

土壤腹毛类纤毛虫四新纪录种

李玉红^{①②} 徐奎栋^{①*}

(^① 中国科学院海洋研究所海洋生物分类与系统演化实验室 青岛 266071; ^② 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要: 利用非淹没培养皿法、活体观察和蛋白银染色法,研究了青岛的土壤纤毛虫,发现 2 属 4 种我国新纪录种:澳洲管膜虫 (*Cyrtohymena australis* Foissner, 1995)、四核管膜虫 [*C. quadrinucleata* (Dragesco & Njine, 1971)], 犬牙管膜虫 [*C. candens* (Kahl, 1932)] 及迟钝澳纤虫 (*Australocirrus oscitans* Blatterer & Foissner, 1988)。文中对该 4 种纤毛虫的活体形态和纤毛图式进行了观察记述,补充了前人描述的不足,并依据统计学特征与相近种群进行了比较。

关键词: 土壤纤毛虫;形态;纤毛图式;新纪录种

中图分类号:Q959.116 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2010)04-89-07

New Records of Four Hypotrich Ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Soil in China

LI Yu-Hong^{①②} XU Kui-Dong^{①*}

(^① Department of Marine Organism Taxonomy and Phylogeny, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071; ^② Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Four hypotrich ciliate species new to China belonging to two genera were isolated from soil in Qingdao and morphologically investigated using non-flooded Petri dish method, live observation and protargol impregnation techniques. These are: *Cyrtohymena australis* Foissner, 1995, *C. quadrinucleata* (Dragesco & Njine, 1971), *C. candens* (Kahl, 1932), and *Australocirrus oscitans* Blatterer & Foissner, 1988. Supplementary descriptions of the live morphology and infraciliature of these ciliates were provided in detail, and compared with original descriptions and those of related populations.

Key words: Soil ciliates; Morphology; Infraciliature; New records

纤毛虫、鞭毛虫与壳变形虫共同构成土壤中三大常见且占优势的原生动物,在土壤食物网的能量流动和物质循环中起着不可或缺的作用^[1]。纤毛虫个体微小,其皮层纤毛器、银线结构等高度特化,从而呈现出极大的形态多样性。长期以来,由于纤毛虫分类鉴定的复杂性、缺乏有经验的分类学家、大量罕见种隐含在包囊中以及采样不足等原因,导致对该类群的多样性评估一直存在较大的争议^[2]。在我国,有关土壤纤毛虫的分类学研究自 20 世纪 80 年代后期才刚刚开展,所涉及的研究不多^[3-6]。本研究作为我国不同类型土壤纤毛虫多样性研

究的一部分,对 4 种采自青岛的纤毛虫国内新纪录进行了记述。

1 材料与方法

1.1 材料 土样于 2008 年 9 月采自青岛中

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 40871128),中国科学院百人计划项目;

* 通讯作者, E-mail: kxu@qdio.ac.cn;

第一作者介绍 李玉红,女,硕士研究生;研究方向:海洋生物学; E-mail: liyuhong2503@163.com.

收稿日期:2009-12-01,修回日期:2010-04-06

山公园 (120°21' E, 36°04' N, 海拔 27 m)。采样点的主要植物种类有: 无刺槐 (*Robiaia pseudoacacia*)、冬青 (*Ilex purpurea*) 以及麦冬 (*Ophitopogin japonicum*) 等。采样点的土壤为棕壤。所采土样为 0~5 cm 表层土, 土温为 25.3℃。

1.2 方法 土样经室温自然干燥后封入塑料袋中保存。利用非淹没培养皿法获得活动虫体, 即将土样平置于直径 15 cm 的培养皿中, 加蒸馏水至刚好浸没土样, 约 24 h 后在浸出液中便可见虫体出现。样品分别在浸润后第 2、9、16、23、30 d 进行镜检, 活体经微分干涉显微镜观察、拍照和记录, 并采用蛋白银染色法进行永久制片^[7]。纤毛虫制片标本的绘图系在油镜下借助描图器完成^[8]。分类地位参照 Lynn 等所建立的分类系统^[9]。

2 结果与讨论

2.1 澳洲管膜虫 *Cyrtohymena australis* Foissner, 1995 (图 1:①~⑤, 图版 I:1~4; 表 1)

虫体活体大小为 (190~225) μm \times (45~60) μm , 长宽比约 4:1, 蛋白银染色个体长宽比仅约 2.5:1.0 (图版 I:1, 2)。虫体背腹扁平, 背面中部略隆起, 口区处最宽, 向后逐渐聚缩 (图 1:①, ②)。椭圆形大核 (Ma) 两枚, 位于虫体左侧, 银染后大小为 (12~24) μm \times (7~12) μm ; 小核 (Mi) 球形, 2~7 枚, 直径 2~3 μm (图版 I:2)。伸缩泡 (CV) 位于虫体左中上部, 宽约 15 μm , 排空前可见两根长长的收集管 (图 1:①)。虫体柔软可曲, 明视野下呈暗灰色, 体内散布有少量直径 2~6 μm 的油球及大量长 2~4 μm 的形状不规则的亮黄色结晶体; 表膜下颗粒呈黄色, 直径约 0.5 μm , 主要分布于腹棘毛以及背触毛周围 (图 1:③, 图版 I:3)。包囊球形, 直径约 60 μm (图版 I:4)。

虫体游动速度较快, 通常绕中轴做旋转游动。

口区约占体长的 37%, 口围带 (AZM) 形似问号, 由 37~53 片小膜组成; 波动膜由两片膜组成, 自口围带基部向前伸展, 其中的口侧膜

(PM) 较发达, 在中部与口内膜 (EM) 交叉 (图 1:④, 表 1)。额、腹、横棘毛呈 8:5:5 模式分布 (图 1:④); 额棘毛 (FC) 长约 20 μm ; 腹棘毛 (VC) 长约 17 μm ; 横棘毛 (TC) 长约 25 μm 。左缘棘毛 (LMC) 和右缘棘毛 (RMC) 各一列, 终止于虫体末端但未交联, 棘毛长约 15 μm (图 1:④)。尾棘毛 (CC) 长约 23 μm , 恒为 3 根 (图 1:⑤)。背触毛列 (DK) 6~9 列, 触毛长约 3 μm (图 1:⑤)。

管膜虫属隶属尖毛虫科, 为 Foissner 所建立^[10]。本属的定义为: 口围带形似问号; 波动膜形似口围带; 额腹棘毛排列呈“V”形; 口后腹棘毛紧靠口腔形成密集簇; 2 根横前棘毛; 5 根横棘毛; 左右缘棘毛各一列, 且在尾部明显分开; 6 列背触毛列; 有尾棘毛^[11]。

本种为国内新纪录种。本种群与 Foissner 所报道的哥斯达黎加种群特征基本吻合^[12]。澳洲管膜虫与自美国、德国、奥地利等地发现的苔藓管膜虫 (*C. muscorum*) 大小和形态较为相近, 但后者的表膜下颗粒为红色, 区别于本种的黄色颗粒^[13-14]。分布于德国、希腊、奥地利等地的黄色管膜虫 (*C. citrina*) 及分布于喀麦隆、奥地利等地的原毛管膜虫 (*C. primicirrata*) 均具有与本种相似的黄色表膜下颗粒及其分布模式^[15-17]; 其区别在于: 本种活体口区处最宽, 向后逐渐变细, 后端尖圆 (*vs.* 后二者均为椭圆形), 且本种个体较大 (190~225 μm *vs.* 120~150 μm , 90~130 μm), 且更为瘦长 (长宽比 4:1 *vs.* 3:1)^[10]。由此可见, 这三种纤毛虫可能存在特殊的亲缘关系^[12]。

2.2 四核管膜虫 *Cyrtohymena quadrinucleata*

(Dragesco & Njine, 1971) Foissner, 1989 (图 1:⑥~⑧, 图版 I:5, 6; 表 1) 虫体活体大小为 (130~180) μm \times (60~80) μm , 长宽比约为 2.2:1.0。虫体腹面观呈长椭圆形, 背腹扁平, 背面中部略隆起 (图 1:⑥, 图版 I:5)。椭圆状大核四枚, 位于虫体中部, 银染后大小为 (10~25) μm \times (7~14) μm ; 2~4 枚球形小核常位于大核旁, 直径约 2.5 μm (图 1:⑦)。伸缩泡位于虫体左缘中部, 无收集管 (图 1:⑥)。明

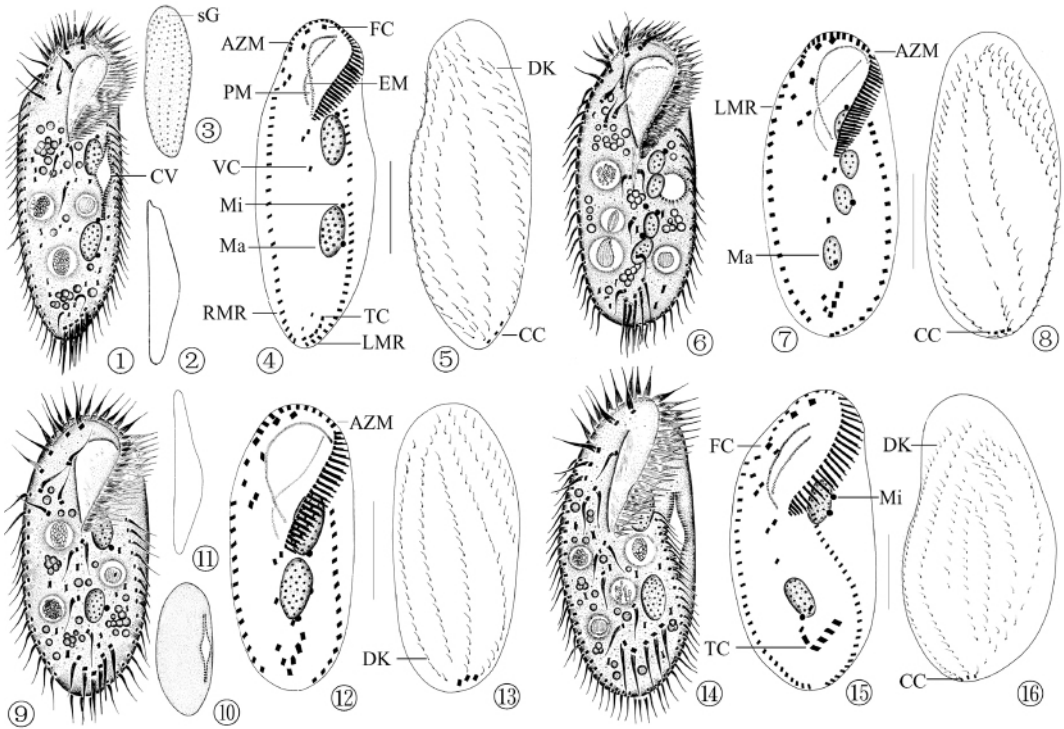


图 1 腹毛类纤毛虫 4 新纪录种的活体形态和纤毛图式

Fig. 1 Live morphology and infraciliature of the four hypotrich ciliates new to China

①~⑤ 澳洲管膜虫; ⑥~⑧ 四核管膜虫; ⑨~⑬ 犬牙管膜虫; ⑭~⑯ 迟钝澳纤虫; ①⑥⑨⑩⑬ 活体腹面观; ②⑪ 活体侧面观; ③ 活体背面观, 示表膜下颗粒; ④⑦⑫⑮ 染色标本的腹面观, 示纤毛图式及核器; ⑤⑧⑬⑯ 染色标本的背面观, 示背触毛列。标尺 = 40 μm。

① - ⑤ *Cyrtohymena australis*; ⑥ - ⑧ *C. quadrinucleata*; ⑨ - ⑬ *C. candens*; ⑭ - ⑯ *Australocirrus oscitans*; ①⑥⑨⑩⑬ ⑭ Ventral view *in vivo*; ②⑪ Lateral view *in vivo*; ③ Dorsal view showing cortical granules; ④⑦⑫⑮ Ventral view of impregnated specimens showing infraciliature and nuclear apparatus; ⑤⑧⑬⑯ Dorsal view of impregnated specimens showing dorsal kineties; Bar = 40 μm.

AZM: 口围带; CC: 尾棘毛; CV: 伸缩泡; DK: 背触毛列; EM: 口内膜; FC: 额棘毛; LMR: 左缘棘毛列; Ma: 大核; Mi: 小核; PM: 口侧膜; RMR: 右缘棘毛列; sG: 表膜下颗粒; TC: 横棘毛; VC: 腹棘毛。

AZM: Adoral zone of membranelles; CC: Caudal cirri; CV: Contractile vacuole; DK: Dorsal kineties; EM: Endoral membrane; FC: Frontal cirri; LMR: Left marginal row; Ma: Macronuclear nodules; Mi: Micronuclei; PM: Paroral membrane; RMR: Right marginal row; sG: Cortical granules; TC: Transverse cirri; VC: Ventral cirri.

视野下虫体呈灰黑色, 体内散布大量油球及一些大多分布于体后半部的亮黄色棒状结晶体; 无表膜下颗粒。

运动通常表现为快速爬行, 并伴有后退及转向运动, 游动时绕体中轴旋转前进。

口围带形似问号, 约占体长的 44%, 由 36~50 片小膜组成; 口器为“管膜虫”口器模式 (图 1: ⑦; 表 1), 口侧膜由 3~4 列毛基体组成, 口内膜由 2~3 列组成。额、腹、横棘毛分

化明确, 呈 8:5:5 模式 (图 1: ⑦)。额棘毛长约 30 μm, 顶端 3 根明显粗大; 腹棘毛长约 21 μm; 横棘毛长约 31 μm。左、右缘棘毛列末端不交联, 左缘棘毛列终止于末端, 棘毛长约 15 μm (图 1: ⑦)。尾棘毛 3 根, 位于虫体背部末端, 长约 25 μm (图 1: ⑧)。背触毛共 5~7 列, 第 3、4 列未达前顶端, 触毛长约 3 μm (图 1: ⑧)。

表 1 澳洲管膜虫、四核管膜虫、犬牙管膜虫和迟钝澳纤虫的统计学特征 (μm)

Table 1 Biometric data of *Cyrtohymena australis*, *C. quadrinucleata*, *C. candens*, and *Australocirrus oscitans*

特征 Characteristics	澳洲管膜虫 (n=11) <i>C. australis</i>		四核管膜虫 (n=21) <i>C. quadrinucleata</i>		犬牙管膜虫 (n=13) <i>C. candens</i>		迟钝澳纤虫 (n=13) <i>A. oscitans</i>	
	Mean ± SD	范围	Mean ± SD	范围	Mean ± SD	范围	Mean ± SD	范围
		Range		Range		Range		Range
体长 Body length	143.9 ± 17.4	121 ~ 167	123.9 ± 15.3	100 ~ 160	112.8 ± 17.5	88 ~ 145	163.8 ± 19.7	130 ~ 192
体宽 Body width	59.2 ± 10.1	43 ~ 75	55.4 ± 7.7	40 ~ 70	49.2 ± 6.4	35 ~ 58	82.5 ± 7.5	69 ~ 95
口区长 Buccal field length	53.6 ± 8.9	37 ~ 67	54.5 ± 6.8	42 ~ 67	51.5 ± 8.0	40 ~ 65	75.3 ± 6.9	65 ~ 88
口围带小膜数 Adoral membranelles number	46.3 ± 4.6	37 ~ 53	40.3 ± 3.5	36 ~ 50	41.7 ± 4.7	32 ~ 48	31.2 ± 1.6	28 ~ 33
大核长 Macronuclei length	19.5 ± 3.5	12 ~ 24	17.7 ± 3.4	10 ~ 25	19.3 ± 2.7	15 ~ 25	27.3 ± 4.0	23 ~ 35
大核数 Macronuclei number	2.0 ± 0	2	4.0 ± 0	4	2.0 ± 0	2	2.0 ± 0	2
小核数 Micronuclei number	4.5 ± 1.4	2 ~ 7	2.8 ± 0.8	2 ~ 4	5.3 ± 1.1	3 ~ 7	1.9 ± 0.8	1 ~ 3
左缘棘毛数 Left marginal cirri number	31.9 ± 3.2	28 ~ 37	18.6 ± 3.1	14 ~ 26	17.8 ± 1.7	15 ~ 21	23.7 ± 3.3	16 ~ 29
右缘棘毛数 Right marginal cirri number	28.2 ± 5.5	21 ~ 40	19.2 ± 2.6	16 ~ 25	18.1 ± 1.3	15 ~ 20	21.1 ± 3.2	15 ~ 26
额棘毛数 Frontal cirri number	8.0 ± 0	8	8.0 ± 0	8	8.0 ± 0	8	8.0 ± 0	8
腹棘毛数 Ventral cirri number	5.0 ± 0	5	5.0 ± 0	5	5.0 ± 0	5	5.0 ± 0	5
横棘毛数 Transverse cirri number	5.0 ± 0	5	5.0 ± 0	5	5.0 ± 0	5	5.0 ± 0	5
背触毛列数 Dorsal kineties number	7.1 ± 1.1	6 ~ 9	6.0 ± 0.4	5 ~ 7	6.2 ± 0.4	6 ~ 7	12.6 ± 2.0	9 ~ 15

数据统计自蛋白银制片标本。Based on protargol impregnated specimens.

本种为国内新纪录种。本研究种群外形及统计特征与 Foissner 描述的奥地利种群特征基本吻合^[10]。四核管膜虫活体形态与分布于德国、奥地利等地的犬牙管膜虫 (*Cyrtohymena candens*) 及奥地利、希腊等地的四棘毛管膜虫 (*C. tetracirrata*) 大小及外形近似^[13-14, 17-18]; 但犬牙管膜虫和四棘毛管膜虫以恒具 2 枚大核而明显区别于前者的 4 枚大核; 此外, 四棘毛管膜虫仅有 4 根横棘毛^[10], 区别于本种的 5 根。

2.3 犬牙管膜虫 *Cyrtohymena candens* (Kahl, 1932) Foissner, 1989 (图 1: ⑨ ~ ⑬, 图版 I: 7, 8; 表 1) 虫体活体大小为 (150 ~ 175) μm × (60 ~ 75) μm, 长宽比约 2.5 : 1.0。虫体椭圆形, 后端略紧缩, 背腹扁平, 背面中部略隆起 (图 1: ⑨ ~ ⑪, 图版 I: 7, 8)。大核两枚, 椭球状, 主要分布于虫体左侧, 银染后大小为 (15 ~ 25) μm × (8 ~ 13) μm; 小核球形 2

~ 5 枚, 直径约 3.5 μm (图 1: ⑫)。伸缩泡位于虫体左中部, 最大宽度约 15 μm, 两端具较长的收集管, 收缩间隔约 7 s。明视野下虫体呈暗灰色, 体内遍布直径 1.0 ~ 1.5 μm 的油球、形状不规则的细小结晶体及大小 (1.0 ~ 1.5) μm × (2.5 ~ 3.5) μm 的椭圆形内含物; 无表膜下颗粒。

虫体绕中轴做旋转游动, 在基底爬行速度很快。

口区约占体长的 46%, 口腔宽阔, 口围带由 32 ~ 48 片小膜组成, 口围带基部纤毛长约 10 μm (表 1)。口器为“管膜虫”口器模式, 口侧膜由 3 ~ 4 列毛基体组成 (图 1: ⑫)。额、腹、横棘毛为稳定的 8 : 5 : 5 模式; 额棘毛长约 25 μm, 顶端 3 根较为粗大; 腹棘毛长约 22 μm; 横棘毛长约 25 μm。左、右缘棘毛各一列, 在虫体尾部未交汇, 棘毛长约 20 μm (图 1: ⑫)。尾棘毛 3 根, 长约 27 μm, 位于第 1 ~ 4

列背触毛的末端。背触毛 6 列,第 5、6 列不足或仅达体长的一半,触毛长约 $2.5 \mu\text{m}$ (图 1: ⑬)。

本种为国内新纪录种。本种群外形及统计特征与 Foissner 描述的奥地利种群特征吻合^[10]。犬牙管膜虫与前述的四核管膜虫和四棘毛管膜虫近似,不同之处在于:四核管膜虫具多个大核 (*vs.* 2 枚),而四棘毛管膜虫形如其名,具 4 根 (*vs.* 5 根) 横棘毛。此外,本种的活体大小及外形与奥地利、德国、法国、意大利、美国、新西兰等地广泛分布的齿脊腹柱虫 (*Gastrostyla steinii*) 相近,但二者在纤毛图式上 ($8:5:5$ *vs.* $9:7:4$ 模式) 存在明显差异^[14, 17, 19-20]。

2.4 迟钝澳纤虫 *Australocirrus oscitans* Blatterer & Foissner, 1988 (图 1: ⑭ ~ ⑯, 图版 I: 9, 10; 表 1) 虫体活体大小为 $(150 \sim 260) \mu\text{m} \times (70 \sim 129) \mu\text{m}$, 长宽比为 2:1。虫体椭圆形,背腹扁平,背面中部略隆起(图 1: ⑭, 图版 I: 9)。椭球形的大核两枚,位于虫体左侧,银染后大小 $(23 \sim 35) \mu\text{m} \times (11 \sim 20) \mu\text{m}$; 小核球形, 1 ~ 3 枚,直径约 $3.5 \mu\text{m}$ (图 1: ⑮)。伸缩泡位于虫体的左中部,最宽处约 $30 \mu\text{m}$,收缩间隔约为 7 s,排空前可见两条较长的收集管。虫体柔软易曲,明视野下虫体呈暗灰色,体内含有大量直径 $2 \sim 5 \mu\text{m}$ 的油球、长达 $7 \mu\text{m}$ 的形状不规则的亮黄色结晶体、直径 $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 的内质颗粒及食物泡;无表膜下颗粒。

运动时绕虫体中轴以中等速度做旋转游动。

口区约占体长的 46%,口围带由 28 ~ 33 片小膜组成,小膜间距较大(图 1: ⑯; 表 1)。额、腹、横棘毛为稳定的 8:5:5 模式分布;额棘毛长约 $35 \mu\text{m}$,顶端 3 根明显粗大;腹棘毛长约 $30 \mu\text{m}$;横棘毛很粗壮,长约 $38 \mu\text{m}$ (图 1: ⑯, 图版 I: 10)。左、右缘棘毛各一列,在虫体尾部不交联,棘毛长约 $28 \mu\text{m}$ 。尾棘毛 3 根,长约 $28 \mu\text{m}$ 。背触毛多列,但多数为短列,触毛长约 $3 \mu\text{m}$ (图 1: ⑯)。

澳纤虫属隶属尖毛虫科,其属的定义为:口

围带形似问号;波动膜弯曲,不明显交叉;额腹棘毛排列呈“V”形;口后腹棘毛紧靠口腔;2 根横前棘毛;5 根横棘毛;背触毛发生模式为尖毛虫背触毛发生模式,背缘触毛列多于两列,第三列并非单列,而为多片断^[21]。

本种为国内新纪录种。本研究种群特征与 Blatterer 等报道的澳大利亚种群特征吻合^[21]。本种与 Foissner 等报道的奥地利载克澳纤虫 (*Australocirrus zechmeisterae*) 和分布于奥地利、德国及澳大利亚等地的八核澳纤虫 (*A. octonucleatus*) 活体形态较相近^[21-23];但本种恒具 2 枚大核,而载克澳纤虫为 4 枚,八核澳纤虫为 8 枚,以此可明显区分^[21-23]。

参 考 文 献

- [1] 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(16): 195-235.
- [2] Foissner W. Protist diversity: estimates of the near-imponderable. *Protist*, 1999, 150: 363-368.
- [3] 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.
- [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). *青岛海洋大学学报*, 1994, 24(1): 15-22.
- [5] 宁应之, 沈韞芬. 中国典型地带 29 种土壤纤毛虫记述(纤毛虫门: 动基片纲). *西北师范大学学报*, 1999, 35(3): 75-82.
- [6] 宁应之, 沈韞芬. 中国土壤原生动物新纪录种(纤毛虫门: 多膜纲: 异毛目). *动物学杂志*, 2000, 35(2): 2-4.
- [7] Foissner W, Xu K. Monograph of the Spathidiida (Ciliophora, Haptoria). Volume I: Protospathidiidae, Arcuospathidiidae, Apertospathulidae. *Monogr Biol*, 2007, 81: 1-487.
- [8] Foissner W. Basic light and scanning electron microscopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa. *Europ J Protistol*, 1991, 27: 313-330.
- [9] Lynn D H, Small E B. Phylum Ciliophora // Lee J J, Leedale G F, Bradbury P C. An Illustrated Guide to the Protozoa (2nd ed.). Lawrence, Kansas: Society of Protozoologists, 2002, 371-656.
- [10] Foissner W. Morphologie und Infraciliatur einiger neuer und wenig bekannter terrestrischer und limnischer Ciliaten

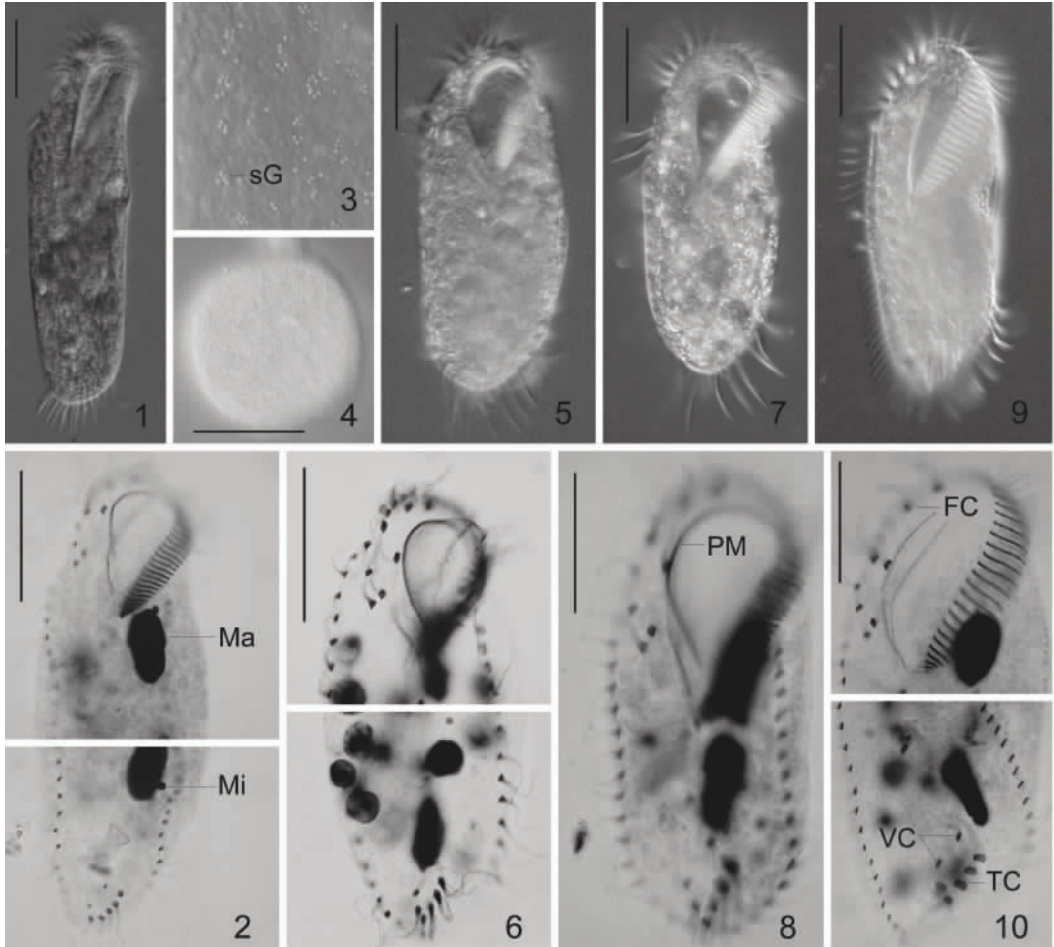
- (Protozoa, Ciliophora). *Sberöst Akad Wiss*, 1989, 196: 173 – 247.
- [11] Berger H, Foissner W. Cladistic relationships and generic characterization of oxytrichid hypotrichs (Protozoa, Ciliophora). *Arch Protistenk*, 1997, 148: 125 – 155.
- [12] Foissner W. Tropical protozoan diversity: 80 ciliate species (Protozoa, Ciliophora) in a soil sample from a tropical dry forest of Costa Rica, with descriptions of four new genera and seven new Species. *Arch Protistenk*, 1995, 145: 37 – 79.
- [13] Kahl A. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 3. Spirotricha. *Tierwelt Dtl*, 1932, 25: 399 – 650.
- [14] Foissner W. Ökologie und Taxonomie der Hypotrichida (Protozoa: Ciliophora) einiger österreichischer Böden. *Arch Protistenk*, 1982, 126: 19 – 143.
- [15] Foissner W. Faunistic and taxonomic studies on ciliates (Protozoa, Ciliophora) from clean rivers in Bavaria (Germany), with descriptions of new species and ecological notes. *Limnologica*, 1997, 27: 179 – 238.
- [16] Foissner W. Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the Literature. *Prog Protistol*, 1987, 2: 69 – 212.
- [17] Berger H. Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichia). London: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [18] Berger H, Foissner W. Morphology and biometry of some soil hypotrichs (Protozoa: Ciliophora). *Zool Jb Syst*, 1987, 114: 193 – 239.
- [19] Weyer G. Untersuchungen fiber die Morphologie und Physiologie des Formwechsels der *Gastrostyla steinii* Engelmann. *Arch Protistenk*, 1930, 71: 139 – 228.
- [20] Dragesco J. Ciliés libres de Thonon et ses environs. *Protistologica*, 1966, 2: 59 – 95.
- [21] Blatterer H, Foissner W. Beitrag zur terricolen Ciliatenfauna (Protozoa: Ciliophora) Australiens. *Stapfia*, 1988, 17: 1 – 84.
- [22] Foissner W, Berger H, Xu K, et al. A huge, undescribed soil ciliate (Protozoa: Ciliophora) diversity in natural forest stands of Central Europe. *Biodivers Conserv*, 2005, 14: 617 – 701.
- [23] Foissner W. Gemeinsame Arten in der terricolen Ciliatenfauna (Protozoa: Ciliophora) von Australien und Afrika. *Stapfia*, 1988, 17: 85 – 133.

李玉红等:土壤腹毛类纤毛虫四新纪录种

图版 I

LI Yu-Hong *et al.*: New Records of Four Hypotrich Ciliates (Protozoa, Ciliophora)
from Soil in China

Plate I



1~4. 澳洲管膜虫; 5, 6. 四核管膜虫; 7, 8. 犬牙管膜虫; 9, 10. 迟钝澳纤虫; 1, 5, 7, 9. 活体腹面; 2, 6, 8, 10. 银染标本腹面; 3. 背面表膜下颗粒; 4. 包囊; 标尺 = 40 μm 。

1~4. *Cyrtohymena australis*; 5, 6. *C. quadrinucleata*; 7, 8. *C. candens*; 9, 10. *Australocirrus oscitans*; 1, 5, 7, 9. Ventral view *in vivo*; 2, 6, 8, 10. Ventral view of impregnated specimens; 3. Dorsal view showing cortical granules; 4. Cyst; Bar = 40 μm .

FC: 额棘毛; Ma: 大核; Mi: 小核; PM: 口侧膜; sG: 表膜下颗粒; TC: 横棘毛; VC: 腹棘毛。

FC: Frontal cirri; Ma: Macronuclear nodules; Mi: Micronucleus; PM: Paroral membrane; sG: Cortical granules; TC: Transverse cirri; VC: Ventral cirri.