

甘肃小陇山麻沿林区土壤纤毛虫群落特征

邹涛^① 申海香^② 宁应之^③ 马正学^③

(^① 黄石理工学院 黄石 435003; ^② 武威职业学院 武威 733000; ^③ 西北师范大学生命科学院 兰州 730070)

摘要: 2006 年 7 月和 2007 年 11 月,用活体观察和固定染色方法对小陇山麻沿林区土壤纤毛虫群落特征进行了研究。研究中共鉴定到土壤纤毛虫 91 种,其中包括 8 个未定名种。林区土壤纤毛虫群落结构复杂,计有 3 纲 11 目 28 科 42 属 91 种,下毛目为优势类群,肾形目和前口目为次优势类群,侧口目、缘毛目和寡毛目为偶见类群,膨胀肾形虫(*Colpoda inflata*)、长篮环虫(*Cyrtolophosis elongata*)、大口薄咽虫(*Lepidopharynx eurystoma*)和长圆膜袋虫(*Cyclidium oblongum*)为优势种。林区各样点之间的土壤纤毛虫群落相似性为极不相似到中等不相似。结果表明,小陇山麻沿林区土壤纤毛虫群落物种丰富,特有和稀有物种繁多;林区各样点之间的小生境不同,土壤纤毛虫群落结构出现较大的差异。从林区生态环境的复杂性和独特性方面讨论了保护区土壤纤毛虫群落的特点。

关键词: 小陇山麻沿林区; 土壤纤毛虫; 群落特点

中图分类号: Q958.116 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)06-64-10

Community Characteristics of Soil Ciliates in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains, Gansu

ZOU Tao^① SHEN Hai Xiang^② NING Ying Zhi^③ MA Zheng Xue^③

(^① Huangshi Institute of Technology, Huangshi 435003; ^② Wuwei Occupational College, Wuwei 733000;

^③ College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The community characteristics of soil ciliates in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains was studied by live observation and silver staining from July 2006 to November 2007. Ninety one species, including 8 unnamed species, were identified. The structure of the community was complex and composed of 42 genera, 28 families, 11 orders and 3 classes. Hypotrichida was the dominant group, Colpodida and Prostomatida were the subdominant groups, Pleurostomatida, Peritrichida and Oligotrichida were the incidental group, and *Colpoda inflata*, *Cyrtolophosis elongata*, *Lepidopharynx eurystoma* and *Cyclidium oblongum* were the dominant species. The result showed the rich species in the community of soil ciliates, the community of soil ciliates was dissimilar between samples in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains, which indicated the difference of ecological environment in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains. The community characteristics of soil ciliates were discussed based on analysis on the complexity and uniqueness of ecological environment in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains.

Key words: Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains; Soil ciliates; Community characteristics

土壤生态系统是一切陆生生物的载体,也是人类赖以生存的最重要的自然资源之一。土壤纤毛虫是土壤生态系统微生物群落(microbiota community)的重要组成部分,在改良土壤和维持土壤生态系统正常功能方面具有重

基金项目 国家自然科学基金项目(No. 30470208, 30870273), 黄石理工学院院级项目(No. 09yjz32B);

第一作者介绍 邹涛,男,硕士;研究方向:土壤原生动物分类和生态;E-mail: zoutao9512@163.com.

收稿日期: 2009-04-14, 修回日期: 2009-09-18

要意义^[1]。国内与土壤纤毛虫有关的研究工作始于 20 世纪 80 年代^[2], 较为系统的工作见于沈韞芬等^[3]、宋微波^[4, 5]、宁应之等^[6~13]。在这些工作中, 涉及西北地区的很少。作者于 2006 年 7 月和 2007 年 11 月, 对小陇山麻沿林区土壤纤毛虫群落进行了研究, 旨在比较系统地了解林区土壤纤毛虫的群落特征, 为林区生物资源的可持续利用及林区的可持续发展提供基础资料, 也为我国土壤原生动物的研究积累基础资料。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区自然概况 麻沿林区处秦岭南坡嘉陵江上游, 属小陇山国家级自然保护区的一部分, 位于甘肃省徽县麻沿河乡境内。地理位置为东经 105°38′~105°39′, 北纬 34°01′~34°02′, 海拔 1 526~1 538 m。该林区包括麻沿、杨坝、锁家坪、麻安、胡广、糜岭 6 个营林区, 总面积 30 986 hm²。

林区地处秦岭南坡, 属陇南石质山地。地形西北高东南低, 最低处三渡水海拔 1 212 m, 最高处爷殿山海拔 2 279 m, 大部分地区海拔

1 400~1 800 m。土壤以山地森林土壤为主, 有黄褐土、黄棕壤、山地棕壤、山地暗棕壤等类型, pH 大多在 7.0 左右。植被类型复杂, 有常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、针阔混交林、亚高山针叶林、高山灌丛草甸等。森林覆盖率高, 达 48.7%。

林区处于我国暖温带南缘与北亚热带的过渡地带, 气候温暖湿润, 大多数地域属于暖温带-中温带半湿润大陆性季风气候类型, 年均气温 7~12℃, 极端最高气温 38℃, 极端最低气温 -18℃; 年降雨量 460~800 mm, 相对湿度 68%~78%, 年日照时数 1 520~2 313 h, 无霜期 120~218 d。

1.2 采样 在林区内依据生境类型设置 6 个样区, 每个样区再根据小生境设置采样点(图 1)。其中 1 号样区(楸木沟)植被类型为针阔混交林; 2 号样区(中滩沟)为灌丛草甸; 3 号样区(杨家沟)为灌木林; 4 号样区(爷殿山)为亚落叶松针叶林; 5 号样区(黑狐沟)为落叶阔叶林; 6 号样区(宽沟)为华山松(*Pinus armandii*)和栎树(*Quercus*)针阔混交林。

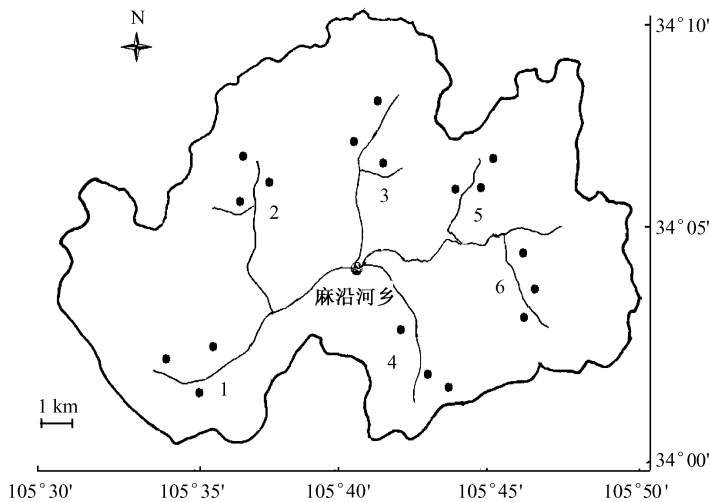


图 1 小陇山麻沿林区土壤纤毛虫采样点

Fig. 1 Sample sites of soil ciliates in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains

1. 楸木沟; 2. 中滩沟; 3. 杨家沟; 4. 爷殿山; 5. 黑狐沟; 6. 宽沟; 图中圆点表示采样点, 线表示采样线路。

1. Qiumugou; 2. Zhongtangou; 3. Yangjiagou; 4. Yedianshan; 5. Heihugou; 6. Kuangou; Dots symbolized the sampling sites, lines symbolized the sampling route.

每个样区分别选取 3 个采样点, 在每个采样点选取面积约 20 m × 20 m 的范围内, 拣去表面的新鲜凋落物, 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 5 个。然后将每个样区采到的 15 份土样混合均匀, 根据实验需要取适量的混合土样带回实验室备

用^[14]。

采样时间分别为 2006 年 7 月 10~ 14 日和 2007 年 10 月 3、4 日。采样时测量土壤温度、湿度和 pH, 并记录土壤类型。各样点间的温度和 pH 差异不大, 但湿度和含水率变化较大, 其幅度分别为 7.7% 和 17.6% (表 1)。

表 1 小陇山自然保护区麻沿林区土壤理化数据

理化性质 Physicochemical properties	样点 Sampling sites					
	楸木沟 Qiumu gou	中滩沟 Zhongtan gou	杨家沟 Yangjia gou	爷殿山 Yedian shan	黑狐沟 Heihugou	宽沟 Kuangou
温度 Temperature (℃)	17.0	17.3	17.7	16.5	17.3	16.7
相对湿度 Relative humidity (%)	37.0	29.3	32.7	35.3	35.3	32.7
含水率 Moisture (%)	43.6	26.0	34.6	37.3	41.0	28.0
pH	7.1	7.2	7.0	7.1	7.1	7.0

1.2 样品预处理 土样带回实验室后, 倒入白瓷盘中, 混合均匀, 自然风干。在此过程中, 紧闭门窗并用透气草纸覆盖土样, 以防止外界空气中的纤毛虫包囊进入土样中。

1.3 定性和定量研究方法 定性研究采用“非淹没培养皿法”(nonflooded petri dish method)^[15], 每份风干土样取 10~ 50 g 于直径 90 mm 培养皿中, 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。培养后第 4 d 开始镜检鉴定物种, 鉴定技术包括活体观察和固定染色, 固定染色技术参考 Fernandez Galiano^[16]、宋微波等^[17]和 Wilbert^[18]的方法, 鉴定资料参考文献^[19~ 20]。定量研究采用直接计数法^[14]。

1.4 优势类群和优势种的划分及群落相似性系数计算 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定义为优势类群和次优势类群, 将单种的目定义为偶见类群。对培养 4~ 14 d 各物种的出现频次和数量进行统计, 将出现频次和数量统计结果最高的物种定义为优势种。

用 Jaccard 相似性系数公式 $J = c / (a + b - c)$ 计算群落相似性系数, 式中, J 为相似性系

数, a 、 b 、 c 分别为 a 地、 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。

1.5 C/P 系数计算 肾形目纤毛虫种类数与包括下毛类、寡毛类、异毛类在内的多膜类纤毛虫种类数的比率即为 C/P 系数, 它可以在一定程度上反映土壤纤毛虫所在生境环境条件的极端性, 在普通的生境中 C/P 系数小于或等于 1, 而在不可预测的极端生境中 C/P 系数大于 1^[25, 27]。

1.6 数据统计 用 SPSS 层次聚类 Q 型聚类对土壤纤毛类原生动物在各样点中的分布情况进行聚类分析。其中个体距离采用欧氏距离 (Euclidean distance), 类间距离采用平均组间连锁距离 (linkage)。

2 结 果

2.1 物种组成与群落结构 在小陇山麻沿林区的土壤中共鉴定到纤毛虫 91 种, 隶属于 3 纲 11 目 28 科 42 属 (表 2)。在所鉴定到的 91 种纤毛虫中, 计有 8 个未定名种 (表 3)。

表 2 小陇山麻沿林区土壤纤毛虫群落结构

Table 2 Community structure of soil ciliates in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains					
门 Phylum	纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
纤毛门 Ciliophora	动基片纲 Kinetofragminophorea	前口目 Prostomatida	5	8	19
		侧口目 Pleurostomatida	1	1	1
		肾形目 Colpodida	4	7	20
		篮口目 Nassulida	2	4	7
	寡膜纲 Oligohymenophorea	管口目 Cyrtophorida	1	1	3
		膜口目 Hymenostomatida	2	2	2
		盾纤目 Scuticociliatida	3	4	9
		缘毛目 Pentrichida	1	1	1
	多膜纲 Polyhymenophorea	异毛目 Heterotrichida	2	2	4
		寡毛目 Oligotrichida	1	1	1
		下毛目 Hypotrichida	6	11	24
总计 Total	3	11	28	42	91

表 3 小陇山麻沿林区土壤纤毛虫物种及其在各样点的分布

Table 3 Species and distribution of soil ciliates in various sapling sites of Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains						
物种 Species	分布 Distribution of species					
	楸木沟	中滩沟	杨家沟	爷殿山	黑狐沟	宽沟
	Qiumu gou	Zhongtangou	Yangjiagou	Yedianshan	Heihugou	Kuangou
腔裸口虫 <i>Holophrya atra</i>	1			1		1
筒裸口虫 <i>H. simplex</i>		1		1	1	
胃形斜口虫 <i>Enchelys gasterosteus</i>	1				1	
易变斜口虫 <i>E. mutans</i>	1					
斜齿虫属一种 <i>Enchelyodon</i> sp.	1					
智利管叶虫 <i>Trachdaphyllum chilense</i>	1				1	
卑怯管叶虫 <i>T. pusillum</i>	1		1			1
非洲管叶虫 <i>T. africanum</i>					1	
管形虫属一种 <i>Phialina</i> sp.			1			1
琴刀口虫 <i>Spathidium athara</i>	1					
棍刀口虫 <i>S. claviforme</i>						1
艾塔斯刀口虫 <i>S. etosdense</i>			1			
苔藓刀口虫 <i>S. muscicola</i>	1				1	1
浮雕刀口虫 <i>S. scalpriforme</i>		1		1		1
刀刀口虫 <i>S. pathula</i>					1	
刀口虫属一种 <i>S.</i> sp.				1	1	
纳米比亚拱形刀口虫 <i>Araucospathidium namibense</i>				1		1
美洲长颈虫 <i>Dileptus americanus</i>	1					1
裂口长颈虫 <i>D. amphileptooides</i>		1				1
肋裂口虫 <i>Amphileptus pleurosigna</i>	1					
僧帽肾形虫 <i>Colpoda cucullus</i>			2		1	2
土壤肾形虫 <i>C. edaphoni</i>		1			1	1
迅捷肾形虫 <i>C. fastigata</i>					1	1
背沟肾形虫 <i>C. hemeguyi</i>	1				1	
膨胀肾形虫 <i>C. inflata</i>	3	1	1	2	3	3
不规则肾形虫 <i>C. irregularis</i>			1	1		
莫氏肾形虫 <i>C. maupeyi</i>	2				2	2
前突肾形虫 <i>C. peneardi</i>				1		

续表 3

物种 Species	分布 Distribution of species					
	楸木沟	中滩沟	杨家沟	爷殿山	黑狐沟	宽沟
	Qiumu gou	Zhongtangou	Yangjiagou	Yedianshan	Heihugou	Kuangou
肾状肾形虫 <i>C. reniformis</i>	1		1			1
齿脊肾形虫 <i>C. steinii</i>				2	1	2
贪食阔庭虫 <i>Bresslaua vorax</i>	1					1
吻吴氏虫 <i>Woodruffia rostrata</i>				1		1
沫顶匙口虫 <i>Platyphrya spumacola</i>				1		
贪食匙口虫 <i>P. vorax</i>				1		1
尖锐密粒虫 <i>Grossglockneria acuta</i>					1	
卡氏颠毛虫 <i>Stammeridium kahli</i>	1					
袋篮环虫 <i>Cyrtolophosis bursaria</i>	1		1	1		1
长篮环虫 <i>C. elongata</i>	3	1	2	3	3	2
大篮环虫 <i>C. major</i>				1		1
粘液篮环虫 <i>C. muscicola</i>	1			1	1	1
绣花篮口虫 <i>Nassula picta</i>		1		1	1	
篮口虫属一种 <i>N. sp.</i>	1					
活泼拟小胸虫 <i>Pseudomicrotharax agilis</i>						1
旋转单镰虫 <i>Drepanomonas revoluta</i>	1				1	
有肋薄咽虫 <i>Leptopharynx costatus</i>	1	1		1	2	
大口薄咽虫 <i>L. eurystoma</i>	2	2	2	3	2	2
水藓薄咽虫 <i>L. sphagnetorum</i>	1	2		1	1	
巴维利亚斜管虫 <i>Chilodonella bavariensis</i>		1		1		
帽斜管虫 <i>C. capucina</i>			1			
钩刺斜管虫 <i>C. uncinata</i>	1		1			
闪烁目虫 <i>Glaucoma scintillans</i>			1			
前口虫属一种 <i>Frontonia sp.</i>	1				1	1
珍珠映毛虫 <i>Cinetochilum margaritaceum</i>	1			1	1	1
苔藓嗜腐虫 <i>Saprophilus muscorum</i>	1				1	1
蝶形康纤虫 <i>Cohnilembus vexillarius</i>	1	1				
银灰膜袋虫 <i>Cyclidium glaucoma</i>	1			2	1	1
颗粒膜袋虫 <i>C. granulosum</i>				1		
苔藓膜袋虫 <i>C. muscicola</i>	2	1	1		1	2
长圆膜袋虫 <i>C. oblongum</i>	3	2	2	1	2	3
单一膜袋虫 <i>C. singulare</i>						1
善变膜袋虫 <i>C. versatile</i>		1		1	1	1
条纹钟虫 <i>Vorticella striata</i>	1	1			1	1
透明赭虫 <i>Blepharisma hyalinum</i>	1			1		1
单核赭虫 <i>B. steinii</i>	1				1	1
赭虫属一种 <i>B. sp.</i>	1					
细长扭头虫 <i>Metopus haesi</i>					1	1
大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i>	2	1			2	
苔藓圆纤虫 <i>Strongylidium muscorum</i>	1					
矛形圆纤虫 <i>S. lanceolatum</i>	1		1			
苔藓全列虫 <i>Holosticha muscorum</i>			1	1	2	
乙状全列虫 <i>H. sigmoidæa</i>				1		
全列虫属一种 <i>H. sp.</i>					1	
尾瘦尾虫 <i>Uroleptus caudatus</i>	1		1	1		
差异瘦尾虫 <i>U. dispar</i>	1				1	
蛇形瘦尾虫 <i>U. halseyi</i>	1			1		1

续表 3

物种 Species	分布 Distribution of species					
	楸木沟 Qiumu gou	中滩沟 Zhongtangou	杨家沟 Yangjiagou	爷殿山 Yedianshan	黑狐沟 Heihugou	宽沟 Kuangou
苔藓瘦尾虫 <i>U. muscorum</i>			1			
瘦尾虫属一种 <i>U. sp.</i>				1		1
近亲殖口虫 <i>Gonostomum affine</i>			1		1	1
伪尖毛虫 <i>Oxytrich fallax</i>	1					2
小矛尖毛虫 <i>O. lanceolata</i>						1
长颗粒尖毛虫 <i>O. longigranulosa</i>	1			2		1
小尖毛虫 <i>O. minor</i>	2		1	1	1	
腐生尖毛虫 <i>O. saprobia</i>			1			
似尖毛虫 <i>O. similis</i>		1				
膜状急纤虫 <i>Tachysoma pallionella</i>	1					
苔藓织毛虫 <i>Histiculus muscorum</i>		1		1	2	
似织毛虫 <i>H. similis</i>	2	1	1		1	2
尖锐片尾虫 <i>Urosoma acuminata</i>			1			
活泼似片尾虫 <i>Urosomoida agilisformis</i>		1		1	1	
锐利 纤虫 <i>Aspidisca lynceus</i>	1					
粘游仆虫 <i>Euplotes muscicola</i>	1				1	1

1、2、3 表示有分布及相对数量, 相对数量分别约为 10、100、1 000。
1, 2, 3 Distribution and individual relative abundance, relative abundance were approximate to 10, 100, 1 000

从土壤纤毛虫群落结构来看, 动基片纲的物种最为丰富, 共有 50 种, 占纤毛虫物种总数的 54. 95%; 多膜纲和寡膜纲的物种相对较少, 各有 29 种和 12 种, 分别占 31. 87% 和 13. 19%。其中下毛目为优势类群, 计有 24 种, 占纤毛虫物种总数的 26. 37%; 肾形目和前口目为次优势类群, 各有 20 种和 19 种, 分别占纤毛虫物种总数的 21. 98% 和 20. 88%; 侧口目和寡毛目为稀有类群。

根据对培养 4~ 14 d 各物种的出现频次和数量的统计结果, 群落的优势种为膨胀肾形虫、长篮环虫、大口薄咽虫和长圆膜袋虫(表 3)。

2.3 物种在各样区的分布 91 种纤毛虫在各样区的分布以楸木沟物种最丰富, 分布有 48 种, 占物种总数的 52. 75%; 宽沟、黑狐沟、爷殿山、杨家沟和中滩沟各分布有 45、42、36、24 和 21 种, 分别占物种总数的 49. 45%、46. 15%、39. 56%、26. 37% 和 23. 08%。

对 91 种纤毛虫在各样区的分布进行聚类, 结果见图 2。在欧氏距离 14. 09 水平截取, 91 种纤毛虫聚为 3 组, A 组 34 种, 为分布频率

0. 50~ 0. 67 的常见种; B 组 51 种, 为分布频率 0. 17~ 0. 33 的罕见种; C 组 6 种, 为分布频率 0. 83~ 1. 00 的广布种。似织毛虫、膨胀肾形虫、长篮环虫、大口薄咽虫和长圆膜袋虫为林区土壤纤毛虫群落中的广布种。

2.4 群落相似性系数 表 4 为小陇山麻沿林区各样点之间土壤纤毛虫的相似性比较。从表中可以看出, 林区各样点之间土壤纤毛虫的相似性系数介于 0~ 0. 25 及 0. 25~ 0. 50 之间, 为极不相似到中等不相似。群落相似性的差异表明不同采样区土壤的生态环境存在较大的差异。

2.5 C/P 系数 在本研究中, 肾形目纤毛虫种类数为 20 种, 多膜类纤毛虫种类数 29 种, 其 C/P 系数为 0. 69, 表明麻沿林区生境比较适合土壤纤毛虫生长繁殖。

2.6 环境因子与群落参数 将环境因子与群落结构参数进行二元变量的相关性分析(表 5): 种类数、丰度与土温、pH 之间均无显著的相关性, 而与土壤湿度和含水量呈显著正相关, 相关性系数分别为 0. 904、0. 900 和 0. 910、0. 913。

依据相关性系数的大小可知, 在各环境因子中, 量; 而对丰度影响最大的是土壤含水量, 其次是对种类数影响最大的是土壤湿度, 其次是含水量湿度。

表 4 小陇山麻沿林区各样点间的土壤纤毛虫相似性比较
Table 4 Similarities comparison of soil ciliates between any two samples in the
Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains

样点 Sampling sites	相似性系数 Similarity index					
	楸木沟 Qiumugou	中滩沟 Zhongtangou	杨家沟 Yangjiagou	爷殿山 Yedianshan	黑狐沟 Heihugou	宽沟 Kuangou
楸木沟 Qiumugou						
中滩沟 Zhongtangou	0. 19					
杨家沟 Yangjiagou	0. 22	0. 15				
爷殿山 Yedianshan	0. 24	0. 30	0. 18			
黑狐沟 Heihugou	0. 38	0. 34	0. 18	0. 30		
宽沟 Kuangou	0. 41	0. 20	0. 21	0. 33	0. 36	

表 5 小陇山麻沿林区环境因子与土壤纤毛虫群落结构参数的相关分析
Table 5 The correlation analysis between environmental factors and structural parameters of ciliates
community in the Mayan Forest Region of Xiaolong Mountains

		土壤温度 Soil temperature	湿度 Humidity	含水量 Soil water content	pH
种类数 Number of species	皮尔逊相关系数 Pearson correlation	- 0. 522	0. 848*	0. 833*	- 0. 304
	P	0. 289	0. 013	0. 014	0. 558
丰度 Abundance	皮尔逊相关系数 Pearson correlation	- 0. 616	0. 910*	0. 913*	- 0. 236
	P	0. 193	0. 012	0. 013	0. 653

* 0. 05 水平显著相关。* Correlation is significant at the 0. 05 level.

3 讨 论

3.1 林区土壤纤毛虫物种丰富 小陇山麻沿林区的土壤动物种类低于麦积山风景名胜區 (115 种)^[1], 但多于白水江自然保护区 (71 种)^[28]、北京小龙门 (68 种)^[12]、西双版纳 (65 种)^[3]、吉林长白山 (57 种)^[26]、海南尖峰岭 (45 种)^[3]、广东大鹏半岛 (42 种)^[29]、青海海北 (38 种)^[26]、湖北神农架 (35 种)^[12]、湖南衡山 (33 种)^[7]、湖北珞珈山 (25 种)^[12] 和浙江西天目山 (19 种)^[7] 的种类数, 说明其纤毛虫的种类比较丰富。
Foissner 等学者^[25, 27] 的研究表明, 采样点数量常常或多或少地影响调查结果。如果再增加采样次数和采样点的话, 麻沿林区土壤纤毛虫

群落的物种很可能还要丰富。
3.2 环境因子与群落参数的关系 土壤纤毛虫在地球上的分布虽极为广泛, 但受到与环境相关的生态因子的制约, 土壤微域环境中的含水量、温度、酸碱性和土壤纤毛虫分布范围的影响尤为突出。如果水分蒸发, 会导致土壤溶液变浓和渗透压增大, 当降水量增多时会造成厌氧环境, 因此, 土壤水分是影响土壤纤毛虫生存的重要因子。对于大多数土壤纤毛虫而言, 生长的温度上限为 35℃ 左右^[7]。大多数纤毛虫对土壤的酸碱性能表现不敏感, 可在相对宽的 pH 范围内存活^[30], 但最适 pH 范围比较窄。因此, 许多种类不能忍受过酸或过碱的土壤环境。在本研究中影响其群落结构的环境因子主要是土壤湿度和含水量。

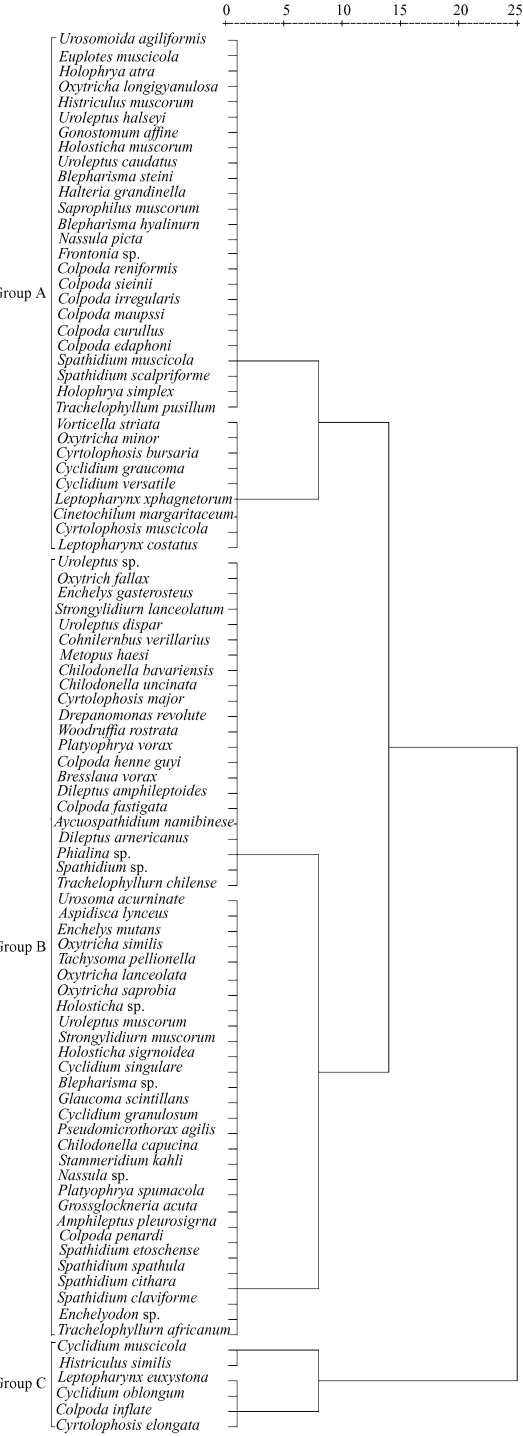


图 2 小陇山麻沿林区土壤纤毛虫物种分布聚类图
Fig. 2 Cluster analysis of species distribution of soil ciliates in various sampling sites of Mayan Forest
Region of Xiaolong Mountains
图中标尺表示欧氏距离。
Rulers symbolized Euclidean distance.

3.3 群落特征与林区生态环境的关系 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。采样区的植被类型、凋落物层厚度、水热条件、土壤类型、土壤理化特征以及地形、坡向、坡度等具体小环境条件的差异对纤毛虫在土壤的分布有或多或少的影 响。植被种类不同,掉落在土壤表面上的凋落物自然也不同,而不同凋落物分解的难易程度是有差别的;植株密度不同又会使不同样点土壤表层所获得的光照和土壤中的水分有差异。地表温度不同,土壤的矿化作用也就不同,凋落物层分解的难易程度不同,这些因素都影响到土壤纤毛虫食物的类型和多寡,进而影响到土壤纤毛虫物种多样性。

小陇山麻沿林区内山坡陡峭,沟谷短促,面积窄狭,形成宽窄相间的葫芦状谷形,坡地和沟谷侵蚀强烈使山体地形形态破碎,地貌结构更加复杂。复杂的地形保护了该区自然森林植物群落,为多种物种生存提供了所需的资源条件,从而为土壤纤毛虫群落向复杂性和特殊性方面发展创造了有利条件。林区气候温暖湿润,优越的气候条件孕育了丰富而独特的土壤纤毛虫物种多样性。林区处在陆地动物地理分布区划的东洋界与古北界的过渡地带,属于典型的生物群落交错区,边缘效应使土壤纤毛虫群落具有复杂性、区域特性和过渡性的特点。植被类型复杂,土壤类型多样,复杂多样的植被-土壤复合系统无疑为土壤纤毛虫群落的发育和发展提供了优越的生态环境。本研究中的 C/P 系数也从一个侧面反映了麻沿林区生态环境比较适合土壤纤毛虫生长繁殖。

从各样区的小生境来看,小陇山麻沿林区 6 个采样区植被类型不同,纤毛虫的种类数和相对数量出现差异。其中 1 号和 6 号样区为针阔混交林,土壤表层能获得充足的光照,且土壤水分充足,土壤表层凋落物厚,凋落物易分解,土壤纤毛虫能得到充足食物,因此其种类数和相对数量最大;5 号、4 号样区种类数和相对数量次之,其原因为 5 号样区为落叶阔叶林,土壤表层虽能获得充足的光照,但土壤表层凋落物

较薄,有机质较少,而4号样区为落叶松针叶林,土壤表层凋落物较厚,但针叶林植株密度大,土壤表层不能获得充足的光照,地表温度低,凋落物不易分解,因此5号、4号样区种类数和相对数量较小;2号样区为灌丛草甸,3号样区为灌木林,土壤表层凋落物薄,土壤纤毛虫得不到足够的食物,故2号、3号样区的种类数和相对数量最小。可见植被类型是造成6个样区土壤纤毛虫种类数和相对数量出现差异的主要因素。

致谢 本次调查的采样工作得到了西北师范大学生命科学学院2005级研究生王娟、惠继瑞,2004级本科生严谨、冯强生、陈明忠等同学的大力帮助,在此向他们致以诚挚的谢意。

参 考 文 献

- [1] 宁应之,王娟,刘娜等.甘肃天水麦积山风景名胜区内土壤纤毛虫的物种多样性.动物学研究,2007,28(4):367~373.
- [2] 崔振东.长白山北坡针阔混交林土壤原生动物的生态分布.生态学杂志,1986,2:3~7.
- [3] 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.北京:科学出版社,1992,97~156.
- [4] 宋微波.长颈虫属两种土壤纤毛虫研究(动基片纲:刺钩目).动物分类学报,1994,19(4):385~391.
- [5] 宋微波.青岛地区土壤纤毛虫区系:I.动基片纲,寡膜纲,肾形纲.青岛海洋大学学报,1994,24(1):15~23.
- [6] 宁应之,沈韞芬.珙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(3):225~232.
- [7] 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.
- [8] 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(3):271~276.
- [9] 宁应之,沈韞芬.中国土壤原生动物新记录种(纤毛虫门:多膜纲,下毛目).见:中国动物学会.中国动物科学研究.北京:中国林业出版社,1999,156~160.
- [10] 宁应之,沈韞芬.中国土壤原生动物新记录种(纤毛虫门:寡膜纲).动物学杂志,1999,34(6):2~4.
- [11] 宁应之,沈韞芬.中国土壤原生动物新记录种(纤毛虫门:多膜纲,异毛目).动物学杂志,2000,35(1):2~4.
- [12] 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.
- [13] 宁应之,马正学,胡春香等.麦积山风景名胜区微型生物多样性.兰州:甘肃科学技术出版社,2008,118~205.
- [14] 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,1998,56~72.
- [15] Foissner W. Estimating the species richness of soil protozoa using the "nonr flooded petri dish method". In: Lee J J, Soldo A T eds. Protocols in Protozoology. Lawrence: Allen Press, 1992, B 10.1~ B 10.2.
- [16] Fernandez Galiano D. Silver impregnation of ciliated protozoa: procedure yielding good results with the pyridinated carbonate method. Trans Am Microsc Soc, 1976,95:557~560.
- [17] 宋微波,徐奎栋.纤毛虫原生动物形态学研究的常用方法.海洋科学,1994,6:6~8.
- [18] Wilbert N. Eine verbesserte Technik der Protargolimpragnation für Ciliaten. Mikrokosmos, 1975,6:171~179.
- [19] Berger H. Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichia). In: Dumont H J, Wergler M J A eds. Monographiae Biologicae. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999, Vol. 78: i~xii, 1~1080.
- [20] Foissner W. Colpodea (Ciliophora). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1993, 1~798.
- [21] Foissner W. Tropical protozoan diversity: 80 ciliates species (Protozoa, Ciliophora) in a soil sample from a tropical dry forest of Costa Rica, with description of four new genera and seven new species. Arch Protistenkd, 1995,145:37~79.
- [22] Foissner W. Soil ciliates (Protozoa: Ciliophora) from evergreen rain forests of Australia, South America and Costa Rica: diversity and description of new species. Biol Fertil Soils, 1997,25:317~339.
- [23] Foissner W. Global soil ciliate (Protozoa, Ciliophora) diversity: a probability based approach using large sample collectives from Africa, Australia, and Antarctica. Biodiv Conserv, 1997,6:1627~1638.
- [24] Foissner W. An updated compilation of world soil ciliates (Protozoa, Ciliophora), with ecological notes, new records, and descriptions of new species. Eur J Protistol, 1998,34:195~235.
- [25] Foissner W, Agatha S, Berger H. Soil ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Namibia (Southwest Africa), with emphasis on two contrasting environments, the Etosha Region and the Namib Desert (Vol. 2). Denisia: Museum of Upper Austria 2002, 1~1459.
- [26] Shen Y F, Ning Y Z. Protozoa. In: Yin W Y, Zhang R Z, Yin S G, et al. eds. Pictorial Keys to Soil Animals of China.

Beijing: Science Press, 2000, 24~ 42, 409~ 427.

[27] 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

[28] 邹涛, 宁应之, 李晓鸿等. 白水江自然保护区土壤纤毛虫群落特点. 西北师范大学学报(自然科学版), 2008, **44** (2): 87~ 91.

[29] 徐润林, 孙逸湘. 大鹏半岛土壤纤毛虫的群落特点. 应用生态学报, 2000, **11**(3): 428~ 430.

[30] Stout J D. Reaction of ciliates to environmental factors. *Ecology*, 1956, **37**: 178~ 191.

《动物学杂志》投稿注意事项

1 稿件的投寄

稿件通过本刊的电子信箱(E-mail: journal@ioz.ac.cn) 投寄(Word 文件作附件), 同时邮寄打印稿一份, 小四号字单面 1.5 倍行距打印。

2 论文的格式要求

题目 应言简意赅。中文题目字数一般不超过 20 个字; 英文题目不超过 10 个实词, 实词首字母大写。

作者 署名人应是对论文的全部或部分内容做出主要贡献, 并能对文章内容负责的人。

单位 应写作者单位的标准全称及所在地和邮编。

摘要 中文摘要要放在文首。内容必须包括: 研究目的、方法、结果(主要数据) 和结论。用第三人称叙述。英文摘要要放在中文摘要下面, 其内容应与中文摘要相对应或略详于中文摘要。

关键词 一般为 3~ 5 个, 中英文对应, 分别列在中英文摘要下面。

前言 结合文献阐述国内外相关研究领域的发展状况及本研究的目的和意义。

正文 材料与方法对材料的来源及方法的出处应详细陈述; 结果的数据要完整, 微观形态的稿件应有实验照片作为依据, 文字叙述要简洁明了, 与图表内容相互呼应; 讨论应依据前言的内容、结果的数据、现象展开讨论, 以达到解决问题或得出结论的目的。

全文书写规格 文中请使用国家颁布的法定计量单位和符号及规范化的名词、术语。文中首次出现的英文缩写词, 应先写出中文名称后, 再在括号内写出英文全称和缩写词。物种名称在文中第一次出现时应附拉丁学名(种属名用斜体, 属名首字母大写)。名词术语的用法文中应前后一致。

①**小标题:** 应简短准确、层次清楚。各级标题一律采用阿拉伯数字连续编码, 左顶格编排, 如“1”(一级标)、“1. 1”(二级标)、“1. 1. 1”(三级标)。

②**图表:** 力求精选, 反应同一数据的图与表不能重复。其序号一律采用阿拉伯数字编码, 在文中引用处注明。线条图应用计算机绘制, 激光打印机打印; 照片图要求反差适中、层次清晰。显微及电镜照片, 应注明长度标尺和放大倍数。

参考文献 应列出与本文直接有关的中外文主要文献。本刊文献的著录格式采用顺序编码制, 即以文献在文中出现的先后顺序连续编码, 加方括号标注在文中引用处, 文后文献表的文献要与文中一致, 并按文中的顺序排列, 多名作者须在列出前三名作者后加“ , 等”。具体格式要求为:

①**期刊:** 作者. 题名. 刊名, 出版年, 卷(期) 号: 起止页码. 示例:

[1] 郑光美. 黄腹角雉. *动物学杂志*, 1987, 22(5): 40~ 43.

[2] Wu P, Zhou K Y. General condition of systematics study on Tesudines. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33(6): 38~ 45.

②**专著:** 作者. 书名. 版本(第一版不标注). 出版地: 出版者, 出版年, 起止页码. 示例:

[3] 孙儒泳. 动物生态学原理(2 版). 北京: 北京师范大学出版社, 1992, 329~ 330.

[4] Jiang Z G. *Conservation Biology*. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1997, 160~ 164.

③**论文集:** 作者. 题名// 编者. 论文集名. 出版地: 出版者, 出版年, 起止页码. 示例:

[5] 陈大元. 动物显微受精与克隆研究// 中国动物学会. 中国动物科学研究. 北京: 中国林业出版社, 1999, 59~ 64.

[6] Yang T. On the leeches from Wuling Mountains area in south China// Song D X. *Invertebrates of Wuling Mountains Area, Southwestern China*. Beijing: Science Press, 1997, 395~ 399.