

# 甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区 土壤纤毛虫群落特征

马正学 秦洁 刘有斌 宁应之

(西北师范大学生命科学学院 兰州 730070; 甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区管理局 平凉 744000)

**摘要:** 为了深入了解自然保护区的生物物种多样性与生态环境现状的关系,为自然保护区的持续发展提供科学资料。作者于2007年8月至2008年3月间,对甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区中太统山森林公园不同生境土壤纤毛虫群落特征进行了研究,共鉴定到土壤纤毛虫104种,隶属3纲10目38科49属,其中包括5个未定名种,6个国内土壤纤毛虫新纪录种。5种生境土壤纤毛虫的物种数分别为:油松林53种、沙棘灌丛59种、蔷薇灌丛62种、荒坡40种及农田24种。在该地区土壤纤毛虫群落中,肾形目、前口目和下毛目为优势类群;齿脊肾形虫(*Colpoda steini*)、苔藓膜袋虫(*Cyclidium muscicola*)、刚毛胃纤毛虫(*Homalogastra setosa*)、梅氏扁豆虫(*Phacodinium metchnikoffi*)、有肋薄咽虫(*Leptopharynx costatus*)、长圆膜袋虫(*Cyclidium oblongum*)、纵长膜袋虫(*C. elongatum*)、珍珠映毛虫(*Cinetochilum margaritaceum*)和膨大肾形虫(*Colpoda inflata*)为优势种。油松林、沙棘灌丛、蔷薇灌丛、荒坡和农田5种生境 Geason-Margalef 物种多样性指数依次为6.06、6.51、6.80、4.92和3.17。结果表明,森林、荒坡、农田的纤毛虫物种多样性依次降低,人类活动的干扰导致了土壤纤毛虫物种多样性降低和群落结构趋于简单化。

**关键词:** 太统山森林公园;土壤纤毛虫;群落特征

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)01-63-11

## Community Characteristics of Soil Ciliates in Gansu Taitong-Kongtongshan National Nature Reserve

MA Zheng-Xue QIN Jie LIU You-Bin NING Ying-Zhi

(College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070;

Gansu Taitong-Kongtongshan National Nature Reserve Administration, Pingliang 744000, China)

**Abstract:** In order to find out the relationship between biological diversity and the current status of the ecological environment to provide scientific references for sustainable development of nature reserve, the community characteristics of soil ciliates in Taitongshan Forest Park of Gansu Taitong-Kongtongshan national nature reserve were studied from August of 2007 to March of 2008. A total 104 species belonging to 49 genera of 38 families from 10 orders of 3 classes were identified, including 5 species unnamed and 6 new records in China. There are 53 species distributed in *Pinus tabulaeformis* forest, 59 in shrub *Hippophae rhamnoides*, 62 in shrub rose, 40 in waste slope land and 24 in farmland. Colpodida, Prostomatida and Hypotrichida were dominant orders; and *Colpoda steini*, *Colpoda muscicola*, *Homalogastra setosa*, *Phacodinium metchnikoffi*, *Leptopharynx costatus*, *Cyclidium oblongum*, *C. elongatum*, *Cinetochilum margaritaceum*, *Colpoda inflata* were dominant species. The Geason-Margalef Species Diversity Index of

**基金项目** 国家自然科学基金项目(No. 30470208), 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室开放基金资助;

**第一作者介绍** 马正学,男,教授;研究方向:动物生态学和污染生态;E-mail: mzhx53@163.com。

**收稿日期:** 2008-07-30, **修回日期:** 2008-11-10

these five different habitats was 6.06, 6.51, 6.80, 4.92 and 3.17, respectively. The results suggested that ciliate species diversities in forest, waste-slope land and farmland lower in turn. The disturbance of human activities resulted in the reduction of species diversity of soil ciliates and the simpleness of community structure of soil ciliates.

**Key words:** Taitongshan Forest Park; Soil ciliates; Community characteristics

土壤纤毛虫作为土壤生态系统微型生物群落 (microbiota community) 的重要组成部分, 在土壤生态系统的物质循环、能量流动以及对进入到土壤环境中各种污染物的吸收分解、分泌钝化等方面发挥着重要作用。因此, 研究其物种多样性及其群落结构特征有助于了解土壤生态环境状况和生态安全, 并在监测和预报土壤环境的变化等方面有重要作用<sup>[1]</sup>。

土壤原生动物的研究始于 19 世纪中叶, 在国外 20 世纪初已有比较广泛和系统的研究<sup>[2]</sup>。我国对土壤纤毛虫的研究始于 20 世纪 80 年代<sup>[3]</sup>, 包括对中国亚热带 (湖南衡山和浙江天目山)<sup>[4]</sup> 以及中国典型地带 (中热带: 海南尖峰岭, 北热带: 云南西双版纳, 亚热带: 湖北神农架、珞珈山, 温带: 吉林长白山, 暖温带: 北京小龙门, 高寒带: 青海海北)<sup>[5-10]</sup> 土壤纤毛虫的研究。作者于 2007 年 8 月至 2008 年 3 月间, 对太统山森林公园土壤纤毛虫群落特征进行了系统研究, 旨在了解纤毛虫在该地区土壤生态系统的物质循环和能量流动, 以及对生物多样性维持机制的作用, 为自然保护区实施环境保护、生态恢复和生态环境持续发展提供科学资料。

## 1 研究地区与方法

**1.1 研究地区自然概况** 太统山森林公园位于陇东黄土高原, 六盘山东麓, 黄河支流泾河上游地区, 106°26'11" ~ 106°37'14" E, 35°23'17" ~ 35°38'46" N 之间, 属于甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区范围内的 4 个景区之一 (现在开发为省级森林公园), 占地面积 14 481.9 hm<sup>2</sup>, 海拔 2 234 m, 为平凉境内第一高峰。该保护区地处温带草原区的南部森林草原地带, 又是落叶阔叶林和草甸草原的过渡地带, 森林覆盖率约为 70%。地貌类型主要有山地、丘陵、峡谷及峡谷涧地<sup>[11]</sup>。土壤类型以黑褐土、灰褐土和生草棕壤土为主, 土壤腐殖质含量高, pH 7.1 左右, 水分充足<sup>[12]</sup>。

**1.2 样点设置** 按照植被类型和海拔在公园内共设置 5 个样方, 样方大小约 400 m<sup>2</sup> (20 m × 20 m)。其中油松林、沙棘灌丛、蔷薇灌丛是森林公园垂直分布的 3 种典型的植被类型, 作为受人为干扰少的自然状态样点。荒坡为退耕还草 (约 5 年) 后形成的半自然状态的草坡, 视为过渡地带, 农田作为受到人为干扰的样点 (表 1)。

表 1 太统山森林公园采样点及植被类型

Table 1 Sampling sites of soil ciliates and vegetation types of Taitongshan Forest Park (Mean)

采样地点 Sampling sites	土壤温度 (°C) Soil temperature	海拔 (m) Altitude	土壤湿度 (%) Soil wet percent	pH	植被类型 Vegetation type
油松林 <i>Pinus tabulaeformis</i> forest	19.5	2 184	35.5	7.1	油松 ( <i>Pinus tabulaeformis</i> ) 林、沙棘 ( <i>Hippophae rhamnoides</i> ), 属于草原和灌木过渡地带
沙棘灌丛 Shrub <i>Hippophae rhamnoides</i>	20	1 950	33.3	7.1	沙棘灌丛、落叶松 ( <i>Larix gmelini</i> )、蒿草 ( <i>Artemisia</i> ) 等
蔷薇灌丛 Shrub rose	21	1 750	39.3	6.9	悬钩子 ( <i>Rubus corchorifolius</i> ) 等
荒坡 Waste-slope land	21	1 600	19.5	7.1	退耕还草后形成的荒坡
农田 Farmland	21	1 600	26.3	7.2	农田

**1.3 采样** 2007年8月1日(室内研究持续时间截至2008年3月),采用梅花形布点法<sup>[13]</sup>取样(图1)。用15 ml圆筒形采样器采集5个小样混合均匀,根据实验需要取约2 000 g的混合土样带回实验室备用。采样时拣去表面的新鲜凋落物,同时测量土壤温度、湿度和pH。

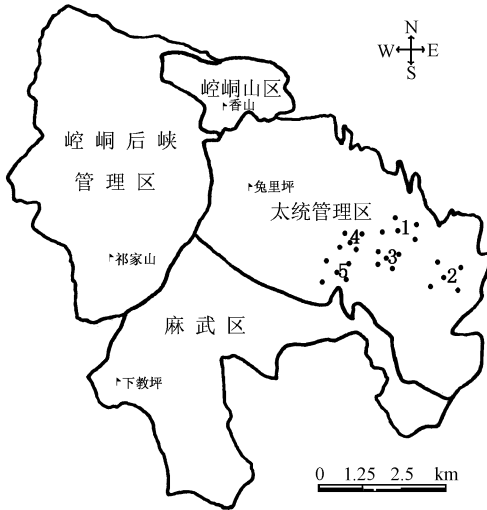


图1 太统山森林公园土壤纤毛虫采样点示意图

Fig. 1 Sampling sites of soil ciliates of Taitongshan Forest Park

1. 油松林; 2. 沙棘灌丛; 3. 蔷薇灌丛; 4. 荒坡; 5. 农田。
1. *Pinus tabulaeformis* forest; 2. Shrub *Hippophae rhamnoides*;
3. Shrub rose; 4. Waste-slope land; 5. Farmland.

## 1.4 室内工作方法

**1.4.1 样品预处理** 土样带回实验室后,倒入白瓷盘中,盖以白纱布,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。

**1.4.2 培养和鉴定** 每份风干的土样取10~50 g于直径为10~15 cm的培养皿中,采用“非淹没培养皿法”(non-flooded Petri dish method)。即在培养皿中加土壤浸出液,将土壤充分湿润但不淹没,在25℃左右的温度下培养纤毛虫进行观察<sup>[14,15]</sup>。在培养后的第2 d、4 d、7 d、11 d、14 d、21 d、30 d置于光镜下鉴定物种,同时记录每个物种的个体数量。

采用活体观察和染色制片两种方法鉴定土壤纤毛虫物种<sup>[16~30]</sup>。分类系统采用Levine等

的分类系统<sup>[31]</sup>。

**1.4.3 数据统计和分析** (1)根据Geason-Margalef物种多样性指数公式 $d = (S - 1) / \ln N$ 计算各样点物种多样性指数。式中: $d$ 为多样性指数, $S$ 为种类数, $N$ 为个体总数<sup>[32]</sup>。(2)根据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 $a$ 地物种数、 $b$ 地物种数和 $a$ 、 $b$ 两地共有物种数<sup>[15]</sup>。(3)依据文献<sup>[1]</sup>划分优势类群和罕见类群,并根据各个样点优势类群的种类数在该样点总种类数中所占的比例来计算该类群的优势度。(4)采用SPSS 11.5软件对各生境土壤纤毛虫相似性进行聚类分析。其中个体距离采用欧氏距离(Euclidean distance),类间距离采用最近距离(Nearest neighbor)。

## 2 结果

**2.1 物种多样性** 共鉴定到土壤纤毛虫104种,包括6个中国土壤纤毛虫新纪录种和5个未定名种(附录)。在油松林、沙棘灌丛、蔷薇灌丛、荒坡和农田5种生境分别分布有53、59、62、40和24种,各占总种数的51.0%、56.7%、59.6%、38.5%和24.7%。5种生境共有种6种,占总种数的6.1%。

在5种生境中土壤纤毛虫的Geason-Margalef物种多样性指数分别为油松林6.06、沙棘灌丛6.51、蔷薇灌丛6.80、荒坡4.92、农田3.17。

**2.2 群落结构** 太统山森林公园的土壤中共鉴定到纤毛虫104种,属于3纲10目38科49属(附录)。5种生境的土壤纤毛虫群落结构有一定差别。油松林53种,属于3纲7目23科30属;优势类群为肾形目和下毛目,各有15和13种,优势度分别为28.3%和24.5%;次优势类群为前口目和盾纤目,各有9种,优势度均为17.0%。沙棘灌丛59种,属于3纲10目26科31属;优势类群为肾形目和下毛目,各有16和14种,优势度分别为27.1%和23.7%;次优势类群为盾纤目,有9种,优势度为17.0%。蔷薇灌丛62种,属于3纲7目22科26属;优势类群

为肾形目和盾纤目,各有 15 和 14 种,优势度分别为 24.2 %和 22.6 %;次优势类群为前口目和下毛目,各有 14 和 9 种,优势度分别为 22.6 %和 14.5 %。荒坡共鉴定到 40 种,属于 3 纲 8 目 20 科 25 属;优势类群为下毛目,有 14 种,优势度为 35.0 %;次优势类群为肾形目和前口目,

有 8 和 7 种,优势度分别为 20.0 %和 17.5 %。农田有 24 种,属于 3 纲 6 目 14 科 17 属;优势类群为肾形目和下毛目,各有 7 和 6 种,其优势度分别为 29.2 %和 25.0 %;次优势类群为盾纤目,有 4 种,优势度为 16.7 % (表 2)。

表 2 太统山森林公园不同生境中土壤纤毛虫的群落结构

Table 2 Community characteristics of soil ciliates in different habitats of Scenic Spots and Taitongshan Forest Park

	油松林 <i>Pinus tabulaeformis</i> forest			沙棘灌丛 Shrub <i>Hippophae rhamnoides</i>			蔷薇灌丛 Shrub rose			荒坡 Waste-slope land			农田 Farmland		
	科 Family	属 Genus	种 Species	科 Family	属 Genus	种 Species	科 Family	属 Genus	种 Species	科 Family	属 Genus	种 Species	科 Family	属 Genus	种 Species
动基片纲 Kinetofragminophorea	11	12	29	11	11	29	11	12	34	8	8	18	7	7	14
前口目 Prostomatida	5	5	9	3	3	5	5	6	12	4	4	7	2	2	2
侧口目 Pleurostomatida	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
肾形目 Colpodida	4	4	15	5	5	16	4	4	15	2	2	8	3	3	7
篮口目 Nassulida	1	2	4	1	1	3	1	1	3	2	2	3	1	1	3
管口目 Cyrtophorida	1	1	1	1	1	4	1	1	4	-	-	-	1	1	2
寡膜纲 Oligohymenophorea	4	5	9	7	8	13	4	6	14	4	4	5	3	4	4
膜口目 Hymenostomatida	-	-	-	2	2	2	-	-	-	1	1	1	-	-	-
盾纤目 Scuticociliatida	4	5	9	5	6	11	4	6	14	3	3	4	3	4	4
多膜纲 Polyhymenophorea	8	13	15	8	12	17	7	8	14	8	13	17	3	6	6
异毛目 Heterotrichida	2	2	2	2	2	2	3	3	5	2	2	2	-	-	-
寡毛目 Oligotrichida	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	-
下毛目 Hypotrichida	6	11	13	5	9	14	4	5	9	5	10	14	3	6	6
合计 Total	23	30	53	26	31	59	22	26	62	20	25	40	14	17	24

- :没有分布。 - :Undistribution.

侧口目只有薄漫游虫 (*Litonotus lamella*) ,寡毛目只有大弹跳虫 (*Halteria grandinella*) ,为单属单种,属于罕见类群(附录)。

从附录和表 2 可以看出:(1)受人为干扰较少的油松林、沙棘灌丛和蔷薇灌丛(自然环境)

样区土壤中纤毛虫的物种多样性高,群落结构复杂;处于生态恢复阶段的荒坡土壤中纤毛虫物种多样性和群落结构表现出过渡性;受人为干扰较大的农田土壤中纤毛虫物种多样性明显降低且群落结构趋于简单化。(2)蔷薇灌丛林

下土壤中纤毛虫物种多样性最丰富,但群落结构较简单(62种,属于3纲7目22科26属);沙棘灌丛的土壤纤毛虫物种多样性次多,但群落结构最复杂(59种,属于3纲10目26科31属);油松林下的土壤纤毛虫物种多样性较低,但群落结构仅次于沙棘灌丛(53种,属于3纲7目23科30属)。(3)肾形目、前口目和下毛目为三大优势类群,耐人为干扰性强;侧口目、膜口目和寡毛目是敏感性类群,抗干扰性较差。优势种包括齿脊肾形虫、苔藓膜袋虫、刚毛胃纤

虫、梅氏扁豆虫、有肋薄咽虫、长圆膜袋虫、纵长膜袋虫、珍珠映毛虫及膨大肾形虫,其中刚毛胃纤虫和膨大肾形虫是适应性和抗干扰性很强的种类。

**2.3 群落相似性** 太统山森林公园各样点土壤纤毛虫群落的 Jaccard 相似性分析结果见表 3。从表 3 中可见,纤毛虫群落的相似性系数  $J$  均介于 0~0.25 及 0.25~0.5 之间,为极不相似到中等不相似。这表明天然森林、荒坡和农田土壤环境存在着较大的差别。

表 3 太统山森林公园各生境间土壤纤毛虫群落的相似性比较

Table 3 Similarities comparison of soil ciliates from any two samples in Taitongshan Forest Park

样点 Sampling sites	相似性系数 Similarity index	样点 Sampling sites	相似性系数 Similarity index
油松林-沙棘灌丛 <i>Pinus tabulaeformis</i> forest-Shrub <i>Hippophae rhamnoides</i>	0.383	沙棘灌丛-荒坡 Shrub <i>Hippophae rhamnoides</i> -Waste-slope land	0.286
油松林-蔷薇灌丛 <i>Pinus tabulaeformis</i> forest-Shrub rose	0.353	沙棘灌丛-农田 Shrub <i>Hippophae rhamnoides</i> -Farmland	0.258
油松林-荒坡 <i>Pinus tabulaeformis</i> forest-Waste-slope land	0.292	蔷薇灌丛-荒坡 Shrub rose-Waste-slope land	0.275
油松林-农田 <i>Pinus tabulaeformis</i> forest-Farmland	0.283	蔷薇灌丛-农田 Shrub rose-Farmland	0.246
沙棘灌丛-蔷薇灌丛 Shrub <i>Hippophae rhamnoides</i> -Shrub rose	0.592	荒坡-农田 Waste-slope land-Farmland	0.231

**2.4 聚类分析** 对 5 种生境土壤纤毛虫的种类组成进行聚类得到分析图(图 2)。从图 2 可以看出,在欧氏距离 13.5 水平截取,可明显分为 3 大组。在欧氏距离 1.5 水平时,沙棘灌丛

与蔷薇灌丛首先聚为一组,这表明两生境之间纤毛虫群落结构的相似度比较高;第二组是荒坡和农田,在欧氏距离 13 水平合并;第三组是油松林。三组之间相似性关系依次为:沙棘灌丛和蔷薇灌丛 > 油松林 > 荒坡 > 农田。当欧氏距离取 19.5 时,分为两大类。

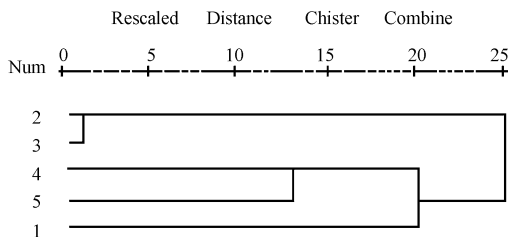


图 2 太统山森林公园各样点相似性聚类分析

Fig. 2 Dendrogram of cluster analysis of various samples sites in Taitongshan Forest Park

1. 油松林; 2. 沙棘灌丛; 3. 蔷薇灌丛; 4. 荒坡; 5. 农田。

Rescaled distance Chister combine 为欧氏距离。

1. *Pinus tabulaeformis* forest; 2. Shrub *Hippophae rhamnoides*; 3. Shrub rose; 4. Waste-slope land; 5. Farmland.

### 3 讨论

太统山森林公园土壤纤毛虫的群落特征与其环境的复杂性和独特性有密切关系。公园受高耸地势的影响,山区较为阴湿,园内森林茂密,土壤腐殖质含量高,持水透气性能好,水分充足,pH 为 6.9~7.2。良好的环境为土壤纤毛虫的生存与繁殖提供了优越的条件,因此,该地区土壤纤毛虫的物种多样性丰富<sup>[6]</sup>。与甘肃省其他林区的土壤纤毛虫物种多样性相比较(白水江自然保护区有 71 种,属于 3 纲 11 目 33 科

42 属;小陇山桃花沟森林公园有 75 种,属于 3 纲 11 目 29 科 40 属;天水麦积山风景名胜区有 115 种,属于 3 纲 12 目 41 科 55 属)<sup>[1,33,34]</sup>,该区土壤纤毛虫物种多样性和群落结构的复杂性仅次于麦积山风景名胜区。

人类活动的干扰,导致荒坡和农田与自然环境中土壤纤毛虫物种多样性减少且群落结构趋于简单化。主要表现在:物种多样性的差异。在荒坡土壤中有 40 种、农田仅有 24 种,明显低于自然环境(油松林、沙棘灌丛、蔷薇灌丛)样点的纤毛虫种类数(53、59、62 种)。5 个生境的土壤纤毛虫群落结构有明显差异。油松林、沙棘灌丛、蔷薇灌丛处于保护区的范围内,自然环境较好,植物生物物种多样性、植被覆盖率、土壤腐殖质和含水量较高。而土壤纤毛虫主要分布在枯枝落叶层下,因此这样的生境对纤毛虫的生存和繁殖更有利。其中油松林样点位于太统山山顶,海拔较高(2 184 m),地面的植物种类与沙棘灌丛和蔷薇灌丛相比较单一,土壤温度较低,土壤类型属于黑褐土;在山顶设有电视转播塔、林业保护站,以及上山的游人较多等人为活动干扰比较频繁,表现在纤毛虫物种多样性和群落结构有所降低。沙棘灌丛(1 950 m)和蔷薇灌丛(1 750 m)海拔较低,地面植物种类和覆盖率高,土壤类型为灰褐土,人为活动干扰很少,因此,纤毛虫物种多样性高,群落结构较复杂(附录,表 2)。荒坡是近 5 年来退耕还草形成的半自然环境,生态环境介于农田与自然状态之间,与农田相比,受人为干扰小,但与森林环境相比,植被类型单一,植被覆盖率低,土壤表层水分蒸发量大,含水量低。因此,纤毛虫物种较少,群落结构较简单。农田土壤长期受到人为因素的干扰破坏和污染,植被类型单一,土壤腐殖质含量低,含水量低,且水土流失严重和肥力低。以上种种因素使一些不适应新环境的敏感性物种数量急剧减少甚至消失,如珍珠映毛虫、梅氏扁豆虫、苔藓膜袋虫等,从而导致了土壤纤毛虫物种多样性降低和群落结构的简单化。在聚类分析中,荒坡和农田虽然聚为一类,但是纤毛虫群落 Jaccard 相似性系数为极不

相似( $J = 0.231$ )。从表 3 可以看出,油松林、沙棘灌丛、蔷薇灌丛样点与荒坡和农田中土壤纤毛虫群落相似性系数均较低,这表明森林、荒坡和农田土壤环境存在着较大的差别。群落结构从复杂到简单依次为:沙棘灌丛 > 油松林 > 蔷薇灌丛 > 荒坡 > 农田。Geason-Margalef 多样性指数显示:蔷薇灌丛 6.80 > 沙棘灌丛 6.51 > 油松林为 6.06 > 荒坡 4.92 > 农田 3.17。

以上结果表明,由于人类活动的干扰导致了土壤纤毛虫物种多样性降低和群落结构简单化。群落结构与群落功能是密切相关的,群落结构的这种演替又间接地反映出在人类频繁干扰之下,导致纤毛虫群落功能逐渐不健全和降低<sup>[33]</sup>。这一研究结果与 Foissner 等的结论相符,即农业生态系统中土壤纤毛虫的物种多样性与附近自然环境中的相比有所降低<sup>[34-36]</sup>。从土壤纤毛虫物种多样性与群落结构分析结果看,由农田 荒坡 森林,其物种多样性与群落结构的复杂性依次增大,这一结果表明,已经退化的生态环境在植被恢复的过程中,土壤纤毛虫的群落特征呈现梯度变化的趋势,这一指标对于土壤生态环境具有明确的指示作用。

## 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土壤纤毛虫的物种多样性.动物学研究,2007,28(4):367~373.
- [2] 冯伟松,余育和.南极菲尔德斯半岛地区土壤原生动物生态学研究.水生生物学报,2000,24(6):610~615.
- [3] 崔振东.长白山森林生态系统土壤原生动物初步研究.森林生态系统研究,1983,3:144~153.
- [4] 沈韞芬,刘江,宋碧玉等.原生动物.见:尹文英等著.中国亚热带土壤动物.北京:科学出版社,1992,97~156.
- [5] 宁应之,沈韞芬.中国典型地带土壤原生动物:生态学研究.动物学报,1998,44(1):5~10.
- [6] 宁应之,沈韞芬.中国典型地带土壤原生动物:区系特征和物种分布.动物学报,1998,44(3):5~10.
- [7] 宁应之,沈韞芬.中国典型地带土壤原生动物食性的观察.动物学研究,1998,19(5):397~400.
- [8] 宁应之,沈韞芬.中国典型地带土壤原生动物群落结构及其特征.西北师范大学学报(自然科学版),1999,35(2):50~54.
- [9] 宁应之,沈韞芬.中国典型地带 29 种土壤纤毛虫记述

- (纤毛门:动基片纲). 西北师范大学学报(自然科学版), 1999, **35**(3): 75 ~ 82.
- [10] 宁应之, 沈韞芬. 中国土壤原生动物(纤毛虫门:多膜纲:异毛目). 动物学杂志, 2000, **35**(1): 2 ~ 4.
- [11] 李嘉珏, 谢忙义. 甘肃太统-崆峒山自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 2001, 17 ~ 26.
- [12] 王有元, 王廷印. 平凉太统-崆峒山自然保护区地质地貌研究. 甘肃林业科技, 2004, **29**(2): 27 ~ 31.
- [13] 张志杰, 张维平. 环境污染生物检测与评价. 北京: 环境科学出版社, 1991.
- [14] Foissner W. Estimating the species richness of soil protozoa using the "non-flooded petri dish method". In: Lee J J, Solda A T eds. *Protocols in Protozoology*. Lawrence: Allen Press, 1992, B-10.1 ~ B-10.2.
- [15] 宁应之, 沈韞芬. 土壤动物研究方法手册. 北京: 中国林业出版社, 1998, 56 ~ 57.
- [16] Berger H. Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichia). In: Dumont H J, Weger M J A eds. *Monographiae Biologicae*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997, 1 ~ 1079.
- [17] Foissner W. Colpodide (Protozoa, Ciliophora) aus alpinen B den. *Zool Jb Syst*, 1980, **107**: 391 ~ 432.
- [18] Foissner W. Morphologie und Taxonomie einiger neuer and wenig bekannter kinetofragminophorer ciliaten (Protozoa, Ciliophora) aus alpine B den. *Zool Jb Syst*, 1981, **108**: 264 ~ 297.
- [19] Foissner W. Ökologie und Taxonomie der Hypotrichida (Protozoa: Ciliophora) einiger sterreichischer B den. *Arch Protistenk*, 1982, **126**: 19 ~ 143.
- [20] Foissner W. Beitrag zur Kenntnis der Bodenciliaten (Protozoa: Ciliophora) des Himalaja. *Zool Jb Syst*, 1986, **113**: 45 ~ 53.
- [21] Foissner W. Colpodea (Ciliophora). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1993, 1 ~ 798.
- [22] 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 Protistenk*, 1995, **145**: 37 ~ 79.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] Foissner W. An updated compilation of world soil ciliates (Protozoa, Ciliophora), with ecological notes, new records, and descriptions of new species. *Europ J Protistol*, 1998, **34**: 195 ~ 235.
- [26] 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. Part and part. *Denisia*, 2002, **5**: 1 ~ 1459.
- [27] 宁应之, 沈韞芬. 土壤原生动物区系特点. 见: 尹文英等. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社, 2000, 209 ~ 220.
- [28] 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.
- [29] 宋微波, 徐奎栋. 纤毛虫原生动动物形态学研究的常用方法. 海洋科学, 1994, **6**: 6 ~ 8.
- [30] Wilbert N. Eine verbesserte Technik der Protargolimpregnation für Ciliaten. *Mikrokosmos*, 1975, **6**: 171 ~ 179.
- [31] Levine N D, Corliss J O, Cox F E G, et al. A newly revised classification of the protozoa. *Protozool*, 1980, **27**: 37 ~ 58.
- [32] 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩等. 微型生物监测新技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [33] 牛世全, 宁应之, 马正学等. 重金属复合污染土壤中原生动物的群落特征. 甘肃科学学报, 2002, **14**(3): 44 ~ 48.
- [34] Foissner W. Protozoa as bioindicators in agraeosystems, with emphasis on farming practice, biocides and biodiversity. *Agri Ecos Environ*, 1997, **62**: 93 ~ 103.
- [35] 马正学, 申海香, 邹涛等. 兰州八里镇蔬菜基地春季土壤纤毛虫群落特征. 动物学杂志, 2008, **43**(3): 87 ~ 93.
- [36] 马正学, 申海香, 宁应之等. 甘肃小陇山桃花沟森林公园土壤纤毛虫的群落特征. 生态学杂志, 2008, **27**(2): 208 ~ 221.

## 附录 太统山森林公园土壤纤毛虫群落的物种组成、群落结构及其相对数量

Appendix Species list, community characteristics and abundance of soil ciliates of Taitongshan Forest Park (Mean)

物种 Species	相对数量 Individual relative abundance				
	油松林 <i>P. tabulaeformis</i> plantations	沙棘灌丛 <i>H. rhamnoides</i>	蔷薇灌丛 Shrub rose	荒坡 Waste-slope land	农田 Farmland
纤毛门 Ciliophora					
动基片纲 Kinetofragminophorea					
前口目 Prostomatida					
裸口科 Holophryidae					
筒裸口虫 <i>Holophrya simplex</i>				+	
腔裸口虫 <i>H. atra</i>	+			+	
拟裸口科 Pseudoholophryidae					
陆生拟裸口虫 <i>Pseudoholophrya terricola</i>	++		++	++	
前管科 Protodontidae					
恼斜板虫 <i>Plagiocampa difficilis</i>		+	+		
尾毛科 Urotrichidae					
武装尾毛虫 <i>Uratracha amata</i>					+
斜口科 Enchelyidae					
胃形斜口虫 <i>Enchelys gasterosteus</i>		+	+		
多变斜口虫 <i>E. variabilis</i>		+	++		+
蛹形斜口虫 <i>E. pupa</i>			++		
蓬毛斜齿虫 <i>Enchelyodon lasius</i>			+		
管叶科 Trachelophyllidae					
卑怯管叶虫 <i>Trachelophyllum pusillum</i>			++		
智利管叶虫 <i>T. chilense</i>			+		
长吻科 Lacrymariidae					
双核管形虫 <i>Phialina binucleata</i>				+	
刀口科 Spathidiidae					
棍刀口虫 <i>Spathidium claviforme</i>			+	+	
苔藓刀口虫 <i>S. muscicola</i>	+	+	+	+	
长尾刀口虫 <i>S. longicaudatum</i>				+	
浮雕刀口虫 <i>S. scalpriforme</i>			+		
刀刀口虫 <i>S. spathula</i>		+	+		
镰形刀口虫 <i>S. falciforme</i>	+				
刀口虫属一种 <i>S. sp.</i>	+				
圆口科 Trachelliidae					
高山长颈虫 <i>Dileptus alpinus</i>	+				
长颈虫属一种 <i>D. sp. 1</i>	+				
长颈虫属一种 <i>D. sp. 2</i>	+				
中缢科 Mesodiniidae					
团脾蛭虫 <i>Askenasia volvox</i>	+				
侧口目 Pleurostomatida					
漫游科 Litonotidae					
薄漫游虫 <i>Litonotus lamella</i>		+			
肾形目 Colpodida					
肾形科 Colpodidae					
齿脊肾形虫 <i>Colpoda steini</i>	+++	+	+		+
土壤肾形虫 <i>C. edaphoni</i>	+	+	+	+	
前突肾形虫 <i>C. penardi</i>		+	+		
豆形肾形虫 <i>C. colpidopsis</i>		+	+		
盘状肾形虫 <i>C. patella</i>	+				



续表

物种 Species	相对数量 Individual relative abundance				
	油松林	沙棘灌丛	蔷薇灌丛	荒坡	农田
	<i>P. tabulaeformis</i> plantations	<i>H. rhamnoides</i>	Shrub rose	Waste-slope land	Farmland
迅捷肾形虫 <i>C. fastigata</i>	+	+	+		
莫氏肾形虫 <i>C. maupassi</i>	+				
背沟肾形虫 <i>C. henneguyi</i>		+	+	++	+
肾状肾形虫 <i>C. reniformis</i>		+	+	+	
似肾形虫 <i>C. simulans</i>				+	
粗糙拟肾形虫 <i>C. aspera</i>	+		+		+
僧帽肾形虫 <i>C. cucullus</i>	+	+	+	+	
膨大肾形虫 <i>C. inflata</i>	+	+	+	+++	+
肾形虫属一种 <i>Colpoda</i> sp.				+	
篮环科 Cyrtolophosidae					
尖锐篮环虫 <i>Cyrtolophosis acuta</i>	+				+
长篮环虫 <i>C. elongata</i>	+	+	+		
袋篮环虫 <i>C. busaria</i>		+			
大篮环虫 <i>C. major</i>	+	+	+		+
丛林拟篮环虫 <i>Pseudocyrtolophosis alpestris</i>	+				
匙口科 Platyophryidae					
贪食匙口虫 <i>Platyophrya vorax</i>				+	+
狭匙口虫 <i>P. angusta</i>		+			
小匙口虫 <i>P. nana</i>	+				
沫项匙口虫 <i>P. spumacola</i>			++		
大口匙口虫 <i>P. macrostoma</i>	+	+	+		
大格罗克纳科 Grossglockneriidae					
小拟匙口虫 <i>Pseudoplatyophrya nana</i>		++	++		
密粒科 Grossgloc					
卡氏颠毛虫 <i>Stammeridium kahli</i>	+	+			
篮口目 Nassulida					
小胸科 Microthoracidae					
大口薄咽虫 <i>Leptopharynx eurostoma</i>	+	++	++	++	+
水藓薄咽虫 <i>L. sphagnetorum</i>	++	+	++	++	++
有肋薄咽虫 <i>L. costatus</i>	+	+++	++		+
旋转单镰虫 <i>Drepanomonas revolute</i>	+			+	
管口目 Cyrtophorida					
斜管科 Chilodonellidae					
巴维利亚斜管虫 <i>Chilodonella barvariensis</i>	+	+	+		
钩刺斜管虫 <i>C. uncinata</i>		+	+		+
帽斜管虫 <i>C. capucina</i>		+	+		+
小斜管虫 <i>C. nana</i>		+	+		
寡膜纲 Oligohymenophorea					
膜口目 Hymenostomatiida					
瞬目科 Gauconidae					
苔藓拟瞬目虫 <i>Pseudoglaucoma muscorum</i>		+		+	
四膜科 Tetrahymeniidae					
吻四膜虫 <i>Tetrahymena rostrata</i>		+			
盾纤目 Scuticiliatida					
膜袋科 Cyclidiidae					
长圆膜袋虫 <i>Cyclidium oblongum</i>		+++	+++		
长毛膜袋虫 <i>C. lanuginosum</i>	+		+		

续表

物种 Species	相对数量 Individual relative abundance				
	油松林	沙棘灌丛	蔷薇灌丛	荒坡	农田
	<i>P. tabulaeformis</i> plantations	<i>H. rhamnoides</i>	Shrub rose	Waste-slope land	Farmland
苔藓膜袋虫 <i>C. muscicola</i>	+++	+	+++		+
善变膜袋虫 <i>C. versatile</i>		+	+		
银灰膜袋虫 <i>C. glaucoma</i>	+	+	++		
纵长膜袋虫 <i>C. elongatum</i>	+	+++	+++		
颗粒膜袋虫 <i>C. granulosum</i>		+	++		
小发袋虫 <i>Cristigera minuta</i>			+		
尾丝科 Uronematidae					
刚毛胃纤虫 <i>Homalogastra setosa</i>	+++	+++	+++	+++	+++
康纤科 Cohnilembidae					
纺锤康纤虫 <i>Cohnilembus fusiformis</i>	+	+	+	+	
蝶形康纤虫 <i>C. vexillarius</i>	+		+	+	
拟康纤科 Pseudocohnilembidae					
腐生拟康纤虫 <i>Pseudocohnilembus putrinus</i>		+			
映毛科 Cinetochilidae					
珍珠映毛虫 <i>Cinetochilum margaritaceum</i>	+	+++	+++		+
苔藓嗜腐虫 <i>Sathrophilus muscorum</i>	+	+	+		+
椭圆嗜腐虫 <i>S. ovatus</i>			+	+	
多膜纲 Polyhymenophorea					
异毛目 Heterotrichida					
扁豆科 Phacodiniidae					
梅氏扁豆虫 <i>Phacodinium metchnikoffi</i>	+++	+++	+++	++	
扭头科 Metopidae					
弯曲扭头虫 <i>Metopus curvatus</i>				+	
赭虫科 Blepharismidae					
透明赭虫 <i>Blepharisma hyalinum</i>			+		
似透明赭虫 <i>B. parahyalinum</i>			+		
波月赭虫 <i>B. undulasehlenium</i>			+		
齿口科 Epalxellida					
短小齿口虫 <i>Epalxella exigua</i>	+				
条纹齿口虫 <i>E. striata</i>		+	+		
寡毛目 Oligotrichida					
弹跳科 Halteriidae					
大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i>		++		++	
下毛目 Hypotrichida					
鱼形科 Amphiellidae					
陆生半鱼形虫 <i>Hemiamphiella terricola</i>	+				
拟卡氏虫属一种 <i>Parakahlia</i> sp.				+	
圆纤科 Strongyliidae					
苔藓圆纤虫 <i>Strongylium muscorum</i>				+	+
尾枝科 Urostylidae					
乙状全列虫 <i>Holosticha sigmoides</i>	+			+	+
苔藓全列虫 <i>H. muscorum</i>		+			
衣鱼瘦尾虫 <i>Uroleptus lepisma</i>	+			+	
卡尔科 Kahliliidae					
活动恩氏虫 <i>Engelmanniella mobilis</i>	+	+			
管柱科 Trachelostyliidae					
近缘殖口虫 <i>Gonostomum affine</i>	++	++	++	++	+

续表

物种 Species	相对数量 Individual relative abundance				
	油松林	沙棘灌丛	蔷薇灌丛	荒坡	农田
	<i>P. tabulaeformis</i> plantations	<i>H. rhamnoides</i>	Shrub rose	Waste-slope land	Farmland
纤毛殖口虫 <i>G. ciliophorum</i>		++	++	++	
尖毛科 Oxytrichidae					
皮速体虫 <i>Tachysoma pellionella</i>	++	+		+	+
刚毛尖毛虫 <i>Oxytricha setigera</i>		+	+	+	
小尖毛虫 <i>O. minor</i>		++		++	
尖锐尖毛虫 <i>O. acuta</i>		+	+	+	
似织毛虫 <i>Histiculus similes</i>	++	++			
赫奕宽口虫 <i>Steinia candens</i>	++	++			
纵长片尾虫 <i>Urosoma cienkowskii</i>	++			++	++
活泼状似片尾虫 <i>Urosomoida agiliformis</i>	++	++	++	++	+
楯纤科 Aspidiscidae					
锐利楯纤虫 <i>Aspidisca lynceus</i>			+		
游仆科 Euplotidae					
粘游仆虫 <i>Euplotes muscicola</i>	++	+	+	+	
近亲游仆虫 <i>E. affinis</i>	+	+	+	+	
九肋游仆虫 <i>E. novemcarina</i>	+	++	+		

国内土壤纤毛虫新记录种; 未定名种; + 表示偶见种; ++ 表示常见种; +++ 表示优势种, 每个级别进位为 10。

New records of soil ciliates in China; Unnamed species; + Incidental species; ++ Common species; +++ Dominant species.