

# 白水江自然保护区土壤纤毛虫群落特点

邹涛<sup>1</sup>, 宁应之<sup>1\*</sup>, 李晓鸿<sup>2</sup>, 马正学<sup>1</sup>, 毛金平<sup>1</sup>, 刘恺<sup>1</sup>, 白雪梅<sup>1</sup>

(1. 西北师范大学 生命科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃林业职业技术学院, 甘肃 天水 741020)

**摘要:** 2004年2月至2006年5月, 用活体观察和固定染色方法对白水江自然保护区土壤纤毛虫群落特点进行了研究. 结果表明, 白水江自然保护区土壤纤毛虫群落物种丰富, 特有和稀有物种繁多, 研究中共鉴定到土壤纤毛虫71种, 其中包括2个未定名种和24个中国土壤纤毛虫新纪录种. 保护区土壤纤毛虫群落结构复杂, 计有3纲、11目、33科、42属、71种. 前口类为优势类群; 下毛类和肾形类为次优势类群; 合膜类为偶见类群; 巴维利亚斜管虫、大口薄咽虫和长圆膜袋虫为优势种. 保护区土壤纤毛虫群落与我国已有研究报道的其他地区的均极不相似, 具有鲜明的地域特性. 从保护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:** 白水江自然保护区; 土壤纤毛虫; 群落特点

中图分类号: Q 958

文献标识码: A

文章编号: 1001-988X(2008)02-0087-05

## Community characteristics of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang

ZOU Tao<sup>1</sup>, NING Ying-zhi<sup>1</sup>, LI Xiao-hong<sup>2</sup>, MA Zheng-xue<sup>1</sup>,  
MAO Jin-ping<sup>1</sup>, LIU Kai<sup>1</sup>, BAI Xue-mei<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. Gansu Forestry Technological College, Tianshui 741020, Gansu, China)

**Abstract:** The community characteristics of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang is studied using observation in vivo and fixation and staining methods from February of 2004 to May of 2006. The result shows that there are rich species and endemic and rare species in the community of soil ciliates, and 71 species, including 2 unnamed species and 24 new records of soil ciliates in China, are identified. The structure of the community is complex and composed of 3 classes, 11 orders, 33 families, 42 genera and 71 species, and Prostomatids is the dominant group, Hypotrichids and Colpodids are the subdominant groups, and Synhymeniids is the incidental group, and *Chilodonella barvariensis*, *Leptopharynx eurostoma* and *Cyclidium oblongum* are the dominant species. The community of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang is quite dissimilar to that in other areas with reported results of study in China, which indicated the prominent uniqueness of the community of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang. The community characteristics of soil ciliates are discussed based on analysis on the complexity and uniqueness of ecological environment in the National Nature Reserve of Baishuijiang.

**Key words:** National Nature Reserve of Baishuijiang; soil ciliates; community characteristics

土壤纤毛虫是土壤生态系统微型生物群落 (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要意义. 国内与土壤纤毛虫有关的研究工作始于20世

收稿日期: 2007-04-13; 修改稿收到日期: 2007-09-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39800018, 30470208)

作者简介: 邹涛 (1971-), 男, 湖北黄石人, 硕士研究生. 主要研究方向为污染生态学.

\* 通讯联系人, E-mail: ningyz@nwnu.edu.cn

纪80年代<sup>[1]</sup>,较为系统的工作见于文献[2]~[10]的报道.在这些工作中,涉及西北地区的很少.多年来,白水江自然保护区高等植物、昆虫、蜘蛛及各类脊椎动物的研究工作已做过不少,但原生动物的研究尚属空白.2004年2月至2006年5月,笔者对白水江国家级自然保护区土壤纤毛虫群落进行了考察研究,旨在比较系统地了解保护区土壤纤毛虫的群落特征,以及土壤纤毛虫在保护区土壤生态系统物质循环和能量流动及生物多样性维持机制中的作用,以期为保护区生物资源的可持续利用及可持续发展提供基础资料,同时为我国土壤原生动物的研究积累基础资料.

## 1 研究方法

- |          |          |
|----------|----------|
| 1 堡子坪    |          |
| 2 邱家坝    |          |
| 3 铁楼寨    |          |
| 4 上丹     |          |
| 5 丹堡     |          |
| 6 大岭梁    |          |
| 7 攀葛河    |          |
| 8 七信沟    |          |
| 9 关头     |          |
| 10 柏元    | 14 石龙沟   |
| 11 旧香坪   | 15 中庙    |
| 12 黑阴沟   | 16 三仓楚家坝 |
| 13 碧峰沟白果 | 17 盘底铁炉沟 |

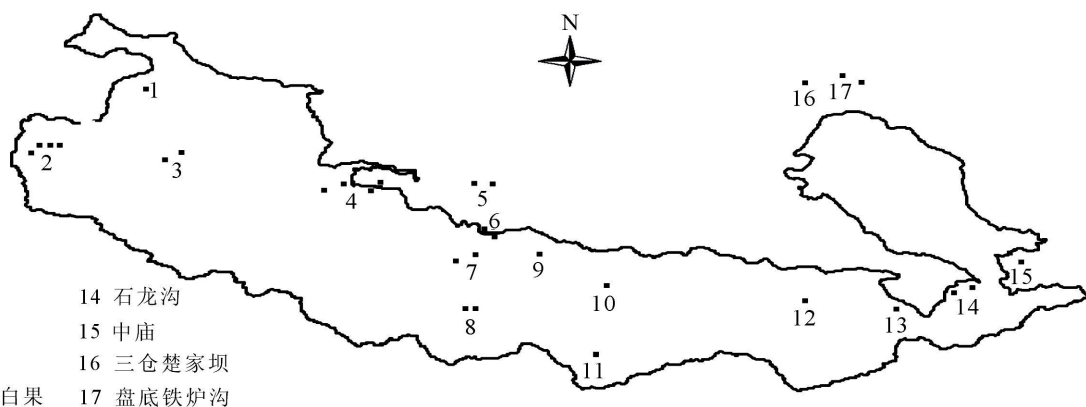


图1 白水江自然保护区土壤纤毛虫采样点

Fig 1 Sampling sites of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang

### 1.3 样品预处理

土样带回实验室后,倒入白瓷盘中自然风干.此过程需防止外界空气中的纤毛虫包囊进入土样.

### 1.4 培养和鉴定

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)<sup>[12]</sup>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2 d开始镜检鉴定物种,鉴定技术包括活体观察和固定染色.固定染色技术参照文献[13]~[15],鉴定资料见文献[2](P97-156)~[4],[16]~[21].

### 1.5 优势类群、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(order)定义为优势类群和次优势

### 1.1 研究地区自然概况

白水江国家级自然保护区地处甘肃省最南端,位于东经104°16′~105°27′,北纬32°16′~33°15′.主体部分为白龙江以南的岷山系摩天岭北坡区域以及摩天岭南坡碧口李子坝区域;其余部分位于白龙江北岸的西秦岭红铜河和小团鱼河区域.总面积223 671 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率82.70%.地势西北高、东南低,最低海拔595 m,最高海拔4 072 m,大部分海拔1 500~3 100 m.山幅狭窄,山坡陡峭,山体地表形态破碎,地貌结构复杂.

### 1.2 采样

在保护区内依据生境类型设置17个样区,每个样区再根据小生境设置采样点(图1).采样方法参照文献[11].

类群,将单种的目定义为偶见类群.对培养2~14 d各物种的出现频次进行统计,将出现频次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, $a$ 、 $b$ 分别为 $a$ 地物种数、 $b$ 地物种数, $c$ 为 $a$ 、 $b$ 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,0.5~0.75范围内为中等相似,0.75~1.0范围内为极为相似.

## 2 结果与分析

### 2.1 物种组成与群落结构

在白水江自然保护区土壤中共鉴定到纤毛虫71种(表1).结果表明该区土壤纤毛虫物种丰富.

表1 白水江自然保护区土壤纤毛虫物种

Table 1 List of species of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang

土壤纤毛虫物种(Species of soil ciliates)		
筒裸口虫 <i>Holophrya simplex</i>	钩刺斜管虫 <i>Chilodonella uncinata</i>	腔裸口虫 <i>Holophrya atra</i>
双叉尾毛虫 <i>Urotricha furcata</i> *	食藻斜管虫 <i>Chilodonella algivora</i> *	武装尾毛虫 <i>Urotricha armatus</i>
高山长颈虫 <i>Dileptus alpinus</i>	楔形双膜虫 <i>Dichilum cunieforme</i>	明显长颈虫 <i>Dileptus conspicuus</i>
小管形虫 <i>Phialina minima</i> *	长圆膜袋虫 <i>Cyclidium oblongum</i> <sup>+</sup>	泥生纤口虫 <i>Chaenea limicola</i> *
柱纤口虫 <i>Chaenea teres</i> *	瞬目膜袋虫 <i>Cyclidium glaucoma</i>	智利管叶虫 <i>Trachelophyllum chilense</i>
回缩瓶口虫 <i>Lagynophrya retractilis</i> *	小发袋虫 <i>Cristigera minuta</i> *	锥形瓶口虫 <i>Lagynophrya conifera</i> *
多变斜口虫 <i>Enchelys variabilis</i> *	椭圆嗜腐虫 <i>Sathrophilus ovatus</i> *	易变斜口虫 <i>Enchelys mutans</i> *
浮雕刀口虫 <i>Spathidium scalpriforme</i>	八钟虫 <i>Vorticella octava</i> *	克氏裂口虫 <i>Amphileptus claparedei</i> *
猎裂口虫 <i>Amphileptus meleagris</i>	沟钟虫 <i>Vorticella convallaria</i>	薄片漫游虫 <i>Litonotus lamella</i>
盘状肾形虫 <i>Colpoda patella</i> *	钟形钟虫 <i>Vorticella campanula</i> *	裴氏肾形虫 <i>Colpoda penardi</i>
膨大肾形虫 <i>Colpoda inflata</i>	长赭虫 <i>Blepharisma elongatum</i>	僧帽肾形虫 <i>Colpoda cucullus</i>
肾状肾形虫 <i>Colpoda reniformis</i>	纺锤全列虫 <i>Holosticha kessleri</i> *	似肾形虫 <i>Colpoda simulans</i>
迅捷肾形虫 <i>Colpoda fastigata</i>	衣鱼瘦尾虫 <i>Uroleptus lepsima</i>	长篮环虫 <i>Cyrtolophosis elongata</i>
大篮环虫 <i>Cyrtolophosis major</i>	矛形圆纤虫 <i>Strongylidium lanceolatum</i> *	袋篮环虫 <i>Cyrtolophosis bursaria</i>
贪食匙口虫 <i>Platyophrya vorax</i>	伪尖毛虫 <i>Oxytricha fallax</i>	吻吴氏虫 <i>Woodruffia rostrata</i>
大口薄咽虫 <i>Leptopharynx eurostoma</i> <sup>+</sup>	皮速体虫 <i>Tachysoma pellionella</i>	旋转单镰虫 <i>Drepanomonas revoluta</i>
美丽圆纹虫 <i>Furgosonia rubens</i>	弯棘尾虫 <i>Stylonychia curvata</i> *	篮口虫属一种 <i>Nassula</i> sp.**
拟篮口拟斜管虫 <i>Chilodontopsis pseudonassula</i>	近缘殖口虫 <i>Gonostomum affine</i>	巴维利亚斜管虫 <i>Chilodonella barvariensis</i> <sup>+</sup>
		帽斜管虫 <i>Chilodonella capucina</i> *
		吻四膜虫 <i>Tetrahymena rostrata</i>
		冠帆口虫 <i>Pleuronema coronatum</i>
		居中膜袋虫 <i>Cyclidium centrale</i> *
		苔藓膜袋虫 <i>Cyclidium muscicola</i>
		卵形嗜腐虫 <i>Sathrophilus oviformis</i>
		椭圆斜头虫 <i>Loxocephalus ellipticus</i>
		白钟虫 <i>Vorticella alba</i> *
		小口钟虫 <i>Vorticella microstoma</i>
		副钟虫属一种 <i>Paravorticella</i> sp.**
		如意扭头虫 <i>Metopus</i> es*
		尾瘦尾虫 <i>Uroleptus caudatus</i>
		柔软伪尾枝虫 <i>Pseudourostyla franzei</i>
		腐生尖毛虫 <i>Oxytricha saprobia</i>
		尾片尾虫 <i>Urosoma caudatum</i> *
		苔藓纤毛虫 <i>Histiculus muscorum</i>
		貽贝棘尾虫 <i>Stylonychia mytilus</i> *

\* 国内土壤纤毛虫新纪录种, \*\* 未定名种, + 优势种 (\* new records of soil ciliates in China, \*\* unnamed species, + dominant species).

将白水江自然保护区与我国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<sup>[2]</sup><sup>209~220, 393~427</sup><sup>[6]</sup>以及麦积山风景区鉴定到的土壤纤毛虫物种数<sup>[22]</sup>进行比较可以得到如下结果：麦积山风景区115种>白水江自然保护区71种>北京小龙门68种>西双版纳65种>长白山57种>海南尖峰岭45种>青海海北38种>湖北神农架35种>湖南衡山33种>湖北珞珈山25种>浙江西天目山19种。

除了比麦积山风景名胜区的要少外，比我国其他各地的都丰富。

在所鉴定到的71种纤毛虫中，计有2个未定名种和24个国内土壤纤毛虫新纪录种(表1)，总计占纤毛虫物种总数的36.62%，表明保护区土壤纤毛虫特有和稀有物种繁多。

表2所示为保护区土壤纤毛虫群落结构。可以看出，保护区土壤纤毛虫群落结构复杂，计有3纲、11目、33科、42属、71种。动基片纲的物种最为丰富，寡膜纲和多膜纲的物种相对较少。

群落中前口目为优势类群，计有15种，占纤毛虫物种总数的21.13%；下毛目和肾形目为次优

结果表明，白水江自然保护区土壤纤毛虫物种

势类群, 各有 13 种和 12 种, 分别占纤毛虫物种总数的 18.31% 和 16.90%; 合膜目为稀有类群.

巴维利亚斜管虫、大口薄咽虫和长圆膜袋虫为群落中的优势种(表 1).

表 2 白水江自然保护区土壤纤毛虫群落结构

Table 2 Community structure of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang

纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
动基片纲	前口目 Prostomatida	7	9	15
Kinetofragminophorea	侧口目 Pleurostomatida	2	2	3
	肾形目 Colpodida	4	4	12
	篮口目 Nassulida	3	4	4
	合膜目 Synhymeniida	1	1	1
	管口目 Cyrtophorida	1	1	4
寡膜纲	膜口目 Hymenostomatida	2	2	2
Oligohymenophorea	盾纤目 Scuticociliatida	4	5	9
	缘毛目 Peritrichida	2	2	6
多膜纲	异毛目 Heterotrichida	2	2	2
Polyhymenophorea	下毛目 Hypotrichida	5	10	13

## 2.2 与中国其他地区土壤纤毛虫群落的比较

表 3 给出的是根据 Jaccard 相似性系数公式计算得到的白水江自然保护区与我国其他地区土壤纤毛虫群落的相似性系数.

表 3 白水江自然保护区与中国其他地区土壤纤毛虫群落的相似性

Table 3 Similarity between the community of soil ciliates in the National Nature Reserve of Baishuijiang and in other areas of China

地区 Areas	物种数 Number of species	与保护区共 有物种数 Number of common species with the National Nature Reserve of Baishuijiang	相似性 系数 Similarity index
浙江西天目山	19	7	0.084
湖北武昌 珞珈山	25	8	0.091
湖北神农架	35	12	0.128
北京小龙门	68	16	0.130
湖南衡山	33	13	0.143
海南尖峰岭	45	15	0.149
吉林长白山	57	17	0.153
云南西双版纳	65	18	0.153
青海海北	38	15	0.160
甘肃麦积山 风景名胜區	115	36	0.240

可以看出, 保护区与上述各地土壤纤毛虫群落的相似性系数均在 0~0.25 范围内, 表明保护区与这些地区的土壤纤毛虫群落均极不相似, 具有鲜明的地域特性.

## 3 结论

本研究结果表明, 白水江自然保护区土壤纤毛虫群落有如下特征: 物种丰富, 特有和稀有物种繁多, 群落结构复杂而独特.

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, 白水江自然保护区土壤纤毛虫群落特征与保护区生态环境有密切的关系. 保护区山地形地貌非常复杂, 主要表现在特殊的“流水作用-重力作用-冻融作用”地貌外动力组合导致侵蚀地貌、重力地貌和冻融地貌发育, 岩石性质通过影响地貌发育而影响沟谷和坡地形态, 坡地和沟谷侵蚀强烈和现代河床加积作用显著形成鲜明对照, 纵谷与横谷地貌特征迥然不同、各具特色. 复杂的地形地貌导致保护区陆地生态环境复杂而特殊, 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.

保护区气候属于北亚热带山地气候, 太阳年辐射总量 4 800~5 000 MJ/m<sup>2</sup>, 日照时间约 1 800 h, 年平均气温 15.6 °C, 降水量在河谷区为 460~840 mm, 在高山区为 1 100~1 200 mm, 气候温暖湿润, 雨量充沛, 是甘肃省热量、水分条件及其组合最佳的地区. 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.

保护区地处北亚热带和暖温带过渡地带, 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、独特性和过渡性的特点.

保护区的土壤以山地森林土壤为主, 有山地黄棕壤、山地棕壤、山地暗棕壤、亚高山草甸土、高

山草甸土等类型。植被类型复杂,有常绿阔叶林、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、高山灌丛草甸等植被类型;森林覆盖率高,达82.70%。复杂的植被-土壤复合系统为土壤纤毛虫群落的发育和发展提供了优越的生态环境。

致谢 白水江自然保护区管理局为采样工作提供了方便,谨此深表谢意。

#### 参考文献:

[1] 崔振东. 长白山北坡针阔混交林土壤原生动物的生态分布[J]. *生态学杂志*, 1986(2): 3-7.

[2] 尹文英. *中国亚热带土壤动物*[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

[3] 宋微波. 长颈虫属两种土壤纤毛虫研究(动基片纲: 刺钩目)[J]. *动物分类学报*, 1994, 19(4): 385-391.

[4] 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[J]. *青岛海洋大学学报*, 1994, 24(1): 15-23.

[5] 宁应之, 沈韞芬. 珞珈山森林土壤原生动物生态学及土壤原生动物定量方法探讨[J]. *动物学研究*, 1996, 17(3): 225-232.

[6] 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[J]. *动物学报*, 1998, 44(1): 5-10.

[7] 宁应之, 沈韞芬. 中国典型地带土壤原生动物: II. 生态学研究[J]. *动物学报*, 1998, 44(3): 271-276.

[8] 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)[M]//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.

[9] 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)[J]. *动物学杂志*, 1999, 34(6): 2-4.

[10] 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)[J]. *动物学杂志*, 2000, 35(1): 2-4.

[11] 宁应之, 沈韞芬. 土壤原生动物的采集[M]//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.

[12] FOISSNER W. Estimating the species richness of soil protozoa using the "non-flooded petri dish method"[M]//LEE J J, SOLDI A T. *Protocols in Protozoology*. Lawrence: Allen Press, 1992: B-10.1-B-10.2.

[13] FERNANDEZ-GALIANO D. Silver impregnation of ciliated protozoa: procedure yielding good results with the pyridinated carbonate method[J]. *Trans Am Microsc Soc*, 1976, 95: 557-560.

[14] 宋微波, 徐奎栋. 纤毛虫原生动动物形态学研究的常用方法[J]. *海洋科学*, 1994, 6: 6-8.

[15] WILBERT N. Eine verbesserte Technik der Protargolimpragnation für Ciliaten [J]. *Mikrokosmos*, 1975, 6: 171-179.

[16] BERGER H. Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichia) [M]//DUMONT H J, WERGER M J A. *Monographiae Biologicae*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.

[17] FOISSNER W. *Colpodea (Ciliophora)* [M]. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1993.

[18] 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 [J]. *Arch Protistenk*, 1995, 145: 37-79.

[19] FOISSNER W. Soil ciliates (Protozoa: Ciliophora) from evergreen rain forests of Australia, South America and Costa Rica: diversity and description of new species[J]. *Biol Fertil Soils*, 1997, 25: 317-339.

[20] FOISSNER W. An updated compilation of world soil ciliates(Protozoa, Ciliophora), with ecological notes, new records, and descriptions of new species [J]. *Europ J Protistol*, 1998, 34: 195-235.

[21] 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[J]. *Denisia*, 2002, 5: 95-1225.

[22] 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[J]. *动物学研究*, 2007, 28(4): 367-373.

(责任编辑 孙晓玲)