

文章编号:1001-4810(2009)03-0319-05

老万场金矿石灰岩与红土矿体 藓类植物生物量及吸水量比较研究

汪文云¹,张朝晖^{1,2}

(1. 贵州师范大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州省山地环境重点实验室, 贵州 贵阳 550001)

摘要:长期开采活动使得老万场金矿大量石灰岩出露于地表,区域生态环境严重退化。通过对老万场金矿石灰岩和红土矿体藓类植物优势种类生物量和饱和吸水量进行测定发现:石灰岩表面优势藓类土生对齿藓、小反纽藓、云南墙藓、硬叶对齿藓、芽孢银藓生物量分别高达859、364、292、228、215 g/m²,饱和吸水量分别高达1780、9170、1530、2980、2120 g/m²;红土矿体表面优势藓类土生对齿藓、硬叶小金发藓、硬叶对齿藓、梨蒴小毛藓、芽孢银藓生物量分别高达854、596、333、158、134 g/m²,饱和吸水量分别高达3070、10020、1440、1710、4130 g/m²。结果显示土生对齿藓在石灰岩和红土矿体表面都是主要的生产者,表现出极强的吸水能力。藓类饱和吸水量与生物量密切相关,生物量较大的藓类植物吸水能力相应较强。特别地,土生对齿藓对该矿区石漠化治理和红土矿体水土保持具有十分重要的现实意义。

关键词:藓类植物;生物量;吸水量;生态恢复

中图分类号:Q949.35;Q948.112+.3

文献标识码:A

近年来,大量金属矿山的狂热开采,导致矿山生态景观被破坏、土壤遭受严重污染、区域生物多样性锐减等,区域生态严重退化。据报道,我国采矿占用土地达到586万hm²,破坏各类土地157万hm²,并且以每年4万hm²的速度递增^[1],特别是我国南方有色金属矿分布密集,大量土壤遭采矿破坏或重金属污染,造成土壤生态系统的严重破坏^[2]。退化生态系统的恢复与重建是当前生态学研究的前沿和热点之一^[3]。退化生态系统的恢复依赖于植被的重建,植被在退化生态系统恢复中的作用依赖于其所具有的蓄水保土功能,在此基础上确保肥力的提高和新物种的入侵和定居^[4]。作为环境演替过程中主要的先锋植物,苔藓植物参与土壤结皮的形成,在生态环境改善中发挥着不可替代的作用^[5,6]。苔藓植物常呈大片垫丛状群落,枝叶交错形成大量毛细空隙,同时可以通

过细胞壁直接从植物体外部吸收水分,具有吸水快、蓄水量大的特点。苔藓层通过吸收降水带来的营养物质,将营养物质容留在系统内,这在土壤不发达的原生生境中起着重要作用^[7]。苔藓植物结皮层具有很高的积累有机质、氮、磷等营养物质的功能,在土壤养分十分贫瘠(有机质含量普遍低于1%)的生态系统中,养分的积累对被子植物的生长和发育具有十分重要的生物学意义^[8]。苔藓植物能分泌多种对岩石有腐蚀性的酸性物质,通过长时间的作用可以达到使岩石土壤化的目的。李冰和张朝晖报道了烂泥沟金矿区附近喀斯特石漠区表面苔藓植物的成土量达到了438~18350kg/hm²^[9],对喀斯特石漠的土壤形成具有重要作用。

老万场金矿是在贵州发现的第一个红土型金矿^[10],该金矿是一种喀斯特崩塌堆积型金矿^[11],它的

基金项目:国家自然科学基金项目(NSFC, No. 30860025)、贵州省优秀青年科技人才资助计划项目[黔科合人字(2005)0514号]、国家人力资源和社会保障部留学人员科技活动优秀项目[人社厅(2008)86]

第一作者简介:汪文云(1982—),女,硕士研究生,研究方向:植物学。E-mail: harmony2009@163.com。

通讯作者:张朝晖(1963—),男,教授,主要从事植物学和生态学研究。E-mail: academiclife@126.com。

收稿日期:2009-05-04

形成与岩溶作用密切相关,是石灰岩基岩与金矿混生的一种金矿类型。矿石开采导致矿区生态系统严重退化,区域水土流失和荒漠程度逐年加剧,大量石灰岩暴露出来,形成了新型的喀斯特石漠化。该矿区受损矿体的主要植被类型为苔藓植物,它们具较大的生物量和蓄水量,对矿区物质循环、水土保持及土壤环境改良等有重要的现实意义。

1 研究地点概况

老万场红土型金矿位于贵州省黔西南州晴隆县大厂镇正南方 9 km 处,地理位置为 E:105°11′42.7", N:25°38′18.1"之间,属温凉湿润的高原亚热带季风气候。长年的大规模露天开采,将淘空金矿区喀斯特漏斗的矿土和洼地以及堆积于局部地段之上的“土壤”,大片原始的石灰岩露出地表^[12]。剥离的矿体表面植被极其稀少,局部环境极其干燥,区域水土流失和荒漠程度逐年加剧,大量的石灰岩暴露出来,形成了新型的喀斯特石漠化,矿区生态系统严重退化。矿区优势植物为苔藓植物,有少许禾本科植物、一定数量的蕨类植物(如蜈蚣草 *Pteris vittata* L.)和入侵植物(如紫茎泽兰 *Eupatorium adenophorum* Spreng.)。

2 材料与方法

2.1 材料选择与生物量测定

在对老万场红土型金矿石灰岩和红土矿体苔藓植物进行全面调查的前提下(采样基本情况见表 1),选取出现频度最高、生长状况最好的苔藓植物纯群落进行采样测试。石灰岩选取的种类为土生对齿藓 *Didymodon vinealis* (Brid.) Zander、小反扭藓 *Timmiella diminuta* (C. Muell.) P. C. Chen、云南墙藓 *Tortula yunnanensis* P. C. Chen、硬叶对齿藓 *Didymodon rigidulus* Hedw. 和芽孢银藓 *Anomobryum gemmigerum* Broth., 红土矿体选取的种类为藓类土生对齿藓 *Didymodon vinealis* (Brid.) Zander、硬叶小金发藓 *Pogonatum neesii* Dozy、硬叶对齿藓 *Didymodon rigidulus* Hedw.、梨蒴小毛藓 *Microdus brasiliensis* (Dub.) Thér.、和芽孢银藓 *Anomobryum gemmigerum* Broth.。每一种类分别选取 4 个小样方,每一小样方面积为 10 cm×10 cm。使其与基质分开,洗净,浸泡在清水里,待苔藓植物完全伸展即达到饱和吸水状态时,使用电子天平称量其饱和吸水重,然后放入恒温箱里 60℃ 下烘 48 h,使用同一天平称其干重。

表 1 老万场红土型金矿采样基本情况
Tab. 1 Basic sampling information in Laowanchang lateritic gold deposit

基质	样地号	经纬度	海拔	标本数
石灰岩 Limestone	1	E:105°11′20.6", N: 25°38′24.0"	1450	75
	2	E:105°11′31.0", N: 25°38′19.7"	1430	75
	3	E:105°11′35.8", N:25°38′18.5"	1425	75
	4	E:105°11′50.2", N:25°38′18.1"	1365	75
	5	E:105°11′57.1", N:25°38′19.9"	1371	75
红土矿体 Lateritic gold sites	1	E:105°11′26.2", N:25°38′24.1"	1347	75
	2	E:105°11′37.2", N:25°38′19.8"	1407	75
	3	E:105°11′42.7", N:25°38′16.1"	1378	75
	4	E:105°11′44.0", N:25°38′20.8"	1360	75
	5	E:105°11′57.1", N:25°38′19.9"	1365	75

2.2 数据处理

利用公式: 藓类生物量(g/m²)=藓类干重(g/dm²)×盖度(%)×10², 饱和吸水率(%)=[藓类饱和吸水重(g/dm²)-藓类干重(g/dm²)]/藓类干重(g/dm²)×100%, 饱和吸水量(g/m²)=藓类生物量(g/m²)×饱和吸水率(%)^[13], 分别计算其生物量饱和吸水率和饱和吸水量。

3 结果与分析

3.1 石灰岩与红土矿体苔藓植物生物量比较研究

生物量的多少是物种在生态系统中发挥作用的关键,苔藓植物不仅生产量大而且分解缓慢,因此积累了较大的生物量,是重要的初级生产者之一,特别是一些极端的环境中,苔藓植物作为优势种群是最大

的生产者^[14,15]。要研究矿区生态系统中苔藓植物的生态功能,生物量的测定是一项必要的基础工作。本研究在石灰岩和红土矿体上随机选取长势良好的藓类植物纯群落来作生物量和饱和吸水量的测定,其中石灰岩上选的种类是硬叶对齿藓、土生对齿藓、芽孢银藓、小反组藓和云南墙藓纯群落,它们的平均盖度分别是 71. 25%、75. 00%、68. 75%、72. 50%、70. 00%。红土矿体上选的种类是硬叶对齿藓、土生对齿藓、芽孢银藓、梨蒴小毛藓和硬叶小金发藓纯群落,它们的平均盖度分别是 85. 00%、87. 00%、77. 50%、81. 25%、71. 25%。分别测量它们的干重和吸水饱和重,计算它们的生物量和饱和吸水量以探索它们在该矿区生态系统中的生态功能。根据表2的测量数据和表3的计算结果可知,在石灰岩上,藓类群落的生物量从大到小的顺序为土生对齿藓、小反组藓、云南墙藓、硬叶对齿藓、芽孢银藓,生物量分别为 859 g/m²、364 g/m²、292 g/m²、228 g/m²、215 g/m²。可见土生对齿藓群落是石灰岩上最主要的生产者,发挥了主要生态作用。其它种类在石灰岩造壤、水土保持等方面

表2 苔藓植物饱和吸水量及干重(g/dm²)
Tab.2 Saturated water absorbing capacity and dry weight of the mosses(g/dm²)

基 质	种 类	指标号	标本号				平均值
			1	2	3	4	
石 灰 岩	硬叶对齿藓	饱和吸水重	23.00	24.72	28.56	41.08	29.34
		干重	3.20	1.68	3.36	5.04	3.32
	土生对齿藓	饱和吸水重	105.24	192.08	147.4	90.04	133.69
		干重	7.04	15.44	12.24	11.08	11.45
	芽孢银藓	饱和吸水重	44.36	28.84	14.20	14.00	25.35
		干重	5.20	4.80	1.32	1.16	3.12
	小反组藓	饱和吸水重	51.48	64.49	36.56	32.20	46.18
		干重	5.64	7.32	3.20	3.93	5.02
	云南墙藓	饱和吸水重	43.29	21.20	42.47	30.56	34.38
		干重	7.38	2.52	3.80	2.99	4.17
红 土 矿 体	硬叶对齿藓	饱和吸水重	20.92	93.52	23.16	22.72	40.08
		干重	2.08	7.52	4.28	1.80	3.92
	土生对齿藓	饱和吸水重	144.88	193.92	89.68	71.68	125.04
		干重	22.40	5.52	7.12	4.24	9.82
	芽孢银藓	饱和吸水重	37.80	17.08	14.24	12.32	20.36
		干重	2.56	1.72	1.52	1.12	1.73
	梨蒴小毛藓	饱和吸水重	36.92	27.64	15.20	11.80	22.89
		干重	3.12	1.96	1.48	1.20	1.94
	硬叶小金发藓	饱和吸水重	148.44	38.64	15.44	62.68	66.3
		干重	17.60	5.08	1.36	9.40	8.36

表3 藓类植物群落生物量和饱和吸水量
Tab.3 Biomass and saturated water absorbing capacity of the mosses community

基 质	种 类	平均盖度 /%	生物量	平均饱和 吸水率/%	饱和吸水量 /×10 ³ g
石 灰 岩	硬叶对齿藓	71.25	228	783.73	1.78
	土生对齿藓	75.00	859	1067.60	9.17
	芽孢银藓	68.75	215	712.50	1.53
	小反组藓	72.50	364	819.92	2.98
	云南墙藓	70.00	292	724.46	2.12
红 土 矿 体	硬叶对齿藓	85.00	333	922.45	3.07
	土生对齿藓	87.00	854	1173.32	10.02
	芽孢银藓	77.50	134	1076.88	1.44
	梨蒴小毛藓	81.25	158	1079.90	1.71
	硬叶小金发藓	71.25	596	693.06	4.13

亦起到不容忽视的生态学作用。在红土矿体上,藓类群落的生物量从大到小的顺序为土生对齿藓、硬叶小金发藓、硬叶对齿藓、梨蒴小毛藓、芽孢银藓,生物量分别为 854 g/m²、596 g/m²、333 g/m²、158 g/m²、134 g/m²,土生对齿藓和硬叶小金发藓成为红土矿体主要的生产者,是改良红土矿体生态环境的主导者,硬叶对齿藓生产量也较大,其它两种藓类群落生物量亦不可忽视。

通过比较石灰岩和红土矿体共有的三种藓类优势群落生物量(见图1)发现,无论是在石灰岩上还是在红土矿体上,土生对齿藓群落的生物量远高于硬叶对齿藓群落和芽孢银藓群落,且在这两种基质上土生对齿藓的生物量差异较小,每平方米仅相差 5 g,这表明土生对齿藓在整个矿区是最高生产者。红土矿体上的硬叶对齿藓群落生物量在每平方米上比石灰岩上的多 105 g,相差较大,说明硬叶对齿藓更适应红土矿

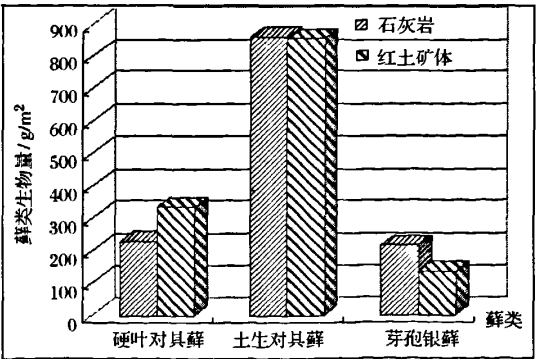


图1 石灰岩与红土矿体优势藓类群落生物量
Fig.1 The biomass of dominant mosses communities on limestone and lateritic gold sites

体的环境。芽孢银藓虽然广布于矿区上,但生物量相对于以上两种藓类较小,且其生物量在石灰岩上高于红土矿体,每平方米上相差 81 g,表现出对石灰岩干燥环境有较强的适应能力。苔藓植物在植被稀缺的受损矿体上拥有如此大的生物量,是非常重要的碳汇之一,具有重要的生态学意义。

3.2 石灰岩与红土矿体苔藓植物吸水能力比较研究

大片生长的苔藓群落具有很强的吸水 and 蓄水能力,缓冲了生境的剧烈变化,减少了土壤侵蚀,且对生态系统的热量循环有重要作用。苔藓植物群聚层中个体间形成的毛细管能够吸收更多的水分,Nadkarni^[16]曾通过实验测定出苔藓能够储存达自身干重 2~5 倍的水分,关于这一数值也有高达 13 倍的报道^[17],苔藓植物在密集分布时,其吸水量可达植物体自身干重的 15~20 倍^[17],尖叶泥炭藓吸水量占自身重量的 94%,可以吸收相当于自身重量 30 倍的水分^[18]。发育良好的苔藓层具有调节径流的作用,能在降雨的间期通过慢慢地向土壤中释放水分,来维持湿润的环境,调节着水分的径流量与蒸发量,有苔藓层地段比裸地的径流较为缓慢较为均匀^[19]。根据计算结果,可知老万场金矿石灰岩上硬叶对齿藓、土生对齿藓、芽孢银藓、小反纽藓和云南墙藓的饱和吸水量分别为 1 780、9 170、1 530、2 980、2 120 g/m²(见表 3),分别为自身干重的 7.81、10.68、7.12、8.19、7.26 倍;红土矿体上硬叶对齿藓、土生对齿藓、芽孢银藓、梨蒴小毛藓、硬叶小金发藓的饱和吸水量分别为 3 070、10 020、1 440、1 710、4 130 g/m²(见表 3),为自身干重的 9.22、11.73、10.75、10.82、6.93 倍。可见,这些优势种类的吸水能力都很强,两种基质共有的种类硬叶对齿藓、土生对齿藓、芽孢银藓在红土矿体上的吸水能力稍优于石灰岩上的。值得一提的是,无论是在石灰岩上还是在红土矿体上,土生对齿藓较其它种类都表现出最强的吸水能力。另外,红土矿体上的梨蒴小毛藓也表现出了很强的吸水能力,其余的种类的吸水能力亦较强,对该矿区的水土保持有极其重要的作用。

3.3 苔藓植物生物量与饱和吸水量相关性分析

对藓类植物的饱和吸水量和生物量的相关性分析(见图 2)发现,藓类饱和吸水量与生物量相关,生物量越大,吸水量越大,反之越小。可见,生物量越大的苔藓植物不仅保存了较大量的有机质,而且吸水 and 蓄水能力较强,生态功能也较大,对矿区退化生态系统的生态恢复起到关键性作用。

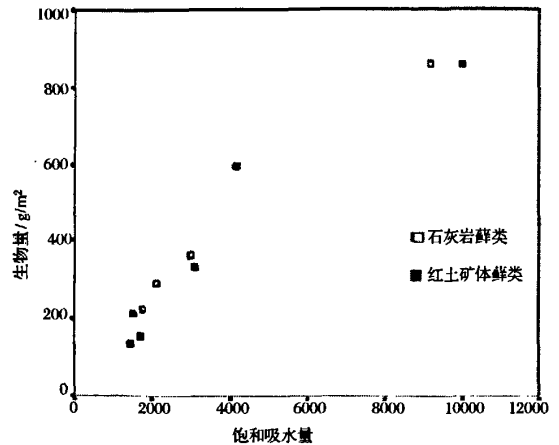


图 2 石灰岩和红土矿体藓类生物量及其饱和吸水量散点图

Fig. 2 Scatter plots of biomass and saturated water absorbing capacity of mosses on limestone and lateritic gold sites

4 结 语

生物量测量结果显示:在石灰岩上,土生对齿藓、小反纽藓、云南墙藓、硬叶对齿藓、芽孢银藓的生物量都较高,其中土生对齿藓群落为石灰岩上最主要的生产者,是发挥主要生态作用的植物种类;在红土矿体上,土生对齿藓、硬叶小金发藓、硬叶对齿藓、梨蒴小毛藓、芽孢银藓的生物量亦较高,其中土生对齿藓和硬叶小金发藓为红土矿体的主要的生产者,是改良红土矿体生态环境的主导者。饱和吸水量测量发现,无论是在石灰岩上还是在红土矿体上,土生对齿藓较其它种类都表现出最强的吸水能力,另外,红土矿体上的梨蒴小毛藓也表现出了很强的吸水能力,对该矿区的水土保持有重要的作用。该矿区生物量较大的苔藓植物保存了较多的有机物,且它们的吸水 and 蓄水能力较强,苔藓植物在该矿区石灰岩和红土矿体退化生态系统群落演替过程中的物质循环、土壤形成和水土保持等方面起到重要的作用,应该引起生态学家的注意和重视。综上所述,对该矿区生物量和吸水量都较大的土生对齿藓进行大规模人工培植并应用于该矿区石漠化治理和红土矿体水土保持,具有十分重要的现实意义。

参考文献

- [1] 戴塔根,刘星辉. 我国矿区生态恢复制度几个问题及改进建议[J]. 矿冶工程, 2004, 24(5): 1-8.
- [2] 龙健,黄昌勇,滕应,等. 矿区废弃地土壤微生物及其生化活性[J]. 生态学报, 2003, 23(3): 496-504.

- [3] 彭少麟. 恢复生态学与退化生态系统的恢复[J]. 中国科学院院刊, 2000, 15(3): 188—192.
- [4] 彭少麟, 赵平, 张经纬. 恢复生态学与中国亚热带退化生态系统的恢复[J]. 中国科学基金, 1999, 13(5): 279—283.
- [5] Vitt D H. Patterns of growth of the drought tolerant moss, *Racomitrium microcarpon*, over a three year period[J]. *Lindbergia*, 1989, 15: 181—187.
- [6] West N E. Structure and function of microphytic soil crusts in wildland ecosystems of arid and semiarid regions [J]. *Advances in Ecological Research*, 1990, 20: 179—223.
- [7] Greenfield L E. Retention of precipitation nitrogen by Antarctic mosses, lichen and fellfield soils[J]. *Antarctica Science*, 1992, 4 (2): 205—206.
- [8] 徐杰, 白学良, 田桂泉, 等. 腾格里沙漠固定沙丘结皮层藓类植物的生态功能及与土壤环境因子的关系[J]. 中国沙漠, 2005, 25 (2): 234—242.
- [9] 李冰, 张朝晖. 喀斯特石漠结皮层藓类物种多样性及在石漠化治理中的作用研究[J]. 中国岩溶, 2009, 28(1): 55—60.
- [10] 杨元根, 刘世荣, 金志升. 贵州老万场金矿床红土化作用及对金赋存状态的制约[J]. 地球化学, 2004, 33(4): 414—422.
- [11] 王砚耕. 贵州西南部红土型金矿成矿背景及其控制因素[J]. 贵州地质, 1998 15(4): 299—304.
- [12] 任明强. 老万场红土型金矿开发与生态环境关系简析[J]. 贵州地质, 2003, 20(2): 117—120.
- [13] 徐杰, 白学良, 杨特, 等. 固定沙丘结皮层藓类植物多样性及固沙作用研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 545—551.
- [14] Davis R. C. Structure and function of two Antarctic terrestrial moss communities [J]. *Ecol Monogr*, 1981, 51: 125—143.
- [15] Leith H. Primary productivity of the major vegetatin units of the world[J]. *Ecol Stud*, 1975, 14: 203—214.
- [16] Nadkarni NM. Epiphyte biomass and nutrient capital of a neotropical elfin forest[J]. *Biotropica*, 1984, 16: 249—256.
- [17] Silvola J, Aaltonen H. Water content and photosynthesis in peat mosses *Sphagnum fuscum* and *S. angustifolium*[J]. *Annual Botany of Fennic*, 1984, 21, 1—6.
- [18] 李艳红. 苔藓植物的生态生理[A]. 吴鹏程. 苔藓植物生物学[C]. 北京: 高等教育出版社, 1998, 131—147.
- [19] 张萍, 曾信波. 植被蓄水保土功能研究[J]. 山地农业生物学报, 1999, 18(5): 300—304.

Comparison between biomass and water absorbing capacity of mosses on limestone and lateritic in Laowanchang Lateritic Gold Deposit

WANG Wen-yun¹, ZHANG Zhao-hui^{1, 2}

(1. School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. Guizhou Provincial Laboratory for Mountainous Environment, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: Perennial and devastating mining has make a mass of limestone exposed to the earth surface and the environment degraded seriously on Laowanchang gold deposit. After analyzing the biomass and saturated water absorbing capacity of the dominant mosses which are collected from limestone and lateritic gold sites in Laowanchang gold deposit, we have come to the conclusion that, on limestone, *Didymodon vinealis* (Brid.) Zander, *Timmia diminuta* (C. Muell.) P. C. Chen, *Tortula yunnanensis* P. C. Chen, *Didymodon rigidulus* Hedw. and *Anomobryum gemmigerum* Broth. are dominant mosses, with a biomass of 859, 364, 292, 228, 215 g/m², respectively and their saturated absorbing water capacity are up to 1 780, 9 170, 1 530, 2 980, 2 120 g/m², respectively. On lateritic gold sites, *Didymodon vinealis* Com., *Pogonatum neesii* Dozy, *Didymodon rigidulus* Hedw., *Microdus brasiliensis* (Dub.) Thér. and *Anomobryum gemmigerum* Broth. are dominant mosses, with a biomass of 854, 596, 333, 158, 134 g/m², respectively and their saturated absorbing water capacity are up to 3 070, 10 020, 1 440, 1 710, 4 130 g/m², respectively. These results show that *Didymodon vinealis* (Brid.) Zander which owns the largest biomass is the main producer on limestone and lateritic gold sites and its saturated water absorbing capacity is very high, too. According to the analysis, it is found that the saturated water absorbing capacity is related to the biomass significantly, which means the mosses, having large biomass, are able to absorb large quantity of water. Especially, *Didymodon vinealis* are of important realistic significance function to the desertification control of limestone areas and the soil and water conservation in this mine.

Key words: mosses; biomass; water absorbing capacity; eco-rehabilitation