

甘肃麦积山风景名胜區土壤肉鞭虫群落特征

宁应之, 王娟, 刘娜, 马正学

西北师范大学生命科学学院, 兰州 730070

摘要 用“非淹没培养皿法”和活体观察法对甘肃麦积山风景名胜區土壤肉鞭虫群落特征进行了研究。共鉴定到肉鞭虫 90 种, 其中包括 5 个未定名种和 29 个国内新纪录种, 隶属于 2 亚门 5 纲 14 目 27 科 46 属。结果表明, 风景名胜區土壤肉鞭虫群落物种丰富, 特有和稀有物种繁多, 群落结构复杂, 物种组成具有独特性。物种分布呈现高度的空间异质性。土壤和水生肉鞭虫群落物种组成极不相似, 土壤和水生肉鞭虫群落是不同的 2 个独立群落。

关键词 麦积山风景名胜區 土壤肉鞭虫 群落特征

文章编号: 1000-0933 (2007) 11-4469-09 中图分类号: Q958 文献标识码: A

Community characteristics of soil sarcodinids and flagellates in the Scenic Spots and Historic Sites of Maijishan, Gansu

NING Ying-Zhi, WANG Juan, LIU Na, MA Zheng-Xue

College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (11): 4469 ~ 4477.

Abstract: Community characteristics of soil sarcodinids and flagellates in the Scenic Spots and Historic Sites of Maijishan, Gansu were studied by using “non-flooded petri dish method” and observation in vivo. Ninety species were totally identified, including 5 unnamed species and 29 new records in China, which belongs to 2 subphylums, 5 classes, 14 orders, 27 families and 46 genera. Results demonstrated the following features: there are abundant species in these areas, including a large number of endemic and rare forms; the community structures are complex and the species composition is unique, and the species distribution was highly heterogenetic. Compared with that of aquatic community, the species composition of soil community of sarcodinids and flagellates in the Scenic Spots and Historic Sites is quite dissimilar, which indicates that the soil and aquatic communities belong to two independent ones.

Key Words: the Scenic Spots and Historic Sites of Maijishan; soil sarcodinids and flagellates; community characteristics

土壤是一切陆生生物的载体, 也是人类赖以生存和发展的物质基础。在土壤生态系统中, 土壤肉鞭虫作为

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (No. 30470208) 天水市申报世界遗产办公室资助项目

收稿日期 2007-04-02; 修订日期 2007-10-18

作者简介 宁应之 (1963 ~), 男, 湖南隆回人, 博士, 副教授, 从事土壤原生动物的分类与生态学研究。E-mail: ningyz@nwnu.edu.cn

致谢 西北师范大学生命科学学院李更、朱军、茹辉军、王国铭、王振杰、永金红、王宁、陈延斌等参与了本研究的部分工作。天水市申报世界遗产办公室王庆田、于小林同志参加了野外采样工作。甘肃省小陇山林业实验局及其下属的麦积林场、党川林场、观音林场, 麦积山风景名胜區管理局和麦积山石窟艺术研究所为本研究的野外工作提供了方便。中国海洋大学生命科学与技术学部胡晓钟教授对本文写作给予帮助。作者谨此向以上单位和个人表示诚挚的谢意。

Foundation item The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30470208) and the Office for World Heritage Application of Tianshui City

Received date 2007-04-02; **Accepted date** 2007-10-18

Biography NING Ying-Zhi, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in taxonomy and ecology of soil protozoa. E-mail: ningyz@nwnu.edu.cn

土壤微生物群落 (community of microbiota) 的重要组成部分,一方面和土壤微生物一样,在生物残体的分解转化、土壤理化性质的改善、物质循环和能量流动等方面,发挥着重要作用 ;另一方面,土壤肉鞭虫,尤其是小型肉足虫和鞭毛虫控制着土壤细菌的种群,从而间接地控制着土壤生态系统中物质循环和能量流动的规模和速率。

国内与土壤肉鞭虫有关的生态学研究起步较晚,代表性的工作见于沈韞芬等^[1]、宁应之、沈韞芬^[2~7]和 Shen and Ning^[8]。其中,涉及西北地区的很少。作者于 2003 年 4 月至 2006 年 12 月对甘肃麦积山风景名胜 区土壤肉鞭虫群落特征进行了研究,本文是研究结果的总结。

1 麦积山风景名胜区概况^①

风景名胜区位于秦岭山地西段小陇山林区,地理坐标为 34°07′~34°28′ N,105°56′~106°10′ E,由麦积山 石窟区、曲溪、石门山、街子温泉和仙人崖 5 个景区组成,面积约 50000 hm²。

风景名胜区在中国大地构造框架上正好处于中国中央山系秦岭-祁连-昆仑构造带与贺兰-川滇南北构造 带的交接复合部位,是我国南、北方沉积地层在地表上层的分界线,又是黄河长江两大流域的分水岭。海拔一 般在 1400~1800 m 左右,最高峰可达 2200 m 以上,但均未达到太白冰期冰川分布的海拔高度。

土壤以大面积的山地棕壤为主,属于秦岭山地温 带落叶阔叶与针叶混交林淋溶土壤,pH 值大多在 7.0 左右。植被类型多样,有针叶林、阔叶林、草原、灌丛、草 甸、沼泽和水生植被等 7 个植被组及相关的 17 个植被 类型和 59 个植被群系,森林覆盖率在 76 % 左右。

风景名胜区处于南北气候的交替带,大陆性气候特 征明显。年平均气温 7.0~11.0℃,无霜期 166~177 d,年平均降水量 558.00~820.40 mm;年日照时数 1628.76~2049.90 h,年太阳辐射总量 4227.18~ 5325.24 MJ/m² 空气相对湿度在 85% 左右。

2 研究方法

2.1 样点设置和采样

在风景名胜区的 5 个景区依据植被类型共设置 19 个样点 (图 1),其中 1~3 号样点属于麦积山石窟区,植 被类型为针阔混交林;4~9 号属于曲溪景区,4、5、8 号 分别为灌木林、刺叶栎林和日本落叶松林,6、7、9 号 为针阔混交林;10~14 号属于石门山景区,10、12、14 号 为针阔混交林,11、13 号分别为白桦林和箭竹林;15 和 16 号属于街子温泉景区,分别为华山松林和针阔混交林; 17~19 号属于仙人崖景区,17 号为沼泽草本,18 和 19 号为白皮松林。

在每个样点面积约 400 m² 的范围内,用 15 ml 圆筒 形采样器依棋盘式采样法采集 0~5 cm 土壤层土样 25 个并进行相关记录^[9]。

2.2 室内工作方法

2.2.1 样品预处理

土样带回实验室后,倒入白瓷盘,自然风干。在此过程中,紧闭门窗并用透气草纸覆盖土样,以防止外界

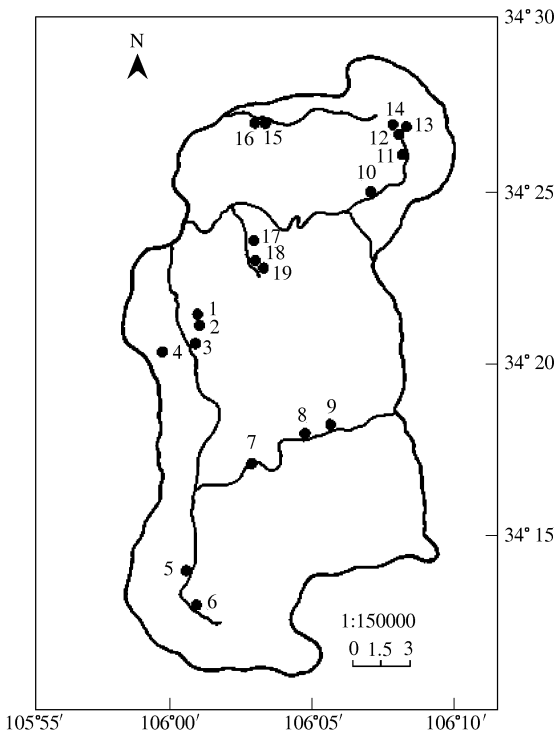


图 1 风景名胜区土壤肉鞭虫采样点

Fig. 1 Sampling sites of soil sarcodinids and flagellates in the Scenic Spots and Historic Sites

粗线示风景名胜区边界,细线示采样路线 Heavy line symbolized the border of Scenic Spots and Historic Sites of Maijishan, hairlines symbolized sampling route

① 刘迺发,孙继周主编. 麦积山风景名胜区生物多样性. 2003 年 1 月

空气中的肉鞭虫包裹进入土样。

2.2.2 培养和鉴定

鞭毛虫的培养 :每份风干土样取 10 ~ 50 g 于培养皿中,用“非淹没培养皿法”(non-flooded petri dish method)^[10]于光照培养箱中在 25℃ 左右的温度下培养。每份土样重复培养若干次,直到未出现新见物种为止。

肉足虫采用 2 种方法进行培养:()同鞭毛虫的培养;ℓ)见沈韞芬^[11]。培养后第 4 天开始镜检以鉴定物种。物种鉴定资料见参考文献^[1, 5, 8, 12~31]。

2.2.3 优势类群和罕见类群划分及物种相似性系数计算

对鉴定到的各级分类单元进行统计,将物种数最多和次多的目规定为优势类群,单种的目定义为罕见类群。

用 Jaccard 相似性系数公式 $J = c / a + b - c$ 计算物种相似性系数,式中 J 为相似性系数, a, b, c 分别为 a 地、 b 地和 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。

2.2.4 聚类分析

运用软件 SPSS 11.5 进行聚类分析。

3 结果

3.1 物种组成和群落结构

在风景名胜区各景区共鉴定到土壤肉鞭虫 90 种(表 1),隶属于 2 亚门 5 纲 14 目 27 科 46 属(表 2)。90 种肉鞭虫中,计有 5 个未定名种和 29 个国内土壤肉鞭虫新纪录种(表 1)。

从群落结构来看,鞭毛亚门(Mastigophora)的物种比肉足亚门(Sarcodina)的丰富。鞭毛亚门中,眼虫目(Euglenida)和动基体目(Kinetoplastida)为优势类群,各有 16 种和 14 种,分别占鞭毛虫物种总数的 25.81% 和 22.58%。肉足亚门中,变形目(Amoebida)的物种占绝对优势,有 20 种,占肉足虫物种总数的 71.43%。

绿滴目(Chloromonadida)、腰鞭目(Dinoflagellida)、网足目(Gromiida)、太阳目(Actinophryida)和中阳目(Centrohelida)为罕见类群,均为单科、单属、单种,这 5 个类群的全部物种数只占肉鞭虫物种总数的 5.56%。

3.2 物种在各景区的分布

90 种肉鞭虫在各景区的分布情况见表 1 和图 2。可以看出,麦积山石窟区物种最为丰富,分布有 39 种,占物种总数的 43.33% 街子温泉、仙人崖、曲溪和石门山景区各分布有 28、26、14 和 12 种,分别占 31.11%、28.89%、15.56% 和 13.33%。

用 SPSS 软件对 90 种肉鞭虫在各景区的分布进行聚类,在欧氏距离 18.0 水平,90 种土壤肉鞭虫聚为 2 组,A 组 86 种,为分布系数 0.2 ~ 0.4 的罕见种;B 组 4 种,为分布系数 0.6 ~ 0.8 的常见种。麦积山风景名胜区土壤肉鞭虫群落的常见种有奇异蒲变虫(*Vannella mirioides*)、裴氏马氏虫(*Mayorella penardi*)、盘变虫属一种(*Discamoeba* sp.)和沟内管虫(*Entosiphon sulcatum*)。

3.3 风景名胜区土壤和水生肉鞭虫群落的物种相似性比较

在研究风景名胜区土壤肉鞭虫群落的同时,对该地区的水生肉鞭虫群落也进行了同步研究,共鉴定到水生肉鞭虫 100 种。用 SPSS 软件对风景名胜区土壤和水生肉鞭虫群落的物种进行聚类,结果表明,在欧氏距离

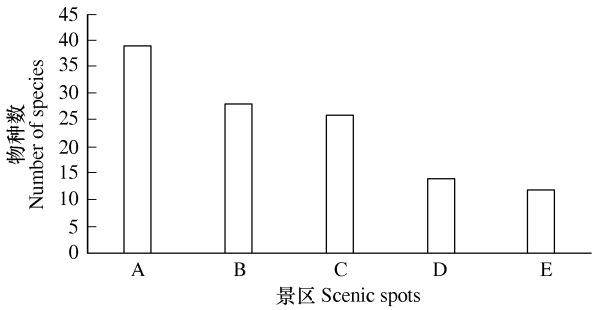


图 2 土壤肉鞭虫物种在各景区的分布

Fig. 2 Distribution of species of soil sarcodinids and flagellates in various scenic spots
A 麦积山石窟区 B 街子温泉景区 C 仙人崖景区 D 曲溪景区; E 石门山景区 A Maijishan Shikuqu B Jiezi Wenquan Jingqu C Xianren 'ai Jingqu D Quxi Jingqu E Shimenshan Jingqu

19.0 的水平,全部肉鞭虫物种聚为 3 组,A 组 67 种,为仅分布于土壤的物种 B 组 23 种,为水生和土壤群落的共有物种 (表 1),占全部物种数的 12.11% C 组 77 种,为仅分布于水体的物种。据 Jaccard 相似性系数公式计算得知,土壤与水生肉鞭虫群落的物种相似性系数为 0.14,表明土壤和水生肉鞭虫群落物种组成极不相似。

表 1 土壤肉鞭虫物种及其在各景区的分布

Table 1 Species of soil sarcodinids and flagellates and their distribution in various scenic spots

物种 Species	物种在各景区的分布 Distribution of species in various scenic spots				
	麦积山石窟区 Maijishan Shikuqu	街子温泉景区 Jiezi Wenquan Jingqu	仙人崖景区 Xianren'ai Jingqu	曲溪景区 Quxi Jingqu	石门山景区 Shimenshan Jingqu
扁形膝口虫 <i>Gonyostomum depressum</i> ◆ ●	+	+			
绿双鞭虫 <i>Eutreptia viridis</i> ◆ ●			+		
珀蒂双鞭虫 <i>Eutreptia pertyi</i> ◆			+		
梭眼虫 <i>Euglena acus</i> ◆			+		
尖尾扁眼虫 <i>Phacus acuminatus</i> ◆			+		
弯曲漂眼虫 <i>Astasia curvata</i> ◆					+
尾漂眼虫 <i>Astasia klebsii</i> ●	+				
小漂眼虫 <i>Astasia parvala</i> ●		+			
沟内管虫 <i>Entosiphon sulcatum</i> ●	+	+	+		
内管虫属一种 <i>Entosiphon</i> sp. ◇	+			+	
扭曲异丝虫 <i>Heteronema tortum</i> ◆		+			
盘形异丝虫 <i>Heteronema discomorphum</i> ●	+				
三角袋鞭虫 <i>Peranema trichophorum</i> ◆ ●	+				
广卵异鞭虫 <i>Anisonema prosgeobium</i> ◆					+
葡萄异鞭虫 <i>Anisonema acinus</i>	+			+	
内卷沟滴虫 <i>Petalomonas involuta</i> ◆		+			
中沟沟滴虫 <i>Petalomonas madiocanellata</i>	+				
卵形单鞭金虫 <i>Chromulina ovalis</i>	+				
丹氏泡虫 <i>Spumella dangeardii</i>		+		+	
点泡虫 <i>Spumella guttula</i> ◆			+		
聚泡虫 <i>Spumella socialis</i>	+				+
泡虫属一种 <i>Spumella</i> sp. ◇		+			
斜泡虫 <i>Spumella obliqua</i>	+	+			
蚁形泡虫 <i>Spumella formicina</i>		+			
气球屋滴虫 <i>Oikomonas termo</i>	+				
斯氏屋滴虫 <i>Oikomonas steini</i> ◆		+			
吻屋滴虫 <i>Oikomonas rostrata</i> ◆			+		
小眼屋滴虫 <i>Oikomonas ocellata</i> ●				+	
细尘光甲鞭虫 <i>Glenodinium pulvisculus</i>	+				
蛋白核隐滴虫 <i>Cryptomonas pyrenoidifera</i> ◆			+		
卵形隐滴虫 <i>Cryptomonas ovata</i> ●	+	+			
马索隐滴虫 <i>Cryptomonas marssonii</i> ◆		+			
啮蚀隐滴虫 <i>Cryptomonas erosa</i> ●				+	
平截环滴虫 <i>Goniomonas truncata</i> ●	+			+	
星芒衣滴虫 <i>Chlamydomonas stellata</i> ◆	+		+		
易变衣滴虫 <i>Chlamydomonas mutabilis</i> ◆			+		
长绿梭虫 <i>Chlorogonium elongatum</i> ◆			+		
鞭变形虫属一种 <i>Mastigamoeba</i> sp. ◇	+				
爬行鞭变形虫 <i>Mastigamoeba reptans</i> ◆	+	+			
多泡小鞭虫 <i>Mastigella polyvacuolata</i>		+			
根小鞭虫 <i>Mastigella radicola</i> ◆		+			
易变小鞭虫 <i>Mastigella commutans</i> ●				+	
变形波豆虫 <i>Bodo amoebinus</i> ◆		+			
波豆虫属一种 <i>Bodo</i> sp. ◇	+				

物种在各景区的分布 Distribution of species in various scenic spots					
物种 Species	麦积山石窟区 Maijishan Shikuqu	街子温泉景区 Jiezi Wenquan Jingqu	仙人崖景区 Xianren'ai Jingqu	曲溪景区 Quxi Jingqu	石门山景区 Shimenshan Jingqu
侧扁波豆虫 <i>Bodo compressus</i>		+			
倒卵形波豆虫 <i>Bodo obovatus</i>	+				
纺锤形波豆虫 <i>Bodo fusiformis</i>	+				
钩刺波豆虫 <i>Bodo uncinatus</i>			+		
梨形波豆虫 <i>Bodo edax</i>	+		+		
卵形波豆虫 <i>Bodo ovatus</i>		+			+
慢行波豆虫 <i>Bodo repens</i>		+		+	
球形波豆虫 <i>Bodo globosus</i>			+		
尾波豆虫 <i>Bodo caudatus</i> ●					+
舞行波豆虫 <i>Bodo saltans</i>	+				
小波豆虫 <i>Bodo minimus</i>		+			
窄波豆虫 <i>Bodo angustus</i>		+			
微小无吻虫 <i>Clautriavia parva</i>	+				
球双鞭滴虫 <i>Amphimonas globosa</i>	+				
波豆尾滴虫 <i>Cercomonas bodo</i>		+			
放射尾滴虫 <i>Cercomonas radiotus</i>		+			
卵形尾滴虫 <i>Cercomonas ovatus</i>					+
波动叶鞭虫 <i>Phyllomitus undulans</i>			+		
大变形虫 <i>Amoeba proteus</i> ●	+		+		
微小后卓变虫 <i>Metachaos diminutivum</i> ◆			+		
绒毛变形虫 <i>Trichamoeba vilosa</i> ●			+		
蛞蝓状卡变虫 <i>Cashia limacoides</i>					+
明亮囊变虫 <i>Saccamoeba lucens</i> ◆ ●			+		+
珊瑚囊变虫 <i>Saccamoeba gongornia</i>		+	+		
柏马氏虫 <i>Mayorella cypressa</i> ●	+	+			
蛞蝓马氏虫 <i>Mayorella limacis</i> ◆ ●				+	
裴氏马氏虫 <i>Mayorella penardi</i> ◆	+		+	+	
剑钻变虫 <i>Subulamoeba saphirina</i> ◆ ●	+				
星棘变虫 <i>Acanthamoeba astronyxis</i>	+				
树刺变虫 <i>Echinamoeba silvestris</i>		+			
外波刺变虫 <i>Echinamoeba exundans</i>					+
柔平变虫 <i>Platyamoeba placida</i> ●					+
盘变虫属一种 <i>Discamoeba</i> sp. ◇	+		+	+	
平足蒲变虫 <i>Vannella platypodia</i>	+				
奇异蒲变虫 <i>Vannella miroides</i> ●	+		+	+	+
球核甲变虫 <i>Thecamoeba sphaeronucleolus</i> ◆	+	+			
四线甲变虫 <i>Thecamoeba quadrilineata</i>	+				
条纹甲变虫 <i>Thecamoeba striata</i>			+		
沟四鞭虫 <i>Tetramitus sulcatus</i> ◆				+	
格鲁贝尔纳氏虫 <i>Naegleria gruberi</i> ●					+
内饰筒变虫 <i>Vahlkampfia inornata</i>			+		
森林地壳虫 <i>Geopyxella sylvicola</i>	+				
半球法帽虫 <i>Phryganella hemisphaerica</i>	+				
结节鳞壳虫 <i>Euglypha tuberculata</i> ●	+				
放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>		+	+		
绿刺日虫 <i>Raphidiophrys viridis</i> ◆	+			+	

+ 有分布, ◇ 未定名种, ◆ 国内土壤肉鞭虫新纪录种, ● 土壤与水生肉鞭虫群落共有物种 + Distributed, ◇ Unnamed species, ◆ New records of soil sarcodinids and flagellates in China, ● Common species between the soil and aquatic community of sarcodinids and flagellates

表2 土壤肉鞭虫群落结构

Table 2 Community structure of soil sarcodinids and flagellates					
亚门 Subphylum	纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
鞭毛亚门 Mastigophora	植鞭纲 Phytomastigophorea	绿滴目 Chloromonadida	1	1	1
		眼虫目 Euglenida	4	9	16
		金滴目 Chrysomonadida	2	3	11
		腰鞭目 Dinoflagellida	1	1	1
		隐滴目 Cryptomonadida	2	2	5
		团虫目 Volvocida	1	2	3
		动鞭纲 Zoomastigophorea			
		泥生目 Pelobiontida	1	2	5
		动基体目 Kinetoplastida	1	1	14
		分类地位未定 Uncertain taxonomic position		4	6
肉足亚门 Sarcodina	叶足纲 Lobosea	裂笄目 Schizopyrenida	1	3	3
		变形目 Amoebida	8	13	20
		表壳目 Arcellinida	2	2	2
	丝足纲 Filosea	网足目 Gromiida	1	1	1
	太阳纲 Heliozoa	太阳目 Actinophryida	1	1	1
		中阳目 Centrohelida	1	1	1

4 讨论

研究结果表明,风景名胜区土壤肉鞭虫群落具有鲜明的独特性,体现在:

4.1 物种丰富,特有和稀有物种繁多,群落结构复杂,物种组成具有独特性。

在风景名胜区各景区的土壤中共鉴定到肉鞭虫 90 种。通过与中国 5 个典型地带 9 个采样区——海南尖峰岭、云南西双版纳、湖南衡山、浙江西天目山、湖北神农架、湖北武昌珞珈山、北京小龙门、吉林长白山和青海海北^[1,3,4,6~8]及甘肃白水江国家级自然保护区土壤肉鞭虫群落的研究结果^[2]进行比较可以看出,风景名胜区土壤肉鞭虫物种比我国以上其他各地的都丰富(图 3)。

90 种肉鞭虫中,计有 5 个未定名种和 29 个国内土壤肉鞭虫新纪录种,未定名种和新纪录种合计占鞭毛虫物种总数的 37.78%,表明麦积山风景名胜区土壤中分布着为数众多的鞭毛虫特有和稀有物种。

风景名胜区土壤肉鞭虫群落复杂,包含 2 亚门 5 纲 14 目 27 科 46 属 90 种。变形目、眼虫目和动基体目为土壤肉鞭虫群落中的优势类群,绿滴目、腰鞭目、网足目、太阳目和中阳目为罕见类群。

表 3 给出的是根据 Jaccard 相似性系数公式计算得到的麦积山风景名胜区与我国其他地区土壤鞭毛虫群落^[1,3,4,6~8,32]的物种相似性系数。可以看出,风景名胜区土壤肉鞭虫物种除与白水江国家级自然保护区的为中等不相似外,与我国其他地区的均为极不相似,表明风景名胜区土壤肉鞭虫物种组成具有其独特性。

生态环境的复杂性和独特性是生物群落复杂性和独特性的基础,麦积山风景名胜区土壤肉鞭虫群落的特征与麦积山风景名胜区生态环境的复杂性和独特性^[3]有密切的关系。

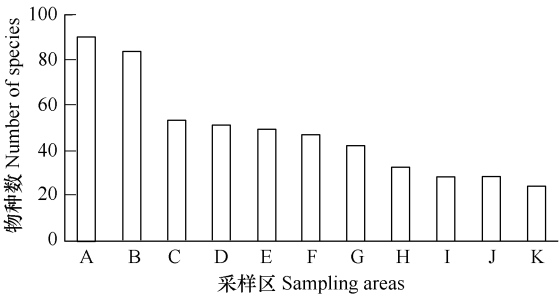


图3 全国各地土壤肉鞭虫物种数

Fig. 3 Species number of soil sarcodinids and flagellates distributed in various areas of China

A :甘肃麦积山风景名胜区 ;B :甘肃白水江国家级自然保护区 ;C :湖南衡山 ;D :浙江西天目山 ;E :吉林长白山 ;F :北京小龙门 ;G :云南西双版纳 ;H :青海海北 ;I :海南尖峰岭 ;J :湖北珞珈山 ;K :湖北神农架 A :The Scenic Spots and Historic Sites of Maijishan, Gansu ; B :the National Nature Reserve of Baishuijiang, Gansu ;C :Hengshan, Hunan ;D :Xitianmushan, Zhejiang ;E :Changbaishan, Jilin ;F :Xiaolongmen, Beijing ;G :Xishuangbanna, Yunnan ;H :Haibei, Qinghai ; I :Jianfengling, Hainan ;J :Luojishan, Hubei ;K :Shennongjia, Hubei

表 3 风景名胜區与中国其他地区土壤肉鞭虫群落的物种相似性

Table 3 Species similarity between the community of soil sarcodinids and flagellates in the Scenic Spots and Historic Sites and in other areas of China

采样区 Sampling areas	物种数 Number of species	与麦积山风景名胜區共有物种数 Number of common species with the Scenic Spots and Historic Sites	相似性系数 Similarity index
湖北武昌珞珈山 Luojiashan, Hubei	28	9	0. 083
湖北神农架 Shennongjia, Hubei	24	9	0. 086
吉林长白山 Changbaishan, Jilin	50	13	0. 102
海南尖峰岭 Jianfengling, Hainan	28	11	0. 103
浙江西天目山 Xitianmushan, Zhejiang	51	14	0. 110
湖南衡山 Hengshan, Hunan	54	17	0. 134
云南西双版纳 Xishuangbanna, Yunnan	42	16	0. 138
青海海北 Haibei, Qinghai	33	15	0. 139
北京小龙门 Xiaolongmen, Beijing	47	18	0. 151
甘肃白水江国家级自然保护区 The National Nature Reserve of Baishuijiang, Gansu	84	42	0. 318

从地质地貌来看,风景名胜區在中国大地构造框架上正好处于中国中央山系秦岭—祁连—昆仑构造带与贺兰—川滇南北构造带的交接复合部位,形成了自然地理和地质地貌的独特性。风景名胜區汇集了从元古代至新生代以紫色砾岩、砂砾岩为主体的多种沉积地层,以片岩为主的变质岩地层,以花岗岩为主的岩浆岩地层,造就了峰林中山地貌、丹霞地貌和河谷地貌。地质地貌的独特性和复杂性导致风景名胜區陆地生态环境特殊而复杂,从而为土壤肉鞭虫群落向复杂性和特殊性方面发展创造了有利条件。

从土壤类型和性质来看,风景名胜區的土壤有山地草甸土、山地棕壤、山地褐壤和黑垆土 4 种类型,其中以大面积的山地棕壤为主,属于秦岭山山地温带落叶阔叶与针叶混交林淋溶土壤。土壤 pH 值大多在 7.0 左右,持水能力强,透气性能好,自然肥力高。优良的土壤环境条件是土壤肉鞭虫群落高度发育和发展的最直接因素。

从气候来看,风景名胜區大陆性气候特征明显 温暖湿润、四季分明、冬冷却无严寒、夏热而无酷暑、雨热同季、光照充裕。

从植被来看,风景名胜區植被类型复杂,有针叶林、阔叶林、草原、灌丛、草甸、沼泽和水生植被等 7 个植被组及相关的 17 个植被类型和 59 个植被群系。复杂的植被土壤复合系统为土壤肉鞭虫群落提供了优越的生态环境。

此外,麦积山风景名胜區土壤肉鞭虫群落的复杂性和独特性与历史因素和边缘效应也有密切的关系。虽然北半球在第三纪晚期和第四纪曾多次出现冰期,但秦岭地区有记录的冰期是发生在晚更新世的太白冰期。太白冰期冰川分布的海拔高度均超过麦积山风景名胜區山地的海拔高度,这说明风景名胜區在第四纪没有受到冰川的影响,因而土壤肉鞭虫群落有足够的时间发育和发展而呈现出高度复杂性和独特性。风景名胜區地处南北气候过渡带、长江黄河水系过渡带、多种地形地貌过渡带和南北生物区系过渡带,属于典型的生物群落交错区,边缘效应使土壤肉鞭虫群落具有复杂性、独特性和过渡性的特征。

4.2 物种分布呈现高度的空间异质性。

较早期的研究者认为,土壤原生动物 (包括肉鞭虫) 物种的分布具有同质性,即大多数物种或是常见种,相同的物种存在于各种土壤生境中,或是广布种,在各种地理区域内存在,或既是广布种,又是常见种^[4, 35]。Foissner 则认为,大多数土壤原生动物 (包括肉鞭虫) 肯定既不是广布种,也不是常见种^[6],其分布具有空间异质性。

从麦积山风景名胜區鉴定到的 90 种肉鞭虫在各景区的分布情况来看,物种的丰富度与样点的多少和植被类型没有直接而明显的关系,但却表明物种分布呈现高度的空间异质性。90 种肉鞭虫中,86 种为分布系数

0.2~0.4 的罕见种,占全部物种数的 95.56% ;4 种为分布系数 0.6~0.8 的常见种,只占 4.44%。表明绝大多数的物种既非广布种,不会在所有的景区存在,也非常见种,不会在所有的生境中出现。

4.3 土壤与水生肉鞭虫群落是不同的两个独立群落。

从聚类分析结果看,两个群落的共同种 23 种,只占全部物种数的 12.11%。Jaccard 相似性系数公式计算结果表明,土壤和水生肉鞭虫群落的物种组成是极不相似的。

目前普遍认为,土壤肉鞭虫群落起源于淡水^[6~39]。基于此,许多原生动物研究者产生这样的错误观念:既然土壤肉鞭虫群落起源于淡水,那么这两个群落的种群结构是非常相似的^[40]。但事实并非如此。土壤肉鞭虫群落起源于淡水是无可争议的^[6],但由于生存环境迥然相异,土壤和水体肉鞭虫群落各自独立地向着适应土壤和水体环境的方向发展,因而即使是在同一地区,土壤和水生肉鞭虫群落的物种组成也存在很大差异。麦积山风景名胜区的土壤和水生肉鞭虫群落虽然居于同一个大的地理区域内,但二者的物种组成极不相似,事实上是两个不同的独立群落。

References :

[1] Shen Y F,Liu J,Song B Y,*et al.* Protozoa. In :Yin W Y,Yang F C,Wang Z Z, *et al.* Subtropical Soil Animals of China Chapter 5. Beijing : Science Press,1992. 97—156.

[2] Ning Y Z,Shen Y F. Ecological studies on the forest soil protozoa of Mount Luojiashan and exploration of quantitative methods for soil protozoa. Zoological Research,1996,17 (5) 225—232.

[3] Ning Y Z,Shen Y F. Soil protozoa in typical zones of China I. Faunal characteristics and distribution of species. Acta Zoologica Sinica,1998, 44 (1) 5—10.

[4] Ning Y Z,Shen Y F. Soil protozoa in typical zones of China II. Ecological study. Acta Zoologica Sinica,1998,44 (5) 271—276.

[5] Ning Y Z,Shen Y F. New records of protozoa (Sarcomastigophora) in China. Chinese Journal of Zoology,1999,34 (4) 2—5.

[6] Ning Y Z,Shen Y F. On the ecology of soil protozoans. In :Yin W Y,Zhang R Z,Yin S G,*et al.* Soil Animals of China. Beijing Science Press, 2000. 134—149.

[7] Ning Y Z,Shen Y F. Faunal characteristics of soil protozoa. In :Yin W Y,Zhang R Z,Yin S G,*et al.* Soil Animals of China. Beijing Science Press,2000. 209—220.

[8] Shen Y F,Ning YZ. Protozoa. In :Yin W Y,Hu S H,Shen Y F,*et al.* Pictorial Keys to Soil Animals of China. Beijing Science Press,2000. 7—42,393—427.

[9] Ning Y Z,Shen Y F. Collection of soil protozoa. In The Writing Group of A Handbook for the Research Methods of Soil Animals. A Handbook for the Research Methods of Soil Animals. Beijing Chinese Forestry Publishing House,1998. 56—57.

[10] Foissner W. Estimating the species richness of soil protozoa using the “non-flooded petri dish method”. In :Lee J J,Soldo A T. Protocols in Protozoology. Lawrence Allen Press,1992. B-10. 1—B-10. 2.

[11] Shen Y F. Qualitative method. In :Yin W Y,Yang F C,Wang Z Z,*et al.* Subtropical Soil Animals of China. Beijing Science Press,1992. 85—86.

[12] Bovee E C. The lobose amebas III. Descriptions of nine new conopodous amebas of the genus *Vexillifera* Schaeffer,1926,emend. Bovee 1951, 1970,with comments on the genus. Arch Protistenkd,1985,129 101—118.

[13] Corliss J O. Protozoology,2nd Edition. New York Thieme Medical Publishers Inc,1996. 1—338.

[14] Decloitre L. Le Genre *Trinema* Dujardin,1841 Révision à jour au 31. XII. 1979. Arch Protistenkd,1981,124 193—218.

[15] Decloitre L. Compléments aux publications précédentes Mise à jour au 31. XII. 1981 des genres *Arcella*,*Centropyxis*,*Cyclopyxis*,*Euglypha*,*Nebela* et *Trinema*. Arch Protistenkd, 1982,126 393—407.

[16] Decloitre L. Compléments aux publications précédentes Mise à jour au 31. XII. 1984 des genres *Arcella*,*Centropyxis*,*Cyclopyxis*,*Euglypha* et *Nebela*. Arch Protistenkd,1986,132 131—136.

[17] Foissner W. Die Urtiere (Protozoen) des Bodens. Kataloge des O?Landesmuseums N F,1994,71 169—218.

[18] Hausmann K,Hülsmann N. Protozoology. New York :Thieme Medical Publishers Inc, 1996. 1—338.

[19] Lee J J,Leedale G F,Bradbury P. An Illustrated Guide to the Protozoa,2nd Edition. Volume I,Volume II. Lawrence Allen Press Inc,2000. 1—689,1—743.

[20] Lynn M, Heather I M,Lorraine O. Illustrated Glossary of Protoctista. London Jones and Bartlett Publishers,1992. 137—288.

[1] Ogden C G,Hedley R H. An Atlas of Freshwater Testate Amoebae. Oxford Oxford University Press,1980. 1—222.

[2] Ogden C G. Notes on some Diffugiidae from Norfolk (Rhizopoda,Protozoa). Bull Br Mus Nat Hist (Zool),1980,39 (5) 125—138.

[3] Ogden C G. Observations on the systematics of the genus *Diffugia* in Britain (Rhizopoda,Protozoa). Bull Br Mus Nat Hist (Zool),1983,44 (1) 1—73.

[4] Ogden C G. Notes on testate amoebae (Protozoa :Rhizopoda) from Lake Vlasina, Yugoslavia. Bull Br Mus Nat Hist (Zool),1984,47 (6) 241—263.

[5] Page F C,Siemensma F J. Nackte Rhizopoda und Heliozoa. Stuttgart Gustav Fischer Verlag,1991. 1—297.

[6] Page F C. An Illustrated Guide Key to Freshwater and Soil Amoebae with notes on Cultivation and Ecology. Feshw Biol Assoc Scient Publ,1976, 34 1—155.

[7] Patterson D J,Larsen J. The Biology of Free-living Heterotrophic Flagellates. Oxford Oxford University Press,1991. 1—502.

[8] Feng W S,Yang J,Ye Z H,*et al.* Soil protozoa in wetland treatment system of Pb-Zn mine in Fankou. Chinese Journal of Zoology,2004,39 (1) 2—11.

[9] Hu H J,Li Y Y,Wei Y X,*et al.* Freshwater Algae of China. Shanghai Shanghai Science and Technology Press,1980. 1—525.

[10] Shen Y F. Protozoology. Beijing Science Press,1999. 139—223.

[11] Shi Z X,Wang Q X,Xie S L,*et al.* Flora Algarum Sinicarum Aquae Dulcis. Tomus VI. Euglenophyta. Beijing Science Press,1999. 1—414.

[12] Ning Y Z,Li Q L,Li X H,*et al.* Specific diversity of soil amoebae and flagellates in the National Nature Reserve of Baishuijiang,Gansu. Chinese Journal of Zoology,2007,42 (4) 81—88.

[13] Chen C D,Wang Q T. Scenic area of Maijishan,Gansu Province :outstanding example of natural and cultural heritages in ecological transitional zone. Acta Ecologica Sinica, 2007,27 (1) 1—15.

[14] Darbyshire J F. Soil protozoa-animalcules of the subterranean microenvironment. In :Walker N. Soil Microbiology. London and Boston : Butterworths,1975. 147—163.

[15] Stout J D. Reaction of ciliates to environmental factors. Ecology,1956,37 178—191.

[16] Foissner W. Soil protozoa :Fundamental problems,ecological significance,adaptations in ciliates and testaceans,bioindicators,and guide to the literature. Progress in Protistology,1987,2 69—212.

[17] Bamforth S S. Population dynamics of soil and vegetation protozoa. Am Zool,1973,13 171—176.

[18] Ghilarov M S. Bodenwirbellose als Indikatoren des Bodenhaushaltes und von bodenbildenden Prozessen. Pedobiologia,1978,18 300—309.

[9] Stout J D. The protozoan fauna of seasonally inundated soil under grassland. Soil Biol Biochem,1984,16 (1) 121—125.

[40] Stout J D. The terrestrial plankton. Tuatara,1963,11 57—65.

参考文献：

[1] 沈韞芬,刘江,宋碧玉,等. 原生动物. 见 :尹文英,杨逢春,王振中,等. 中国亚热带土壤动物 第五章. 北京 :科学出版社,1992. 97 ~156.

[2] 宁应之,沈韞芬. 珞珈山森林土壤原生动物生态学研究及土壤原生动物定量方法探讨. 动物学研究,1996,17 (5) 225~232.

[3] 宁应之,沈韞芬. 中国典型地带土壤原生动物 I. 区系特征和物种分布. 动物学报,1998,44 (1) 5~10.

[4] 宁应之,沈韞芬. 中国典型地带土壤原生动物 II. 生态学研究. 动物学报,1998,44 (5) 271~276.

[5] 宁应之,沈韞芬. 中国土壤原生动物新记录种 (肉鞭虫门). 动物学杂志,1999,34 (4) 2~5.

[6] 宁应之,沈韞芬. 土壤原生动物生态. 见 :尹文英,张荣祖,殷绥公,等. 中国土壤动物. 北京 :科学出版社,2000. 134~149.

[7] 宁应之,沈韞芬. 土壤原生动物区系特点. 见 :尹文英,张荣祖,殷绥公,等. 中国土壤动物. 北京 :科学出版社,2000. 209~220.

[9] 宁应之,沈韞芬. 土壤原生动物的采集. 见 :土壤动物研究方法手册编写组. 土壤动物研究方法手册. 北京 :中国林业出版社,1998. 56 ~57.

[11] 沈韞芬. 定性方法. 见 :尹文英,杨逢春,王振中,等. 中国亚热带土壤动物. 北京 :科学出版社,1992. 85~86.

[8] 冯伟松,杨军,叶志鸿等. 凡口铅锌矿湿地处理系统的土壤原生动物. 动物学杂志,2004,39 (1) 2~11.

[9] 胡鸿钧,李尧英,魏印心,等. 中国淡水藻类. 上海 :上海科学技术出版社,1980. 1~525.

[10] 沈韞芬主编. 原生动物学. 北京 :科学出版社,1999. 139~223.

[11] 施之新,王全喜,谢树莲,等. 中国淡水藻志. 第6卷 裸藻门. 北京 :科学出版社,1999. 1~414.

[12] 宁应之,李琦路,李晓鸿,等. 甘肃白水江国家级自然保护区土壤肉鞭虫物种多样性. 动物学杂志,2007,42 (4) 81~88.

[13] 陈昌笃,王庆田. 甘肃省麦积山景区——生态过渡带自然和文化遗产杰出范例. 生态学报,2007,27 (1) 1~15.