

茅台上游河谷地区苔藓植物生态学研究

王登富¹, 张朝晖^{1,2*}, 郭坤亮³

(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; 3. 中国贵州茅台酒厂(集团)公司, 贵州仁怀 564501)

摘要: 对贵州茅台镇茅台上游河谷地区的苔藓植物生态学进行了研究。结果表明, 该地区有苔藓植物 30 科 53 属 116 种; 生态类型有石生、土生、沙生、树附生、腐木生和水生等 6 种; PCA 排序分析表明, 在大气候相同的环境下, 苔藓植物生态分布格局差异大, 主要受微环境的影响。淡色同叶藓、拟阔叶小石藓、毛口藓、齿边缩叶藓、褶叶青藓和拟脆枝曲柄藓为该地区的优势苔藓植物, 其生物量为 32.80~225.00 g m⁻², 饱和吸水量为 23519.90~269999.96 g m⁻²。这说明, 苔藓植物在该地区的生态修复过程中, 以其特有的生态功能在水土保持和涵养水源、物质循环、土壤性质改善和更新等方面起到十分重要的作用。

关键词: 茅台镇; 河谷; 苔藓植物; 分布格局; 生态功能

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.00.000

Studies on the Ecology of Bryophytes in Valley Area of Upper Reach in Maotai

WANG Deng-fu¹, ZHANG Zhao-hui^{1,2*}, GUO Kun-liang³

(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, Guizhou 550001, China; 3. The Kweichow Moutai Distillery, Renhuai 564501, China)

Abstract: The bryophytes community in valley area of upper reach in Maotai, Guizhou Province, China was studied. The results showed that there were 116 bryophytes taxa belonging to 53 genera and 30 families. The bryophytes could be divided into 6 types, such as petrophytia, terrestrial, psammophytic, epiphytic, saprophytic and aquatic. Principal components analysis (PCA) showed that distribution pattern of bryophytes had significant difference affected by microenvironment factors. *Isopterygium albescens*, *Weissia platyphylloides*, *Trichostomum brachydontium*, *Ptychomitrium dentatum*, *Brachythecium salebrosum* and *Campylopus subfragilis* are dominant bryophytes, and their biomass ranged from 32.80 to 225.00 g m⁻² with saturated water absorption from 23519.90 to 269999.96 g m⁻². It suggested that the bryophytes could play important roles in the process of soil and water conservation, material recycling, improvement and replace of soil in valley area of upper reach in Maotai.

Key words: Maotai town; Valley; Bryophytes; Distribution pattern; Ecology function

贵州省茅台镇是国酒茅台的生产地, 其生态环境受到人们的高度关注。早在 1972 年, 周恩来就强调: “茅台酒厂上游 100 km 内, 不允许因工矿建设影响酿酒用水, 更不能建化工厂”^[1]。茅台河谷炎

热、潮湿的气候, 孕育了大量的酿酒微生物群落, 生态环境优越。但随着人为活动的频繁, 该地区的生态问题已渐渐凸显, 市镇城市的无序发展, 人口的增加带来资源的过度消耗、环境的恶化、水土流失、

收稿日期: 2011-09-26

接受日期: 2012-01-17

基金项目: 贵州茅台科技联合基金[黔科合茅科联字(2009)7008]; 贵州师范大学博士科研启动费项目资助

作者简介: 王登富(1986~), 男, 硕士研究生, 研究方向为系统与进化植物学。E-mail: wangdengfu1234@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: academiclife@126.com

生态失衡,从而破坏了茅台酒酿酒微生物生存的自然环境,直接影响茅台酒的发展^[2]。因此,研究茅台上游河谷地区的生态问题具有重要意义。

苔藓植物分布广,具有特殊的生态功能,在岩石风化、土壤有机质积累、森林沼泽化、CO₂的固定和生物监测等方面发挥着重要作用。近年来,随着苔藓植物生态功能研究的不断深入,苔藓植物的生态作用日益受到重视。国外对苔藓植物生态作用的研究较多,Pike^[3]报道了威拉米特河谷奥克森林附生苔藓植物和地衣在林层中的生态分布;Bruce等^[4]研究了蒙大拿州天鹅谷苔藓植物与森林层的相关性,认为苔藓植物呈一定的规律分布;Szövényi等^[5]报道了喀尔巴阡盆地溪谷流域森林树附生苔藓的生态分布。而国内对苔藓植物主要集中在分类和区系研究上,后期侧重于生物监测、水土保持、林木更新等方面,郭水良等^[6]报道了长白山森林中苔藓植物的生态格局;张元明等^[7]综述了干旱与半干旱地区苔藓植物的生态学研究;吴玉环等^[8]研究了苔藓植物生态功能在植被恢复与重建中的作用;刘俊华等^[9]研究了苔藓植物的水文生态功能;张朝晖等^[10]研究了瀑布苔藓植物的生态学作用等。然而,对茅台上游河谷地区苔藓植物生态作用的研究还未见报道,该区域因特殊的地质构造,形成较典型的V型谷,随着人为活动的日益加剧,乱垦、乱伐造成荒漠化和山体滑坡,水土流失严重,生态遭到破坏,进而影响着茅台酒的生存和发展。因此,对该问题的研究具有重要的现实意义。本文对贵州省茅台镇茅台上游河谷地区苔藓植物的生态作用进行研究,为该区域植被恢复、生态治理和修复提供科学的基础数据和参考资料,推动茅台酒业的可持续发展。

1 研究区概况

茅台上游河谷地区位于贵州省仁怀市赤水河畔,茅台酒厂上游100 km内,地理坐标为106°15'24.0"~106°21'34.4"E, 27°46'27.2"~27°51'52.0"N,海拔397~745 m。该地区属亚热带河谷小气候,由于地处云贵高原与四川盆地的接壤地带,地形切割剧烈,山高谷深,形成了典型的V型谷,属低海拔河谷类型^[11]。年均气温15.6℃~16.5℃,无凝冻,少降雪,无霜期在300 d以上^[12]。该区域地势低凹,形成特殊的小气候,地层

由紫色砂岩、红色页岩和石灰岩构成,其土质为红色壤土,具有良好的渗水性,冬暖、夏热、少风的气候特点有利于酿酒微生物的繁衍和发展,也为茅台酒的生存和发展奠定了坚实的基础。该地区因植被的破坏大,人为开垦多,已没有完整的原生森林,现存只有少量植被的次生森林。

2 研究方法

2.1 野外工作

于2009–2010年3次对茅台上游河谷地区的苔藓植物进行全面调查,采集苔藓植物标本和基质。选取典型V型谷坡面主要森林植被:竹林、灌木林、阔叶林、针叶林和人工植被地(玉米地、红高粱地等)等样地中进行布点采样,每种生境设置3个样地,共15个样地,每个样地设3个调查样方,在每个调查样方按5点取样法设10 cm×10 cm小样方取样,采集小样方内的全部苔藓和基质,采集苔藓植物标本135份。灌木林样地的pH为5.4,有大量灌木和草本,海拔415~420 m,主要有土生和水生苔藓;竹林样地的pH为5.3,有少量草本,海拔428~433 m,主要有土生和石生苔藓;针叶林样地的pH为5.3,仅见少量草本,海拔469~480 m,主要有沙生和树附生苔藓;人工植被样地的pH为5.7,海拔540~542 m,主要有土生苔藓;阔叶林样地的pH为5.3,为次生林,海拔610~620 m,主要有土生和腐木生苔藓。野外调查时详细记录经纬度、海拔、土壤pH、频度、盖度及微环境特征等信息。

2.2 方法

标本鉴定 应用HWG-1型解剖镜及XSZ-107TS型显微镜对标本进行形态学观察,并借助《中国藓类植物属志(上、下册)》^[13]、《中国苔藓志》^[14–18]以及多本地方苔藓植物志^[19–21],同时参考国际最新的苔藓植物资料^[22–24]及专业学术刊物《Journal of Bryology》、《The Bryologist》和《Journal of the Hattori Botanical Laboratory》等对苔藓植物进行鉴定。

生物量、饱和吸水量测定 将藓类植物和泥土分离清洗,过60目和80目分样筛,直至藓类植物冲洗干净为止;将清洗干净的藓类植物室温晾干24 h后称鲜重,然后将藓类植物放于60℃烘箱烘48 h后称干重,再将藓类植物充分吸水后放置于细网至不滴水时称量饱和吸水量。

2.3 数据处理

主成分分析(PCA) 主成分分析(PCA)是一种非约束性线性模型排序方法,在潜在梯度上寻求代表最优解释变量物种的回归模型。PCA是目前苔藓植物排序研究中利用较多且有效的一种方法。PCA通过CANOCO Version 4.5及CANODRAW Version 4.0作图软件完成^[26]。

藓类植物生物量、饱和吸水率和饱和吸水量的计算^[27] 藓类生物量(g m^{-2})=藓类干重(g dm^{-2}) \times 盖度($\%$) $\times 100$;饱和吸水率($\%$)=[饱和吸水重(g dm^{-2})-干重(g dm^{-2})]/干重(g dm^{-2}) $\times 100\%$;饱和吸水量(g m^{-2})=生物量(g m^{-2}) \times 饱和吸水率($\%$)。

3 结果和分析

3.1 苔藓植物种类组成

经初步鉴定,茅台上游河谷地区苔藓植物共有30科50属116种;其中,苔类12科13属20种,角苔1科1属1种,藓类17科39属95种。较常见的苔类有地钱(*Marchantia polymorpha*)、粗裂地钱原亚种(*M. paleacea* subsp. *paleacea*)和片叶钱苔(*Riccia crystallina*)等,角苔仅有褐角苔(*Folioceros fusciformis*)1种,而藓类植物在该地区明显占有较大优势,较常见种有淡色同叶藓(*Isopterygium albescens*)、拟阔叶小石藓(*Weissia platyphylloides*)和褶叶青藓(*Brachythecium salebrosum*)等,说明该地区苔藓植物分布广,适应能力强,耐旱且抗干燥的苔藓种类多,反映出河谷地区苔藓植物的多样性,其中苔类相对较少,对环境要求高;藓类占主体部分,而绝大多数藓类常交织成垫状群落,易吸水 and 固土,在涵养水源和水土保持方面扮演着重要角色;角苔的出现,说明该区域环境虽遭到破坏,但还不是很严重,使其能很好的繁衍和发展。这些种与

亚热带季风河谷常见种具有一致性。对不同生境苔藓植物丰富度的分析表明,竹林>阔叶林>针叶林>人工植被地>灌木林(表1),可见竹林中苔藓植物丰富度最大,灌木林中最小,这与林内微环境密切相关。

3.2 苔藓植物的生态类型

以不同基质为划分准则,茅台上游河谷地区苔藓植物共有6种生态类型,即:石生、土生、沙生、树附生、腐木生和水生等。较常见的石生苔藓有平叶异萼苔(*Heteroscyphus planus*)和阔叶小石藓(*Weissia planifolia*)等,它们常形成垫丛状覆盖于岩石上,可减少岩石的风化和侵蚀,且易与土壤形成生物结皮,构成一个共同体,在土壤循环中起到重要作用。土生类型的代表种有:拟阔叶小石藓(*Weissia platyphylloides*)、疣叶石灰藓(*Hydrogonium gangeticum*)和大叶石灰藓(*H. majusculum*)等,易通过假根和叶表皮细胞来吸收水分和有机质,维持自身的生命活动,也为其他生物新陈代谢提供条件。较常见的沙生苔藓植物有狭网真藓(*Bryum algovicum*)和真藓(*B. argenteum*)等,沙生类型是一些较耐旱的广布种,与河谷地区的苔藓种类相一致。树附生的代表种是平锦藓(*Platygyrium repens*),该物种易附生在树干和树皮上,当自身多余的水分细胞失水后,经过皮孔进入到植物体内,使得植物体生命活动更加旺盛,同时起到林木更新的作用。腐木生的代表种是细枝刺枝藓(*Wijkia surcularis*),该物种常与细菌、真菌等微生物构成群落,在微循环中的作用不容忽视。水生的代表种是密叶泽藓(*Philonotis hastata*)等,此物种在水生生态系统中扮演着重要的生产者的角色。这反映了茅台河谷地区苔藓植物生态类型的多样性,其苔藓在各生境中具有不同作用。虽然大环境相同,但每种

表1 茅台上游河谷地区森林植被中苔藓植物的物种丰富度

Table 1 Species richness of bryophytes in forest vegetations in valley area of upper reach in Maotai

生境类型 Habitat type	科数 Number of families	属数 Number of genera	种数 Number of species	丰富度指数 Abundance index	排序 Order
灌木林 Shrubbery	6	6	8	-0.542	5
竹林 Bamboo forest	9	9	10	0.475	1
针叶林 Coniferous forest	7	8	11	0.170	3
人工植被地 Artificial vegetation	5	8	8	-0.435	4
阔叶林 Broad-leaved forest	8	9	10	0.332	2

苔藓植物对基质、微环境的要求各不相同,出现了一定的差异性规律,苔藓植物以其自身的生理构造适应不同环境,同时又对不同基质和微环境进行改造和更新,在人为活动日益频繁的情况下,还能使酿酒微生物能很好的栖息、生存和繁殖,对维持生态平衡和整个生态系统的循环发挥着不可替代的作用,推动了茅台酒的生存和发展。

3.3 苔藓植物生态分布格局

对茅台上游河谷地区 V 型谷坡面不同森林植被中的苔藓植物进行主成分分析,以反映物种与生境的关系,也可看出物种与物种间的相关性。以各生境中苔藓植物的重要值作为研究指标(表 2),对 15 个样点和 32 种苔藓植物进行 PCA 排序(图 1),从图 1 可看出,苔藓植物在各生境中呈不均匀分布, W3、W4、W5、W6、W25 等 5 种可归为一组,各物种在样点 2、3、12 中的多度值均大于其他物种,与实际调查结果相符,适应灌木林和人工植被地的生境,说明这 5 种苔藓植物生存环境极其相似;同样, W28、W29、W30、W32 这 4 种可归为

一组,在样点 14、15 中的多度值均大于其他物种,适应阔叶林环境;物种 W9、W13 在样点 6 的多度值均大于其他物种,也可归为一组,适应竹林环境;物种 W2 单独归为一组,因为靠近原点且在各生境中的多度值均最小;其余物种可归为一组;说明在大气候相同的环境下,苔藓植物在各生境的生态分布格局差异大,主要受微环境的影响。然而,从表 2 中可看出,拟阔叶小石藓分布于 4 个生境中,出现的样点多,频度大,生态分布广,属于较耐旱的广布种,在该地区占有最大优势;其次,淡色同叶藓,疣叶石灰藓和绿片苔各分布于 3 个生境中,频度相对大,在各样点中出现的次数也多,也占有较大优势;其他物种在样点中出现的次数相对较少,不占有优势,但在整个环境中的作用不容忽视。说明在极干燥的亚热带河谷地带,苔藓植物以其自身的生理构造发挥着重要作用。

3.4 苔藓植物生物量、饱和吸水量

苔藓植物不仅生物量大且分解缓慢,因此能积累较大的生物量,作为生态系统中的重要初级生产

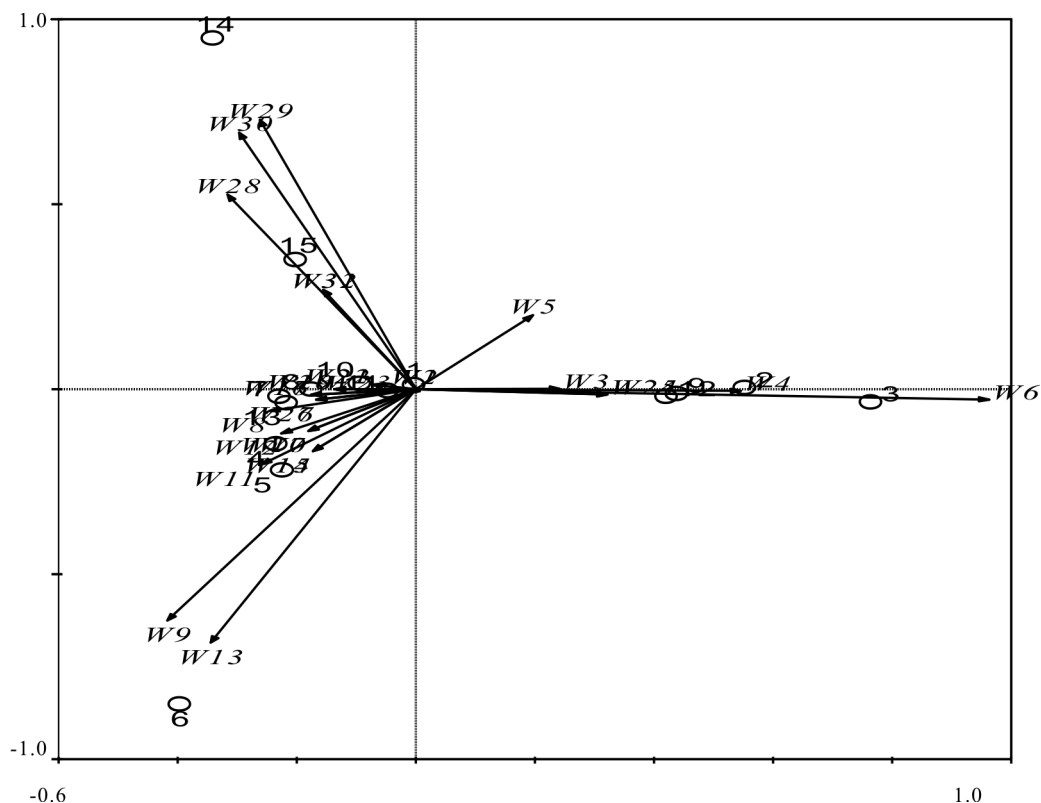


图 1 茅台上游河谷地区森林植被中苔藓植物的 PCA 排序。W1~W32 为苔藓植物物种,见表 2;1~15 为采样点。

Fig. 1 PCA diagram of bryophytes in forest vegetations in valley area of upper reach in Maotai. W1~W32 are bryophytes, see Table 2; 1~15 are sampling plots.

表2 茅台上游河谷地区森林植被中苔藓植物

Table 2 Bryophytes in forest vegetations in valley area of upper reach in Maotai

编号 No.	苔藓 Bryophytes	样点 Plot	盖度 Coverage	各样点出现频 度 Frequency	重要值 Importance value
W1	粗裂地钱原亚种 <i>Marchantia paleacea</i> subsp. <i>paleacea</i>	1	1.00	1	0.01000
W2	小石藓 <i>Weissia controversa</i>	1	0.30	1	0.00650
W3	淡色同叶藓 <i>Isopterygium albescens</i>	1,9,10,11	0.30, 0.50, 0.05, 0.08	1,1,2,1	0.00650, 0.00750, 0.01050, 0.00540
W4	圆枝青藓 <i>Brachythecium garovaglioides</i>	1,2,3,9	0.20, 0.15, 0.15, 0.05	2,1,1,1	0.01175, 0.00575, 0.00575, 0.00525
W5	平叶异萼苔 <i>Heteroscyphus planus</i>	2,15	0.40, 0.40	1,1	0.00700, 0.00700
W6	拟阔叶小石藓 <i>Weissia platyphylloides</i>	2,3,9,11,12	0.25, 0.15, 0.25, 0.05, 0.03	1,3,2,1,3	0.01800, 0.02450, 0.01250, 0.00250, 0.01545
W7	楔瓣地钱东亚亚种 <i>Marchantia emarginata</i> subsp. <i>tosana</i>	4	0.40	1	0.00700
W8	疣叶石灰藓 <i>Hydrogonium gangeticum</i>	4,7,11	0.20, 0.30, 0.05	1,2,1	0.00600, 0.01400, 0.00525
W9	绿片苔 <i>Aneura pinguis</i>	4,6,13	0.30, 0.15, 0.05	1,2,1	0.00650, 0.01125, 0.00525
W10	短齿牛毛藓 <i>Ditrichum brevidens</i>	4	0.30	1	0.00650
W11	美丝瓜藓 <i>Pohlia lescuriana</i>	4,5	0.20, 0.10	1,1	0.00600, 0.00550
W12	南亚石灰藓 <i>Hydrogonium consanguineum</i>	5,8	0.10, 0.15	1,1	0.00550, 0.00575
W13	褐角苔 <i>Folioceros fusciformis</i>	5,6	0.15, 0.15	1,3	0.00575, 0.02200
W14	拟小凤尾藓 <i>Fissidens tosaensis</i>	5	0.20	1	0.00600
W15	毛地钱 <i>Dumortiera hirsuta</i>	5	0.20	1	0.00600
W16	长叶细鳞苔 <i>Lejeunea discreta</i>	7	0.05	1	0.00525
W17	亚灰白青藓 <i>Brachythecium subalbicans</i>	7	0.20	2	0.01175
W18	灰青藓 <i>Brachythecium glauculum</i>	8	0.15	1	0.00575
W19	细枝刺枝藓 <i>Wijkia surcularis</i>	8	0.10	2	0.01075
W20	暖地大叶藓 <i>Rhodobryum giganteum</i>	8	0.15	1	0.00575
W21	拟梳灰藓 <i>Hypnum submolluscum</i>	10	0.20	2	0.01200
W22	石地钱 <i>Reboulia hemisphaerica</i>	10	0.15	1	0.00575
W23	小青藓 <i>Brachythecium perminusculum</i>	11	0.10	1	0.01075
W24	蛇苔 <i>Conocephalum conicum</i>	12	0.05	1	0.00525
W25	尖叶美喙藓 <i>Eurhynchium eustegium</i>	12	0.05	1	0.00525
W26	小蛇苔 <i>Conocephalum japonicum</i>	13	0.20	2	0.01175
W27	东亚小金发藓 <i>Pogonatum inflexum</i>	13	0.05	1	0.00525
W28	丛毛藓 <i>Pleuroidium subulatum</i>	13,14	0.15, 0.20	1	0.00575, 0.00600
W29	柔叶同叶藓 <i>Isopterygium tenerum</i>	14	0.40	3	0.02150
W30	拟纤枝曲柄藓短叶变种 <i>Campylopus gracilentus</i> var. <i>brevifolia</i>	14,15	1.00, 1.00	1,2	0.01000, 0.01225
W31	长蒴灰藓 <i>Hypnum macrogynum</i>	15	0.40	1	0.00700
W32	细小叶苔 <i>Jungermannia pumila</i>	15	0.40	1	0.00700

者之一,在一些极端环境中,苔藓植物作为优势种是最大的生产者,且苔藓植物常交织形成垫状,产生大量毛细空隙,可以通过细胞壁直接从植物体外部吸收水分,具有吸水快、保水能力强的特点^[8,28]。

为了探索茅台上游河谷地区典型V型谷森林植被中优势苔藓植物,即淡色同叶藓、拟阔叶小石藓、毛口藓(*Trichostomum brachydontium*)、齿边缩叶藓(*Ptychomitrium dentatum*)、褶叶青藓和拟脆枝曲柄藓(*Campylopus subfragilis*)的生态功能及在生态治理中的作用,对其生物量和饱和吸水量进行了测定(表3)。结果表明,在茅台上游河谷地区,6种苔藓植物的生物量为32.80~225.00 g m⁻²,拟脆枝曲柄藓的最小。由于苔藓植物是森林植被层下主要的植被类型,且藓类植物体内含有类似木质素的酚类化合物较多,具有抗腐蚀和抗捕食的作用,一旦形成地被层,不易被微生物分解或被食草动物取食,因而藓类植物的生物量逐年增加^[29]。然而,这些苔藓植物下部衰老死亡后,留下大量残体,可改善土壤性质,为其他微生物提供很好的栖息场所和生存条件,维持了生态平衡,在物质循环方面起到促进作用。从表3可见,淡色同叶藓、拟阔叶小

石藓、毛口藓、齿边缩叶藓、褶叶青藓和拟脆枝曲柄藓的饱和吸水量分别高达269999.96、149199.40、251999.93、48930.00、221400.90、23519.90 g m⁻²,其饱和吸水率分别为1436.17%、1065.71%、1161.29%、1165%、1054.29%、717.07%,这对于在茅台集干旱、水土流失严重、荒漠化加剧和人为破坏于一体的生境是非常重要的,正因为藓类植物在充分吸水后,在长时间没水源的情况下能很好地生存。此外,如果长时间不降水,藓类植物也会失水,其细胞的渗透压极度降低进入休眠状态,此时藓类植物可吸收空气中的水分维持生命而长年不死,遇到降水它能很快复苏生长^[27]。藓类植物这些独特的生理特性,也为其他物种的生存和登陆创造条件,这对茅台河谷地区生态环境治理、植被恢复和生态系统的修复等具有重要的意义。另外,从表3还可看出,苔藓植物的饱和吸水量和生物量呈正相关的关系,说明生物量大的苔藓植物不仅含有大量的有机物,而且保水作用和固土能力强,可在茅台上游河谷地区的生态修复过程中,特别在水土保持和涵养水源、物质循环和土壤性质改善和更新等方面起到重要的作用。

表3 茅台上游河谷地区苔藓植物的生物量、饱和吸水量

Table 3 Biomass and saturated water absorption of bryophytes in valley area of upper reach in Maotai

苔藓 Bryophytes	饱和吸水重 Weight of saturated water absorption (g)	生物量 Biomass (g m ⁻²)	饱和吸水率 Saturated water absorption rate (%)	饱和吸水量 Saturated water absorption (g m ⁻²)
淡色同叶藓 <i>Isopterygium albescens</i>	28.88	225.00	1436.17	269999.96
拟阔叶小石藓 <i>Weissia platyphylloids</i>	16.32	140.00	1065.71	149199.40
毛口藓 <i>Trichostomum brachydontium</i>	27.37	217.00	1161.29	251999.93
齿边缩叶藓 <i>Ptychomitrium dentatum</i>	15.18	42.00	1165.00	48930.00
褶叶青藓 <i>Brachythecium salebrosum</i>	24.24	210.00	1054.29	221400.90
拟脆枝曲柄藓 <i>Campylopus subfragilis</i>	6.70	32.80	717.07	23519.90

4 讨论

通过野外采集苔藓植物进行分析鉴定,结果表明该地区共有30科50属116种,以藓类植物占较大优势,苔类分布相对较少,角苔仅1种,说明苔藓植物种类组成丰富,适应能力强,耐旱且抗干燥的苔藓种类多,反映出河谷地区苔藓植物的多样性,虽茅台上游河谷地区环境人为破坏大,但较多苔藓植物适应能力强且分布广,能很好地繁衍和发展。对各生境苔藓植物丰富度分析表明,竹林中的苔藓

植物丰富度最大,灌木林的最小,这与林内微环境密切相关。

河谷地带苔藓植物生态型可分为6种类型,即石生、土生、沙生、树附生、腐木生和水生等类型,各种生态型的苔藓植物发挥着各自不同的作用,从而反映了茅台河谷地区苔藓植物生态类型的多样性。虽然在大环境相同的情况下,但由于河谷小气候的影响,使得每种苔藓植物对基质、微环境的要求各不相同,出现了规律性差异,苔藓植物以其自身的生理构造适应环境,同时又对不同基质和微环

境进行改造和更新,在整个河谷地带中发挥着重要角色。

PCA 排序结果表明,苔藓植物的分布状况呈不均匀性,说明在大气候相同的环境下,苔藓植物对小生境的要求大,苔藓植物受微环境的影响分布格局差异大。然而,拟阔叶小石藓分布于4个生境中,出现的样点多,频度大,重要值高,生态分布广,属于较耐旱的广布种,特别适应于该地区的环境,为其他生物登陆创造了条件,在整个河流生态系统的循环中具有促进作用,然而,淡色同叶藓、疣叶石灰藓和绿片苔各分布于3个生境中,频度相对大,在各样点中出现的次数也多,占有较大优势;其他物种在样点中出现的次数相对较少,不占有优势,但作用不容忽视。在亚热带河谷地带,苔藓植物以其自身的生理构造发挥着重要作用。

为了探明茅台上游河谷地区苔藓植物生态功能及在生态环境治理中的作用,对优势苔藓生物量和饱和吸水量的测定结果表明,淡色同叶藓饱和吸水量和生物量均最大,占绝对优势,且两者呈正相关的关系。可见,生物量大的苔藓植物不仅含有大量的有机物,而且保水作用和固土能力强,因此,可利用生物量大的淡色同叶藓经过大量的组培繁殖移植到受到破坏的环境中,以达到生态治理的目的,为保护茅台上游河谷地区生态环境的平衡提供参考。

致谢 野外工作得到刘雪兰同学、匡其羽师弟的大力帮助,实验室标本的鉴定得到吴启美、谢斐、潘莎等同学的协助,软件的处理得到徐兴华同学的帮助,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] Wang K. Non-copy of Maotai: Combination of human and environment [J]. *Today Sci*, 2007(13): 102–104.
王恺. 茅台酒的不可复制: “天”、“人”纠葛 [J]. *今日科苑*, 2007(13): 102–104.
- [2] Fan G X, Lü Y H. Protection of intellectual property of National Liquor traditions: Establishment of industrial ecology protected zone of Maotai Liquor [J]. *Liquor Mak Sci Techn*, 2004, 31(3): 114–116.
范光先, 吕云怀. 保护国酒传统知识产权——建立茅台酒工业生态功能保护区 [J]. *酿酒科技*, 2004, 31(3): 114–116.
- [3] Pike L H. Lichens and bryophytes of a Willamette Valley oak forest [J]. *NW Sci*, 1973, 47(3): 149–158.
- [4] Bruce M C, Joseph A A. Correlations between forest layers in the Swan Valley, Montana [J]. *Ecology*, 1981, 62(5): 1196–1204.
- [5] Szövényi P, Hock Z S, Tóth Z. Phorophyte preferences of epiphytic bryophytes in a stream valley in the Carpathian Basin [J]. *J Bryol*, 2004, 26(2): 137–146.
- [6] Guo S L, Cao T. Studies on community distributive patterns of epiphytic bryophytes in forest ecosystems in Changbai Mountain [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2000, 24(4): 442–450.
郭水良, 曹同. 长白山地区森林生态系统树附生苔藓植物群落分布格局研究 [J]. *植物生态学报*, 2000, 24(4): 442–450.
- [7] Zhang Y M, Cao T, Pan B R. A review on the studies of bryophyte ecology in arid and semi-arid areas [J]. *Acta Ecol Sin*, 2002, 22(7): 1129–1134.
张元明, 曹同, 潘伯荣. 干旱与半干旱地区苔藓植物生态学研究综述 [J]. *生态学报*, 2002, 22(7): 1129–1134.
- [8] Wu Y H, Cheng G D, Gao Q. Bryophyte's ecology functions and its significances in revegetation [J]. *J Des Res*, 2003, 23(3): 215–219.
吴玉环, 程国栋, 高谦. 苔藓植物的生态功能及在植被恢复与重建中的作用 [J]. *中国沙漠*, 2003, 23(3): 215–219.
- [9] Liu J H, Duan D X, Xu H, et al. Review on hydrological and ecological function of bryophytes [J]. *J Binzhou Univ*, 2006, 22(6): 57–61.
刘俊华, 段代祥, 许卉, 等. 苔藓植物水文生态功能研究 [J]. *滨州学院学报*, 2006, 22(6): 57–61.
- [10] Zhang Z H, Chen J K, Allan P. Aquatic communities of bryophytes associated with Karst waterfalls in England [J]. *Acta Hydrobiol Sin*, 2008, 32(1): 134–140.
张朝晖, 陈家宽, Allan P. 英格兰喀斯特瀑布苔藓植物水生群落生态研究 [J]. *水生生物学报*, 2008, 32(1): 134–140.
- [11] Mao W J, Zhou Y C, Mao Z Z. Ecological environment and tourist resources of evergreen broad-leaved forest area in downstream of Chishui River [J]. *Guizhou Eviron Protec Sci Techn*, 2001, 7(1): 20–24.
毛文洁, 周运超, 毛志中. 赤水河下游常绿阔叶林区生态环境和旅游资源 [J]. *贵州环保科技*, 2001, 7(1): 20–24.
- [12] Wu Z T, Pang Z Q, Peng G, et al. Typical report of sustainable development from the upstream of Chishui River [J]. *Guizhou Eviron Protec Sci Techn*, 1998, 4(1): 42–44.
吴正褪, 庞增铨, 彭光寿. 来自赤水河上游可持续发展的典型报告 [J]. *贵州环保科技*, 1998, 4(1): 42–44.
- [13] Chen B J. Genera Muscorum Sinicorum Upper and Lower Volume [M]. Beijing: Science Press, 1963: 1–200, 1978: 1–350.
陈邦杰. 中国苔藓植物属志 上、下册 [M]. 北京: 科学出版社, 1963: 1–394, 1978: 1–331.
- [14] Gao Q. Flora Bryophytarum Sinicorum Vol. 1,2 [M]. Beijing: Science Press, 1994: 65–351, 1996: 1–277.
高谦. 中国苔藓志 第1,2卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 65–351, 1996: 1–277.

- [15] Li X J. Flora Bryophytarum Sinicorum Vol. 3,4 [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1–113, 2006: 1–229.
黎兴江. 中国苔藓志 第3,4卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1–113, 2006: 1–229.
- [16] Wu P C. Flora Bryophytarum Sinicorum Vol. 6 [M]. Beijing: Science Press, 2002: 191–269.
吴鹏程. 中国苔藓志 第6卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 191–269.
- [17] Hu R L, Wang Y F. Flora Bryophytarum Sinicorum Vol. 7 [M]. Beijing: Science Press, 2005: 1–243.
胡人亮, 王幼芳. 中国苔藓志 第7卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1–243.
- [18] Wu P C, Jia Y. Flora Bryophytarum Sinicorum Vol. 8 [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1–438.
吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志 第8卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1–438.
- [19] Institutum Botanicum Kunmingense Academiae Sinicae. Flora Yunnanica Vol. 17,18,19 [M]. Beijing: Science Press, 2000: 31–609, 2002: 37–482, 2005: 1–539.
中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志 第17,18,19卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 31–609, 2002: 37–482, 2005: 1–539.
- [20] Bai X L. Flora Bryophytarum Intramongolicarum [M]. Hohhot: Typis University Intramongolicae, 1997: 1–510.
白学良. 内蒙古苔藓植物志 [M]. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1997: 1–510.
- [21] The Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai-Xizang Plateau Academia. Bryoflora of Hengduan Mts [M]. Beijing: Science Press, 2000: 8–692.
中国科学院青藏高原综合科学考察队. 横断山脉苔藓植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 8–692.
- [22] Zhang Z H, Chen J K. Marchantiophyta and anthocerophyta in Guizhou Province, P. R. China [J]. J Bryol, 2006, 28(3): 170–176.
- [23] Zhang Z H. A preliminary taxonomical study on Tufa-Bryophyte in Guizhou Province, SW China [J]. Chenia, 1998, 5(2): 173–176.
- [24] Zhang Z H, Pentecost A. New and noteworthy list of bryophytes from active travertine sites of Guizhou and Sichuan, S. W. China [J]. J Bryol, 2000, 22(1): 66–68.
- [25] Zhang Y M, Cao T, Pan B R. A quantitative analysis of flora similarity of mountain bryophytes in Xinjiang [J]. Acta Bot Boreali-Occid Sin, 2002, 22(3): 484–489.
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.
- [26] ter Braak C J F. Update Notes: CANOCO, Version4.8 [CP]. Wageningen: Agricultural Mathematics Group, 1997.
- [27] Xu J, Bai X L, Yang C, et al. Study on diversity and binding-sand effect of moss on biotic crusts of fixed dunes [J]. Acta Phytocol Sin, 2003, 27(4): 545–551.
徐杰, 白学良, 杨持, 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.
- [28] Richardson D H S, David H S. The Biology of Mosses [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publishment, 1981: 24–125.
- [29] Pan S, Zhang Z H. Bryophyte communities from abandoned mercury mine in eastern Guizhou Province [J]. Bull Bot Res, 2011, 31(2): 241–248.
潘莎, 张朝晖. 废弃汞矿山苔藓植物群落生态研究 [J]. 植物研究, 2011, 31(2): 241–248.