

贵州香纸沟瀑水钙华藻席研究^{*}

田友萍^① 何复胜^②

(^① 贵州师范大学地理系;^② 贵州师范大学生物研究所)

摘 要 本文通过对贵州省贵阳市北郊香纸沟景区瀑水钙华群进行实地考察与室内研究,查明该处瀑水钙华体上发育着多种多样的藻席,它们造就了瀑水钙华表面多种多样的区域性小形态。初步揭示这种瀑水钙华藻席的多样性与组成它的藻微群落的多样性密切相关。

关键词 瀑水钙华藻席 藻微群落 贵州香纸沟

0 引 言

笔者于 1996 年 3 月在贵阳市北郊香纸沟发现比较发育的瀑水钙华群,其表面均被一层现在仍活跃发育着的藻席覆盖。经大量观察认为,香纸沟瀑水钙华体表面多种多样的区域性小形态与藻席的多样性密切相关。因此,于同年 12 月对香纸沟的瀑水钙华藻席进行了深入系统考查和室内分析测试工作。

“藻席”一词沿用已久,但至今尚无一个可被人们认同的定义。本文使用的藻席系指由一定的藻类群落与沉积物颗粒紧密结合所形成的具有一定颜色和形态的结构体。

1 香纸沟自然地理条件

香纸沟位于贵州省中部,东经 $106^{\circ}27' \sim 107^{\circ}04'$,北纬 $26^{\circ}11' \sim 26^{\circ}55'$,即在贵阳市乌当区新堡布依族乡东部,距乡政府 6km 处。香纸沟是贵阳目前正在建设及准备开放的一个旅游景区。景区内峡谷幽深,溪流纵横,奇峰叠障。数十条小溪自林间渗出,形成悬泉飞瀑。这里共有四个冲沟:马脚冲,锅底箐,龙井湾和香纸沟。各个冲沟内,沿沟而下均发育着大小不同规模的瀑水钙华,成为这里的主要景观。

香纸沟全年平均气温 14.7°C ,6 7 8 月平均温度较高,可达 23.5°C ,12 1 2 月平均温度较低,可达 6.1°C 。全年降水量 1179.8mm,5 6 7 月份降水量 167.0~230.6mm,12 1 2 月份降

^{*} 贵州师大生物所科研业务费资助。
第一作者简介:田友萍,女,1974 年生,在读研究生,贵州师范大学地理系自然地理(生物岩溶)专业。(550001)贵阳市外环东路 270 号。
收稿日期:1997-02-02 改回日期:1997-04-15
(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

水量 18.3~ 26.7mm 海拔 1000~ 1200m 区内出露地层为震旦系、寒武系、奥陶系、二叠系和三叠系等,尤以寒武系地层分布最广,主要岩性为白云岩^[1],岩层厚度大,倾角小,断裂、节理、裂隙十分发育。

香纸沟瀑水钙华沉积疏松多孔,CaO/MgO 比值低。表 1 表明,本区瀑水钙华岩溶水的成分以碳酸钙为主,为钙华沉积。

表 1 香纸沟主要瀑水钙华体表面流水的化学特征
Tab. 1 Chemical features of flowing water on the surface of the main
waterfall calcareous tufas in Xiangzhigou

项目 采样点	pH	总硬度 (德国度)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	矿化度 (mg/l)
锅底箐瀑华(I)	7.8	10.8	30	40	249	13.3	311
锅底箐瀑华(V)	7.6	9.6	32	31	227	12.5	255
龙井沟瀑华(VIII)	8	9.9	37	28	236	13.0	292

香纸沟发育的瀑水钙华不及北亚热带(如九寨沟、黄龙沟)的规模大,但它又比南亚热带的钙华发育。从钙华发育的地带性规律来讲,它正处于南北亚热带之间的中亚热带,为中间类型。

2 工作方法

从野外考察的 12 个瀑水钙华中,选定具有代表性的,考查顺序编号分别为 I、V、VII、VIII (图版 I—1) 的四个大型瀑华,对其表面不同形态、不同颜色的藻席进行观察、描述、绘制草图以及拍照和取样。室内通过解剖镜对藻席作进一步的观察,通过显微观察和分析比较,确定藻类微群落的优势种、附属种并进行显微镜拍照。采集藻席标本共 42 件,共制藻群落优势种微体片 156 张。

3 藻席的观察与分析

香纸沟景区内,大大小小的瀑水钙华中,尤以锅底箐、龙井湾两处分布最多,它们或悬挂于山顶或山腰,或呈阶梯式沿沟而下。所选定的四个瀑水钙华中,最高的可达 56.5m,宽达 23m,厚达 6.2m。它们分布于泉水出露的下方。这次冬季调查,所观查到的水流主要以片流的形式流过钙华体表面的大部分面积,局部地方也出现细小水流。瀑水钙华体上多种多样的沉积小形态(图版 I—2)表面发育一层形态多样、色彩丰富的藻席,藻席的界线一般较明确,藻席之间大多彼此连接,或被胶结在一起的泥砂、砾石和枯枝落叶分隔。藻席的厚薄不等,从 0.1mm 到 75mm 均有。从藻席的固结程度来看,可分未凝固藻席、半凝固藻席和凝固藻席三种。未凝固藻席通常分布在水流处,藻席中的藻层长势活跃,水分含量多;半凝固藻席分布于接近水流处,藻层长势较不活跃,水分含量少;凝固藻席分布在钙华上无水流且干燥的地方,藻层停止生长。它们最终都成为新的钙华层,加积在老钙华体表面。

从香纸沟藻席类型的多样性观察和分析来看,颜色、形态不同的瀑水钙华藻席均是由不同

的藻微群藻与沉积物紧密结合所形成。因此,我们认为瀑水钙华藻席的多样性与组成它的藻微群落的多样性密切相关。蓝藻微群落总是通过空间上多方向、不同程度的嵌合,而达成一种特有的群落组合,即群嵌^[2]。香纸沟瀑水钙华藻席中的主要藻类是蓝藻。因此,我们根据藻席中藻微群落(或蓝藻微群落)组合的群嵌结构、藻微群落的异同(优势种是否相同)及其优势种的单一或不单一,将香纸沟的瀑水钙华藻席划分为如表 2四个大类。我们把含有相同类型的藻微群落的藻席称为同型群落藻席;含有不同类型藻微群落的藻席称为异型群落藻席。同型群落藻席可分为单优势种同型群落藻席和多优势种同型群落藻席,前者的群落只有一种优势种,后者的群落有多种优势种。异型群落藻席也可分为两类,一类是,不同群落从水平方向进行嵌合,构成水平嵌合型异型群落藻席;另一类是,不同群落从垂直方向进行叠置嵌合,构成垂直嵌合型异型群落藻席。这四大类型的藻席,每一类型又可依据其藻微群落的不同,划分为若干次一级不同的藻席。现仅对其中 9个有代表性的藻席进行描述如下:

表 2 香纸沟瀑水钙华藻席主要类别及其主要特征
Tab. 2 Main types and features of the waterfall calcareous tufa mats in Xiangzhigou

藻 席		颜色、形态特征	组成群落	群落内	群落的
大类型	次级类型			藻体的 集结方式	沉积作 用方式
单优势种 同型群落 藻席	皮氏集胞藻藻席	深绿色、透明瘤状	皮氏集胞藻群落	瘤状	拦截粘附
	抱念珠藻藻席	褐色、葡萄状金黄色、毡状褐色、平坦毡状、团块状	念珠藻群落	瘤状	结壳拦截
	藻席藻席具翼翅线藻藻席		群落具翼翅线藻群落	网状	粘附结壳、分泌
				集束	
多优势种 同型群落 藻席	裂须藻、鞘丝藻、席藻藻席	金黄色、凸凹不平、褐色、凸凹不平、垫状	裂须藻、鞘丝藻、席藻群落	网状	拦截
	藻席伪枝藻、鞘丝藻、席藻藻席		群落伪枝藻、鞘丝藻、席藻群落	网状	拦截、粘附结壳
水平嵌合型 异型群落藻席	奇异伪枝藻群落— 蝇色伪枝藻群落藻席	褐色、不规则鳞片状突起	奇异伪枝藻群落	网状 集束	拦截 粘附结壳
垂直嵌合型 异型群落藻席	奇异伪枝藻群落— 垫状裂须藻群落藻席	白褐色、瘤块状	奇异伪枝藻群落	网状 集束	拦截 粘附结壳
	裂须藻群落贝氏裂须藻群落		裂须藻群落	网状	拦截
	藻席一椭圆抱念珠藻群落	褐色、凸凹不平	藻群落椭圆抱念珠藻群落	网状	粘附结壳
	一鞘丝藻、席藻、硅藻群落藻席		群落鞘丝藻、席藻、硅藻群落	瘤状 网状	粘附结壳 拦截

3. 1 皮氏集胞藻藻席 (Synechocystis pevalekii mat)^[3, 4]

采于瀑水钙华 I表面,有漫水流过。厚 22mm,表面及内部深绿色,透明瘤状。优势种为皮氏集胞藻 (Synechocystis pevalekii),附属种为多种硅藻。皮氏集胞藻群落是由大小不均的瘤体按照一定的结构集结在一起的复合瘤群体。藻席中的沉积颗粒,则往往出现于瘤间隙处,以及瘤的内部(因瘤体增大,瘤体之间相互接触连结,形成复合瘤,原来存在于瘤间隙的颗粒被包藏于复合瘤中)如图 1所示。皮氏集胞藻群落的沉积作用方式表现为对水中沉积颗粒的拦截。

3.2 椭圆念珠藻藻席 (Nostoc ellipsosporum mat)

采于瀑水钙华V和Ⅶ,有滴水击溅 厚 31mm,褐色,葡萄状 (图版 Ⅰ-3)。优势种为椭圆念珠藻 (Nostoc ellipsosporum),附属种为少量的硅藻 椭圆念珠藻群落也为一个复合瘤群体。藻席中的沉积颗粒多粘附于瘤表面并结壳,如图 2 椭圆念珠藻在粘附沉积颗粒的过程中,可能因藻体老化引起微群落的更新,以及相应环境作用 (如细菌的分解、阳光的缺乏等)而发生降解。不同阶段发生的降解可能产生不同的沉积物微结构。当钙质壳较薄且未凝固时,藻体发生降解,则形成大小不等的团块状微结构;当钙质壳较厚并已凝固时,藻体发生降解,则形成半球状微结构。类似的藻席还有海绵状念珠藻席 (Nostoc spongiaeforme mat)等。

3.3 沟面席藻藻席 (Phormidium valderianum mat)

采于瀑水钙华Ⅷ表面,有漫水流过 厚 5~ 17mm,表面金黄色,内部为灰白色,毡状。优势种为沟面席藻 (Phormidium valderianum),附属种为硅藻,具翼翅线藻 (Petalonema alatum)和亚瓦伪枝藻 (Scytonema subtile Moeb)等。藻席中沟



图 1 皮氏集胞藻藻席 (纵剖面观)

Fig. 1 Synechocystis pevalekii mat (longitudinal section)

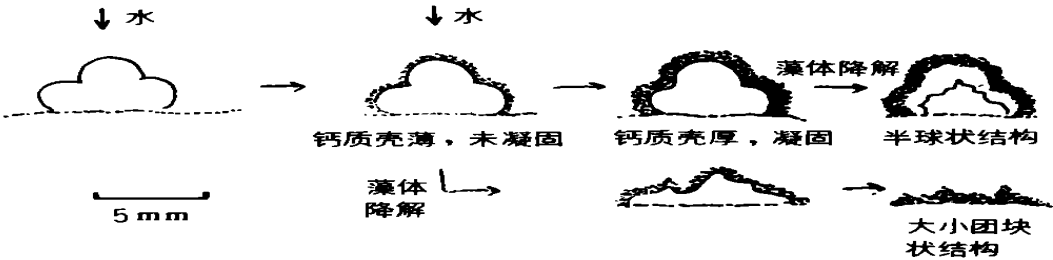


图 2 椭圆念珠藻藻席沉积物结构形成示意图

Fig. 2 Sketch showing structure formation of deposit in Nostoc ellipsosporum mat

面席藻相互交织,集结成遍布整个藻席的致密网状体 (图版Ⅱ-1),附属种硅藻以其分泌的胶质粘附于网状体上。沉积颗粒被拦截于网状体中,见图 3 粘附于网状体上的硅藻更增加了网的密度,且它自身也能粘结沉积颗粒。类似藻席还有纤细席藻藻席 (phormidium tenue mat),其表面为绛红色。

3.4 具翼翅线藻藻席 (Petalonema alatum mat)

采于瀑水钙华V和Ⅶ表面,有漫水流过 厚 48mm,褐色,平坦,毡状和团块状 (图版 Ⅰ-4)。优势种为具翼翅线藻,附属种为多种硅藻。如图 4和图版 Ⅰ-5,藻席由多个具翼翅线藻群落垂直叠置在一起。



图 3 沟面席藻藻席 (纵剖面观)

Fig. 3 Phormidium valderianum mat (Longitudinal section)

每一个群落构成一个纹层,每一个纹层分为明层和暗层两部分,暗层中的具翼翅线藻无钙鞘,明层中的具翼翅线藻有钙鞘。这有可能是与藻席表面随季节变动的水量大小有关。冬季时,流经藻席的水量小,带来的沉积颗粒少,藻丝体的表面较少形成钙鞘;夏季时,流经藻席的水量大,带来的沉积颗粒多,藻丝体表面可形成较多的钙鞘。在显微镜下,还发现具翼翅线藻钙鞘的形成通常具有一定规律,往往藻丝体胶鞘的收缢处最先出现钙鞘,形成一个环带状的钙环带(图版II—2.3),相邻的钙环带相互连结在一起,形成一个包裹着

整个藻丝体的完整具轮钙鞘。胶鞘的收缢是藻丝体本身的形态特征,所以在胶鞘收缢处出现钙环带可能与藻丝体的某种习性和生理功能密切相关,这可能表明具轮钙鞘是藻丝体分泌钙质的结果,而分泌处似乎就是在胶鞘的收缢处。类似的藻席还有皮壳翅线藻藻席(*Petalonema crustacetum* mat),但该藻席中的皮壳翅线藻无具轮钙鞘现象,是靠粘结沉积颗粒形成钙鞘。

3.5 裂须藻、鞘丝藻、席藻藻席 (*Schizothrix* mat, *Lyngbya* mat, *Phormidium* mat)

采于瀑水钙华V表面,有漫水流过,厚 12.5mm,表面金黄色,凸凹不平。优势种为玉红裂须藻(*Schizothrix rubra*)、两点鞘丝藻(*Lyngbya bipunctata*)、横边席藻(*Phormidium Cross-byanum*)、纤细席藻(*Phormidium tenue*)。附属种为单细胞蓝藻和硅藻。玉红裂须藻的胶鞘相对较宽些,藻丝体粗,它们相互交织成粗网状体,而两点鞘丝藻、横边席藻、纤细席藻的胶鞘较薄,藻丝体细,它们相互交织成细网状体,粗网状体与细网状体遍布整个藻席并紧密胶结在一起,颗粒被拦截于网上(图 5,图版II—4)。单细胞蓝藻和硅藻粘附于网上,或在网眼中生活,靠它们的胶质粘附着许多小颗粒沉积物。类似藻席还有鞘丝藻藻席(*Lyngbya* mat),优势种为湖泊鞘丝藻(*Lyngbya Limnetica*)和两点鞘丝藻

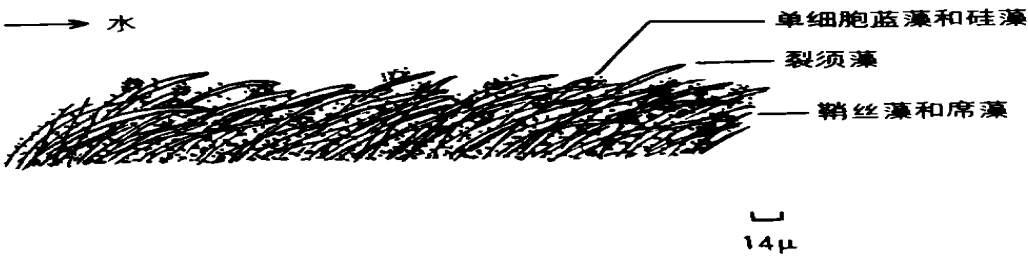


图 5 裂须藻、鞘丝藻、席藻藻席(纵剖面观)
Fig. 5 *Schizothrix* mat, *Lyngbya* mat, *Phormidium* mat(Longitudinal section)

3.6 伪枝藻、鞘丝藻、席藻藻席 (*Scytonema* mat, *Lyngbya* mat, *phormidium* mat)

采于瀑水钙华V和VIII表面,有漫水流过,厚 14mm,表面褐色,凸凹不平,垫状。优势种为蝇色伪枝藻(*Scytonema myochrous*)、两点鞘丝藻、库氏鞘丝藻(*Lyngbya knetzingiana*)、东方席藻(*Phormidium orientale*)。附属种为硅藻、色球藻等。在优势中,伪枝藻个体比较粗大,常粘附沉积颗粒形成钙鞘,而很少结成网状体,主要分布于藻席的中上部。鞘丝藻和席藻则相互缠结

形成网状体,拦截沉积颗粒,主要分布于藻席中下部(图 6)。硅藻等附属种则粘附于伪枝藻和网状体上



图 6 伪枝藻、鞘丝藻、席藻藻席(纵剖面观)

Fig. 6 Scytonema mat, Lyngbya mat, phormidium mat (longitudinal section)

3. 7 奇异伪枝藻群落—蝇色伪枝藻群落藻席 (Scytonema mirabile community- Scytonema myochrous community mat)

采于瀑水钙华Ⅴ表面,有漫水流过。厚 10~ 19mm,褐色,表面有许多不规则鳞片状突起,每一个鳞片即为一个小群落。奇异伪枝藻 (Scytonema mirabile)较细小,交织成网状体,拦截沉积颗粒(图版Ⅱ— 5),而蝇色伪枝藻较粗大,有钙鞘(图 7,图版Ⅱ— 6)。类似藻席还有裂须藻、席藻群落—鞘丝藻、席藻、硅藻群落—裂须藻、鞘丝藻、席藻、硅藻、绿藻群落藻席等。

3. 8 奇异伪枝藻群落—垫状裂须藻群落藻席 (Scytonema mirabile community-Schizothrix pulvinata community mat)

采于瀑水钙华Ⅷ表面滴水击溅处。厚 7~ 35mm,瘤状,白褐色。垫状裂须藻群落为白褐色,奇异伪枝藻群落为褐色,后者垂直地叠置嵌合于前者表面(如图 8,图版Ⅲ— 6)。垫状裂须藻 (Schizothrix pulvinata)的藻丝体上分段地出现钙鞘,钙鞘之间藻丝体紧密排列结合在一起。奇异伪枝藻交织成网状体,拦截沉积颗粒,局部地方出现稀疏钙鞘。

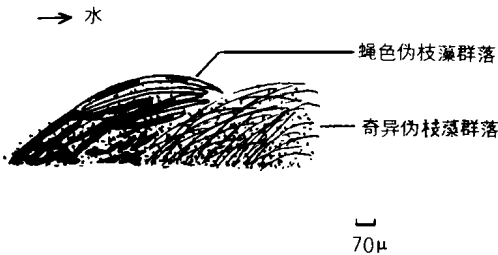


图 7 奇异伪枝藻群落—蝇色伪枝藻群落藻席

Fig. 7 Scytonema mirabile community-Scytonema myochrous community mat (longitudinal section)

3. 9 贝氏伪枝藻群落—椭圆念珠群落—鞘丝藻、席藻、硅藻群落藻席 (Scytonema bewsii community- Nostoc ellipsosporum community- Lyngbya, Phormidium, Diatom community mat)

采于瀑水钙华Ⅰ表面,有漫水流过。厚 13mm,褐色,表面凸凹不平。褐色贝氏伪枝藻群落集中分布于藻席上层,藻丝相互交织成网状体(图 9)。鞘丝藻、席藻、硅藻群落主要分布于中下层,藻丝也交织成网状体,硅藻粘附于网上。网状体拦截水中的沉积颗粒,椭圆念珠藻则嵌合于藻席的上、中、下三层,表面粘附钙质颗粒。

以上所述藻席中,皮氏集胞藻藻席、椭圆念珠藻藻席、沟面席藻藻席和具翼翅线藻藻席属于单优势种同型群落藻席;裂须藻、鞘丝藻、席藻藻席和伪枝藻、鞘丝藻、席藻藻席属于多优势

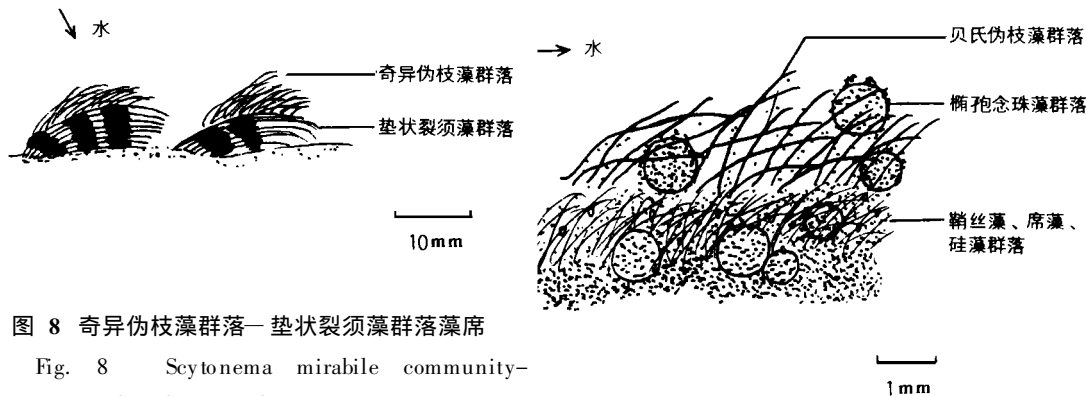


图 8 奇异伪枝藻群落—垫状裂须藻群落藻席

Fig. 8 Scytonema mirabile community-Schizothrix pulvinata community mat (longitudinal section)

种同型群落藻席; 奇异伪枝藻群落—蝇色伪枝藻群落藻席属于水平嵌合型异型群落藻席; 而奇异伪枝藻群落—垫状裂须藻群落藻席和贝氏裂须藻群落—椭圆念珠藻群落—鞘丝藻、席藻、硅藻群落藻席属于垂直嵌合型异型群落藻席

图 9 贝氏伪枝藻群落—念珠藻群落—硅藻、席藻、鞘丝藻群落藻席

Fig. 9 Scytonema bewsii community-Nostoc el-lipsosporum community-Lyngbya mat, Phormidium mat, Diatom community mat

4 小结与讨论

(1)香纸沟的瀑水钙华藻席,可根据其藻微群落组合的群嵌结构、群落的异同及其优势种的单一或不单一,大体上划分为四个大类,每一大类可依据其微群落的不同,划分若干次一级的藻席。组成藻席的藻微群落的不同,则藻席类型就不同,藻席的颜色和形态也不同。所以,藻席的多样性主要由藻微群落的多样性所致。

(2)藻微群落的沉积作用方式,主要表现为拦截和粘附结壳,这在一定程度上与藻个体的集结方式有关。例如,藻丝体网状集结的,多为拦截作用方式;而藻丝体集束状集结的,则多为粘附结壳作用。藻微群落通过这些方式进行有效的沉积,藻席随之逐渐生长,之后可随着藻微群落顺应环境的生长周期变化而逐渐失水、凝固,成为新的瀑水钙华体表层,并继续保持其原有的形态式样。藻微群落、藻席、钙华区域性小形态三者的关系可表示如下:

藻微群落多样性→藻席形态多样性→钙华区域性小形态的多样性

参 考 文 献

1 王朝文,张玉环等编.乌当区综合农业区划.贵州人民出版社,1989
2 田友萍,何复胜.贵州盘县风洞藻席蓝藻群落生态初探.中国岩溶,1996,(3)
3 Geitler L. Cyanophyceae. Rabenhorst S. (Ed.) Kryptogamen-Flora. 1932 1- 1194
4 Desikachary TV. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research New Delhi. 1959 1- 669

RESEARCH ON WATERFALL CALCAREOUS TUFAS
MATS FROM XIANGZHIGOU, GUIZHOU

Tian Youping^① He Fusheng^②

① *Department of Geography, Guizhou Normal University;*

② *Institute of Biology, Guizhou Normal University)*

Abstract

Through on-the-spot survey and laboratory research of the waterfall calcareous tufas in Xiangzhigou, Guizhou, it is found that there are varied mats on the surface of the waterfall calcareous tufas, which build varied little distinct forms of tufas. It is revealed that the relationship between the variety of mats and the variety of algae microcommunities constituting mats is very close.

Key words Waterfall calcareous tufa mats Algae microcommunity Guizhou Xiangzhigou