研究简报

莫氏肾形虫武汉种群的形态学及表膜下纤毛系研究

孟 良[1,2] 冯伟松[1] 沈韫芬[1]

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2 中国科学院研究生院 北京 100039)

MORPHOLOGICAL STUDIES ON THE WUHAN POPULATION OF *COLPODA MAUPASI* ENRIQUES (CILIOPHORA, COLPODEA)

MENG Liang[1,2], FENG Wei-Song[1] and SHEN Yun-Fen[1]

(1. *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan* 430072, *China*;
2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100039, *China*)

关键词: 土壤纤毛虫; 莫氏肾形虫; 形态学; 表膜下纤毛系; 种群

Key words: Soil ciliate; *Colpoda maupasi*; Morphology; Infraciliature; Population

中图分类号: Q959.11 文章标识码: A 文章编号: 1000-3207(2007)06-0896-05

肾形纲的代表属肾形虫属是土壤间隙生境中最为重要的纤毛虫类群之一, 其中的某些种类也常见于湖泊、池塘等淡水水体中[1—7]。Foissner 1993 年修订后的肾形虫属(包括 30 个种), 其将迅捷(快速)肾形虫 *Colpoda fastigata* Kahl, 1931, 固囊肾形虫 *C. matritensis* Ocariz, *et al.*, 1965 和莫氏拟肾形虫 *Paracolpoda maupasi* (Enriques, 1908) Lynn, 1975 等纤毛虫作为莫氏肾形虫 *C. maupasi* Enriques, 1908 的同物异名[2]。之后, Foissner 又报道了 2 新种和 1 新亚种[3, 8]。

因为原生动物现代研究技术是始于近几十年, 所以不少纤毛虫种类的形态分类特征还未被详细地研究过[2,3,9]。莫氏肾形虫是肾形虫属最为常见的种类之一, 一些学者在淡水中也报道过此种[2]。作者于 2005 年自武昌珞珈山的表层土壤样品中分离到一种肾形虫, 经鉴定为莫氏肾形虫, 本文通过多种现代研究手段以照片和绘图形式展现该种的许多重要特征, 并讨论其和相似种类的关系与区别, 以期为该物种的鉴定提供参考依据。

1 材料与方法

土壤样品于 2005 年采自湖北省武汉市武昌珞珈山的表层土壤。采集的土壤样品经室温干燥后封入塑料袋中保存。在实验室中用自来水在培养皿中浸泡土样, 约 24h 后在浸取液中可见虫体出现。再分离出虫体并详细地进行活体观察, 然后在加入了麦粒的土壤浸出液中进行纯培养。

纤毛下器及银线结构采用 Foissner 的蛋白银染色法 B、干银法和氨银法加以显示[9—12]。活体和染色标本的观察通过 Zeiss Axioplan 2 imaging 显微镜的明场、微分干涉在低倍、中倍和高倍下进行, 绘图与测量在 100—1600 倍下进行。图、文中所用名词及缩略语主要参照 Corliss[13], Lynn[14], Foissner[2,3], 宋微波[9,15], 宁应之[7]等。分类系统采用 Foissner 的系统[2]。

2 结 果

2.1 形态描述

本种群活体长 35—65 μm, 宽 15—45 μm; 背腹观近梨形, 前端略尖削, 后端较钝圆; 侧面观呈略细长的肾形, 背部较腹面明显隆起(图 1-1)。口前部分短, 约 1/4—1/3 体长, 有 5—7 个明显的刻肋沟(图 1-1); 口前部分在饱食的状态下, 可因口后部分膨胀而趋于尖削(图 1-2)。

大核一个, 形状与位置变异均较大, 大致呈球形或椭圆形, 于体中间偏前或偏后; 小核也为单一, 椭圆形或新月形, 紧贴于大核(图 1-1, 图 2-4)。

伸缩泡一个, 于体末端, 开口于后极中央(图 2-11), 在受挤压时可变得相当大(图 2-4), 舒张时周围可出现几个小的

收稿日期: 2005-11-30; 修订日期: 2006-12-17

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KSCX 2-2-06)资助

作者简介: 孟良(1979—), 男, 山东枣庄人; 硕士研究生; 从事分类与生态学研究。E-mail: mengliang6042002@yahoo.com.cn

收集泡(图 1-1, 图 2-3); 胞肛开口(图 1-1, 图 2-2)靠近伸缩泡开口的背方部位, 开口处有时可显著地凹陷, 排泄物略呈球状, 含许多粘连在一起的固体残渣。

射出体(图 1-1, 4, 图 2-3, 5)为大小不等的粒状, 明视野光镜下可因折光情况不同而呈棕黄色或黑色, 在受挤压的个体可见其能随胞质流动, 释放后的射出体呈细长粒状; 在蛋白银染色后的虫体可见其沿体动基列排布, 体动基列间也或多或少地有细粒状的射出体分布(图 1-4, 图 2-7, 8)。

皮膜柔软, 粗糙, 内质略暗; 食物泡球状(图 1-1, 图 2-4), 于胞质内经常密集分布而使虫体不透明; 左右体纤毛列在身体较透明的个体可呈交错状, 在明视野光镜下可见伸缩泡附近经常因密集的胞质晶体而呈棕黄色或黑色。虫体可沿长轴做较快地自旋式前进。

2.2　表膜下纤毛系及银线系

口前庭在腹面约 1/3 体长顶端处, 胞口(图 1-1, 图 2-1, 6)位于肾形之凹陷内, 在腹面偏左或偏右地形成一较浅的凹穴。口器的左侧小膜呈扁椭圆形, 约由 9 排毛基粒组成, 其纤毛可伸至体外(图 1-1), 但远不如齿脊肾形虫的左侧小膜形成的"须状"结构明显; 右侧(上方)的右侧小膜与左侧小膜约成 60° 角。

体纤毛约 7 μm 长, 在口前部分排布密集, 体动基列明显螺旋化, 大致呈"S"形(图 1-5, 图 2-7, 8), 其数目相当恒定(表 1), 变化范围为 15—21, 某些动基列偶尔缩短(图 1-5, 图 2-13); 口后及口侧动基列 3—4 列(图 2-12)。

银线系(图 1-5, 图 2-9, 10)为 Aspera 型, 即结构相当稳定, 仅含有少数颗粒和环状结构的银线系类型。体动基列间的银线有 20 条左右。

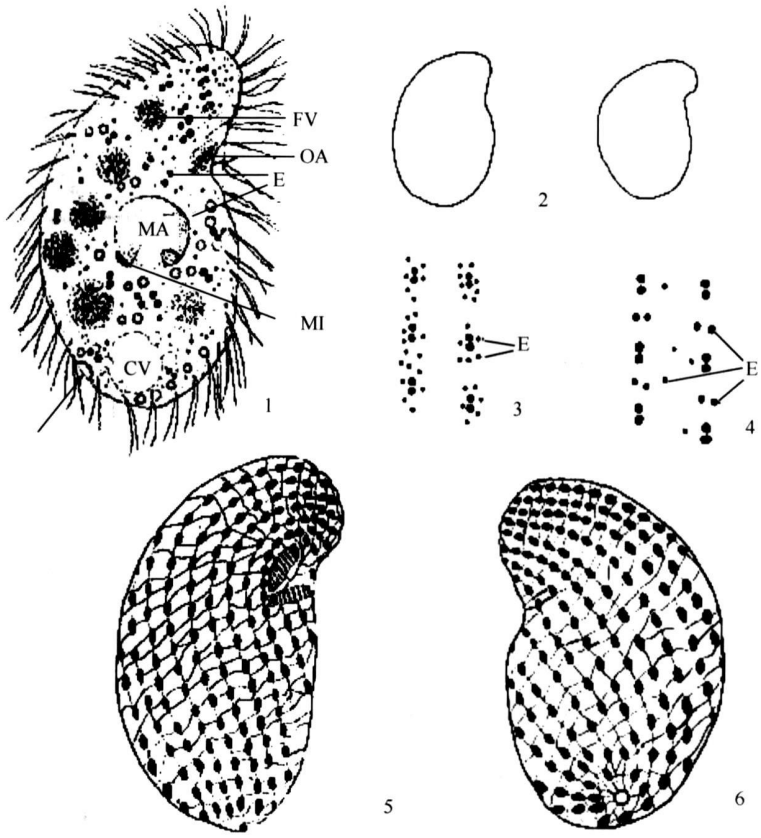

图 1　莫氏肾形虫示意图

Fig. 1　Diagram of *Colpoda maupasi* Enriques, 1908

1. 武汉种群正常虫体的右侧观, 箭头示胞肛; 2. 武汉种群的形状变异; 3, 4. 射出体(皮层颗粒)排布型: 3 引自 Foissner(1980), 4 自武汉种群; 5, 6. 武汉种群虫体左右侧的纤毛图式和银线系

1. Right lateral view of a representative specimen of the Wuhan population, Arrowhead marks cytopyge; 2. Shape variant of the Wuhan population of *Colpoda maupasi*; 3, 4. Pattern of extrusomes (cortical granules) of *Colpoda maupasi*: 3 from Foissner (1980), 4 from the Wuhan population of *Colpoda maupasi*; 5, 6. Infraciliature and silverline system of left and right side of the Wuhan population of *Colpoda maupasi*

CV: 伸缩泡 Contractile vacuole; E: 射出体(皮层颗粒) Extrusomes (cortical granules); FV: 食物泡 Food vacuoles; MA: 大核 Macronucleus; MI: 小核 Micronucleus; OA: 口器 Oral apparatus

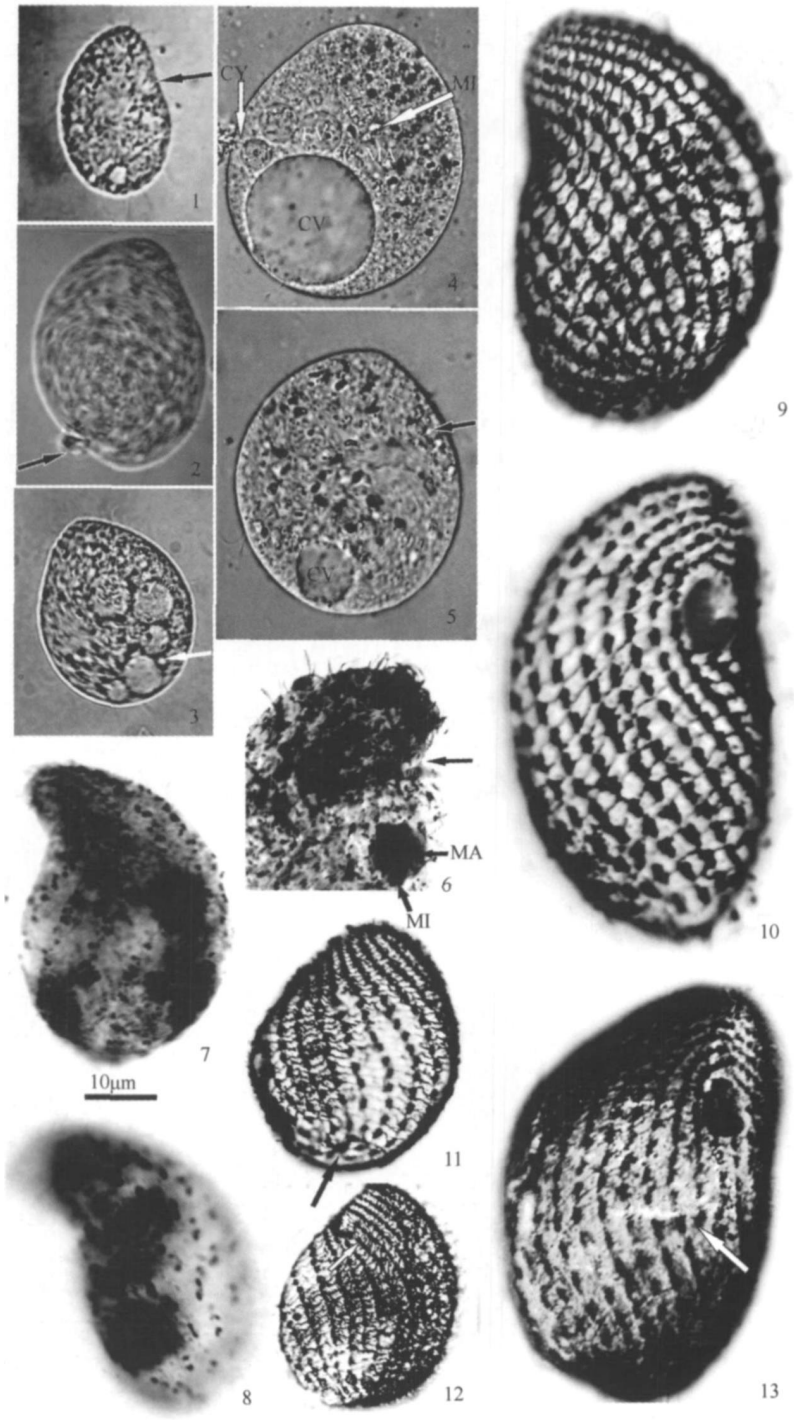

图 2 莫氏肾形虫武汉种群的活体形态学(1—5)和纤毛图式(6—13)

Fig 2 The morphology *in vivo* (1—5) and infraciliature (6—13) of the Wuhan population of *Colpoda maupasi*

1, 2. 运动个体的右侧面观示口器 (1, 箭头)和正在排泄的胞肛(2, 箭头); 3—5 受挤压的个体示收集泡(3, 箭头), 伸缩泡(4, 5), 大核, 小核, 正在排泄的胞肛(4), 口器(5, 箭头), 食物泡, 射出体(皮层颗粒)等; 6. 碳酸银染色后虫体前部左侧观示口器(箭头), 大核, 小核; 7, 8. 蛋白银染色后左背、左侧面的体动基列和射出体; 9—13. 干银法示左右侧的纤毛图式(9, 10), 伸缩泡开口(11, 箭头), 口后动基列(12, 箭头), 缩短的体动基列(13, 箭头)

1, 2. Right lateral view of moving specimens showing oral apparatus (1, arrowhead) and excreting cytopyge (2, arrowhead); 3—5. Squeezed specimens showing contractile vacuole(4, 5)and its collecting vesicles (3, arrowhead), macronucleus, micronucleus, excreting cytopyge(4), oral apparatus (5, arrowhead), food vacuoles and extrusomes(cortical granules)etc; 6. left anterior region of specimens after silver carbonate impregnation showing oral apparatus (arrowhead), macronucleus and micronucleus; 7, 8. Left and dorsal lateral views of specimens after protargol impregnation showing somatic kineties and extrusomes; 9—13. Left and right lateral views of specimens after dry silver nitrate impregnation showing infraciliature and silverline system (9, 10), excretory pore (11, arrowhead), postoral kineties (12, arrowhead), a shortened somatic kinety (13, arrowhead)

CV: 伸缩泡 Contractile vacuole; CY: 胞肛 Cytopyge; MA: 大核 Macronucleus; MI: 小核 Micronucleus

表 1　莫氏肾形虫武汉种群的形态学统计特征

Tab. 1　Morphological characteristics of the Wuhan population of *Colpoda maupasi*

特征 Characters	方法 Method	算术平均数 x	中位数 M	方差 SD	标准误 SE	变异系数 CV	最小值 Min	最大值 Max	个体数 N
体长 Body length	PB	48.4	49.0	8.5	1.8	71.6	34.0	66.0	21
体宽 Body width	PB	32.0	34.0	7.7	1.7	59.5	17.0	44.0	21
口前部分长 Length of preoral portion	PB	9.9	10.0	1.7	0.4	2.9	7.0	14.0	21
顶端至口器左侧小膜后缘的距离 Anterior body end to posterior margin of left oral polykinetid, distance	PB	18.7	18.0	2.7	0.6	7.3	14.0	25.0	21
顶端至大核的距离 Anterior body end to macronucleus, distance	PB	28.2	28.0	5.2	1.1	26.9	18.0	40.0	21
腹缘至大核的距离 Ventral body margin to macronucleus, distance	PB	15.9	16.0	5.4	1.2	28.8	8.0	29.0	21
大核长 Length of macronucleus	PB	12.3	12.0	1.7	0.4	2.8	8.0	16.0	21
大核宽 Width of macronucleus	PB	10.9	11.0	2.3	0.5	5.1	5.0	15.0	21
小核长 Length of micronucleus	PB	3.0	3.0	0.4	0.8	0.1	2.4	4.0	21
小核宽 Width of micronucleus	PB	1.7	1.6	0.6	0.1	0.3	0.7	2.9	21
体纤毛列数 Somatic ciliary rows, number	DS	17.9	18.0	1.4	0.3	1.9	15.0	21.0	21
口后纤毛列数 Postoral ciliary rows, number	DS	3.5	3.0	0.5	0.1	0.3	3.0	4.0	21
左侧口前部分上的动基列数 Kineties of preoral portion, number	PB	6.3	6.0	0.7	0.2	0.5	5.0	8.0	21
右侧口前部分上的动基列数 Kineties of preoral portion, number	PB	6.1	6.0	0.6	0.1	0.4	5.0	7.0	21
右侧第五列体纤毛列的毛基粒数 Kinetids in fifth ciliary row right of oral opening, number	DS	21.4	21.0	1.2	0.3	1.5	19.0	24.0	21
口器左侧小膜长 Length of left oral polykinetid	SC	5.6	5.6	0.3	0.1	0.1	4.8	6.2	21
口器左侧小膜宽 Width of left oral polykinetid	SC	2.4	2.4	0.1	0.0	0.0	2.1	2.7	21
口器左侧小膜的纤毛列数 Left oral polykinetid, number of ciliary rows	SC	9.8	10.0	0.5	0.1	0.3	9.0	11.0	21

Note: Measurements in μm. CV: Coefficient of variation in %; DS: Dry silver nitrate impregnation; M: Median; Max: Maximum; Min: Minimum; N: Number of individuals investigated; PB: Protargol impregnation B (Foissner's method); SC: Silver carbonate impregnation; SD: Standard deviation; SE: Standard error of arithmetic mean; x: Arithmetic mean

3　讨　论

莫氏肾形虫 *Colpoda maupasi* Enriques, 1908 是 Enriques (1908)将自己在意大利 Bologna 干草浸汁中发现的一肾形虫与 Maupas 在 1883 年描述的齿脊肾形虫(*C. steinii*)的部分图示比较后而以 Maupas 的名字为基础命名的, Foissner 在 1993 年将迅捷(快速)肾形虫 *Colpoda fastigata* Kahl, 1931, 固囊肾形虫 *C. matritensis* Ocariz *et al.*, 1965 作为它的同物异名[2]。Foissner 认为 Kahl 之所以建立了 *C. fastigata* 是因为 Kahl 未见或忽略了 Enriques 对 *C. maupasi* 的第二次图解。除了在图解上的差别之外, Kahl 还提到二者另外一个较显著的差异是前者腹面左侧没有明显的凹咽[16, 17], 但这一点与 Maupas 在 1883 年描述的 *C. steinii* 的部分图示很吻合[2]。

Lynn 于 1975 年将没有对角沟的 *C. maupasi* Enriques, 1908更名为莫氏拟肾形虫 *Paracolpoda maupasi*, 但是他于 1976年将之重新作为 *C. maupasi* Enriques, 1908 并进行了仔细地研究, 而且他发现他所研究的种群与 Kahl(1931), Burt (1940), Dragesco (1970)等学者所研究的 *C. maupasi* 种群相似[18]。宁应之[7] 1996 年描述的青海海北的 *Paracolpoda maupasi* (Enriques, 1908) Lynn, 1975 口凹不显著, 大核内有明显的分叶状核仁(核内体), 而核仁在 *C. maupasi* 因变异大而不是该种重要的鉴别特征[2]。在我们研究的 *C. maupasi* 种群中, 腹面左侧的凹咽或较明显或不明显。凹咽明显与否可能与虫体的营养状态, 虫体所处的细胞周期及具体的环境条件等因素有关。

Foissner 1993 年曾把体动基列数目相当恒定作为 *C. maupasi* 一个较为显著的种的特征, 该种体动基列通常 15—18 列, 变异范围为 14—20[2]; 但是他在对其他 *C. maupasi* 种群进行研究后又将上述数目分别更新为 20—30, 15—40[8]。在我国浙江天目山和湖南衡山记录到的 *Colpoda fastigata* 种群纤毛行列也较密[4]。在我们研究的 *C. maupasi* 种群中, 体动基列变异范围为 15—21。因此, 体动基列数目相当恒定这一特征就不再是 *C. maupasi* 所特有的种的鉴别特征[2, 8]。Foissner 1993 年将 *C. matritensis* 视为 *C. maupasi* 的同物异名时曾把体动基列数目作为依据之一[2], 现在看来, 前者体动基列数目无论是 15—20 还是 26—28 都可以将二者作为同物异名。在我国浙江天目山和湖南衡山记录到的 *C. fastigata* 种群[4] 除了纤毛行列密之外基本上符合 *C. maupasi* Enriques(1908)的特征。

综上所述，从整体上来说，我们同意 Foissner 将 *C. fastigata* Kahl, 1931, *C. matritensis* Ocariz *et al.*, 1965 和 *P. maupasi*（Enriques, 1908）Lynn, 1975 作为 *C. maupasi* Enriques, 1908 的同物异名的观点。同时值得注意的是，在所有被调查的 *C. maupasi* 相关种群中，射出体形状及其排布特征表现出了较大差异[2,4,8,19]。

Kahl(1931)在其种类检索表紧邻 *C. fastigata* 的位置建立了豆形肾形虫 *C. colpidiopsis*，他认为两者的主要区别在于前者的射出体为细粒状，食物泡为球形，其内有不规则排列的细菌等食物，而后者的射出体为粗粒状，食物泡为纺锤形，其内有规则排列的细菌等食物[9]。在 Foissner 总结的 *C. maupasi* 种群中，射出体是 1 μm 左右的粒状以特定的排布型沿体动基列排布（图 1-3），食物泡为球形[2]。在我们研究的 *C. maupasi* 种群中，食物泡为球形，大小不等的射出体（皮层颗粒）在活体同时存在；射出体在蛋白银染色后大多以较大的粒状且不同于 Foissner 总结的射出体排布型沿体动基列排布，体动基列间也或多或少地有细粒状射出体分布（图 1-4, 2—7, 8）。Geptner 1973 年描述的 *C. colpidiopsis* 的射出体在活体是成排地与体纤毛列平行排列；食物泡为球形[2]。然而，根据我们的观察，在 *C. maupasi* 及其相似种的活体很难准确地观察到射出体是否是成排地与体纤毛列平行排列，而且射出体染色制片的过程中可能会释放；食物泡形状可因所处消化阶段及其所含食物的不同等原因而有变化。因此，在由于虫体少等原因而不能准确鉴定的情况下建议类似 *Tetrahymena pyriformis* complex 等种类那样以 *Colpoda maupasi* complex 的形式来包括 *C. maupasi* Enriques, 1908, *C. fastigata* Kahl, 1931, *C. colpidiopsis* Kahl, 1931, *C. matritensis* Ocariz, *et al.*, 1965, *C. colpidiopsis* Geptner, 1973 和本文研究的武汉 *C. maupasi* 种群等在内的 *C. maupasi* 相似种及种群。

致谢：

蛋白银染色技术曾得到中山大学徐润林老师，黄建荣老师，哈尔滨师范大学施心路老师的指导，特此致谢！

参考文献：

[1] Foissner W. Soil Protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans bioindicators, and guide to the literature [J]. *Progr. Protistol*, 1987, **2**: 69—212

[2] Foissner W. Colpodea (Ciliophora) [M]. Gustav Fischer Verlag Stuttgart Jena New York, 1993, 798

[3] 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 (Denisia 5) [M]. 2002, 1459

[4] Shen Y F, Liu J, *et al*. Protozoa [A]. In: Yi W Y (Eds.), Subtropical soil animals of China [C]. Beijing: Science Press. 1992, 97—156 [沈韫芬, 刘江, 等. 原生动物. 见: 尹文英, 中国亚热带土壤动物. 北京: 科学出版社. 1992, 97—156]

[5] Ning Y Z, Shen Y F. Protozoa [A]. In: Yi W Y (Eds.), Pictorical keys to soil animals of China [C]. Beijing: Science Press, 1998, 7—42, 393—431[宁应之, 沈韫芬. 原生动物门. 见: 尹文英, 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社. 1998, 7—42, 393—431]

[6] Ning Y Z, Shen Y F. Faunal characteristics of soil protozoa [A]. In: Yi W Y (Eds.), Soil animals of China [C]. Beijing: Science Press. 2000, 209—219[宁应之, 沈韫芬. 土壤原生动物的区系特点. 见: 尹文英, 中国土壤动物. 北京: 科学出版社. 2000, 209—219]

[7] Ning Y Z. Studies on taxonomy and ecology of soil protozoa in typical zones of China [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 1996 [宁应之. 中国典型地带土壤原生动物研究. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉, 1996]

[8] Foissner W. Pseudomaryna australiensisnov. gen., nov. spec. and Colpoda brasiliensisnov. spec., two new colpodids (Ciliophora, Colpodea) with a mineral envelope [J]. *Europ. J. Protistol.*, 2003, **39**: 199—212

[9] Song W B. Progress of Protozoology [M]. Qingdao: Ocean University of Qingdao Press. 1999, 362 [宋微波. 原生动物学专论. 青岛: 青岛海洋大学出版社. 1999, 362]

[10] Foissner W. Basic light and scanning electron micro-scopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa [J]. *Europ. J. Protistol.*, 1991, **27**: 313—330

[11] Foissner W, Berger H, Schaumburg J. Identification and ecology of limnetic plankton ciliates [M]. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1999, 793

[12] Shen Y F. Protozoology [M]. Beijing: Science Press. 1999, 656 [沈韫芬. 原生动物学. 北京: 科学出版社. 1999, 656]

[13] Corliss J O. The ciliated protozoa: characterization, classification and guide to the literature (2nd ed.) [M]. Pergamon Press. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris. 1979, 455

[14] Lynn D, Small E. Phylum ciliophora Doflein, 1901 [A]. In: Lee J J, Leedale F G, Bradbury P (Eds.), An illustrated guide to the protozoa 2ed [M]. Lawrence: Allen Press. 2000, 371—656

[15] Song W B. Faunistical studies on some soil ciliates from Qingdao—Ⅰ. Kinetofragminophora, Oligohymenophora, Colpodea [J]. *J. of Ocean University of Qingdao*, 1994, **24**: 15—23 [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**: 15—23]

[16] Foissner W. Colpodide ciliaten (Protozoa, ciliophora) aus alpinen Boden [J]. *Zool. Jb. Syst.*, 1980, **107**: 391—432

[17] Kahl A. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 2 Holotricha außer den im 1. Teil behandelten Prostomata [M]. Tierwelt Dtl., 1931, **21**, 181—398

[18] Lynn D H. Comparative ultrastructure and systematics of the Colpodida. An ultrastructural description of *Colpoda maupasi* Enriquez, 1908 [J]. *Can. J. Zool.*, 1976, **54**: 405—420

[19] Lynn D H, Malcolm J R. A multivariate study of morphometric variation in species of the ciliate genus *Colpoda* (Ciliophora: Colpodida) [J]. *Can. J. Zool.*, 1983, **61**: 307—316