

江 洪. 黔西北铅锌矿废弃地与黔西南红土型金矿苔藓植物的比较[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 365–367.

# 黔西北铅锌矿废弃地与黔西南红土型金矿苔藓植物的比较

江 洪

(毕节学院环境与生命科学系, 贵州毕节 551700)

**摘要:**通过对黔西北铅锌矿废弃地、黔西南红土型金矿苔藓植物进行全面调查并查阅相关文献可知, 黔西北铅锌矿废弃地苔藓植物总共 4 科 14 属 30 种; 黔西南红土型金矿苔藓植物总共 14 科 53 属 124 种, 其中苔类植物 1 科 1 属 2 种, 分别为叶苔科叶苔属拟卵叶苔和细茎叶苔; 藓类植物 13 科 52 属 122 种。经比较发现, 黔西南红土型金矿苔藓植物丰富度大于黔西北铅锌矿废弃地, 种的相似性较小, 其相似性系数为 9.74%; Shannon – Wiener 指数和种间相遇概率指数均较低, 指数则较高, 说明其优势度集中在少数种。其中土生对齿藓[*Didymodon vinealis* (Brid.) Zander]、短叶扭口藓(*Barbula tectorum* C. Muell.)、狭叶葫芦藓[*Funaria attenuata* (Dicks.) Lindb.]、高山真藓(*Bryum alpinum* Huds. ex With)等 15 种分布较广, 可进一步作为矿区生态修复研究的材料。

**关键词:**苔藓植物; 黔西南红土型金矿; 铅锌矿废弃地

**中图分类号:** Q949.35 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2013)07–0365–03

苔藓植物是构造相对简单的高等植物, 是从水生到陆生过渡的代表类群, 其生长具有广泛的适应性, 能忍受恶劣的环境, 被称为“先锋植物”, 在植物系统演化中有着特殊的地位<sup>[1]</sup>。植物与其基质的相互关系早已吸引了学者们的注意, 其中以对铜矿的研究居多, 研究了植物生活的铜和其他重金属含量很高的基质。利用植物地球化学勘测矿产尤其以苔藓植物为研究对象寻找重金属矿床方面国外的研究更广泛, 如 Rusu 等对罗马尼亚著名的铜矿石冶炼厂 Zlama 附近的苔藓植物进行研究后发现, 受影响的苔藓植物体内重金属元素含量普遍超出当地背景值, 其中铜含量约为背景值的 6 倍<sup>[2]</sup>。Figueira 等以苔藓植物作为生物监测器研究了葡萄牙境内重金属元素的污染状况, 并对苔藓体内重金属元素含量与当地实际参数如岩性、土壤学、植物郁闭度和气候特征等建立了关系<sup>[3]</sup>。曹同等采用野外生态学调查与试验分析相结合的方法对鞍山市内和市郊所选的 5 个样点苔藓体内 Pb、Zn、Cu、Cd 等含量进行了分析, 结果发现 5 个样点中严重污染区 1 个, 一般污染区和相对清洁区各 2 个<sup>[4]</sup>。黄文琥等曾对贵州烂泥沟金矿、晴隆老万场红土型金矿以及云南东川拖把卡—播卡金矿、汤丹铜矿苔藓植物进行研究<sup>[5–7]</sup>, 但并未对同一纬度下不同矿区苔藓植物分布进行比较研究。因此, 本研究通过黔西北铅锌矿废弃地和黔西南红土型金矿的苔藓植物进行比较研究, 并对它们进行生物多样性分析, 寻找因基质不同而出现的相同苔藓植物的种类, 以期为进一步研究矿区苔藓植物在废

弃地生态修复提供先锋植物群落参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

铅锌矿废弃位于 104°23.736′~104°52.934′、26°56.534′~25°59.140′, 研究区主要包括贵州省赫章县妈姑镇黑泥寨、野马川镇龙场坝, 威宁县金钟镇冒水村格斗井, 威宁县盐仓镇盐仓村、水城大湾红花岭等 5 个铅锌矿废弃地, 这些铅锌矿废弃地是黔西北及周边比较典型的土法炼锌遗址, 年均气温 11~15℃, 年降水量 800~1 100 mm<sup>[8]</sup>。而黔西南布依族苗族自治州位于贵州省西南部, 地处东经 140°32′~150°11′、北纬 24°38′~25°23′之间, 属于典型的亚热带季风气候, 雨热同季, 年均气温 14℃<sup>[9]</sup>, 包括 1 市 7 县, 常年日照时数为 1 436~1 648.6 h, 常年年均气温 13.6~19.1℃, 雨量充沛, 常年降水量 1 253.1~1 577.2 mm, 植被类型多样, 具有亚热带植物类型明显、物种多样性丰富等特点<sup>[9]</sup>, 境内有丰富的金矿, 被地质学家誉为中国的第 2 个“金三角”, 该金矿区域土壤质地比较干燥, 植被稀少, 属重金属严重污染的区域, 由于人们对资源的大量开采, 人为干扰较大, 生态环境破坏较严重, 严重破坏了该地区的植物群落组成, 尤其是苔藓植物群落破坏较大。

### 1.2 材料

通过对黔西南以晴隆老万场金矿、盘县砂锅厂金矿、普安泥堡金矿以及安龙豹子洞金矿为代表的红土型金矿进行野外调查研究, 4 次共调查了 18 个红土型金矿, 选择不同生境地点、海拔高度, 全面采集标本, 共收集标本 880 份; 在铅锌矿采集 151 个标本<sup>[10]</sup>, 并在采集区内设 6 个样点, 即黔西北铅锌矿废弃地和红土型金矿区各设 3 个, 每隔 10 m 设 1 个, 样点大小为 5 m×5 m, 并用 10 cm×10 cm 的金属框罩在地面上, 采集框内所有的苔藓植物。详细记录日期、标本号、生境、采集地点、海拔、盖度以及各个矿采样点苔藓植物的形态特点和

收稿日期: 2012–12–12

基金项目: 贵州省教育厅自然科学青年项目[编号: 黔教科(20090071)号]; 贵州省毕节地区科技计划(编号: 毕科合字[2010]009号); 贵州省科技厅科学基金(编号: 黔科合 J 字[2011]2149号)。

作者简介: 江 洪(1980—), 男, 贵州遵义人, 硕士, 讲师, 从事恢复生态学研究。E-mail: hongjill@126.com。

生长特点。同时,也对各个矿点的位置、海拔、范围大小等作了详细的记录(表 1)。

表 1 苔类植物研究地点情况

样地	样点	生境	基质	海拔(m)	标本号
红土型金矿	I	阳面裸地,斜坡,多禾本科植物	矿渣,土层表面	1 478	040810056 ~ 040810060
	II	阳面裸地,斜坡,多禾本科植物	土层表面	1 479	040810061 ~ 040810071
	III	阴面裸地,斜坡,草丛、灌木丛	土层表面	1 489	040810072 ~ 040810083
铅锌矿废弃地	I	阳面裸地,斜坡,尾矿区	矿渣,土层表面	2 170	10072002 ~ 100720020
	II	阳面裸地,斜坡,尾矿区	矿渣,土层表面	1 770	100720021 ~ 100720037
	III	阴面裸地,斜坡,尾矿区	矿渣,土层表面	2 135	1007200038 ~ 100720050

1.3 标本鉴定及数据处理

1.3.1 标本鉴定 在干燥的条件下,将采集的标本进行晾干,整理装袋并进行采集记录编号,填写标签。然后从每个标本中随机抽取具有代表性的植株,将其培养在培养皿中,再借助于双筒解剖镜、光学显微镜,依据有关苔藓植物分类工具书和文献资料<sup>[11-15]</sup>,采用经典的形态分类方法进行分类鉴定,确定出科、属、种,并详细考察每个种的拉丁学名、中文规范名。

1.3.2 数据处理 笔者将两地苔藓植物的种类组成、物种多样性进行了分析,并利用以下计算公式分别计算金矿和铜矿区苔藓植物物种相似性指数<sup>[16]</sup>。

(1)相似性指数(similarity coefficient, sc)。苔藓植物属的相似性指数对苔藓植物区系分区和研究过渡地区苔藓植物区系的地理属性具有很大的意义<sup>[17]</sup>。相似性指数所用公式为:

$$sc = \frac{2C}{A+B} \times 100\%$$
 (1)

式中:A 代表甲地区全部科(属、种)数;B 代表乙地区全部科(属、种)数;C 代表两地区共有科(属、种)数。

(2)物种丰富度<sup>[17]</sup>:

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{X_{ij} - \bar{X}_{ij}}{\bar{X}_{ij}}$$
 (2)

式中: $X_{ij}$ 代表  $k$  个地区中第  $i$  个地区  $n$  个分类单元中的第  $j$  个分类单位数据; $\bar{X}_{ij}$ 代表  $k$  个地区中  $n$  个分类单位中第  $j$  个分类单位的数据平均值, $n$  代表类阶层数。

(3)采用 Shannon - Wiener 指数测度群落不同区域的物种多样性( $H$ )<sup>[17]</sup>:

$$H = 3.3219(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s n_i \lg n_i)$$
 (3)

(4)以 Simpson 指数测定各样地的生态优势度( $D$ )<sup>[18]</sup>:

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

(5)在此基础上,测定种间相遇概率(PIE)指数<sup>[18]</sup>:

$$PIE = \sum_{i=1}^s (\frac{n_i - 1}{N})(\frac{N - n_i}{N - 1})$$

式中: $N$  为所有种的个体总数; $n_i$  为第  $i$  种的个体数; $s$  是种数。

2 结果与分析

2.1 黔西南红土型金矿与铅锌矿苔藓植物比较

黔西南金矿区分布着 14 科 53 属 124 种,其中苔类植物 1 科 1 属 2 种,藓类植物 13 科 52 属 122 种(表 2)。其中,丛藓

科(Pottiaceae)、曲尾藓科(Dicranaceae)、真藓科(Bryaceae)、牛毛藓科(Ditrichaceae)和提灯藓科(Mniaceae)是组成该地区苔藓植物的优势科,真藓属(*Bryum* Hedw.)、短月藓属(*Brachymenium* Schwaegr.)、丝瓜藓属(*Pohlia* Hedw.)和对齿藓属(*Didymodon* Hedw.)是优势属。124 种苔藓植物中丛藓科占 31.5%,曲尾藓科占 12.9%,真藓科占 29.0%,其黄牛毛藓[*Ditrichum pallidum* (Hedw.) Hamp.]、扭口藓(*Barbula unguiculata* Hedw.)、土生对齿藓[*Didymodon vinealis* (Brid.) Zander]、云南墙藓(*Tortula yunnanensis* P. C. Chen)、狭叶葫芦藓[*Funaria attenuata* (Dicks.) Lindb.]、芽孢银藓(*Anomobryum gemmigerum* Broth.)、硬叶小金发藓[*Pogonatum neesii* (C. Muell.) Dozy.]、长叶提灯藓(*Mnium lycopodioides* Schwaegr.)、高山真藓(*Bryum alpinum* Huds. ex With)等在金矿区分布最多;毕节铅锌矿废弃地苔藓植物有 4 科 14 属 30 种(表 3),丛藓科、真藓科占苔藓植物种类的 93.4%,如土生对齿藓、短叶扭口藓(*Barbula tectorum* C. Muell)、狭叶葫芦藓、高山真藓等。

表 2 黔西南红土型金矿苔藓植物科属种统计情况

科名	属数	占总属数的比例(%)	种数	占总种数的比例(%)
叶苔科(Jungermanniaceae)	1	1.9	2	1.6
牛毛藓科(Ditrichaceae)	4	7.5	9	7.3
曲尾藓科(Dicranacea)	7	16.9	16	12.9
丛藓科(Pottiaceae)	17	32.1	39	31.5
葫芦藓(Funariaceae)	2	3.8	3	2.4
真藓科(Bryaceae)	7	13.2	36	29.0
提灯藓科(Mniaceae)	4	7.5	4	3.2
珠藓科(Bartramiaceae)	1	1.9	1	0.8
蔓藓科(Meteoriaceae)	1	1.9	1	0.8
羽藓科(Thuidiaceae)	3	5.7	3	2.4
青藓科(Brachytheciaceae)	2	3.8	3	2.4
绢藓科(Entodontaceae)	2	3.8	3	2.4
灰藓科(Hypnaceae)	1	1.9	2	1.6
金发藓科(Polytrichaceae)	1	1.9	2	1.6
合计	53		124	

表 3 铅锌矿废弃地苔藓植物科属种统计情况

科名	属数	占总属数的比例(%)	种数	占总种数的比例(%)
丛藓科(Pottiaceae)	7	50.0	14	46.7
葫芦藓(Funariaceae)	1	7.1	1	3.3
真藓科(Bryaceae)	5	35.8	14	46.7
提灯藓科(Mniaceae)	1	7.1	1	3.3
合计	14		30	

2.2 苔藓植物相似性指数比较

根据公式(1)计算结果可知,表 1、表 2 中科的相似性指数为 28.57%,属的相似性指数为 17.64%,种的相似性指数为 9.74%。由此可知,红土型与铅锌矿属同一纬度,小环境和气候条件相差不大,所以苔藓植物具有较高的相似性,在两地同时出现的苔藓植物分别为土生对齿藓、短叶扭口藓、纤枝短月藓、高山真藓、狭叶葫芦藓等 15 种。可知这些苔藓植物更适应矿区基质生长,它们可能具有某种特殊的生理机制,对环境中的重金属有较高的耐受性或抵抗性。

2.3 苔藓植物群落的物种多样性比较

物种多样性是群落生物组成结构的重要指标,它不仅可以反映群落组织化水平,而且可以通过结构与功能的关系间接反映群落功能的特征<sup>[19]</sup>。Simpson 指数别称生态优势度,它是表明群落的优势度集中在少数种上的程度指标。Shannon - Wiener 指数是表示群落中物种丰富程度的指标。种间

相遇概率(PIE)是反映群落中物种同时出现可能性的一种指标,它和多样性指数(*H*)的变化趋势基本一致<sup>[19]</sup>。根据公式(2)、(3)、(4)、(5)可以计算出黔西南红土金矿和毕节铅锌矿废弃地苔藓植物物种多样性(表 4),可见铅锌矿废弃地相对于黔西南红土型金矿苔藓植物物种的 Shannon - Wiener 指数(*H*)和种间相遇概率指数(PIE)均较低,说明其植物种类分布较不均,丰富度较低;Simpson 指数(*D*)则较高,说明其优势度集中在少数种,如土生对齿藓、短叶扭口藓、高山真藓、狭叶葫芦藓等。

以上结果说明在不同的生境中苔藓植物的分布具有较大的区别。其主要原因是铅锌矿区环境比较恶劣,又是属重金属污染的区域,没有高大的乔木和灌丛,小生境单一,并且大多数重金属元素都是对植物体有害的,元素过量了就会引起中毒而死亡。因此,铅锌矿废弃地苔藓植物群落的物种多样性指数都特别低。

表 4 矿区苔藓植物物种丰富度比较

地点	科数	属数	种数	丰富度指数	Simpson 指数			Shannon - Wiener 指数			相遇概率		
					I	II	III	I	II	III	I	II	III
红土型金矿	14	53	124	1.74	0.95	0.93	0.96	2.27	2.35	2.21	0.089	0.093	0.083
铅锌矿废弃地	4	14	30	-1.74	0.92	0.89	0.91	2.35	3.52	2.39	0.091	0.175	0.093

3 结论

在不同的基质条件下,黔西北铅锌矿废弃地与黔西南红土型的苔藓植物物种的种类差异比较明显,黔西南红土型的丰富度较黔西北铅锌矿废弃地高,为 1.74;黔西南红土型金矿苔藓植物物种的 Shannon - Wiener 指数和种间相遇概率指数均较低,说明其植物种类分布较不均。由于矿场“三废”即废渣、废气、废水污染严重,以及人为破坏等因素,可能对苔藓植物的分布具有较大影响。

铅锌矿和红土型金矿区是从藓科和真藓科物种比较丰富、结构相对稳定的自然群落,说明 2 个矿区的生境对苔藓植物的选择性,也说明了这些苔藓植物对重金属污染地具有强烈的耐受性。虽然总体看来黔西北铅锌矿废弃地不如黔西南红土型苔藓植物丰富,2 个矿区分布的苔藓植物存在差异,但也有土生对齿藓、短叶扭口藓、高山真藓、狭叶葫芦藓等 15 种同时出现的苔藓植物,这一结论为深入研究矿区植被恢复提供了较好的材料。

参考文献:

[1] 吴玉环,高 谦,程果栋,等. 苔藓植物对全球变化的响应及其生物指示意义[J]. 应用生态学报,2002,13(7):895 - 900.

[2] Rusu A M, Jones G C, Chimonides P D J, et al. Biomonitoring using the lichen *Hypogymnia physodes* and bark samples near Zlama, Romania immediately following closure of a copperore - processing plant [J]. Environmental Pollution, 2006, 143(1):81 - 88.

[3] Figueira R, Sérgio C, Sousa A J. Distribution of trace metals in moss biomonitors and assessment of contamination sources in Portugal [J]. Environmental Pollution, 2002, 118(1):153 - 163.

[4] 曹 同,路 勇,吴玉环,等. 鞍山市苔藓植物对环境污染生物指

示的研究[J]. 应用生态学报,1998,9(6):635 - 639.

[5] 黄文琥,张朝晖. 贵州烂泥沟淘金矿 5 种苔藓植物的生物地球化学研究及生物探矿潜力分析[J]. 黄金,2006,27(12):12 - 15.

[6] 江 洪,张朝晖. 贵州晴隆老万场红土型金矿三种藓类植物及其土壤基质的重金属元素测定及相关性分析[J]. 广西植物,2007,27(4):610 - 615.

[7] 周灵燕,张朝晖. 云南东川拖布卡一播卡金矿与汤丹铜矿区苔藓植物比较研究[J]. 黄金,2007,28(8):10 - 13.

[8] 林文杰,肖唐付,敖子强,等. 黔西北土法炼锌废弃地植被重建的限制因子[J]. 应用生态学报,2007,18(3):631 - 635.

[9] 冯学仕,郭振春. 黔西南地区金矿产出模式及找矿潜力[J]. 贵州地质,2002,19(2):109 - 111.

[10] 江 洪,向良志. 毕节地区土法冶炼铅锌废弃地苔藓植物研究 [J]. 安徽农业科学,2011,39(31):19130 - 19132.

[11] 朱瑞良,王幼芳,熊李虎. 苔藓植物研究进展 I. 我国苔藓植物研究现状与展望[J]. 西北植物学报,2002,22(2):444 - 451.

[12] 曹同. 云南植物志 苔藓植物 藓纲:第十八卷[M]. 北京:科学出版社,2002.

[13] 白学良,赵遵田. 内蒙古苔藓植物志[M]. 呼和浩特:内蒙古大学出版社,1997.

[14] 吴鹏程. 横断山区苔藓植物志[M]. 北京:科学出版社,2005.

[15] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏苔藓植物志[M]. 北京:科学出版社,1985.

[16] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京:科学出版社,1992.

[17] 洪 伟,吴承祯. Shannon - Wiener 指数的改进[J]. 热带亚热带植物学报,1999,7(2):120 - 124.

[18] 张元明,曹 同,潘伯荣. 新疆山地苔藓植物区系相似性的数量分析[J]. 西北植物学报,2002,22(3):484 - 489.

[19] 王世强,王佩香,王德青,等. 石灰炉渣废弃地重金属对植物生长的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(6):387 - 390.