

拒马河北京段原生动物群落特征及其对 河流营养状况的指示

李凤超¹ 康现江^{1*} 杨文波² 管越强¹ 张晓慧² 刘炜炜¹
沈公铭² 李继龙² 王宏伟¹

¹ (河北大学生命科学学院, 保定 071002)

² (中国水产科学研究院渔业资源与环境研究中心, 北京 100039)

摘要: 原生动物是水生生态系统中的重要组成部分, 具有重要的生态功能。为揭示拒马河北京段的生态现状, 作者于2004年3–11月对拒马河北京段9个采样点的原生动物群落进行了调查。共鉴定出原生动物310种, 其中鞭毛虫134种(包括植鞭毛虫96种, 动鞭毛虫38种), 肉足类64种, 纤毛虫112种。原生动物种类数较多的目有: 眼虫目(39种)、动基体目(25种)、团鞭毛虫目(21种)、金滴虫目(21种)、下毛目(18种)、盾纤目(17种)、膜口目(15种)。优势种为卵形隐藻(*Cryptomonas ovata*), 次优势种为珍珠映毛虫(*Cinetochilum margaritaceum*)。9个采样点原生动物群落的Jaccard相似性系数介于0.4569和0.5950之间。通过对原生动物群落结构及营养功能类群的分析并与其他水域的资料相比较, 认为目前拒马河北京段营养水平应介于贫营养和中营养之间。

关键词: 拒马河, 原生动物, 种类组成, 多样性, 营养功能类群

Protozoan community character in relation to trophic level in the Beijing section of the Juma River

Fengchao Li¹, Xianjiang Kang^{1*}, Wenbo Yang², Yueqiang Guan¹, Xiaohui Zhang², Weiwei Liu¹, Gongming Shen², Jilong Li², Hongwei Wang¹

¹ College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002

² Fishery Resource and Environment Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100039

Abstract: To study the ecological status of the Juma River, we conducted a survey of the protozoa in the Beijing section of the river during March to November 2004. A total of 310 protozoa species, belonging to 157 genera, were observed, including 134 flagellate species, 64 sarcodina, and 112 ciliate. The most species-rich orders were Euglenoidida (39 species), Kinetoplastida (25 species), Volvocida (21 species), Chrysomonadida (21 species), Hypotrichida (18 species), Scuticociliatida (17 species), and Hymenostomatida (15 species). *Cryptomonas ovata* was the dominant species, whereas *Cinetochilum margaritaceum* was subdominant. Jaccard similarity indices among the protozoan communities from the nine sampling stations varied between 0.4569 and 0.5950. After comparing the characteristics of the protozoan communities and the functional-trophic groups with those of other waters, we found that the percentage of Phytomastigophora, identity of dominant taxa and the functional-trophic structure of the protozoan communities indicate an oligotrophic to mesotrophic state.

Key words: Juma River, protozoa, species composition, diversity, functional-trophic group

原生动物作为水域生态系统中的重要组成部分, 在能量流动和物质循环中发挥着十分重要的作用。

一些研究结果表明, 大型浮游动物不能有效地捕食天然水体中的悬浮细菌, 而原生动物(主要是

收稿日期: 2006-01-04; 接受日期: 2006-04-03

基金项目: 北京市拒马河自然保护区科学考察与规划项目(2003)、河北省动物学重点学科(2006001)和河北省科技指导性计划(2004)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xjkang@mail.hbu.edu.cn

异养性原生动物)对悬浮细菌却具有很强的牧食作用(Fenchel, 1977), 将其生物量转化为自身生物量后, 再被更高营养级的生物利用。另外, 某些纤毛虫还是藻类的重要捕食者。原生动物的捕食作用促进了细菌和藻类的生长, 更有利于水体中营养物质的周转和再生(沈韞芬等, 1990)。与高等生物比较, 单细胞的原生动物与水环境直接接触, 对水环境的变化反应迅速, 因此, 原生动物在水域环境的指示方面具有不可替代的优势(许木启等, 1998; 蔡后建, 1998; Song, 2000; Shukla & Gupta, 2001; 冯伟松等, 2003; Xu *et al.*, 2005; Madoni, 2005)。

拒马河是海河流域大清河水系支流, 发源于河北省涞水县西北太行山麓。拒马河北京段河长61 km, 流域面积433.8 km², 常年不断流, 是生物多样性较为丰富的地区之一。2003年11月, 为改善首都生态环境、实施绿色奥运战略, 按照《北京市自然保护区发展规划》的要求, 开展拒马河自然保护区科学考察工作。本文通过对拒马河北京段原生动物种类组成、分布和数量季节变化等群落特征的调查, 旨在分析拒马河水域生态系统的现状, 以期在北京拒马河自然保护区的规划及建设提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 采样点的设置

本次调查在61 km的河段上共设置9个采样点(图1)。采样点的设置既考虑了分布的均匀性, 又使

各采样点生态特点具有代表性。采样点依次为: 狼牙河、天花板、北石门、西河口、九渡、鱼古洞、穆家口、千河口、张坊大桥。其中九渡、北石门和千河口采样点有农田沥水输入。

1.2 样品的采集与鉴定

采样于2004年3-11月进行, 每月下旬采集一次。其中3、4月份用25号浮游生物网采集, 5-11月份用PFU(聚氨酯泡沫塑料块)法采集。将PFU块在各采样点暴露24 h后取回, PFU块的放置、收集以及原生动物的种类鉴定参照国家标准《水质—微型生物群落监测—PFU法》(GB-T 12990291)。定量分析方法为采集2.5 L表层水, 加入鲁哥氏液(Lugol's Fluid)固定, 实验室内静置沉淀48 h后浓缩计数。

1.3 营养功能类群的划分

根据Pratt和Cairns(1985)将淡水原生动物分成6个营养功能类群(functional-trophic groups), 即光合作用者(photosynthetic autotrophs, 以下简称P群)、食藻者(algivores, 以下简称A群)、腐生者(saprotrophs, 以下简称S群)、食细菌-碎屑者(bactivores-detritivores, 以下简称B群)、食肉者(raptors, 以下简称R群)和无选择性的杂食者(nonselective omnivores, 以下简称N群)。

1.4 数据分析

各采样点群落的相似性系数采用Jaccard公式计算, 其表达式为: $S=2c/(a+b)$ 。式中S为相似性系数, a为A站的种数, b为B站的种数, c为两站共同的

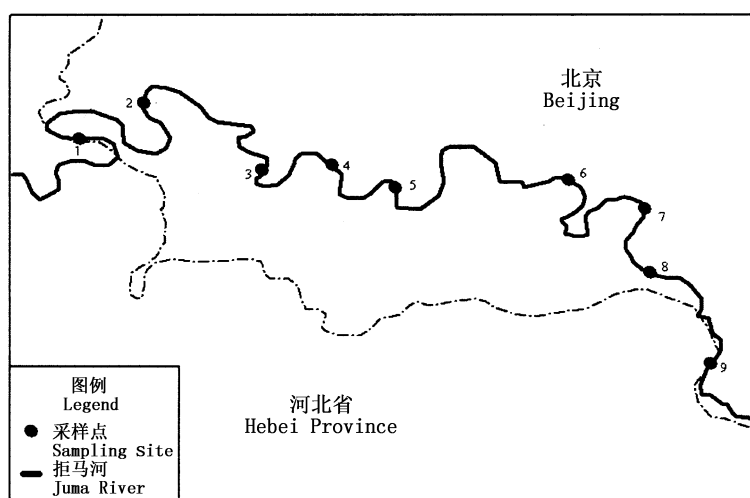


图1 拒马河北京段9个采样点位置图

Fig. 1 The distribution of nine sampling stations in the Beijing section of the Juma River

种数。根据该公式, S 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(谢钦铭等, 2000)。

2 结果

2.1 种类组成

9 个采样点共观察到原生动物 310 种(附录 I), 隶属于 157 属。其中植鞭毛虫 96 种, 动鞭毛虫 38 种, 肉足虫 64 种, 纤毛虫 112 种。种类数较多的目有: 眼虫目 39 种, 占总种数的 12.6%; 团藻目 21 种, 占总数的 6.8%; 动基体目 25 种, 占总数的 8.1%; 金滴虫目 21 种, 占总数的 6.8%; 下毛目 18 种, 占总数的 5.8%; 盾纤目 17 种, 占总数的 5.5%; 膜口目 15 种, 占总数的 4.8%(表 1)。

从个体数量来看, 采样期间拒马河北京段原生动物的优势种为卵形隐藻(*Cryptomonas ovata*), 次优势种为珍珠映毛虫(*Cinetochilum margaritaceum*)。其他常见的种类有: 鞭毛虫类的具尾兰隐藻(*Chroomonas caudata*)、内管藻(*Entosiphon sulcatum*)、微小瓣胞藻(*Petalomonas pusilla*)以及球波豆虫(*Bodo globosus*)和梨波豆虫(*B. edax*); 肉足虫类的近蛞蝓卡变虫(*Cashia limacoides*)、砂壳虫属(*Diffugia*)和太阳虫类的刺胞虫属(*Acanthocystis*)、刺日虫属(*Raphidiophrys*); 纤毛虫中的瓜形膜袋虫(*Cyclidium citrullus*)、有肋楯纤虫(*Aspidisca costata*)、大弹跳虫(*Halteria grandinella*)和贻贝棘尾虫(*Stylonychia mytilus*)。

2.2 丰度

各月份原生动物的丰度变化较大, 其中 5 月份最高, 9 个采样点平均为 105,089 ind./L; 9 月份最低, 为 35,200 ind./L; 纤毛虫 7 月份丰度最高, 为 4,000 ind./L, 3 月份最低, 为 1,540 ind./L(图 2)。

各采样点间原生动物丰度的变化也较大, 3 号采样点丰度最高, 为 83,378 ind./L; 9 号采样点最低, 为 37,690 ind./L; 纤毛虫最高丰度为 3 号采样点(北石门的) 3,205 ind./L, 最低为 7 号采样点(穆家口)的 1,794 ind./L(图 3)。

2.3 群落的相似性

9 个采样点 Jaccard 相似性系数见表 2, 从表 2 可以看出, 各采样点间的原生动物相似性系数在

表 1 拒马河北京段原生动物群落结构
Table 1 Protozoan community structure in the Beijing section of the Juma River

类群 Group	属 Genus	种 Species
肉鞭门 Sarcomastigophora		
鞭毛亚门 Mastigophora		
植鞭毛纲 Phytomastigophorea		
金滴虫目 Chrysomonadida	7	21
隐滴虫目 Cryptomonadida	5	10
绿滴虫目 Chloromonadida	2	2
腰鞭虫目 Dinoflagellida	2	3
眼虫目 Euglenoidida	13	39
团鞭虫目 Volvocida	11	21
动鞭毛纲 Zoomastigophorea		
领鞭目 Choanoflagellida	3	5
杯鞭目 Bicoecida	2	2
双滴目 Diplomonadida	1	1
根鞭目 Rhizomastigida	4	5
动基体目 Kinetoplastida	6	25
肉足亚门 Sarcodina		
变形虫类 Amoebae	16	22
有壳根足虫 Testacea	16	29
太阳虫类 Heliozoa	6	13
纤毛门 Ciliophora		
核残目 Karyorelictida	1	1
前口目 Prostomatida	6	11
刺钩目 Haptorida	6	8
侧口目 Pleurostomatida	3	6
肾形目 Colpodida	2	5
合膜目 Synhymeniida	1	2
蓝口目 Nassulida	4	5
管口目 Cyrtophorida	2	7
吸管目 Suctorida	2	2
膜口目 Hymenostomatida	7	15
盾纤目 Scuticociliatida	7	17
缘毛目 Peritrichida	2	7
异毛目 Heterotrichida	2	3
齿口目 Odontostomatida	1	1
寡毛目 Oligotrichida	3	4
下毛目 Hypotrichida	14	18

0.4569–0.5950 范围内, 这表明各采样点间原生动物群落为中等相似或中等不相似。

2.4 群落的营养功能类群

在原生动物各营养功能类群中, B 群种数最多, 占总种数的 46.1%。其次是 A 群和 P 群, 分别占 21.3% 和 18.4%, 而 S 群和 R 群分别占 4.2% 和 3.9%。在拒马河北京段观察到的 134 种鞭毛虫中, 自养性的植鞭毛虫为 96 种, 占原生动物总种数的 30.9%。拒马河富有大型水生植物(主要是沉水性水草), 可以提供丰富的碎屑颗粒, 相应地食细菌-碎屑者(B 群)数量丰富。一些小型异养性鞭毛虫, 如波豆虫属(*Bodo*)、

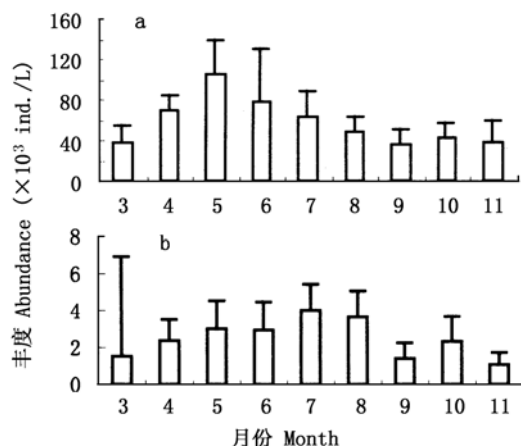


图2 各月份拒马河北京段总原生动物(a)和纤毛虫(b)丰度的动态

Fig. 2 Dynamics of total protozoa (a) and ciliate (b) abundance in the Beijing section of the Juma River in different months

鼻吻滴虫属(*Rhynchomonas*)、屋滴虫属(*Oikomonas*)等很常见。另外,以细菌为食的下毛目的楯纤虫属(*Aspidisca*)和游仆虫属(*Euplotes*)也经常出现。

3 讨论

原生动物的丰度可以反映出水体的营养状况。从寡营养到富营养水体,原生动物的丰度逐渐增加(沈韞芬, 1998)。Beaver和Crisman(1982)根据纤毛虫的丰度划分水体的营养标准:寡营养湖泊中纤毛虫的平均丰度为 10.8×10^3 ind./L,中营养为 27.5×10^3 ind./L,富营养为 55.5×10^3 ind./L,而超富营养湖泊可达到 155×10^3 ind./L。拒马河北京段纤毛虫丰度介于1,540 ind./L和4,000 ind./L之间,远低于寡营养湖泊的水平。从各月份原生动物的丰度变化来看,5月份丰度达到最高值,为105,089 ind./L。此时为拒马河枯水期,河水流量少,流速低,再加上水坝的拦水,易造成营养盐的沉积,加上适宜的温度和光照条件,导致原生动物丰度增加。从各采样点原生动物丰度来看,3号采样点(北石门)最高,8号采样点(千河口)次之。上述两个采样点上游两岸均有大片稻田,有稻田沥水输入,随沥水输入的营养盐使原生动物的丰度增加。

拒马河各采样点原生动物群落为中等相似或中等不相似。关于河流原生动物相似性指数的报道

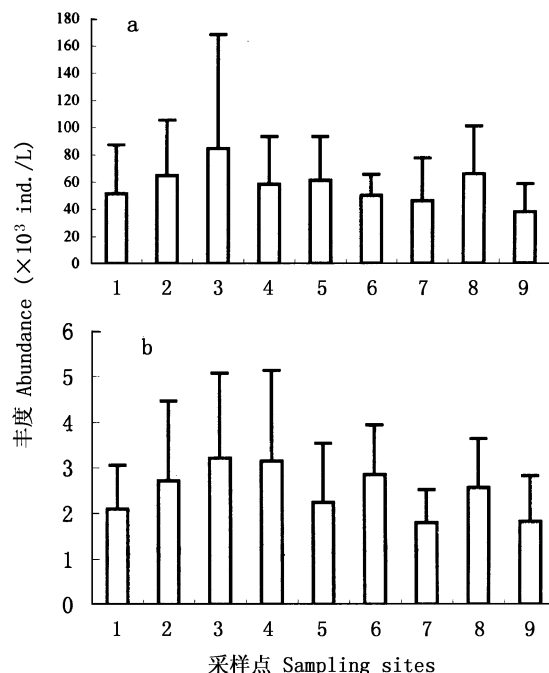


图3 拒马河北京段各采样点总原生动物(a)和纤毛虫(b)丰度的动态

Fig. 3 Dynamics of total protozoa (a) and ciliate (b) abundance in the Beijing section of the Juma River in different sampling sites

不多,与鄱阳湖相比(谢钦铭等, 2000),拒马河原生动物群落的相似性系数低于鄱阳湖,表现出较高的异质性。

原生动物群落营养功能类群的结构与水环境状况密切相关,污染物的输入会影响河流原生动物营养功能类群的结构。例如,食藻者类群对污水比较敏感(李凤超等, 2005),在无污染的采样点,食藻者的种类数和丰度较高;相反,在有机污染物输入处,食菌者较多(Madoni, 2005),水质改善后食藻者比例上升(Grabacka, 1988; Kasza, 1988)。在较清洁的水体,行光合自养的P类群和食藻的A类群较多;而营养水平高的水体中,腐生者S类群丰富(沈韞芬等, 1990)。拒马河北京段原生动物营养功能类群与其他水域相比,P群和A群的比例均低于贫营养的索溪峪自然保护区水系(沈韞芬等, 1990),但均显著高于富营养的东湖。与中营养的道格拉斯湖相比(Pratt & Cairns, 1985),拒马河P群比例稍低而A群比例高,二者之和高于道格拉斯湖(表3)。从上述分析来看,

表2 拒马河北京段原生动物群落的Jaccard相似性系数
Table 2 Jaccard similarity index among the protozoan communities in the Beijing section of the Juma River

采样点	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.0000	0.5673	0.4569	0.5370	0.5322	0.5161	0.5346	0.5050	0.5530
2		1.0000	0.4977	0.5603	0.5382	0.5579	0.5064	0.5321	0.5579
3			1.0000	0.5339	0.5210	0.5495	0.5225	0.5700	0.5586
4				1.0000	0.5447	0.5477	0.5145	0.5310	0.5560
5					1.0000	0.5891	0.5504	0.5432	0.5814
6						1.0000	0.5289	0.5374	0.5950
7							1.0000	0.5022	0.5289
8								1.0000	0.5727
9									1.0000

表3 拒马河北京段原生动物群落的营养功能类群与其他水体的比较
Table 3 Comparison of the functional-trophic group of protozoan community between the Beijing section of the Juma River and other water areas

	索溪峪水系 Suoxiyu water system		道格拉斯湖 Douglas Lake		东湖 Donghu Lake		拒马河 Juma River	
	种数 Species number	%	种数 Species number	%	种数 Species number	%	种数 Species number	%
光合自养者 Photosynthetic autotrophs (P)	77	31.0	40	26.0	11	11.9	57	18.4
食菌-碎屑者 Bacti-vores-detritivores (B)	29	11.7	97	64.2	68	73.1	143	46.1
食藻者 Algivores (A)	99	39.9	3	2.0	4	4.3	66	21.3
腐生者 Saprotrophs (S)	1	0.4	1	0.7	1	1.1	13	4.2
杂食者 Nonselective omnivores (N)	32	12.9	10	6.7	8	11.8	12	3.9
捕食者 Raptors (R)	9	3.6	0	0	1	1.1	19	6.1

为便于比较, 将原文中食藻-细菌者数量除以2分别加到A和B群中。
Note: For comparison convenience, the species number of algivore-bacterivores in the original text was averagely divided into A and B groups.

目前拒马河北京段水体营养水平高于贫营养而低于中营养。

从原生动物优势种来看, 优势种卵形隐藻和次优势种珍珠映毛虫属于 α - β 中污指示种(沈韞芬等, 1990), 反映拒马河水质尚好。珍珠映毛虫在世界各地其他水体中也常有出现(Song, 2000; Blatter, 2002; Schwarz & Frenzel, 2003; Madoni, 2005), 并且常具有很高的丰度, 表明它是一种世界性的广布种。大弹跳虫是湖泊中的常见种类, 此次调查发现它在拒马河北京段很常见, 个别采样点数量较大, 这可能与拒马河水流较缓、水草丰富、以及建有较多水坝而形成很多开阔水面有关。本次调查未采集到在污染严重河段会出现的厌氧型纤毛虫, 表明拒马河溶解氧丰富, 水质较好。

通过对原生动物群落的丰度、植鞭毛虫的比例、优势种类以及原生动物群落营养功能类群的综合分析与比较, 认为拒马河营养水平应介于贫营养

和中营养之间。根据拒马河北京段水体理化指标的监测结果(待发表), 该河段水体属地表水Ⅱ类水质, 这与原生动物群落特征所反映的结果相一致。由于拒马河流量较小, 易受到外界的影响。从拒马河原生动物群落特征来看, 一些人类活动已对拒马河水系产生影响, 如有农田沥水输入的两个采样点(北石门和千河口)原生动物群落的丰度远高于其他采样点(图3), 因此应关注各河段原生动物群落的变化, 加强对农田沥水的管理。

致谢: 感谢河北大学生命科学学院马寨璞博士帮助设计统计程序并进行数据统计, Hendrik Segers博士帮助修改英文摘要。

参考文献

Beaver JR, Crisman TL (1982) The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes. *Limnology and Oceanography*, **27**, 246–253.
Blatter H (2002) Some conditions for the distribution and

- abundance of ciliates (Protozoa) in running waters—Do we really find every species everywhere? *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, **28**, 1046–1049.
- Cai HJ (蔡后建) (1998) The response of ciliated protozoans to eutrophication in Meiliang Bay of Taihu Lake. *Journal of Lake Sciences* (湖泊科学), **10**(3), 43–48. (in Chinese with English abstract)
- Cairns J Jr, Ruthven JA, Kaesler RL (1974) Distribution of protozoa in a small stream. *American Midland Naturalist*, **92**, 406–414.
- Fenchel T (1977) The significance of bacterivorous protozoa in the microbial community of detrital particles. In: *Aquatic Microbial Communities* (ed. Cairns J Jr), pp.531–544. Garland Publishing, New York.
- Feng WS (冯伟松), Fan XP (范晓鹏), Shen YF (沈韞芬) (2003) Study on the relationship between protozoan community structure and the nutrition level of Jiuquxi brook in Wuyi Mountain. *Acta Hydrobiologica Sinica* (水生生物学报), **27**, 580–583. (in Chinese with English abstract)
- Grabacka E (1988) A regulated river ecosystem in a polluted section of the Upper Vistula. 7. bottom ciliata. *Acta Hydrobiologica*, **30**, 73–80.
- Kasza H (1988) A regulated river ecosystem in a polluted section of the Upper Vistula. 2. Hydrochemistry. *Acta Hydrobiologica*, **30**, 15–22.
- Li FC (李凤超), Feng WS (冯伟松), Wang JX (王军霞), Guan YQ (管越强), Shen YF (沈韞芬) (2005) Ecotoxicity of industrial wastewater from Baoding City to microbial communities in the Baiyangdian Lake. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology* (应用与环境生物学报), **11**, 315–318. (in Chinese with English abstract)
- Madoni P (2005) Ciliated protozoan communities and saprobic evaluation of water quality in the hilly zone of some tributaries of the Po River (northern Italy). *Hydrobiologia*, **541**, 55–69.
- Pratt JR, Cairns J Jr (1985) Functional groups in the protozoa: roles in differing ecosystems. *Journal of Protozoology*, **32**, 415–423.
- Schwarz MVJ, Frenzel P (2003) Population dynamics and ecology of ciliates (Protozoa, Ciliophora) in an anoxic rice field soil. *Biology and Fertility of Soils*, **38**, 245–252.
- Shen YF (沈韞芬) (1998) The diversity status of freshwater protozoans and the pollution stress on protozoa in China. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **6**, 81–86. (in Chinese with English abstract)
- Shen YF (沈韞芬), Zhang ZS (章宗涉), Gong XJ (龚循矩), Gu MR (顾曼如), Shi ZX (施之新), Wei YX (魏印心) (1990) *Modern Biomonitoring Techniques Using Freshwater Microbiota* (微型生物监测新技术). China Architecture & Building Press, Beijing. (in Chinese)
- Shukla U, Gupta PK (2001) Assemblage of ciliated protozoan community in a polluted and non-polluted environment in a tropical lake of central Himalaya: Lake Naini Tal, India. *Journal of Plankton Research*, **23**, 571–584.
- Song BY (2000) A comparative study on planktonic ciliates in two shallow mesotrophic lakes (China): species composition, distribution and quantitative importance. *Hydrobiologia*, **427**, 143–153.
- Xie QM (谢钦铭), Li CC (李长春), Peng CL (彭赐莲) (2000) Preliminary studies on community ecology of protozoan in Poyang Lake. *Jiangxi Science* (江西科学), **18**(1), 40–44. (in Chinese with English abstract)
- Xu MQ, Cao H, Xie P, Deng DG, Feng WS, Xu J (2005) The temporal and spatial distribution, composition and abundance of protozoa in Chaohu Lake, China: relationship with eutrophication. *European Journal of Protistology*, **41**, 183–192.
- Xu MQ (许木启), Zhai JJ (翟家骥), Shao YY (邵永怡) (1998) Water quality in Beijing Tonghui River, Using PFU protozoan communities as indicators. *Chinese Journal of Zoology* (动物学杂志), **33**(4), 1–7. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 闫文杰)

附录I 拒马河北京段原生物种类组成(<http://www.biodiversity-science.net/PCN/qikan/manage/wenzhang/060004.pdf>)

Appendix I Species composition of protozoa in the Beijing section of Juma River (<http://www.biodiversity-science.net/PCN/qikan/manage/wenzhang/060004.pdf>)

附录I (续) Appendix I (continued)

种类 Species	采样点 Sampling sites								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
帕许壶藻 <i>U. parscheri</i>	+	+	+	+		+		+	
周泡藻(未定种) <i>Vacuolaria</i> sp.									+
动鞭毛虫 Zoomastigophorea									
奇异光滴虫 <i>Actinomonas mirabilis</i>		+							
阿氏波豆虫 <i>Bodo alexeieffii</i>						+			+
狭隘波豆虫 <i>B. angustus</i>								+	+
尾波豆虫 <i>B. caudatus</i>	+	+	+		+	+	+		
急游波豆虫 <i>B. celer</i>	+		+			+	+		+
梨波豆虫 <i>B. edax</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
纺锤波豆虫 <i>B. fusiformis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
球波豆虫 <i>B. globosus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
小波豆虫 <i>B. minimus</i>	+			+	+		+		
卵形波豆虫 <i>B. obovatus</i>		+		+	+	+			
慢行波豆虫 <i>B. repens</i>	+	+			+	+	+	+	+
鼻波豆虫 <i>B. rostratus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
舞行波豆虫 <i>B. saltans</i>	+			+	+	+	+		
三角波豆虫 <i>B. triangularis</i>		+			+			+	
沟刺波豆虫 <i>B. uncinatus</i>			+	+				+	
可变波豆虫 <i>B. variabilis</i>						+			
活波尾滴虫 <i>Cercomonas agilis</i>		+	+		+	+	+	+	
波豆尾滴虫 <i>C. bodo</i>			+			+			
长尾滴虫 <i>C. longicauda</i>					+				
能动无吻虫 <i>C. mobilis</i>								+	
放射尾滴虫 <i>C. radiatus</i>							+		
简单尾滴虫 <i>C. simplex</i>			+					+	
微小无吻虫 <i>Clautriavia parva</i>	+		+		+	+	+	+	+
伞形领鞭虫 <i>Codosiga umbellata</i>			+		+	+	+		
葡萄群领鞭虫 <i>C. botrytis</i>	+			+					+
聚双领虫 <i>Diplosiga socialis</i>						+			
倒转鞭变形虫 <i>Mastigamoeba invertens</i>			+				+		
明亮小鞭虫 <i>Mastigella vitrea</i>				+					
易变小鞭虫 <i>M. commutans</i>						+			+
卵形单领鞭虫 <i>Monosiga ovata</i>		+							
壮实单领鞭虫 <i>M. robusta</i>	+	+	+	+	+	+	+		+
叶鞭虫(未定种) <i>Phyllomitus</i> sp.								+	
侧跳滴虫 <i>Pleuromonas jaculans</i>		+	+		+		+	+	+
蚤羽膜滴虫 <i>Pteridomonas pulex</i>	+								+
鼻吻滴虫 <i>Rhynchomonas nasuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
细斯鞭虫 <i>Stokesiella lepteca</i>									+
细口斯鞭虫 <i>S. leptostoma</i>									+
四鞭虫(未定种) <i>Tetramitus</i> sp.									+
肉足虫 Sarcodina									
短刺刺胞虫 <i>Acanthocystis brevicirrhis</i>	+	+		+	+	+	+	+	+
刺胞虫(未定种) <i>Acanthocystis</i> sp.							+		
针棘刺胞虫 <i>A. aculeata</i>		+	+					+	
密针刺胞虫 <i>A. myriospina</i>					+				
全棘刺胞虫 <i>A. pantopoda</i>						+			

附录I (续) Appendix I (continued)

种类 Species	采样点 Sampling sites								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
梳刺胞虫 <i>A. pectinata</i>			+						
泥炭刺胞虫 <i>A. turfacea</i>			+			+	+		
放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>				+	+	+	+	+	+
大变形虫 <i>Amoeba proteus</i>						+			
弯凸表壳虫 <i>Arcella gibbosa</i>	+				+	+			
半圆表壳虫 <i>A. hemisphaerica</i>				+	+				+
大口表壳虫 <i>A. megastoma</i>							+		
法冠表壳虫 <i>A. mirata</i>		+							
普通表壳虫 <i>A. vulgaris</i>	+							+	
针棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeata</i>	+			+			+	+	
旋匣壳虫 <i>C. aerophila</i>	+	+					+		
近蛞蝓卡变虫 <i>Cashia limacoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
卡罗来纳卓变虫 <i>Chaos carolinense</i>			+						+
小螺足虫 <i>Cochliopodium minutum</i>			+	+	+	+		+	+
表壳圆壳虫 <i>Cyclopyxis arcelloides</i>	+	+		+	+				+
宽口圆壳虫 <i>C. eurostoma</i>								+	
坛状曲颈虫 <i>Cyphoderia ampulla</i>	+	+		+			+	+	
褐砂壳虫 <i>Diffugia avellana</i>	+	+		+		+			+
尖顶砂壳虫 <i>D. acuminata</i>	+	+			+	+		+	+
冠砂壳虫 <i>D. corona</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
球形砂壳虫 <i>D. globulosa</i>						+			
叉口砂壳虫 <i>D. gramen</i>	+	+					+		
瓶砂壳虫 <i>D. urceolata</i>		+							+
弓双孔壳虫 <i>Diplophrys archeri</i>			+					+	+
点滴盘变形虫 <i>Discamoeba guttula</i>			+		+		+	+	+
有棘鳞壳虫 <i>Euglypha acanthophora</i>	+			+			+	+	+
矛状鳞壳虫 <i>E. laevis</i>		+							+
结节鳞壳虫 <i>E. tuberculata</i>					+			+	
带囊花虫 <i>Elaeorhanis cincta</i>	+	+			+		+	+	+
奇观盖氏虫 <i>Glaeseria mira</i>	+		+	+					
福氏异胞虫 <i>Heterophrys fockei</i>	+	+	+	+	+		+		+
晶盘虫(未定种) <i>Hyalodiscus</i> sp.			+					+	
小茄壳虫 <i>Hyalosphenia minuta</i>					+				
囊石虫(未定种) <i>Lithocolla</i> sp.	+	+							
柏马氏虫 <i>Mayorella cypressa</i>	+	+		+	+			+	+
双角马氏虫 <i>M. bicornifrons</i>				+	+				
后湖马氏虫 <i>M. hohuensis</i>	+	+			+	+			+
扇形马氏虫 <i>M. penardi</i>			+						
齿口梨壳虫 <i>N. dentistoma</i>		+			+	+	+		+
胡梨梨壳虫 <i>Nebela barbata</i>	+						+		
囊多卓变虫 <i>P. fasciculatum</i>								+	
柔平变形虫 <i>Platyamoeba placida</i>						+			+
无恒多卓变形虫 <i>Polychaos dubium</i>		+			+		+		
多卓变虫(未定种) <i>Polychaos</i> sp.						+			
切割咽壳虫 <i>Pontigulasia incisa</i>					+				+
美拟砂壳虫 <i>Pseudodiffugia gracilis</i>		+					+		
苍白刺日虫 <i>Raphidiophrys pallida</i>		+	+	+		+	+	+	+
绿刺日虫 <i>R. viridis</i>			+		+	+		+	+

附录I (续) Appendix I (continued)

种类 Species	采样点 Sampling sites								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
珊瑚囊变形虫 <i>Saccamoeba gorgonia</i>			+						+
双核匀变虫 <i>Sappinia diploidea</i>						+			
四线甲变形虫 <i>Thecamoeba quadrilineata</i>						+			
小匣三角咀虫 <i>Trigonopyxis arcula</i>				+					
斜口三足虫 <i>Trinema enchelys</i>	+			+				+	
线条三足虫 <i>T. lineare</i>	+						+		
筒变虫(未定种1) <i>Vahlkampfia</i> sp.1							+		
筒变虫(未定种2) <i>Vahlkampfia</i> sp.2							+		
奇怪蒲变虫 <i>Vannella miroides</i>				+					
平足蒲变虫 <i>V. playtpodia</i>	+								
条足杆变虫 <i>Vexillifera bacillipedes</i>				+	+	+	+		+
纤毛虫 Ciliophora									
有肋楯纤虫 <i>Aspidisca costata</i>	+	+		+	+		+	+	+
齿楯纤虫 <i>A. dentata</i>			+	+	+		+		
锐利楯纤虫 <i>A. lynceus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
凹缝楯纤虫 <i>A. sulcata</i>	+			+					
伞形聚钟虫 <i>Campanella umbellaria</i>							+		+
食藻斜管虫 <i>Chilodonella algivora</i>					+		+		
非游斜管虫 <i>C. aplanata</i>			+				+	+	
巴维利亚斜管虫 <i>C. baviensis</i>	+								+
拟斜管虫(未定种) <i>Chilodontopsis</i> sp.				+		+			
珍珠映毛虫 <i>Cinetochilum margaritaceum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
纺锤康纤虫 <i>Cohnilembus fusiformis</i>				+					+
毛板壳虫 <i>Coleps hirtus</i>		+		+	+	+	+	+	
双刺板壳虫 <i>C. bicuspis</i>					+	+			+
肾状肾形虫 <i>Colpoda reniformis</i>		+							
盘状肾形虫 <i>C. patella</i>								+	
发袋虫(未定种) <i>Cristigera</i> sp.				+	+			+	
被发袋虫 <i>C. vestita</i>	+	+			+		+		+
瓜形膜袋虫 <i>Cyclidium citrullus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
纵长膜袋虫 <i>C. elongatum</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
银灰膜袋虫 <i>C. glaucoma</i>	+	+		+		+	+		+
颗粒膜袋虫 <i>C. granulosum</i>					+		+	+	+
长毛膜袋虫 <i>C. lanuginosum</i>								+	
苔藓膜袋虫 <i>C. muscicola</i>		+		+			+		
长圆膜袋虫 <i>C. oblongum</i>		+						+	+
似膜袋虫 <i>C. simulans</i>							+		
单一膜袋虫 <i>C. singulare</i>		+			+				
膨胀斜管虫 <i>C. turgidula</i>					+				
钩刺斜管虫 <i>C. uncinata</i>	+		+	+	+		+	+	
善变膜袋虫 <i>C. versatile</i>	+				+			+	
袋篮环虫 <i>Cyrtolophosis bursaria</i>							+		
长篮环虫 <i>C. elongata</i>						+			
大篮环虫 <i>C. major</i>		+			+				+
高山长颈虫 <i>Dileptus alpinus</i>									+
近亲游仆虫 <i>Euplotes affinis</i>		+		+	+	+			
阔口游仆虫 <i>E. eurytostomus</i>	+			+	+	+	+	+	
粘游仆虫 <i>E. muscicola</i>			+	+	+	+		+	+

附录I (续) Appendix I (continued)

种类 Species	采样点 Sampling sites								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
拟前管虫(未定种) <i>Pseudoprorodon</i> sp.							+		
背状棘尾虫 <i>S. notophora</i>	+	+		+	+				+
陀螺侠盗虫 <i>S. velox</i>							+		
污朽纤虫 <i>Saprodinium putrinium</i>					+				
嗜腐虫(未定种) <i>Sathrophilus</i> sp.					+				+
太阳球吸管虫 <i>Sphaerophrya soliformis</i>					+	+	+		
小旋口虫 <i>Spirostomum minus</i>					+				
带核喇叭虫 <i>Stentor roeseli</i>									+
旋回侠盗虫 <i>Strobilidium gyrans</i>	+				+	+	+		
绿急游虫 <i>Strombidium viride</i>	+	+				+		+	
粗圆纤虫 <i>Strongylidium crassum</i>			+						
贻贝棘尾虫 <i>Stylonychia mytilus</i>	+	+		+		+	+	+	+
智利管叶虫 <i>Trachelophyllum chilense</i>		+					+		
卑怯管叶虫 <i>T. pusillum</i>		+	+	+	+	+	+		+
膜状急纤虫 <i>Tachysoma pellionella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
梨形四膜虫 <i>Tetrahymena pyriformis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
小轮毛虫 <i>Trochilia minuta</i>		+	+	+	+	+			
旋尾纛虫 <i>Urocentrum turbo</i>					+				
暗尾丝虫 <i>Uronema nigricans</i>	+		+	+	+	+	+	+	
契氏片尾虫 <i>Urosoma cienkowskii</i>				+			+		+
绿尾枝虫 <i>Urostyla viridis</i>									
趣尾毛虫 <i>Urotricha farcta</i>		+	+	+	+			+	
尾毛虫(未定种) <i>Urotricha</i> sp.							+		
沟钟虫 <i>Vorticella convallaria</i>			+					+	+
杯钟虫 <i>V. cupifera</i>							+		
扩张钟虫 <i>V. extensa</i>					+				
弯钟虫 <i>V. hamata</i>					+				
八钟虫 <i>V. octava</i>						+			