

麦积山肉鞭毛虫的物种多样性

马正学 申海香 康瑞琴 宁应之 冉丽媛

(西北师范大学生命科学学院, 兰州 730070)

摘要: 用活体观察法对迄今缺乏了解的麦积山肉鞭类原生动物的物种多样性进行了调查, 共鉴定出水生肉鞭虫 100 种, 包括 2 个未知种。鞭毛亚门 (Mastigophora) 有 2 纲 9 目 15 科 31 属 59 种。植鞭纲 (Phytomastigophorea) 有 52 种, 其中眼虫目 (Euglenida) 36 种, 占鞭毛虫物种总数的 61.02%, 为优势类群; 动鞭纲 (Zoomastigophorea) 仅有 7 种, 没有明显的优势类群。肉足亚门 (Sarcodina) 有 4 纲 6 目 19 科 32 属 41 种。叶足纲 (Lobosea) 有 31 种, 其中变形目 (Amoebida) 16 种, 占肉足虫物种总数的 39.02%, 为优势类群; 表壳目 (Arcellinida) 12 种, 占 29.27%, 为次优势类群。在麦积山风景名胜区的南坡 (为嘉陵江水系) 分布有 71 种, 北坡 (为渭河水系) 分布有 56 种, 分水岭分布有 13 种, 水生肉鞭毛虫的群落组成也显著不同; 与国内典型的长江水系、雅鲁藏布江水系和黄河水系相比, 麦积山分布的水生肉鞭毛虫群落组成均存在显著性差异。结果表明, 麦积山水生肉鞭毛虫物种十分丰富, 特有和稀有物种繁多, 具有鲜明的独特性。

关键词: 麦积山风景区; 肉鞭毛虫; 物种多样性

中图分类号: Q959.111 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2009)03-0468-10

肉鞭虫类是微型水生生物群落中的重要组成部分, 在淡水微食物环中占据着重要而特殊的地位, 尤其在水生态系统的能量流动与物质循环中起着重要作用, 从而成为人们关注的对象。近年来, 利用现代技术对淡水原生动物分类学、群落生态学及物种多样性研究有了深入而广泛的开展, 并在水环境监测与恢复、生物资源的分布与再生等方面取得了大量研究成果^[1-7]。然而, 有关西北地区淡水原生动物种类组成、群落结构, 尤其对肉鞭虫类多样性的了解甚少, 有关的生态学参数大量缺失^[2, 4, 8-11]。开展原生动物资源调查、群落结构及物种多样性研究对该地区自然资源开发与利用、水环境维持与改良等方面有着重要意义。

甘肃天水麦积山风景区占据着特殊地理位置, 地处南北气候及长江黄河水系过渡带、多种地形地貌及南北生物区系交汇处, 属于典型的生物群落交错区^[12]。因此, 该景区也早已列入我国 44 个国家级重点风景名胜区之一。尽管人们对该地区的高等生物分布及物种多样性已进行了较为系统的研究, 但有关肉鞭虫类等原生动物多样性研究尚未见报道。

本文对天水麦积山风景区肉鞭毛虫物种组成及多样性进行了较为系统的研究, 以期揭示出该地区原动物区系特征, 同时为该地区的水环境保护与资源开发等方面提供可利用的生态学参数。

1 材料与方法

1.1 麦积山风景区概况 麦积山位于秦岭山地西段小陇山林区 (34°07'—34°28' N, 105°56'—106°10' E), 面积约 500 km², 由麦积山石窟区、曲溪、石门山、街子温泉、龙王沟和仙人崖 6 个亚区组成。该区北邻渭水, 东携嘉陵, 以分水岭为界, 其南坡属于长江水系, 北坡属于黄河水系。

1.2 采样点设置和采样

1.2.1 采样点设置 在麦积山风景名胜区的 6 个亚区根据小生境特点共设置 9 个采样点 (图 1)。各采样点设置及小生境特点如下:

麦积山石窟区: 1 个采样点, 设在香积山 (混交林, 属黄河水系)。

曲溪: 3 个采样点分别设在土桥分水岭 (灌木林, 属长江水系)、曲溪 iv 和曲溪 ⑤ (属长江水系)。

收稿日期: 2007-09-13 修订日期: 2008-12-19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 30470208); 天水市麦积山申报世界遗产办公室项目; 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室开放基金项目资助

通讯作者: 马正学 (1953—), 男, 回族, 甘肃平凉人; 教授, 主要从事动物生物学和污染生态学研究。E-mail: mzhx53@163.com

石门山: 2个采样点, 分别设在木箕滩 (白桦林) 和石门山脚下 (混交林, 属长江水系)。

街子温泉: 1个采样点, 设在温泉沟 (属黄河水系)。

龙王沟: 1个采样点, 设在麻松头 (日本落叶松林, 属长江水系)。

仙人崖: 1个采样点, 设在仙人湖 (白皮松林, 属黄河水系)。

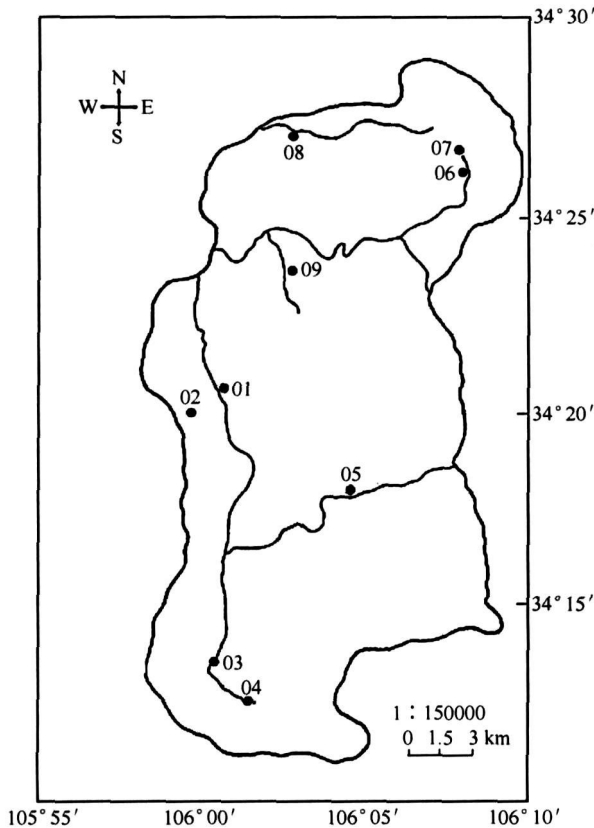


图 1 麦积山景区内肉鞭毛虫采样点

Fig. 1 Sampling sites of aquatic Sarcinastigophora in Scenic Spots and Historic Sites of Maiji Mountain

01. 香积山; 02. 土桥分水岭; 03. 曲溪; 04. 曲溪; 05. 麻松头; 06. 木箕滩; 07. 石门山; 08. 街子温泉; 09. 仙人崖
01. Xiangji Mountain; 02. Tubiao Watershed; 03. Quxi; 04. Quxi; 05. Masongtou Mountain; 06. Muji Hills; 07. Shimen Mountain; 08. Jiezi Hot Spring; 09. Xiren Cliff

1.2.2 采样 定性样品的采集: 在每个样点用 500mL 广口瓶采水器不连续随机采样, 混合后取 1L 水样带回实验室供种类鉴定用。

定量样品的采集: 用 500mL 的广口瓶随机采取 1L 水样带回实验室内供直接计数法计数使用 (在 24h 内完成计数)。

于 2005 年 4 月 2 日和 2006 年 4 月 15 日共采

样两次, 水样用玻璃广口瓶带回实验室, 保存在室温条件下备用^[3, 6, 13, 14]。采样时使用普通温度计 (−5℃—100℃) 测量水温 (分水岭 1—2.5℃, 温泉沟 7.5—9.5℃, 其余各样点 4.0—5.0℃), 使用 5.5—9.0 的精密 pH 试纸测定 pH (分水岭 7.0 温泉沟 6.3—6.5 其余各样点 6.5—6.8)。

1.3 种类鉴定及计数 将水样带回实验室后, 直接取新鲜水样在显微镜下进行活体观察, 研究其中的原生动物并进行相关记录。

种类鉴定: 用活体观察法鉴定原生动物的种类, 鉴定参考资料见参考文献 [4—7, 15—26]。分类系统采用 Levine *et al.*^[27] 的分类系统。

计数: 吸取新鲜水样, 用直接计数法计数, 即先用 1mL 定量吸管标定每毫升水的滴数 m , 然后将水样摇匀, 用定量吸管吸取 1mL 试样, 取 1 滴制成装片放置在显微镜下 (10×20) 计数, 得到平均每滴水中的个体数 n , 用下列公式换算成 1L 水中的个体数量 (ind/L): $N = n \times m \times 1000$ ^[14]。本实验中, 每升水样随机取 5 mL, 每 1mL 计数 5—7 滴, 然后取有效平均值。

1.4 数据分析 (1) Jaccard 相似性系数计算: 依据 Jaccard 相似性系数公式 $J = c / a + b - c$ 式中 J 为 Jaccard 相似性系数, a, b, c 分别为 a 地物种数、 b 地物种数和 a, b 两地共有物种数。 J 值在 0—0.25 范围内为极不相似, 在 0.25—0.5 范围内为中等不相似, 在 0.5—0.75 范围内为中等相似, 在 0.75—1.0 范围内为极为相似。

(2) 物种分布的聚类分析: 运用统计学软件 SPSS11.5。

(3) 优势类群和罕见类群划分: 对已鉴定到的各级分类单元及物种进行统计, 将物种最多的 2 个目 (Order) 定义为优势类群, 将物种次多的 2 个目定义为次优势类群, 将单物种的目定义为罕见类群。

(4) 物种多样性: 采用 Gleason-Margalef 指数, 即 $d = (S - 1) / \ln N$, 其中 S 为种类数, N 为个体数。

2 结果

2.1 物种组成与分布

在麦积山风景名胜区的 9 个采样点中共鉴定出肉鞭虫 100 种 (包括 2 个未知种), 其中鞭毛虫类 (Mastigophora) 包括 2 纲 9 目 15 科 31 属 59 种, 肉足虫类 4 纲 6 目 19 科 32 属 41 种。100 种肉鞭类原生动物的分布特点 (表 1 图 2)。

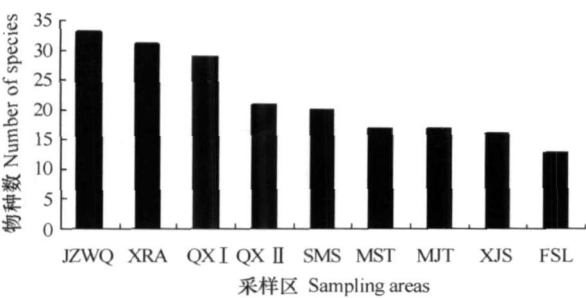


图 2 麦积山水系肉鞭毛虫在各采样点的种类分布

Fig 2 Species distribution of Sarcinastigophora in the 9 Sampling sites of Miji Mountain

JZWQ. 街子温泉; XRA. 仙人崖; QX I. 曲溪 I; QX II. 曲溪 II; SMS. 石门山; MST. 麻松头; MJT. 木箕滩; XJS. 香积山; FSL. 土桥分水岭

JZWQ. Jiezi Hot spring; XRA. Xianren Cliff; QX I. Quxi I; QX II. Quxi II; SMS. Shimen Mountain; MST. Masongtou Mountain; MJT. Muji Hill; XJS. Xiangji Mountain; FSL. Tuqiao Watershed

由表 1 和图 2 可得知, 街子温泉水体中物种最为丰富, 种类数达 33 种; 仙人崖、曲溪 I、曲溪 II、石门山、木箕滩白桦林、麻松头日本落叶松林和香积山样区水体种类数依次降低, 分别为 31、29、21、20、17、17 和 16 种; 土桥分水岭水体中种类最少, 只有 13 种。

用 SPSS 软件对 100 种肉鞭类原生动物在各样点的分布情况进行聚类分析 (图 3), 结果显示, 在欧氏距离 21.0 的水平上, 100 种肉鞭虫划分为 2 组: A 组 81 种, 为分布频率在 0.11—0.22 的偶见种; B 组 19 种, 为分布频率在 0.33—0.44 的常见种。扭曲多形虫 (*D. tortuosum*)、坛曲颈虫 (*C. ampulla*)、卵形隐滴虫 (*C. ovata*)、盘形异丝虫 (*H. discanophum*)、棘匣壳虫 (*C. aculeata*)、褐砂壳虫 (*D. avellana*)、微绿色泡鞭虫 (*V. virescens*)、多噬棘变虫 (*A. polyphaga*)、梨形四鞭虫 (*T. pyriformis*)、大变形虫 (*A. proteus*)、盘状后卓变虫 (*M. discoides*)、尖尾眼虫 (*E. acutata*)、豆形杆鞭虫 (*R. fabiformis*)、长尾扁眼虫 (*P. longicauda*)、宽扁眼虫 (*P. pleuronectes*)、弯曲袋鞭虫 (*P. deflexum*)、编织鳞孔虫 (*L. texta*)、华美绿梭虫 (*C. elegans*) 和三角袋鞭虫 (*P. trichophorum*) 为麦积山风景名胜区水生肉鞭类原生动物种群中的常见种。

2.2 群落结构特征

表 2 所示的是麦积山水系肉鞭毛虫的群落结构。从表中可以看出, 鞭毛亚门的种类较多, 有 59 种, 占全部物种数的 59%。52 种为植鞭纲种类 (Phytomastigophorea), 隶属于 6 目 11 科 25 属, 其中

眼虫目 (Euglenida) 36 种, 占鞭毛虫物种总数的 61.02%, 为优势类群; 动鞭纲 (Zoomastigophorea) 仅

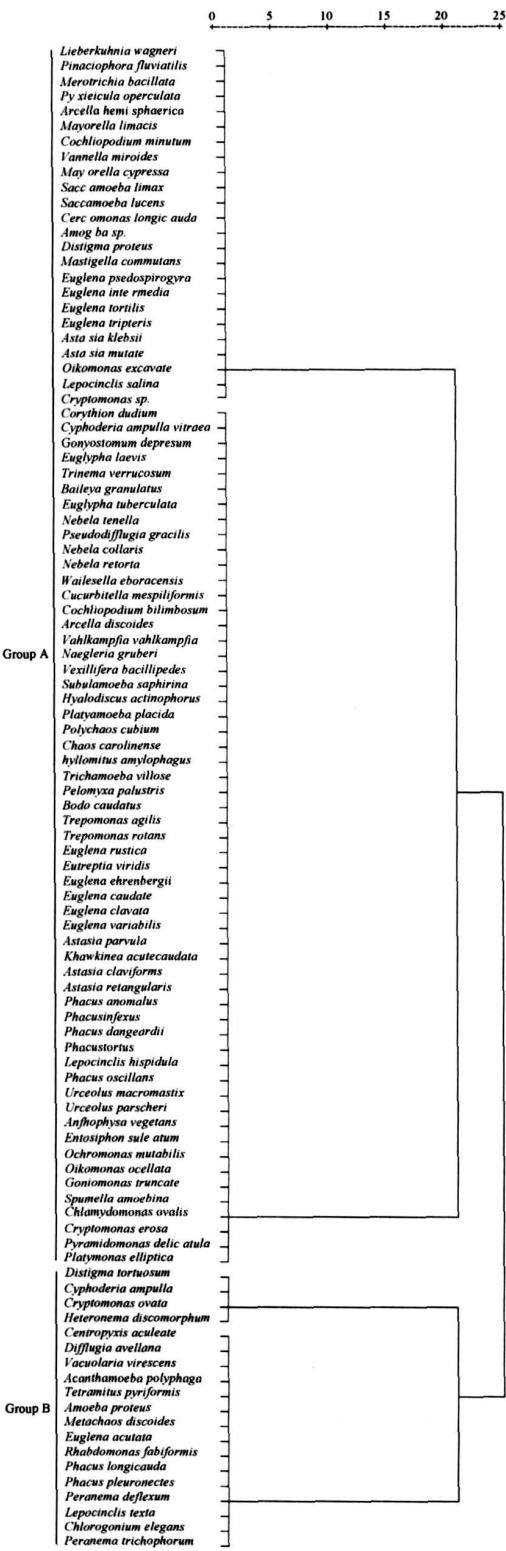


图 3 麦积山风景名胜区肉鞭虫物种分布聚类图

Fig 3 Cluster analysis of species distribution of aquatic amoebae and flagellates in the 9 sampling sites of Miji Mountain

有 7 种, 隶属于 3 目 4 科 6 属, 没有明显的优势类群。

肉足亚门种类数较少, 有 41 种, 占全部物种数的 41%。其中叶足纲 (Lobosea) 3 目 14 科 24 属 31 种, 丝足纲 (Fibsea) 1 目 3 科 6 属 8 种, 粒网纲 (Granuloreticubsea) 1 目 1 科 1 属 1 种, 太阳纲 (Heliozoa) 1 目 1 科 1 属 1 种, 从肉足虫总的种类组成看, 叶足纲的物种占绝对优势。从目级水平看, 变形目 (Amoebida) 16 种, 占肉足虫种类总数的 39.02%,

为优势类群; 表壳目 (Arcellinida) 12 种, 占肉足虫种类总数的 29.27%, 为次优势类群。

就相对丰度而言, 曲溪 iv 水体中的优势种为植球花虫 (*Anthophysa vegetans*), 石门山水体中的优势种为卵形隐滴虫 (*Cryptomonas ovata*), 仙人崖水体中的优势种有卵形隐滴虫 (*Cryptomonas ovata*) 和隐滴虫属一种 (*Cryptomonas* sp.), 其他样点的优势种不明显 (表 1)。

表 1 天水麦积山风景名胜区内肉鞭毛虫物种分布
Tab. 1 Species distribution of Sarcomastigophora in the 9 sampling sites of Maji Mountain

物种 Species	分布 Species distribution							物种 Species	分布 Species distribution						
	iv	(v)	(vi)	(vii)	(viii)	v	(li)		iv	(v)	(vi)	(vii)	v	(li)	(lii)
微绿色泡鞭虫 <i>Vacuolaria virescens</i>	1					1	2	变异多形虫 <i>Distigma proteus</i>					1		
扁形膝口虫 <i>Gonyostomum depressum</i>		1					1	扭曲多形虫 <i>Distigma tortuosum</i>			1		1	1	1
束刺虫 <i>Mastotrichia bacillata</i>			1					活泼锥滴虫 <i>Trepanomonas agilis</i>				1			1
娇柔塔滴虫 <i>Pyramidomonas delicatula</i>	1					1		旋转锥滴虫 <i>Trepanomonas rotans</i>						1	1
椭圆扁滴虫 <i>Platymonas elliptica</i>				1			1	易变小鞭虫 <i>Mastigella commutans</i>					1		
华美绿梭虫 <i>Chlorogonium elegans</i>	1	1				1		沼泽黏变虫 <i>Pelomyxa palustris</i>				1			1
卵形衣滴虫 <i>Chlamydomonas ovalis</i>						1	1	尾波豆虫 <i>Bodo caudatus</i>		1					1
卵形隐滴虫 <i>Cryptomonas ovata</i>						2	1 3 3	噬淀粉叶鞭虫 <i>Phyllomitris amylophagus</i>						1	1
蚀滴虫 <i>Cryptomonas erosa</i>						1		长尾尾滴虫 <i>Cercamonas longicauda</i>					1		
隐滴虫属一种 <i>Cryptomonas</i> sp.							3	变形虫属一种 <i>Amoeba</i> sp.							2
平截环滴虫 <i>Goniomonas truncata</i>	1						2	大变形虫 <i>Amoeba proteus</i>			1	1	1		
变形泡虫 <i>Spinella amoebina</i>		1				2		绒毛变形虫 <i>Trichamoeba villosa</i>						1	1
变形赭球虫 <i>Ochromonas mutabilis</i>							1 2	无恒多卓变虫 <i>Polychaos dubium</i>							1 1
外穴屋滴虫 <i>Ochromonas excavata</i>			1					卡罗来纳卓变虫 <i>Chaos carolinense</i>				1		1	
小眼屋滴虫 <i>Ochromonas ocellata</i>						2	1	盘状后卓变虫 <i>Metachaos discoides</i>				1		1	1
植球花虫 <i>Anthophysa vegetans</i>			4				2	蛞蝓囊变虫 <i>Sacamoeba linax</i>							1
盘异丝虫 <i>Heteronema discanophum</i>	1	1	1			1		明亮囊变虫 <i>Sacamoeba lucens</i>							1
三角袋鞭虫 <i>Peranema trichophorum</i>	1		1			1		太阳晶盘虫 <i>Hyalalisactinophorus</i>	1				1		
弯曲袋鞭虫 <i>Peranema deflexum</i>			1	1			1	柔平变虫 <i>Platyamoeba placida</i>			1			1	
沟内管虫 <i>Entosiphon sulcatum</i>							1 1	奇异蒲变虫 <i>Vannella microides</i>							1
粗鞭壶虫 <i>Urceolus acranstix</i>				1		1		柏马氏虫 <i>Mayorella cypressa</i>				1			
帕许虫 <i>Urceolus pasccheri</i>							1 1	蛞蝓马氏虫 <i>Mayorella linacis</i>				1			
编织鳞孔虫 <i>Lepocinclis texta</i>		1		1	1			条足杆变虫 <i>Vexillifera bacillipides</i>							1 1
棘皮鳞孔虫 <i>Lepocinclis hispidula</i>		1					1	剑钻变虫 <i>Subamoeba saphirina</i>						1	1
盐生鳞孔虫 <i>Lepocinclis salina</i>							2	噬棘变虫 <i>Acanthamoeba polyphaga</i>	1	1			1		
颤动扁眼虫 <i>Phacus oscillans</i>						1	1	筒筒变虫 <i>Vahlkampfi vahlkampfi</i>							1 1
长尾扁眼虫 <i>Phacus longicauda</i>					1		1 1	格鲁贝尔纳氏虫 <i>Naeckleria gruberi</i>					1		1
达恩吉扁眼虫 <i>Phacus dangeardii</i>							1 1	梨形四鞭虫 <i>Tetranitis pyriformis</i>	1						1 1
宽扁眼虫 <i>Phacus plauronectes</i>			1				1 1	双缘螺足虫 <i>Cochliopodium bilinbostum</i>			1	1			
扭曲扁眼虫 <i>Phacus tortus</i>				1		1		小螺足虫 <i>Cochliopodium minutum</i>							1
奇形扁眼虫 <i>Phacus anomalus</i>		1					1	盖厢壳虫 <i>Pyxidicula operculata</i>					1		
弯曲扁眼虫 <i>Phacus inflexus</i>			1			1		半球表壳虫 <i>Arcella hemisphaerica</i>							1
棒形漂眼虫 <i>Asakia claviformis</i>							1 1	盘状表壳虫 <i>Arcella discoides</i>		1			1		

续表															
物种 Species	分布 Species distribution							物种 Species	分布 Species distribution						
	iv	㉔	㉕	㉖	(v)	v	(II)		㉗	iv	㉔	㉕	㉖	(v)	(II)
矩形漂眼虫 <i>Askasia rectangularis</i>				1			1	棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeata</i>			1	1	1		
尾漂眼虫 <i>Askasia klebsii</i>				1				埃布罗克韦尔斯虫 <i>Wailesella eboracensis</i>				1			1
小漂眼虫 <i>Askasia parvula</i>						1	1	褐砂壳虫 <i>Difflugia avelkna</i>					1	1	1
易变漂眼虫 <i>Askasia mutata</i>		1						中小葫芦虫 <i>Cucurbitella mespiliformis</i>		1		1			
尖尾卡克虫 <i>Khaekinea autecaudata</i>	1						1	颈梨壳虫 <i>Nebekia collaris</i>		1	1				
棒形眼虫 <i>Euglena clavata</i>			1	1				扭梨壳虫 <i>Nebekia retorta</i>				1			1
变异眼虫 <i>Euglena variabilis</i>					1		1	柔弱梨壳虫 <i>Nebekia knella</i>			1		1		
带形眼虫 <i>Euglena ehrenbergii</i>			1	1				细拟砂壳虫 <i>Pseudodifflugia gracilis</i>						1	1
尖尾眼虫 <i>Euglena acutata</i>			1			1	1	颗粒白雷虫 <i>Baileya granulatus</i>	1	1					
扭曲眼虫 <i>Euglena tortilis</i>							1	结节鳞壳虫 <i>Euglypha tuberculata</i>			1		1		
三棱眼虫 <i>Euglena tripteris</i>							1	矛状鳞壳虫 <i>Euglypha laevis</i>				1			1
伪旋眼虫 <i>Euglena pseudopirogyra</i>			1					疣状三足虫 <i>Trinema verrucosum</i>		1	1				
尾眼虫 <i>Euglena caudata</i>						1	1	暧昧盔壳虫 <i>Corythion dudium</i>	1	1					
乡村眼虫 <i>Euglena rustica</i>	1						1	坛曲颈虫 <i>Cyphoderia ampulla</i>	1		1	1			2
中型眼虫 <i>Euglena intermedia</i>			1					透明坛曲颈虫 <i>Cyphoderia ampulla vitrea</i>	1	1					
豆形杆鞭虫 <i>Rhabdonasfa bifomis</i>							1 1 1	瓦格纳利贝尔库恩虫 <i>Lieberkuhnia wagneri</i>						1	
绿双鞭虫 <i>Eutreptia viridis</i>					1		1	河流平片虫 <i>Pinaciphora fluvialis</i>							1

注: 1, 2, 3, 4表示有分布及相对数量分级, 相对数量分别约为 1, 10, 100, 1000; iv-香积山、㉔-土桥分水岭、㉕-曲溪; iv、㉕-曲溪; ㉔、(v)-麻松头、v-木箕滩、×-石门山、(II)-仙人崖、㉗-街子温泉

Note: 1, 2, 3, 4 distribution and individual relative abundance, relative abundance were approximate to 1, 10, 100, 1000, respectively; iv- Xingji Mountain, ㉔- Tuqiao Watershed, ㉕- Quxi I, ㉖- Quxi II, (v)- M asongtou Mountain, v- Muji Hillside, ×-Shimen Mountain, (II)- Xirenai Cliff, ㉗- Jiezi Hotspring

表 2 麦积山风景名胜区内肉鞭虫群落结构

Tab. 2 Community structure of Sarcinastigophora in the waters of Maji Mountain

门	亚门	纲	目	科	属	种
Phylum	Subphylum	Class	Order	Family	Genera	Species
肉鞭门 (100种)	鞭毛亚门	植鞭纲	绿滴目 Chloromonadida	1	3	3
Sarcinastigophora	(59种)	Phytomastigophorea	溪滴目 Prasinomonadida	2	2	2
(100 species)	Mastigophora		团虫目 Volvocida	1	2	2
	(59 species)		隐滴目 Cryptomonadida	2	2	4
			金滴目 Chrysomonadida	1	4	5
			眼虫目 Euglenida	4	12	36
		动鞭纲	双滴目 Diplomonadida	1	1	2
		Zoomastigophorea	动基体目 Kinetoplastida	1	1	1
			分类地位未定 Uncertain taxonomic position		2	2
肉鞭门 (100种)	肉足亚门	叶足纲 Lobosea	变形目 Amoebida	7	13	16
Sarcinastigophora	(41种)		裂笄目 Schizopyrenida	1	3	3
(100 species)	Sarcodina		表壳目 Arcellinida	6	8	12
	(41 species)	丝足纲 Filosea	网足目 Gymnida	3	6	8
		粒网纲	单室目 Monothalamida	1	1	1
		Gruenireticulosea				
		太阳纲	中阳目 Centrohelida	1	1	1
		Heliozoa				
	2	6	15	34	63	100

2.3 物种相似性

Jaccard相似性系数计算: 麦积山风景名胜区各样点水生肉鞭毛虫的物种相似性系数计算结果 (表 3), 麦积山风景名胜区的水生肉鞭毛虫与国内已知其他地区的物种相似性系数的比较结果 (表 4)。

表 3 麦积山风景名胜区各样点水生肉鞭毛虫群落物种相似性
Tab. 3 Similarity of species diversity of Sarcma stigophora in various sampling sites of Maji Mountain

样区 Area	XJS	FSL	QXiv	QX⊕	MST	MJT	SMS	XRA	JZWQ
XJS	1.0000	0.3448	0.1778	0.0541	0.1176	0.1176	0.2222	0.2128	0.0408
FSL		1.0000	0.0952	0.0588	0.0645	0.2581	0.0606	0.0455	0.0435
QXiv			1.0000	0.3200	0.2553	0.2128	0.2041	0.1333	0.0968
QX⊕				1.0000	0.1053	0.1026	0.1463	0.1538	0.2222
MST					1.0000	0.0556	0.1579	0.0816	0.1569
MJT						1.0000	0.1579	0.2041	0.0784
SMS							1.0000	0.1569	0.2264
XRA								1.0000	0.3750
JZWQ									1.0000

注: XJS. 香积山; FSL. 土桥分水岭; QXiv. 曲溪iv; QX⊕. 曲溪⊕; MST. 麻松头; MJT. 木箕滩; SMS. 石门山; XRA. 仙人崖; JZWQ. 街子温泉
Note XJS. Xiangji Mountain; FSL. Tuqiao Watershed; QXiv. Quxiiv; QX⊕. Quxi⊕; MST. Masongtou Mountain; MJT. Muji Hillside; SMS. Shimen Mountain; XRA. Xiren Cliff; JZWQ. Jiezi Hot spring

表 4 麦积山风景名胜区与其他地区肉鞭毛虫物种相似性比较
Tab. 4 Comparison of the similarities of species diversity Sarcma stigophora between the area of Maji Mountain and other areas of China

地区	物种数	与天水麦积山风景名胜区的 共同具有的物种数	相似性系数
Area	Num ber of species	Num ber of comm on species with the Scenic Spots and Historic Sites	Sim ilarity index
西藏藏南日喀则以东*	56	8	0.054
East of the Rakaze Tibet			
西藏藏北珠峰南侧*	54	6	0.041
South of the Mount Qomolangma Tibet			
西藏藏北珠峰北侧*	56	6	0.041
North of the Mount Qomolangma Tibet			
黄河三峡湿地保护区	64	9	0.058
The three gorge of Yellow River, Gansu			
黄河兰州段	62	11	0.073
Lanzhou Reach of Yellow River, Gansu			
白洋淀淡水湖泊	40	7	0.053
Baiyangdian lake, Beijing			
哈尔滨太阳岛水域	117	15	0.0743
Sun Island Water Area, Harbin			
长江三峡	108	9	0.076
The three gorge of Yangtze River			
武夷山九曲溪**	41	6	0.044
Jiuquxi brook in Wuyi Mountain			
拒马河北京段	198	30	0.112
The Beijing section of Juma River, Beijing			

* 指包含小河流、溪流、水沟、小水塘等水体中的肉鞭毛虫种类; ** 其中包含有污水种类
* including aquatic Sarcma stigophora of river, stream, brooklet and pool; ** including sewage species

3 讨论

3.1 种类组成及分布

在麦积山风景名胜区水系中共检出肉鞭毛虫100种,显示出较高的物种多样性。对9个采样点群落结构分析表明,其中有7个采样点间的肉鞭毛虫Jaccard物种相似性系数介于0—0.25之间,表现出显著的差异性;香积山与分水岭样点间的相似性系数为0.3448,街子温泉与仙人崖样点间为0.3750,表现出较低的差异性(表3)。

麦积山风景名胜区与国内其他地区已报道的研究结果相比较^[2 4 5 8 10 11 28 29 32-34 36], Jaccard物种相似性系数均在0—0.25范围内(表4)。该结果表明,麦积山风景名胜区与其他地区的肉鞭毛虫的物种极度差异。

用SPSS软件对麦积山风景名胜区肉鞭毛虫物种在各样点的分布进行聚类(图3),在欧氏距离21.0的水平上,100种肉鞭毛虫划分为2组:A组81种,为分布频率在0.11—0.22的偶见种;B组19种,为分布频率在0.33—0.44的常见种。该结果显示,麦积山风景名胜区肉鞭毛虫多样性较高,同时特有种和稀有种也较为繁多,与其他地区相比具有鲜明的独特性。

3.2 群落结构与物种多样性

本工作表明,麦积山风景名胜区肉鞭毛虫群落物种多样性显著高于国内其他地区。调查中检测出的100种肉鞭毛虫分别隶属于6纲15目34科63属。与国内其他地区,如武夷山九曲溪发现41种27属,长江三峡108种47属,白洋淀淡水湖泊61种38属,黄河三峡湿地保护区64种31属(结果待发表),大夏河临夏段计有75种45属(结果待发表)等相比较,该地区肉鞭毛虫群落结构中物种结构复杂、丰富度高(图4)。与国内其他地区不同水系分布的肉鞭毛虫种类数比较^[2 4 5 10 30 31 35],麦积山风景名胜区肉鞭毛虫群落物种组成呈现出较高的区域性,如与长江水系、雅鲁藏布江水系、黄河水系等存在着显著的差异(图5)。

此外,麦积山风景名胜区各采样点间的物种组成也存在着明显的差异,如南坡(嘉陵江水系)71种,其中特有种31种,占总种数的43.66%;北坡(渭河水系)56种,其中特有种23种,占总种数的41.07%;分水岭13种,特有种1种,占总种数的7.69%。

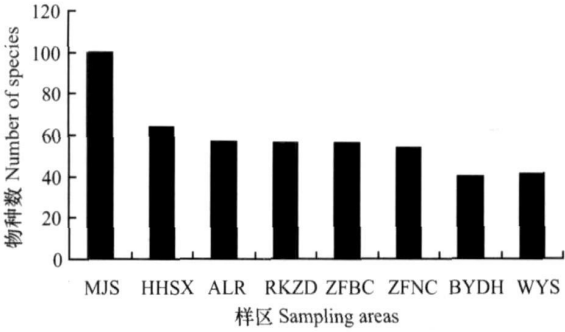


图4 麦积山风景名胜区与国内其他地区肉鞭毛虫种类数比较

Fig. 4 Comparison of species number of Sarcomastigophora in various areas of China

MJS. 麦积山; HHSX. 黄河三峡湿地; ALR. 阿拉尔; RKZD. 西藏日喀则以东; ZFBC. 西藏珠峰北侧; ZFNC. 西藏珠峰南侧; BYDH. 白洋淀淡水湖; WYS. 武夷山九曲溪
MJS. Maiji Mountain, Gansu; HHSX. The Three Gorge of Yellow River, Gansu; ALR. Alaer Reach, Xinjiang; RKZD. East of the Rikaze, Tibet; ZFBC. North of the Mount Qomolangma, Tibet; ZFNC. South of the Mount Qomolangma, Tibet; BYDH. Baiyangdian lake, Beijing; WYS. Jiuquxi brook in Wuyi Mountain

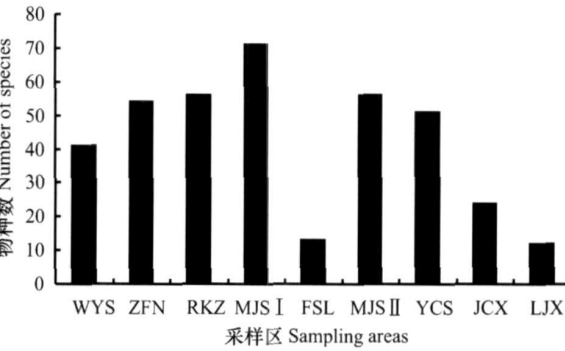


图5 麦积山景区与国内其他水系分布的肉鞭毛虫种类数比较

Fig. 5 Comparison of species number of Sarcomastigophora in various areas of China

WYS. 武夷山九曲溪; ZFN. 西藏珠峰南侧; RKZ. 西藏日喀则以东; MJS I. 麦积山长江水系; FSL. 麦积山分水岭; MJS II. 麦积山黄河水系; YCS. 银川市(黄河水系); JCX. 金川峡; LJX. 刘家峡水库
WYS. Jiuquxi in Wuyi Mountain; ZFN. south of the Mount Qomolangma of Yalu Tsangpo River, Tibet; RKZ. East of the Rikaze, Tibet; MJS I. Maiji Mountain, Reach of Yangtze River; FSL. Maiji Watershed; MJS II. Maiji Mountain of Yellow River; YCS. Yinchuan Reach of Yellow River, Ningxia; JCX. Jinchuanxia, Gansu; LJX. Liujiaxia Reservoir

多样性指数比较表明,各采样点间多样性差别较大(2.61—5.14):各采样点的肉鞭毛虫多样性指数依次为:街子温泉5.14,曲溪iv 3.92,仙人崖3.86,曲溪㉔3.74,香积山2.95,麻松头2.73,木箕滩3,石门山2.61,土桥分水岭2.47。

3.3 物种多样性与环境之间的关系

环境的复杂性是丰富生物多样性的基础。麦积山风景名胜自然环境的时空异质性决定了肉鞭虫群落结构的复杂性及物种的多样性^[12]。

如在9个采样点中, 街子温泉水体水温较高(7.5—9.5℃), 有机物含量较高(旅游人群排放的生活垃圾及生活污水较多), pH偏低(6.3—6.5), 以及外界其他干扰较大, 因此所检测出肉鞭虫物种最为丰富(33种), 物种多样性指数也最高(5.14); 土桥分水岭水体海拔较高(1800m), 水体矿化度和水温较低(1—1.5℃), pH为中性(7.0), 因此肉鞭虫种类最少(13种), 物种多样性指数也最低(2.47)。以往通常认为水质越好物种多样性指数越高, 反之越低^[37]。然而, 本工作发现与这一观点相抵触的现象。对此, 作者认为这与麦积山景区本身的空间异质性(如水体矿化度、水温、海拔高度等)有关, 如景区内山涧小溪水质较好, 而物种多样性指数则较低。由此说明, 物种多样性指数不适用于评价所有水体水质的优劣。同时, 本结果也说明该地区水系与其他地区河流和湖泊等水系存在着较大的空间异质性。然而, 这一结论还有待于进一步验证。

参考文献:

- [1] Rao Q Z, *et al*. Basic knowledge about investigation on lakes [M]. Beijing Science Press 1965 45—172 295—298 [饶钦止, 等. 湖泊调查基本知识. 北京: 科学出版社. 1965, 45—172, 295—298]
- [2] Wang J J. Protozoa in some areas of the Tibetan Plateau [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1977, 23(2): 131—160 [王家楫. 西藏高原部分地区的原生动物. 动物学报, 1977, 23(2): 131—160]
- [3] Shen Y F, Zhang Z S, *et al*. Modern biomonitoring techniques using freshwater microbiota [M]. Beijing China Architecture & Building Press 1990 1—524 [沈韞芬, 章宗涉, 等. 微型生物监测新技术. 北京: 中国建筑工业出版社. 1990 1—524]
- [4] Tibet Comprehensive Scientific Exploration Team of the Chinese Academy of Sciences. Tibetan aquatic invertebrates [M]. Beijing Science Press 1983 39—334 [中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏水生无脊椎动物. 北京: 科学出版社. 1983, 39—334]
- [5] Tibet Comprehensive Scientific Exploration Team of the Chinese Academy of Sciences. Tibetan algae [M]. Beijing Science Press 1992 1—509 [中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏藻类. 北京: 科学出版社. 1992, 1—509]
- [6] Song W B, *et al*. Progress in protozoology [M]. Qingdao Qingdao Ocean University Press 1999 1—362 [宋微波, 等. 原生动物专论. 青岛: 青岛海洋大学出版社. 1999 1—362]
- [7] Shen Y F, *et al*. Protozoology [M]. Beijing Science Press 1999 1—656 [沈韞芬, 等. 原生动物学. 北京: 科学出版社. 1999 1—656]
- [8] Shen Y F, Gu M R, Feng W S. Background values of protozoa in areas on the Three Gorges on the Yangtze River and their evaluation on pollutions [A]. Proceedings of the impact of the Three Gorges project on the ecology and environment and counter-measures Beijing Science Press 1987 831—840 [沈韞芬, 顾曼如, 冯伟松. 长江三峡地区原生动物背景值及其对污染的评价. 长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集, 北京: 科学出版社. 1987, 831—840]
- [9] Shen Y F, Gu M R, Gong X J, *et al*. Water quality assessment of Wuling mountain water area by means of protozoan communities. Evaluation on animal resources from Wuling Mountains area southwest China [M]. Beijing Science Press 1994 131—133 [沈韞芬, 顾曼如, 龚循矩, 等. 从原生动物评价水质状况, 西南武陵山地区动物资源和评价. 北京: 科学出版社. 1994 131—133]
- [10] Feng W S, Fan X P, Shen Y F, *et al*. Study on the relationship between the protozoan community structure and the nutrition level of Jiuquxi Brook in Wuyi Mountain [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003 27(6): 691—694 [冯伟松, 范小鹏, 沈韞芬, 等. 武夷山九曲溪水体营养水平与原生动物群落变化相互关系研究, 水生生物学报, 2003 27(6): 691—694]
- [11] Xu M Q, Zhu J, Cao H. The relationship between the protozoan community diversity and the water quality in the Baiyangdian Lake [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(7): 1114—1120 [许木启, 朱江, 曹宏. 白洋淀原生动物群落多样性变化与水质关系研究. 生态学报, 2001, 21(7): 1114—1120]
- [12] Chen C D, Wang Q T. Scenic area of Maijishan, Gansu Province: outstanding example of natural and cultural heritages in ecological transitional zone [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 1—15 [陈昌笃, 王庆田. 甘肃麦积山景区一生态过渡带自然文化遗产杰出范例. 生态学报, 2007 27(1): 1—15]
- [13] The Editorial Board of Methods of Monitoring and Analysis on Water and Wastewater. Methods of monitoring and analysis on water and wastewater (4th edition) [M]. China Environmental Press 2002 32—131 [《水和废水监测分析方法》编委会编. 水和废水监测分析方法(第四版). 中国环境科学出版社. 2002 32—131]
- [14] The Editorial Board of a Handbook for Monitoring by Aquatic Organisms. A handbook for monitoring by aquatic organisms [M]. Nanjing Southeast University Press 1993 18—42 [水生生物监测手册编委会. 水生生物监测手册. 南京: 东南大学出版社. 1993 18—42]
- [15] Hu H J, *et al*. Freshwater algae in China [M]. Shanghai Science Technology Press 1980 1—525 [胡鸿钧, 等. 中国淡水藻类. 上海: 上海科学技术出版社. 1980, 1—525]
- [16] Shi Z X, *et al*. Freshwater algae in China. Tomus v, Euglenophyta [M]. Beijing Science Press 1999 1—414 [施之新, 等. 中国淡水藻志(第6卷: 裸藻门). 北京: 科学出版社.

- 1999, 1—414]
- [17] B. Fott. Algenkunde. Veb Gustav Fischer Verlag. 1971. Luo D. A translator [M]. Shanghai Science Technology Press. 1980, 1—475 [B 福迪著, 罗迪安译. 藻类学. 上海: 上海科学技术出版社. 1980, 1—475]
- [18] Gauthier Lierre et R. Thomas. Les genres Diffugia, Pentagonia, Maghrebiana et Hoogenraadiana (Rhizopodes testacés) en Afrique [J]. *Nadndruk verboden. Übersetzungrecht vorbehalten*, 1958, 242—369
- [19] Emanuel Barboš. Korešonozek radu testacea [J]. *Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Vied Bratislava*, 1954, 5—184
- [20] Page F C, Siemensma F J. Nackte Rhizopoda und Heliozoa. Protozoen fauna Band 2 [M]. New York: Gustav Fischer Verlag Stuttgart. 1991, 1—197
- [21] Lee J J. The illustrated guide to the protozoa [M]. Society of Protozoologists. 2000, 783—1250
- [22] Heint Schneider. An der Nahrungsquelle angesiedelt. Der Glockentierfresser Amphileptus carchesia [M]. *Mikrokosmos*. 1988, 97—102
- [23] Ogden C G, Hedley R H. An atlas of freshwater testate amoebae [M]. Oxford University Press. 1980, 1—222
- [24] Kudo R R. Protozoology (5th ed.) Charles [M]. Thomas Publisher. 1971, 1—113
- [25] Kahl U. Tiere oder Protozoa. iv: Allgemeinere Teil und Prostomatida [J]. *Verlag Von Gustav Fischer*, 1930, 1—398
- [26] Yin W Y, et al. Pictorial Keys to Soils Animals of China [M]. Beijing Science Press. 2000, 7—410
- [27] Levine N D, Corliss J O, Cox F E G, et al. A newly revised classification of the protozoa [J]. *Protocols*, 1980, 27, 37—58
- [28] Wang H W, Chang Y P, Zhang L, et al. Primary survey on Protozoa and Benthos and assessment of water quality in Jin River [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 41(4): 77—82 [王宏伟, 昌艳萍, 张磊, 等. 拒马河原生动物和底栖动物初步调查及水质分析. 动物学杂志, 2006, 41(4): 77—82]
- [29] Li F C, Kang X J, Yang W B, et al. Primary survey on Protozoa and Benthos and assessment of water quality in Jin River [J]. *Chinese Biodiversity*, 2006, 14(6): 580—583 [李凤超, 康现江, 杨文波, 等. 拒马河北京段原生动物群落特征及其对河流营养状况的指示. 生物多样性, 2006, 14(6): 580—583]
- [30] Yang M S. Main Aquatic Protozoa investigation in Yinchuan [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2002, 1, 6—8 [杨茂胜. 银川市主要水体原生动物调查. 宁夏农林科技, 2002, 1, 6—8]
- [31] Wang S Z. Winter Community structure of Protozoan in Liujiaxia reservoir. Proceedings of the 1st Symposium of the Chinese Protozoological Society (Abstracts) [A]. Shanghai East China Normal University Press. 1981, 1—8 [王士正. 刘家峡水库冬季原生动物构成. 中国原生动物学会第一次学术讨论会论文摘要汇编. 上海: 华东师大出版社. 1981, 1—8]
- [32] Ma Z X, Song Y Z, Liu H Y. Assessment of pollution in Lanzhou reach of Huanghe River by using Protozoan communities [J]. *China Environmental Science*, 1994a, 14(6): 401—405 [马正学, 宋玉珍, 刘红岩. 用原生动物评价黄河兰州段的水质. 中国环境科学, 1994a, 14(6): 401—405]
- [33] Ma Z X. Investigation on Protozoan in Yellow River Lanzhou Gansu [J]. *Journal of Northwest Normal University (Natural Sciences)*, 1994b, 30(2): 93—96 [马正学. 黄河兰州段原生动物调查. 西北师范大学学报 (自然科学版), 1994b, 30(2): 93—96]
- [34] Ma Z X, Song Y Z, Hu C X, et al. A preliminary investigation of algae in Huanghe River in Lanzhou Gansu [J]. *Journal of Northwest Normal University (Natural Sciences)*, 1995, 31(3): 67—71 [马正学, 宋玉珍, 胡春香, 等. 黄河兰州段的藻类调查. 西北师范大学学报 (自然科学版), 1995, 31(3): 67—71]
- [35] Ma Z X, Zhao Q F, Hu C X. Studies on Protozoan communities in Jinchan River at Jinchang and the assessment of water quality [J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 1997, 33(Supp.): 259—265 [马正学, 赵庆芳, 胡春香. 金昌市生活应用水水源原生动物调查及水质评价研究. 兰州大学学报 (自然科学版), 1997, 33(专集): 259—265]
- [36] Han L, Shi X L, Liu G J et al. Preliminary studies on Protozoans community diversity in the water area of the Sun Island in Harbin [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31(2): 272—277 [韩蕾, 施心路, 刘桂杰, 等. 哈尔滨太阳岛水域原生动物群落变化的初步研究. 水生生物学报, 2007, 31(2): 272—277]
- [37] Lei A P, Shi Z X, Wei Y X. Diversity of the Phytoplankton in Donghu Lake Wuhan [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(2): 179—184 [雷安平, 施之新, 魏印心, 等. 武汉东湖浮游藻类物种多样性的研究. 水生生物学报, 2003, 27(2): 179—184]

SPECIES DIVERSITY OF AQUATIC SARCOMASTIGOPHORAN
(PROTISTA, SACROMASTIGOPHORA) IN SCENIC SPOTS AND
HISTORIC SITES OF MAJIMOUNTAIN

MA Zheng-Xue, SHEN Ha-Xiang, KANG Rui-Qin, NING Ying-Zhi and RAN Li-Yuan
(College of Life Sciences Northwest Normal University, Lanzhou 730070)

Abstract The species diversity of aquatic sarcomastigophoran in Scenic Spots and Historic Sites of Maji Mountain was studied by observation *in vivo*, and 100 species including 2 unknown ones were identified. 59 species were identified in Mastigophora, belonging to 2 classes, 9 orders, 15 families and 31 genera. There were 52 species in Phytoastigophorea, and 36 species belong to Euglenida, accounting for 61.02% of Mastigophora, so Euglenida was the dominant group. There were only 7 species in Zoomastigophorea, and the dominant group was unobvious. 41 species were identified in Sarcodina, belonging to 4 classes, 6 orders, 19 families and 32 genera. There were 31 species in Lobosea, and 16 species belong to Amoebeida, which was the dominant group, accounting for 39.02% of Sarcodina. Arcellinida (12 species) was the subdominant group, accounting for 29.27% of Sarcodina. 71, 56, 13 species were identified in the south hillside (Jialingjiang River system), north hillside (Weihe River system) and Watershed of Maji Mountain, respectively. The species composition of the community were very different in three areas. The species composition of aquatic Sarcomastigophora in Scenic Spots and Historic Sites of Maji Mountain and were quite dissimilar to that in the Yangtze River, the Yalu Tsangpo River, Yellow River and other river systems. The results showed that there were rich in species, endemic species and rare species in the community of aquatic Sarcomastigophora, which indicated the prominent uniqueness of the community of aquatic Sarcomastigophora in Scenic Spots and Historic Sites of Maji Mountain.

Key words Scenic Spots and Historic Sites of Maji Mountain, Aquatic Sarcomastigophora, Diversity of species