i>Bryum calophyllum</i>	9、12
		双色真藓 <i>Bryum dichotomum</i>	9
		宽叶真藓 <i>Bryum funkii</i>	5、9
		刺叶真藓 <i>Bryum lonchocaulon</i>	18
		拟大叶真藓 <i>Bryum salalense</i>	9
		黄色真藓 <i>Bryum pallescens</i>	2
		弯叶真藓 <i>Bryum recurvulum</i>	2
薄罗藓科 Leskeaceae	细枝藓属 <i>Lindbergia</i>	中华细枝藓 <i>Lindbergia sinensis</i>	6
羽藓科 Thuidiaceae	小羽藓属 <i>Haplocladium</i>	狭叶小羽藓 <i>Haplocladium angustifolium</i>	12、18
		东亚小羽藓 <i>Haplocladium strictulum</i>	13
青藓科 Brachytheciaceae	褶叶藓属 <i>Palamocladium</i>	深绿褶叶藓 <i>Palamocladium euchloron</i>	1
	青藓属 <i>Brachythecium</i>	柔叶青藓 <i>Brachythecium moriense</i>	2
		悬垂青藓 <i>Brachythecium pendulum</i>	2、9、18
		毛尖青藓 <i>Brachythecium piligerum</i>	3、4、14
		羽枝清藓 <i>Brachythecium plumosum</i>	2、18
		长叶青藓 <i>Brachythecium rotaeaeum</i>	15
		尖叶青藓 <i>Brachythecium coreanum</i>	10
		圆枝青藓 <i>Brachythecium garovaglioides</i>	2
		长肋青藓 <i>Brachythecium populeum</i>	2
	美喙藓属 <i>Eurhynchium</i>	密叶美喙藓 <i>Eurhynchium savatieri</i>	17
灰藓科 Hypnaceae	拟鳞叶藓属 <i>Pseudotaxiphyllum</i>	东亚拟鳞叶藓 <i>Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum</i>	19
	金灰藓属 <i>Pylaisia</i>	北方金灰藓 <i>Pylaisia selwynii</i>	3、14
卷柏藓科 Racopilaceae	卷柏藓属 <i>Racopilum</i>	薄壁卷柏藓 <i>Racopilum cuspidigerum</i>	4、14、19
绢藓科 Entodontaceae	赤齿藓属 <i>Erythrodontium</i>	穗枝赤齿藓 <i>Erythrodontium julaceum</i>	2、7、8、9、14、17、18

注:出现群落的群落编号所表示的苔藓植物群落见表 3。
Note: The bryophyte communities which were represented by the numbers of communities are in Table 3.

长的苔藓依然可以在光照较强和人类活动频繁的影响下占主导,反映了矮丛集型苔藓在恶劣环境下的强大耐受性;同样,交织型苔藓多呈毯状或丛状,减少了水分的蒸发,因此在研究区域内也比较常见。这不仅表示在建筑工程中我们应当力所能及地保护自然生态环境,也为改善和修复人类活动造成的石漠化现象提供了一个新的思路。

3.3 苔藓群落分类及特征

3.3.1 苔藓群落的类型 在研究区域内,苔藓植物

群落共有 19 种类型,其中纯群落有 14 个(表 3)。常见群落类型主要有穗枝赤齿藓群落(*Erythrodontietum*)、真藓群落(*Bryetum*)和卷叶湿地藓群落(*Hyophiletum*)等。可以看出该区域内由单一种组成的群落占主导地位,这也反映了人类影响下的喀斯特峰丛石漠化造成的群落物种的单调性。虽然还处于石漠化早期,但由于人类的破坏已经造成的苔藓物种多样性降低。

表 3 苔藓群落类型及其在不同坡段的盖度比、频度比及综合优势比

Table 3 The types of bryophyte communities and coverage ratio,frequency ratio,summed dominance ratio in the karst peak cluster rocky desertification

群落编号 No.	群落名称 Name of communities	小生境 Habitat	盖度比 Coverage ratio/%			频度比 Frequency ratio/%			群落的综合优势比 Summed dominance ratio/%		
			坡顶 Upper slope	坡中 Middle slope	坡底 Lower slope	坡顶 Upper slope	坡中 Middle slope	坡底 Lower slope	坡顶 Upper slope	坡中 Middle slope	坡底 Lower slope
1	深绿褶叶藓群落 <i>P. euchloron</i>	岩面生 The surface of rock	—	—	80.00	—	—	6.25	—	—	43.13
2	穗枝赤齿藓群落 <i>E. julaceum</i>	岩面、岩壁生 The surface and wall of rock	85.00	70.63	64.67	12.50	50.00	37.50	48.75	60.32	51.09
3	北方金灰藓群落 <i>P. setwynii</i>	岩面、岩壁生 The surface and wall of rock	—	90.00	80.00	—	6.25	6.25	—	48.13	43.13
4	毛尖青藓群落 <i>B. piligerum</i>	岩面生 The surface of rock	—	100.00	77.50	—	6.25	12.50	—	53.13	45.00
5	宽叶真藓群落 <i>B. funkii</i>	岩面、土生 The surface of rock and dust	—	41.50	50.00	—	12.50	6.25	—	27.00	28.13
6	中华细枝藓群落 <i>L. sinensis</i>	岩壁生 The wall of rock	—	—	30.00	—	—	6.25	—	—	18.13
7	卷叶湿地藓群落 <i>H. involuta</i>	岩面、岩壁、岩缝生 The surface, wall and crevices of rock	—	52.00	47.50	—	31.25	12.50	—	41.63	30.00
8	弯叶墙藓群落 <i>T. reflexa</i>	岩面生 The surface of rock	—	54.00	—	—	12.50	—	—	33.25	—
9	真藓群落 <i>B. argenteum</i>	岩面、岩壁、岩缝、土生 The surface, wall and crevices of rock and dust	25.00	46.11	30.00	6.25	56.25	6.25	15.63	51.18	18.13
10	丛本藓群落 <i>A. aestivum</i>	岩面生 The surface of rock	11.25	25.00	—	25.00	12.50	—	18.13	18.75	—
11	匙叶湿地藓群落 <i>H. spathulata</i>	岩面生 The surface of rock	10.00	70.00	—	12.50	6.25	—	11.25	38.13	—
12	卵叶真藓群落 <i>B. calophyllum</i>	岩面、岩缝生 The surface and crevices of rock	—	50.00	32.50	—	6.25	12.50	—	28.13	22.50
13	东亚小羽藓群落 <i>H. strictulum</i>	树附生 Epiphytic	—	15.00	—	—	6.25	—	—	10.63	—
14	薄壁卷柏藓群落 <i>R. cuspidigerum</i>	树附生 Epiphytic	—	70.00	—	—	18.75	—	—	44.38	—
15	朝鲜扭口藓-东亚扭口藓群落 <i>Barbula coreensis</i> + <i>B. subcomosa</i>	岩面、岩缝生 The surface and crevices of rock	48.00	—	32.50	31.25	—	12.50	39.63	—	22.50
16	狭网真藓-大石叶灰藓群落 <i>Bryum algovicum</i> + <i>H. majusculum</i>	岩面、土生 The surface of rock and dust	32.50	40.00	25.00	12.50	6.25	12.50	22.50	23.13	18.75
17	阔叶毛口藓-密叶美喙藓群落 <i>Trichostomum platyphyllum</i> + <i>E. saxatieri</i>	岩面生 The surface of rock	10.00	30.83	—	12.50	37.50	—	11.25	34.17	—
18	悬垂青藓-羽枝青藓群落 <i>Brachythecium pendulum</i> + <i>B. plumosum</i>	岩面生 The surface of rock	—	95.00	75.00	—	18.75	6.25	—	56.88	40.63
19	薄壁卷柏藓-东亚拟鳞叶藓群落 <i>Racopilum cuspidigerum</i> + <i>P. pohliacarpum</i>	树附生 Epiphytic	—	10.00	—	—	6.25	—	—	8.13	—

注:—为该坡段缺失。
Note:— no data.

3.3.2 苔藓群落在不同峰丛和不同坡段的生态分布特征 根据苔藓群落的划分,分别计算了每一座峰丛和每一个坡段的苔藓群落数量和植被覆盖率。从Ⅰ号山到Ⅳ号山的苔藓群落数量分别为 14 个、9 个、6 个、4 个,植被覆盖率分别为 67%、55%、53%、42%;而坡底、坡中、坡顶的苔藓群落数量为 8 个、16 个、9 个,植被覆盖率分别为 13%、88%、63%。每座山的不同坡段的植被覆盖率和主要苔藓生长类型如表 4 所示。

由表 4 可以看出,在不同的峰丛及其坡段中,人类影响造成的植被覆盖范围大小与区域内苔藓群落的生长类型有一定的关系。根据表 1 的峰丛概况和此表可以看出,4 座峰丛的坡底受建筑影响基本都是石生苔藓,而坡中和坡顶由于人为干扰情况不同出现了多种不同的苔藓生长类型。

根据图表和已得数据可知,Ⅰ号山整体受到人为影响的程度和范围比较小,Ⅱ号和Ⅲ号山中等,而Ⅳ号山整体受到的人类破坏就比较严重了。图 1 显示了不同峰丛苔藓植物群落数量和峰丛整体受到人类影响后植被覆盖范围的关系。从图 1 可以看出,Ⅰ号山苔藓植物群落数量明显是最丰富的,它反映了人类在未造成明显石漠化时物种的丰富性,反观Ⅳ号山,苔藓植物群落数量大幅减少,这也体现了在人类大量活动的喀斯特峰丛石漠化地区,物种多样性由于人类影响而大量降低。同时根据相似性的计算,Ⅰ号山和Ⅱ号山苔藓植物种相似性为 0.78,但和Ⅳ号山苔藓植物种相似性为 0.22,这也说明随着人类活动对自然环境影响的加强,物种的种类也在发生着变化。

同样根据图表和已得数据可知,坡底受到人为影响的程度和范围最大,其次是坡顶,人类涉足最少的区域主要还是坡中。而苔藓植物群落数量是坡底最少,坡中最多。如图 2 所示,人类活动影响越小的

坡段,植被覆盖率越高,苔藓植物群落数量就会越大,换言之,随着人类活动影响区域的增大,苔藓植物群落数量逐渐变小。之前国内的学者主要研究一些环境因子对山区苔藓植物生长的影响,例如黄雅丹等^[30]通过对桂林喀斯特石山苔藓研究,认为苔藓植物多样性分布与环境湿度状态有最重要的相关性;白学良等^[31]则在对贺兰山苔藓植物多样性进行研究分析后得出,光照强度是林下苔藓地被层形成的主要环境因子;车宗玺^[32]在分析了祁连山北坡不同海拔梯度苔藓分布情况后,得出苔藓群落分布随海拔的升高而降低。然而我们通过图 2 以及样地实际情况可以看出,在该区域的不同坡段上环境和湿度并没有明显的区别,苔藓植物群落数量却产生了明显变化,因此推断环境湿度和光照强度并不是该区域苔藓植物群落数量的决定因子。因为之前的学

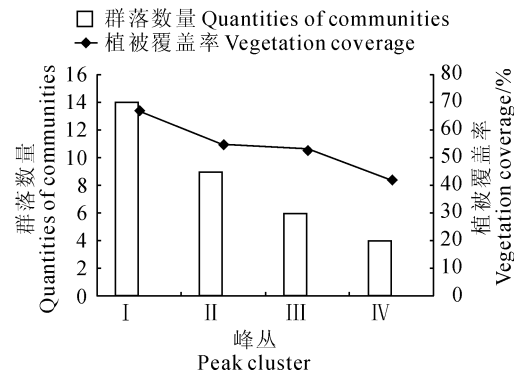


图 1 苔藓植物群落多度在不同峰丛与人类影响下植被盖度的关系
Ⅰ~Ⅳ为研究区峰丛编号,同表 1
Fig. 1 The relationship between the abundance of bryophyte communities and the coverage of vegetation by human action in different peak cluster
Ⅰ~Ⅳ represent the number of the peak cluster, the same as Table 1

表 4 贵州思雅河河谷地区喀斯特峰丛石漠不同坡段植被覆盖率和苔藓生长类型

Table 4 Vegetation coverage and bryophyte type in different slope sections of karst peak cluster rocky desertification in valley of Siya River of Guizhou Province

	植被覆盖率 Vegetation coverage/%				苔藓生长类型 Bryophyte type			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
坡底 Lower slope	20	25	0	5	石生 Rock	石生 Rock	石生 Rock	石生 Rock
坡中 Middle slope	95	90	70	95	石生/土生 Rock/Dust	石生/土生 Rock/Dust	石生/土生/树附生 Rock/Dust/Epiphytic	石生/土生/树附生 Rock/Dust/Epiphytic
坡顶 Upper slope	85	50	90	25	石生/土生 Rock/Dust	石生 Rock	树附生 Epiphytic	石生/树附生 Rock/Epiphytic

注:Ⅰ~Ⅳ为研究区峰丛编号;同表 1。
Note:Ⅰ~Ⅳ represent the number of the peak cluster;The same as Table 1.

者们主要研究的是人类影响比较小的山区,在那样的区域对植物造成影响的主要原因就是当地的自然地理环境。然而在本研究区域,虽然光照和湿度影响了当地的植被,然而由于大学城的建造,人类活动短时间内频繁发生,严重影响了当地的自然环境和植被生长。建造建筑物时就地取材,为运输钢筋水泥而通过破坏植被开辟的道路,为建筑地而炸开的山峰,都强烈地干扰了当地原本的植被和地理环境。

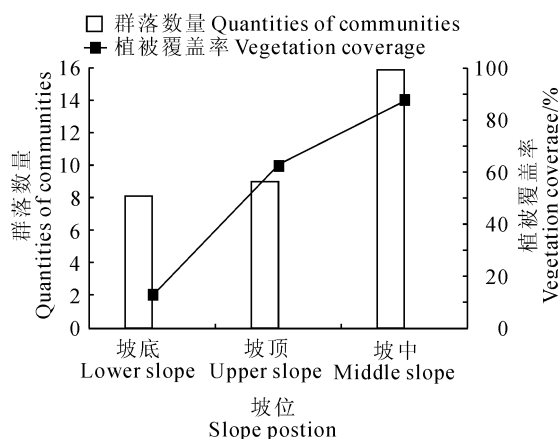


图2 苔藓植物群落多度在不同坡段与人类影响下植被盖度的关系

Fig. 2 The relationship between the abundance of bryophyte communities and the coverage of vegetation by human action in different slope section

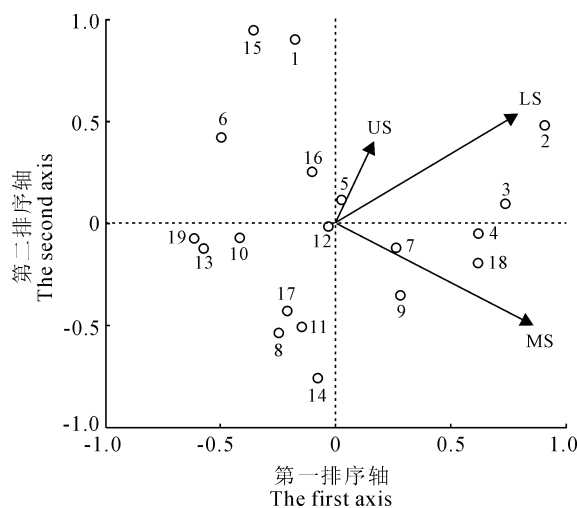


图3 苔藓群落的综合优势比与不同坡段关系的 RDA 二维排序图

LS. 坡底; MS. 坡中; US. 坡顶; 1~19 为苔藓群落编号

Fig. 3 RDA two-dimensional ordination diagram of the relationships of the summed dominance ratio with different slope sections

LS. Lower slope; MS. Middle slope; US. Upper slope; 1~19. Numbers of bryophyte communities

由于建筑需要稳定的地基,因此大量的坡底地区被使用,从而使得苔藓植物群落数量最少;坡顶虽然多草本和灌木,适合部分苔藓生长,可由于高压电线的安装和一些小型建筑的建造,也对苔藓植物群落数量造成了影响;而坡中由于雨水冲刷造成较大的坡度,无法作为建筑用地,再加上比其他坡段更多的乔木和灌木的存在,所以保持了比较高的苔藓群落数量。

综上所述,贵州花溪思雅河河谷地区喀斯特峰丛由于短期内强烈的人为活动,形成了早期的石漠化,造成了当地环境的巨大变化,影响了植被的生长,同时苔藓植物群落的多样性也在人类强烈的影响下出现变化。而且可以看出,在这种典型的短期内人类活动造成的喀斯特峰丛石漠化的环境下,苔藓植物分布的主要影响因子也从湿度、光照强度等慢慢转移到了人类活动上。

3.3.3 苔藓群落的综合优势比及统计分析 综合优势比为日本学者召日真等^[27]提出的综合数量指标,可以计算和分析灌草层植物的优势度。本研究通过野外采集标本的过程,记录每一个苔藓植物群落的相对盖度,并在采回标本后在实验室统计每一个群落出现的频度,通过 Microsoft Excel 计算,总结出每一个群落的盖度比和频度比,再计算得出每个群落的综合优势比。然后使用 CANOCO for Windows 4.5 统计软件对不同坡段的苔藓群落的综合优势比进行 RDA 分析统计。RDA 是一种直接梯度分析方法,可以从统计学角度来分析一个或一组变量与另一组多变量数据之间的关系^[33]。它的最大优势在于能独立反映各个变量对环境(生物群落变化)的影响。根据统计,如表 3 与图 3 所示,在研究区域内常见的、盖度比较大的并且有很高的综合优势比的苔藓植物群落有:穗枝赤齿藓群落、毛尖青藓群落、卷叶湿地藓群落、真藓群落、悬垂青藓-羽枝青藓群落等。从图 3 可以看出穗枝赤齿藓群落在各个坡段都有着最高的综合优势比。因此,穗枝赤齿藓或许有治理这种人为造成的石漠化的潜力。

4 结论与讨论

4.1 研究区域苔藓植物群落组成及特征

贵州贵阳花溪思雅河河谷地区喀斯特峰丛石漠化苔藓类植物群落的种类组成为 8 科 19 属 40 种,其中丛藓科和真藓科为优势科。苔藓植物群落共有 19 个类型,其中纯群落有 14 个,占了群落总数的 73.68%。可以看出在短时间内受人类活动强烈影

响造成的喀斯特峰丛石漠特殊的生境内,单一物种组成的群落占有一定的优势,并且丛藓科和真藓科这类密集矮小的苔藓对这样的特殊生境有一定的适应能力。

4.2 研究区域苔藓植物群落生活型分析

研究区域内苔藓植物生活型以矮丛集型和交织型为主,分别占总数的 50.00% 和 40.00%,可以看出这两类苔藓比较适应这种干燥、贫瘠且受人类活动影响强烈的石漠化区域。在研究区域内石生苔藓群落占总群落数的 83.33%,相比于土生苔藓和树附生苔藓有着很大的优势,这也是该区域苔藓植物群落分布的一个特点。

4.3 研究区域苔藓植物生态分布特征

苔藓植物在不同的峰丛和不同的坡段中的分布格局有一定的特点。在不同的峰丛中,人类强烈活动后植被覆盖率是Ⅰ号山>Ⅱ号山>Ⅲ号山>Ⅳ号山,而苔藓群落丰富度也是如,从表 1 和野外调查可以看出,Ⅳ号山由于建筑建造和道路施工对山体植被大面积的破坏,使得苔藓植物生长的小生境产生剧烈变化,它的苔藓群落丰富度是最低的,这说明人类强烈活动造成的喀斯特峰丛石漠对苔藓群落的生

长和分布有很大的影响。同时,从不同坡段来看,人类强烈活动后植被覆盖率是坡底<坡顶<坡中,同样苔藓群落丰富度也是如此,这也说明了人类活动影响了该区域苔藓群落组成,反映了湿度、光照等因素在这种人类强烈活动造成的喀斯特石漠峰丛地区对苔藓群落丰富度的影响并不是主要因素。

4.4 研究区域苔藓植物优势种分析

通过统计分析,在研究区域内,穗枝赤齿藓群落有着较大的综合优势比,在不同峰丛和坡段中都很常见,平均盖度大、频度高是该种在本研究区内的特点。穗枝赤齿藓是绢藓科赤齿藓属的一个种,在野外观察和实验室鉴定中可以看出穗枝赤齿藓植物体紧密丛集,枝密集而短小,呈穗状,叶密生,覆瓦状排列,大多紧贴在岩石上交织生长,多呈毯状或丛状,干燥时叶片卷缩强烈,表皮细胞强烈增厚,形状不规则,这种多样的生长状况与叶片及其细胞的特点可能是本研究区域内这种由人类短期强烈活动造成的典型喀斯特石漠化地区出现大量穗枝赤齿藓的原因。这与张显强等^[34]的研究基本一致。所以说穗枝赤齿藓或许有治理这种由人类短期强烈活动造成的典型喀斯特石漠化环境的潜力。

致谢:野外工作得到了贵州师范大学山地环境重点实验室贾少华的帮助,标本鉴定过程中得到王登富、付兰的协助,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] ZHANG ZH. Contribution to the bryoflora of Guizhou, S. W. China. New records and habitations on mosses from Huangguoshu Karst Area[J]. *Journal of Bryology*, 1996, **19**(1): 149—152.
- [2] ZHANG ZH, PENTECOST A. New and noteworthy list of bryophytes from active travertine sites of Guizhou and Sichuan, S. W. China [J]. *Journal of Bryology*, 2000, **22**(1): 66—68.
- [3] PENTECOST A, ZHANG ZH. The travertine flora of Jiuzhaigou and Munigou, China, and its relationship with calcium carbonate deposition[J]. *Cave Karst Science*, 2000, **27**(2): 71—78.
- [4] PENTECOST A, ZHANG ZH. A review of Chinese travertines[J]. *Cave Karst Science*, 2001, **28**(1): 15—28.
- [5] ZHANG ZH H(张朝晖), PENG T(彭涛), LI X N(李晓娜), et al. A study on the bryophytes of karst cave threshold at Kunming Area in Yunnan Province, P. R. China[J]. *Carsologica Sinica* (中国岩溶), 2004, **23**(3): 229—233(in Chinese).
- [6] LIU R X(刘荣相), WANG ZH H(王智慧), ZHANG ZH H(张朝晖). Ecological monitoring of bryophytes for mercury pollution in Danzhai Mercury Mine Area, Guizhou Province, China[J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2011, **31**(6): 1 558—1 566(in Chinese).
- [7] LI X N(李晓娜), ZHANG ZH H(张朝晖). A study on bryophytes of dexing copper mine in Jiangxi Province, China[J]. *Journal of Guizhou Normal University* (Nat. Sci. Edi.) (贵州师范大学学报·自然科学版), 2006, **24**(2): 13—17(in Chinese).
- [8] ZHOU L Y(周灵燕), ZHANG ZH H(张朝晖). Comparative study on bryophytes between Tuobuka-Boka gold mine and Tangdan copper mine in Dongchuan, Yunnan Province[J]. *Gold* (黄金), 2007, **8**(28): 10—13(in Chinese).
- [9] ZHOU G F(周国富). Karst peak cluster-depression system——land use, population and settlement distribution (an example from Guizhou)[J]. *Carsologica Sinica* (中国岩溶), 1995, **14**(2): 194—198(in Chinese).
- [10] DENG X H(邓新辉), WU K Y(吴孔运), JIANG ZH CH(蒋忠诚), et al. Eco-environmental effects and deterioration of karst peak-cluster depression in Southwest China[J]. *Guangxi Agricultural Sciences* (广西农业科学), 2009, **40**(7): 857—863(in Chinese).

- [11] ZHANG ZH C(张志才), CHEN X(陈喜), SHI P(石朋), *et al.* Characteristics of soil moisture distribution and its influence factor in the karst cluster-peach mountain[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*(长江流域资源与环境), 2008, **17**(5): 803—807(in Chinese).
- [12] ZHANG J G(张继光), SU Y R(苏以荣), CHEN H S(陈洪松), *et al.* Spatial and temporal dynamics of soil moisture in the peak-cluster depression area of karst region[J]. *Journal of Agro-Environment Science*(农业环境科学学报), 2007, **26**(4): 1 432—1 437(in Chinese).
- [13] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感——GIS 典型研究[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 1—183.
- [14] GAO C, CROSBY M R. Moss flora of China(English Version) Vol. 1[M]. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 1999: 1—273.
- [15] GAO C, CROSBY M R. Moss flora of China(English Version) Vol. 3[M]. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2003: 1—141.
- [16] HU R L, WANG Y F, CROSBY M R. Moss flora of China(English Version) Vol. 7[M]. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2008: 1—258.
- [17] LI X J, CROSBY M R. Moss flora of China(English Version) Vol. 2[M]. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2001: 1—283.
- [18] WU P C, CROSBY M R. Moss flora of China(English Version) Vol. 8[M]. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2005: 1—385.
- [19] 高谦. 中国苔藓志(第2卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [20] 黎兴江. 中国苔藓志(第4卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [21] 吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志(第5卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [22] 吴鹏程. 中国苔藓志(第6卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [23] 胡人亮, 王幼芳. 中国苔藓志(第7卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [24] 吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志(第8卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [25] ZHANG ZH H(张朝晖), ALLAN P(艾伦·培特喀斯). The bryophyte communities associated with travertine depositon in Northwestern England and North Wales, U. K. [J]. *Guihaia*(广西植物), 2002, **22**(1): 45—49(in Chinese).
- [26] ZHANG Y M(张元明), CAO T(曹同), PAN B R(潘伯荣). A quantitative analysis of flora similarity of mountain bryophytes in Xinjiang[J]. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*(西北植物学报), 2002, **22**(3): 484—489(in Chinese).
- [27] 林育真. 生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [28] GUO SH L(郭水良), CAO T(曹同). Studies on community distributive patterns of epiphytic bryophytes in forest ecosystems in Changbai Mountain[J]. *Acta Phytocologica Sinica*(植物生态学报), 2000, **24**(4): 442—450(in Chinese).
- [29] MAGDEFRAU K. Life forms of bryophytes[C]//SMITH A J E. Bryophyte Ecology. New York: Chapman and Hall, 1982: 45—58.
- [30] HUANG Y D(黄雅丹), XIE Q(谢强). A preliminary study on the ecological distribution of bryoflora karst stone hill in Guilin[J]. *Carsologica Sinica*(中国岩溶), 2003, **22**(4): 299—305(in Chinese).
- [31] BAI X L(白学良), ZHAO L M(赵连梅), SUN W(孙维), *et al.* A preliminary study on the species diversity, phytomass and ecological effect of bryophytes in Helan Mountain, China[J]. *Journal of Inner Mongolia University*(Nat. Sci. Edi.) (内蒙古大学学报·自然科学版), 1998, **29**(1): 118—124(in Chinese).
- [32] CHE Z X(车宗玺). Study on moss distribution law in different altitude on north slope of Qilian Mountains[J]. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*(甘肃林业科技), 2004, **29**(3): 22—25(in Chinese).
- [33] BRAAK C J F, SMILAUER P. CANOCO reference manual and user's guide to CANOCO for windows (Version 4.5) [M]. New York: Centre for Biometry Wageningen, 2002.
- [34] ZHANG X Q(张显强), ZENG J J(曾建军), CHEN J W(谌金吾), *et al.* The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification[J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 2012, **32**(12): 3 902—3 911(in Chinese).