

珠江广州市段 PFU 原生动物群落特征及其与水质的关系

徐润林¹, 白庆笙¹, 谢瑞文²

(1. 中山大学生命科学学院, 广州 510275; 2. 广州市环境科学研究所, 广州)

摘要: 采用国家标准《水质微型生物群落监测——PFU 法》, 对珠江广州市段的原生动物群落进行了群落组成和群集过程的研究。共观察到各类原生动物 203 种。其中植物性鞭毛虫 44 种; 动物性鞭毛虫 64 种; 肉足虫 17 种和 78 种纤毛虫。分析了原生动物群落在该河段的组成特点, 以及它们与水质变化的关系。结果显示: 原生动物群落特征的变化与水质变化相吻合, 珠江在流经广州市区后, 水质发生了明显地恶化, 原生动物群落受到破坏; 经过一个较长的流程, 水质得到了一定程度的改善, 原生动物群落也有所恢复。

关键词: 珠江; PFU 原生动物群落; 水质

PF Unit Protozoan Community Characteristics and the Relation with the Water Quality in the Guangzhou Reach of the Pearl River

XU Run-Lin¹, BAI Qing-Sheng¹, XIE Rui-Wen² (1. Life Science School, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. Guangzhou Institute of Environmental Sciences). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(4): 479~485.

Abstract: Using the national standard of China, “Water quality——microbial community biomonitoring——PFU method”, the protozoan community structures and their colonization procedures were investigated and the characteristics of PFU protozoan communities in the Guangzhou Reach of Pearl River were analyzed. Total 203 species of protozoa, including 44 phytoflagellates, 64 zooflagellates, 17 sarcodina and 78 ciliates, have been found during the investigation. Compared with the references, the features of protozoan communities in the Guangzhou Reach of Pearl River are: more zooflagellates, less phtoflagellates, and more ciliates and less sarcodina. The species compositions of PFU protozoan communities on different spots are disparity. Considered in the species composition, the most species number of PFU protozoan communities was found the spot of Dunjitou. On the hand, the species number from the spot of Liede was less. On the most spots, the PFU protozoan communities reached their the most values in the species numbers after 1 day exposed in the water, and then the species number decreased their species number with the exposed time increase. Compared with the data of water qualities, it has showed that the colonization speed on the spots with high water quality is lower, and it will take long time to reach the dynamic balance in colonization, but on the spots with lower water qualities, especially in eutrophication, the community colonization speed was faster and will take shorter time to reach it. The results showed that the PFU protozoan community have been damaged in the structures and function with the water quality worsen, when the river passes through Guangzhou City. After a long distance, with the decrease of pollutant concentrations in the water and the self-purification of the ecosystem, the protozoan community has

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(39730070); 国家自然科学基金资助项目(39770144); 淡水生态与生物技术国家重点实验室开放基金资助项目; 教育部高校骨干教师资助项目

收稿日期: 2000-05-10 **修稿日期:** 2001-05-10

作者简介: 徐润林(1960~), 男, 江苏人, 博士, 教授。主要从事动物生态学和水生生物学研究。

been restored in.

Key words: the Pearl River; PFU Protozoan community; water quality

文章编号:1000-0933(2002)04-0479-07 中图分类号:S181 文献标识码:A

珠江是 3 条干流——西江、东江和北江的统称。东江起源于江西省和粤东山区,全长 562 km;西江起源于云南省东部沾益县,全长 2194 km;北江起源于湖南省的浈江与武江在广东省韶关合流而成,全长 573 km。这 3 支干流并非完全汇合,只是进入到广州及周边地区后由众多的支流形成了复杂的珠江三角洲水系。从干流的长度算,珠江是中国第五大河,但其流量排列第二位。由于珠江水系组成上的特殊性,各干流上游的地理、地质及气候条件差异极大,因而珠江水系的环境比较复杂。20 世纪 50 年代,珠江干流的水质良好,在广州市区河段,多种鱼类生活在水中;人们可以畅快地在河中游泳。但近 20a 来,随着珠江三角洲地区经济的高速发展,大量的工业污染物被排放到珠江中。加上沿岸各地人口密度的增加,生活污水、生活垃圾也被排放或倾倒入珠江。结果导致了珠江水质的明显恶化。在广州市区河段,河面上时常漂浮着垃圾、油污;河水已变黑、变臭。河水中已多年不见有大型的水生动物踪迹。在珠江流经的绝大部分城市河段中水质只能达Ⅳ级或Ⅴ级标准。

作为浮游动物的重要组成部分之一,水体中的原生动物不仅具有较高的物种多样性,而且在水生态系统的物质循环和能量流中起着不可替代的作用^[1~3]。同时,原生动物作为环境变化的指示生物以及它们在生态毒理学和毒理学模型等方面的意义也得到了学术界的关注^[4~7]。原生动物生态学研究方法学上,除了参考浮游动物生态学的手段外,应用人工基质采集并分析原生动物在该类基质上的群集过程,可以获得较一般实验手段更多的信息^[8~11]。

对于珠江水系中的原生动物分布状况,国内一直没有系统地调查和研究过,尽管有很少量的文献报道^[12~14],但对于珠江水系中的原生动物群落结构特征以及它们与相应的生活环境间的相互关系了解的极少。本文采用聚氨酯泡沫塑料块法(Polyurethane Foam Unit, PFU),采集珠江广州市段不同断面的原生动物群落,鉴定、分析了各断面群落的组成和它们的群集过程,并结合同步的水质状况,探讨了该河段原生动物群落的特点,并以此来监测评价珠江广州段的水质状况,为珠江水污染的综合治理提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

本研究共设 5 个采样点(图 1)。雅岗点位于广州市饮用水源流溪河与珠江汇合后的下游;黄沙点位于珠江进入广州市区的干流上;猎德点位于珠江流经广州市区的后河道。从黄沙点到猎德点,是广州市区人口极为稠密的地区,这里有众多的生活小区、餐饮业店铺和轻工企业;东朗点位于珠江广州市段的前河道,周围为重工业和大型企业所在地。墩头基点位于珠江广州市区段前后河道重新汇合后的下游,从这里,珠江将通过虎门进入南海。

1.2 原生动物群落样品的采集

按照国家标准《水质微型生物群落监测——PFU 法》(GB/T 12990-91),在每个采样点设置一组原生动物群落群集所需的聚氨酯泡沫塑料块;每个 PFU 块的大小为实验所用的 PFU 的体积为 5 cm×6 cm×6 cm。PFU 块的放置、收集以及原生动物样品的观察、计数等均参照此国家标准。为了更准确地鉴定样品中的原生动物特别是纤毛虫种类,分别对每一份样品进行了蛋白银染色(Protargol staining)。原生动物的种类鉴定依据方励数据描述。原生动物的分类采用 Levine 等的系统^[19]。

1.3 水质状况分析

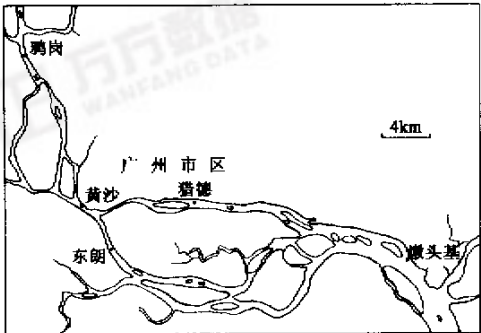


图 1 珠江广州市段及采样点示意图

Fig. 1 A sketch map of the Guangzhou Reach and the sampling sites in the Pearl River

在放置人工基质的同时,用采水器在各样点采集江水。按照水质评价和监测标准对水中各种理化指标进行分析。

2 结果

2.1 各采样点的水质状况见表 1

2.2 珠江广州市段原生动物群落的组成

在整个实验过程中,共观察到各类原生动物 203 种。其中植物性鞭毛虫 44 种;动物性鞭毛虫 64 种;肉足虫 17 种和 78 种纤毛虫(表 2)。

不同样点出现的原生动物的种类数有较大的差异,同时营自养的植物性鞭毛虫在各样点中所占的总种类数的百分比率(%)也有所不同,以雅岗和东朗为最高;猎德最低(图 2,图 3)。

2.3 珠江广州市段原生动物群落在各采样点的 PFU 原生动物群集过程

各采样点原生动物群落的群集过程见图 4。从图中可以看出:在多数采样点,PFU 块暴露在水中 1d 后,原生动物群落就基本上达到了它们群落组成种类数的最大值;随着暴露时间的延长,原生动物群落的种类数开始下降。

表 1 珠江广州市段水质的理化指标(mg/L)
Table 1 The physical-chemical parameters of water qualities at Guangzhou Reach in the Pearl River

采样点 Sampling sites	鸦岗 Yagang	黄沙 Huangsha	猎德 Liede	东朗 Donglang	墩头基 Duntouji
水温 Temperature C	27.6	27.7	28.4	27.9	28.5
pH	7.23	7.4	7.43	7.39	7.23
总悬浮物 TSS	80.6	79.3	96.5	66.8	63.3
溶氧 DO	1.35	0.83	0.41	1.08	1.45
化学需氧量 COD _{cr}	5.28	5.31	6.68	5.52	3.47
生物需氧量 BOD	4.03	4.04	3.96	4.09	2.92
总氮 TN	5.01	6.51	7.03	6.28	3.84
总磷 TP	0.08	0.17	0.495	0.123	0.143
氨氮 NH ₄ -N	1.41	2.58	5.29	3.47	0.26
亚硝态氮 NO ₂ ⁻	0.44	0.342	0.102	0.153	0.128
硝态氮 NO ₃ ⁻	1.35	1.15	0.64	0.99	2.76
石油类 Petroleum	0.1	0.09	0.16	0.127	0.08

表 2 珠江广州市段中的原生动物名录

Table 2 Species list of protozoan found in PF unit protozoan communities of Guangzhou Reach in Pearl River		
植物性鞭毛虫 Phytomastigophora	纺锤鳞孔虫 <i>Lepocinclis fusiformis</i>	卵性波豆虫 <i>B. ovatus</i>
弯曲变胞藻 <i>Astasia curvata</i>	伪编织鳞孔虫 <i>L. pseudotexta</i>	微细波豆虫 <i>B. parvus</i>
尾变胞藻 <i>A. klebsi</i>	弦月虫 <i>Menoidium pellucidum</i>	腐波豆虫 <i>B. putrinus</i>
小型变胞藻 <i>A. parvula</i>	尖尾扁裸藻 <i>Phacus acuminatus</i>	鼻波豆虫 <i>B. rostratus</i>
卵形衣滴虫 <i>Chlamydomonas ovalis</i>	奇形扁裸藻 <i>P. anomalus</i>	三角波豆虫 <i>B. triangularis</i>
未定衣滴虫 <i>C. inserta</i>	宽扁裸藻 <i>P. longicaudus</i>	钩刺波豆虫 <i>B. uncinatus</i>
具孔衣滴虫 <i>C. pertusa</i>	梭形扁裸藻 <i>P. luciae</i>	可变波豆虫 <i>B. variabilis</i>
伪新月衣滴虫 <i>C. pseudolunata</i>	圆形扁裸藻 <i>P. orbicularis</i>	活泼尾滴虫 <i>Cercomonas agilis</i>
莱哈衣滴虫 <i>C. reinhardi</i>	颤动扁裸藻 <i>P. oscillans</i>	长尾滴虫 <i>C. longicauda</i>
星芒衣滴虫 <i>C. stellata</i>	扭曲扁裸藻 <i>P. tortus</i>	卵形尾滴虫 <i>C. ovatus</i>
凡尔登堡衣滴虫 <i>C. waldenburgensis</i>	素衣藻虫 <i>Polytoma urella</i>	放射尾滴虫 <i>C. radiatus</i>
囊状柄裸虫 <i>Colacium vesiculosum</i>	截头囊裸藻 <i>Trachelomonas abrupta</i>	草履盾滴虫 <i>Chilomonas paramecium</i>
啮齿隐藻 <i>Cryptomonas erosa</i>	细粒囊裸藻 <i>T. granulosa</i>	三纤胶网虫 <i>Collodictyon triceriatum</i>
卵形隐藻 <i>C. ovata</i>	短圆囊裸藻 <i>T. oblonga</i>	孤生双领虫 <i>Diplosiga francei</i>
可变形形虫 <i>Dysmorphococcus variabilis</i>	动物性鞭毛虫 Zoomastigophora	恩氏似双领虫 <i>Diplogisopsis entzii</i>
沟内管虫 <i>Entosiphon sulcatum</i>	葡萄异鞭虫 <i>Aniosonema acinus</i>	盘形异丝藻 <i>Heteronema discomorphum</i>
梭形眼虫 <i>Euglena acus</i>	右旋异鞭虫 <i>A. dextotaxum</i>	膨胀六鞭虫 <i>Hexamita inflata</i>
尾眼虫 <i>E. caudata</i>	芽生杯鞭虫 <i>Bicoeca dinobryoidea</i>	极小六鞭虫 <i>H. pusillus</i>
衣眼虫 <i>E. chlamydophora</i>	聚杯鞭虫 <i>B. socialis</i>	卵形瓶双领虫 <i>Lagenoecca ovata</i>
棒形眼虫 <i>E. clavata</i>	阿氏波豆虫 <i>Bodo alexeieffii</i>	蛞蝓鞭变虫 <i>Mastigamoeba limax</i>
静眼虫 <i>E. deses</i>	狭隘波豆虫 <i>B. angustus</i>	易变小鞭虫 <i>Mastigella commutans</i>
带形眼虫 <i>E. ehrenbergii</i>	尾波豆虫 <i>B. caudatus</i>	明亮小鞭虫 <i>M. vitrea</i>
刺鱼状眼虫 <i>E. gasterosteus</i>	急游波豆虫 <i>B. celer</i>	变形滴虫 <i>Monas amoebina</i>
中型眼虫 <i>E. intermedia</i>	侧扁波豆虫 <i>B. compressus</i>	球状滴虫 <i>M. arhabdomonas</i>
光明眼虫 <i>E. lucens</i>	克鲁氏波豆虫 <i>B. cruzi</i>	丹氏滴虫 <i>M. dangeardii</i>
易变眼虫 <i>E. matabilis</i>	梨波豆虫 <i>B. edax</i>	延长滴虫 <i>M. elongata</i>
近轴眼虫 <i>E. proxima</i>	纺锤波豆虫 <i>B. fusiformis</i>	小滴虫 <i>M. minimis</i>
三星眼虫 <i>E. tristella</i>	球波豆虫 <i>B. globosus</i>	斜形滴虫 <i>M. obliqua</i>
裸甲藻 <i>Gymnodinium aeruynosum</i>	软波豆虫 <i>B. lens</i>	聚滴虫 <i>M. socialis</i>
短鞭卡克藻 <i>Khawakinea breuiflagellata</i>	活跃波豆虫 <i>B. ludibundus</i>	窄长单领鞭虫 <i>Monosiga angustata</i>
四分卡克藻 <i>K. quarlandi</i>	易变波豆虫 <i>B. mutabilis</i>	简单赭球虫 <i>Ochromonas simplex</i>

续表 2

侧屋滴虫 <i>Oikomonas obliqua</i>	有肋 纤虫 <i>Aspidisca costata</i>	叶绿尖毛虫 <i>Oxytricha chlorelligera</i> 伪
聚屋滴虫 <i>O. socialis</i>	新态虫 <i>Caenomorph</i> sp.	尖毛虫 <i>O. fallax</i>
梨屋滴虫 <i>O. steinii</i>	僧帽斜管虫 <i>Chilodonella cucullulus</i>	红质尖毛虫 <i>O. haematoplasma</i>
气球屋滴虫 <i>O. termo</i>	钩刺斜管虫 <i>C. uncinata</i>	苔藓尖毛虫 <i>Oxytrichia nuscorum</i>
粗袋鞭虫 <i>Peranema trichophorum</i>	珍珠映毛虫 <i>Cinetochilium margaritaceum</i>	腐生尖毛虫 <i>O. saprobia</i>
中纵沟 <i>Petalomonas mediocanellata</i>	毛板壳虫 <i>Coleps hirtus</i>	鬃尖毛虫 <i>O. setigera</i>
三棱沟滴虫 <i>P. steinii</i>	前顶梳纤虫 <i>Ctedoctema acanthocrypta</i>	双小核草履虫 <i>Paramecium aurelia</i>
噬淀粉叶虫 <i>Phyllomitus amylophagus</i>	居中膜袋虫 <i>Cyclidium centrale</i>	尾草履虫 <i>P. caudatum</i>
侧侧滴虫 <i>Pleuromonas jaculans</i>	瓜形膜袋虫 <i>C. citrullus</i>	尾似瘦尾虫 <i>Paruroleptus caudatus</i>
细腰群杯鞭虫 <i>Poteriodendron petiolalum</i>	长形膜袋虫 <i>C. elongatum</i>	冠帆口虫 <i>Pleuronema cornatum</i>
张口管领鞭虫 <i>Salpingoeca ringens</i>	银灰膜袋虫 <i>C. glaucoma</i>	胶衣足管虫 <i>Podophrya maupasi</i>
团球领鞭虫 <i>Sphaeroeca volvox</i>	单一膜袋虫 <i>C. singulare</i>	绿色前管虫 <i>Prorodon virides</i>
异斯鞭虫 <i>Stokesiella dissimilis</i>	粘液蓝杯虫 <i>Cyrtolophosis mucicola</i>	斜短柱虫 <i>Rhabdostyla inclinans</i>
细斯鞭虫 <i>S. lepteca</i>	双环栉毛虫 <i>Didinium nasutum</i>	小旋口虫 <i>Spirostomum minus</i>
压缩盾滴虫 <i>Thylacomonas compressa</i>	鹅长颈虫 <i>Dileptus anser</i>	带核喇叭虫 <i>Stentor roeselii</i>
活泼锥滴虫 <i>Trepomonas agilis</i>	蛹形歌口虫 <i>Enchelys pupa</i>	鬃毛虫 <i>Stichotricha aculeata</i>
旋转锥滴虫 <i>T. rotans</i>	瓶累枝虫 <i>Epistylis urceolata</i>	绿急游虫 <i>Strombidium viride</i>
	亲近游仆虫 <i>Euplotes affinis</i>	棘尾虫 <i>Stylonychia sinuatus</i>
肉足虫 Sarcodina	阔口游仆虫 <i>E. eurystomus</i>	鬃棘尾虫 <i>S. pustulata</i>
针棘刺泡虫 <i>Acanthocystis aculeata</i>	粘游仆虫 <i>E. muscicola</i>	膜状急纤虫 <i>Tachysoma pellationella</i>
放射太阳虫 <i>Actinophrys sol</i>	九肋游仆虫 <i>E. novemcarinatus</i>	梨形四膜虫 <i>Tetrahymena priformis</i>
轴丝光球虫 <i>Actinosphaerium eichhorni</i>	伍氏游仆虫 <i>E. woodruffi</i>	浸渍锤吸管虫 <i>Tokophrya infusionum</i>
珊瑚变形虫 <i>Amoeba gorgonia</i>	尾突前口虫 <i>Frontonia atra</i>	浮萍锤吸管虫 <i>T. lemnae</i>
扁平表壳虫 <i>Arcella gibbosa</i>	膜状腹柱虫 <i>Gastronauta membranaceus</i>	卑怯管叶虫 <i>Trachelophyllum pusillum</i>
普通表壳虫 <i>A. vulgaris</i>	近亲殖口虫 <i>Gonostomum affine</i>	扭曲管叶虫 <i>T. sigmoides</i>
近蛭螭卡变虫 <i>Cashia limacoides</i>	大弹跳虫 <i>Halteria grandinella</i>	累枝毛吸管虫 <i>Trichophrya epistylidis</i>
旋匣壳虫 <i>Centropyxis acrophila</i>	肋半盾虫 <i>Hemiohphrys pleurosigma</i>	旋尾纓虫 <i>Urocentrum turbo</i>
尖顶砂壳虫 <i>Diffugia acuminata</i>	似织毛虫 <i>Histriculus similis</i>	瘦尾虫 <i>Uroleptus gallina</i>
褐砂壳虫 <i>D. arellana</i>	纺锤全列虫 <i>Holosticha kesskeri</i>	肌瘦尾虫 <i>U. musculus</i>
奇观盖氏虫 <i>Glaeseria mira</i>	龙骨漫游虫 <i>Litonotus carinatus</i>	暗尾丝虫 <i>Uronema nigricans</i>
福氏异胞虫 <i>Heterophrys fockei</i>	片状漫游虫 <i>L. fasciola</i>	纵长片尾虫 <i>Urosoma cienkowski</i>
宝石马氏虫 <i>Mayorella bifemma</i>	薄漫游虫 <i>L. lamella</i>	武装尾毛虫 <i>Urotricha armata</i>
后湖马氏虫 <i>M. hohuensis</i>	蚤中缢虫 <i>Mesodinium pulex</i>	趣尾毛虫 <i>U. farcta</i>
扇形马氏虫 <i>M. penardi</i>	如意扭头虫 <i>Metopus es</i>	钟形钟虫 <i>Vorticella campanula</i>
精巧钟胞虫 <i>Raphidiocystis lemani</i>	美扭头虫 <i>M. pulcher</i>	杯钟虫 <i>V. cupifera</i>
绿刺日虫 <i>Raphidiophrys viridis</i>	单环栉毛虫 <i>Monodinium balbianii</i>	长钟虫 <i>V. elongata</i>
	黄色睫杆虫 <i>Ophryoglena flava</i>	小口钟虫 <i>V. microstoma</i>
纤毛虫 Ciliophora		点钟虫 <i>V. picta</i>
结节壳吸管虫 <i>Acineta tuberosa</i>		似钟虫 <i>V. similis</i>

3 讨论

原生动物由于种类多、丰度大，因而在水生生态系统的结构和功能方面起着重要的作用。同时由于它们为单细胞生物，对于环境的微小变化有着明显的反应，故在不同水体中原生动物的分布有着显著的差异，这种差异与水环境的关系非常密切。因此原生动物在不同水平上(亚细胞、细胞、种群和群落)被用于环境质量的评价和监测。

3.1 原生动物在珠江广州市段的分布特征

由于种种原因，到目前为止，人们对于华南第一大河珠江中的原生动物群落的组成尚无详细的报道。相比较而言，对于长江中的原生动物研究较多。在汉江——长江的一条重要支流中，已报道有 64 种动物性鞭毛虫、131 种植物性鞭毛虫、70 种肉足虫和 192 种纤毛虫^[20]；在长江干流三峡段，共发现了 176 中原生动物，其中动物性鞭毛虫 25 种、植物性鞭毛虫 64 种、肉足虫 19 种和 68 种纤毛虫^[21]。与长江干流三峡段相

比,珠江广州市段的原生动物种类较多(共 203 种),但组成上有一定的差异。表现为动物性鞭毛虫多、植物性鞭毛虫少;纤毛虫多、肉足虫少。

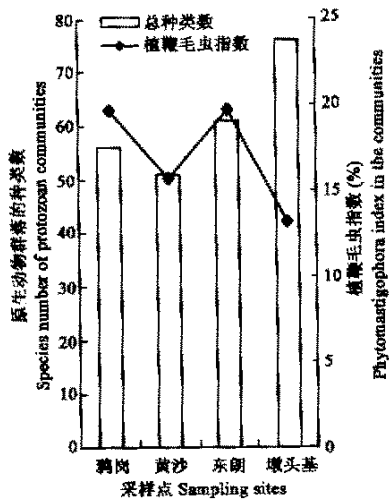


图 2 珠江广州市段前河道 PFU 原生动物群落的种类数以及植物性鞭毛虫指数

Fig. 2 Species numbers of PF unit protozoan communities and phytomastigophora index from the front riverway in Guangzhou Reach of the Pearl River

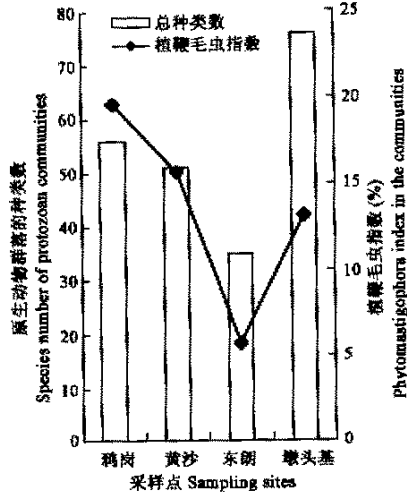


图 3 珠江广州市段后河道 PFU 原生动物群落的种类数以及植物鞭毛虫指数

Fig. 3 Species numbers of PF Unit protozoan communities and phytomastigophora index from the behind riverway in Guangzhou Reach of the Pearl River

从种类组成的相似性看,分布在珠江中的大部分种类原生动物在其他两条大河中也有记载,但从群落的相似系数分析显示:

珠江广州市段的几个断面的原生动物群落组成之间也显示出有一定的差异。其差异不仅表现在组成群落的物种数,而且也表现在群落的种类组成。有学者认为,根据各种原生动物的食性,可将原生动物划分为六大功能类群^[10~15]。根据这一理论划分,生活在珠江广州市段的原生动物多为耐污或食菌及碎屑种类,而自养或食藻种类较少。一般说来,营养盐含量较低或水质相对较好的水体中,自养或食藻的原生动物种类会在群落中占较大比例。从珠江广州市段的几个采样点原生动物群落的组成看,从雅岗到猎德的后河道中,原生动物不仅在群落的组成数量上有明显地降低,而且植物性鞭毛虫和食藻的种类也在群落的比例上呈下降的趋势;在进入到了下游的墩头基时,植物性鞭毛虫和食藻的种类也在群落的比例上又开始上升。原生动物群落的这种变化与相对应的水质状况变化是一致的,与水中 TN 和 TP 含量的变化相对应则更为明显(表 1)。水中 N 和 P 为水生生物生长的最重要的营养要

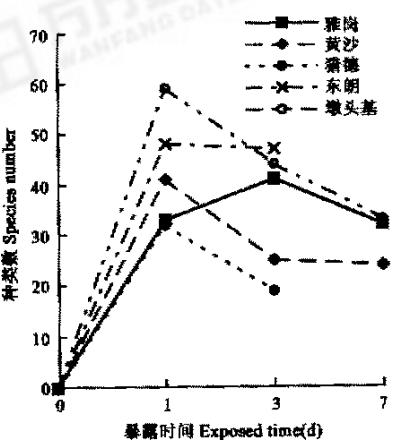


图 4 各采样点原生动物在 PFU 块中的群集过程
Fig. 4 Colonization procedures of protozoan into PF units in the sampling sites

素,是水生态系统中不可缺少的物质。但过量的 N 和 P 将导致水体的富营养化,因此水中的 TN 和 TP 的含量代表着水体有机污染的程度。比较珠江广州市段特别是后河道各采样点水质分析结果可以发现,大部分的理化指标差异不大,只有 DO、TN、TN 以及 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的变化,特别是在猎德的 TP 量变化较大。比较该点的 N/P,其值是 14.20;而其它地方的 N/P 都高于猎德(雅岗:62.625;黄沙:38.29;墩头基:26.85)。人们对水中营养物的研究表明,水中营养物的浓度,对于水质固然有很大作用,但当水中 N/P 接近 16 时,最容易引起水体的富营养化^[22]。其后果必然导致水中生物群落的结构趋于简单化,优势种的优势度非常明显。加上富营养化导致的水体中 DO 降低,厌氧菌的大量产生,为营厌氧的食菌原生动物的生长提供了基本条件。因此,可以认为:猎德段原生动物群落的种类数明显减少与该段水质恶化有着密切的关系。而猎德段水体污染严重是由于沿岸大量的未经处理的生活污水排放,导致了流经广州市区的河段污染加重的结果。随着污染物浓度的被稀释,加上水体自身的净化作用,到达墩头基后,水质也有了明显的改善,故原生动物群落在猎德段被严重损害的状况下又有所恢复,使得这里的原生动物群落在结构上又开始复杂化。

另外,同许多生物一样,原生动物也具有对于环境的最适范围。对于许多种类,它们常常出现在一定污染程度的水体中。因此根据这些种类出现的频率以及环境的状况,人们得出了每种原生动物的污染值 (SPV),并通过计算可以算出群落的污染值 (CPV)^[23]。该数值反映的是群落耐污种类的作用,数值越高说明水污染越严重。经过计算,珠江广州市段的 PFU 原生动物群落的污染值见图 5。从图中可以看出,江水在进入市区和人口稠密地区之前,PFU 原生动物群落的污染值较低;到猎德后污染值明显上升;进入下游后,污染值又有所下降。

3.2 PFU 原生动物群落在珠江广州市段的群集特征

已有的文献表明:水体中原生动物群落在 PFU 中的群集过程受到多种因素的影响。最主要的因素就是原生动物群落结构组成的复杂程度和原生动物的丰度^[4~6,15,20]。一般说来,这种影响是通过导致 PFU 原生动物群落群集过程中群集在 PFU 块中的种类数以及达到群落种类数出现最大种类数的时间来反映的。而水体中原生动物的种类数和丰度又受到水环境的影响。因此,原生动物群落在 PFU 块上的群集过程也就可以反映水环境的状况。

图 4 显示:除雅岗点水体中的原生动物群落向 PFU 块的群集达到群落中种类数的最大值的时间是 PFU 块暴露于水中的第 3 天外,其它各点的原生动物群落均在暴露后的第 1 天就已达到其种类数的最大值。同时,在整个实验中在墩头基观察到的原生动物种类最多,故这里的 PFU 原生动物群落也由最多的种类组成;相反地,猎德的原生动物群落中观察到的种类最少,PFU 原生动物群落的种类组成也就最少。

对照水质结果和原生动物群落群集过程,可以发现的一个现象是:在水质较好的河段群集速率是相对较慢的。到达群落最大种类数的时间较长;而水质较差尤其是富营养化水体中,群集速率明显较快,达到群落最大种类数的时间较短。因此,在墩头基段,尽管原生动物群落的结构趋于复杂化,但群落的群集过程说明:虽然该处的原生动物群落开始恢复,但从群落的功能上讲,它还没有恢复到上游雅岗段的水平。

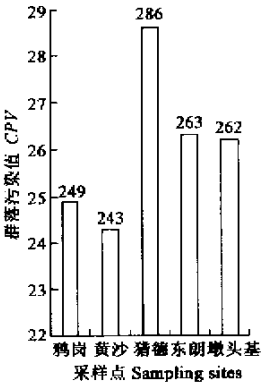


图 5 珠江广州市段各样点 PFU 原生动物群落的污染值

Fig. 5 The community pollution values of PF unit protozoan communities from the reach in the Pearl River

参考文献

万方数据

[1] Fenchel T, *Ecology of Protozoa*. Science Technical, Madison, Wisconsin. 1987

- [2] Laybourn-Parry J. *Protozoan Plankton Ecology*. Chapman & Hall, 1992. 231.
- [3] Arndt H & U Berninger. Protists in aquatic food webs - complex interactions. In: G Brugerolle & J-P Mignot ed. *Protistological actualities*. Proceedings of the second European congress of protistology and eighth European conference on ciliate biology, Clermont-Fereand, France, 21~26 July, 1995. 224~232.
- [4] Cairns J Jr. Prospects for the continued development of environmentally-realistic toxicity tests using microorganisms. *J. Environ. Sci.*, 1993, **5**: 253~268.
- [5] Cairns J Jr & McCormick P V. Protists as indicators of water quality in marine environment. In: *Handbook of Hazardous Materials*. Academic Press, 1993. 627~638.
- [6] Cairns J, Jr McCormick P V & Niederlehner B R. Estimating ecotoxicological risk and impact using indigenous aquatic microbial communities. *Hydrobiologia*, 1992, **237**: 131~145.
- [7] Piccinni E & Gutierrez J C. *Protists as bioindicators in the environment*. Protistological Actualities, 1995. 173~174.
- [8] Cairns J Jr. *Restoration of Aquatic Ecosystems*. National Academy Press, Washington, D. C., 1992.
- [9] Foissner W, Unterweger A and Henschel T. Comparison of direct stream bed and artificial substrate sampling of ciliates in a mesosaprobic river. *Limnologica*, 1992, **22**: 97~104.
- [10] Pratt J R & Cairns J Jr. Long-term patterns of protozoan colonization in Douglas Lake, Michigan. *J. Protozool.*, 1985, **32**: 95~99.
- [11] Shen Y F, Buikema A L Jr, Yongue W H, *et al*. Use of protozoan communities to predict environmental effects of pollutants. *J. Protozool.*, 1986, **32**: 146~151.
- [12] Ruan H B(阮惠板), Assessment of pollution in Guangzhou section of Pearl River using periphytic protozoan. *Acta Scientiarum Naturalium of Jinan University*(in Chinese)(暨南大学学报), 1981, **2**: 95~104.
- [13] Ruan H B(阮惠板), Ruan J C(阮建成), Zhao R N(赵汝浓), *et al*. The Pattern recognition for assessing water pollution by using periphitic protozoan communities. *Acta Scientiarum Naturalium of Jinan University*(in Chinese)(暨南大学学报), 1994, **15**: 105~112.
- [14] Bai Q S(白庆笙), Xu R L(徐润林), Xu X B(徐显波), *et al*. Study on the influences of the tides on the colonization of protozoan communities. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*(in Chinese)(中山大学学报), 1996, **35**: 99~102.
- [15] Shen Y F(沈韞芬), Zhang Z S(章宗涉), Gong X J(龚循矩), *et al*. *Modern Biomonitoring Techniques Using Freshwater Microbiota*(in Chinese). Beijing: China Architecture & Building Press, 1990.
- [16] Kahl A. Urtiere oder Protozoa. In: Dahl ed. *Die Tierwelt Deutschlands*. 1930~1935.
- [17] Ogden C G & Hedley R. *An Atlas of Freshwater Testate Amoebae*. Oxford University Press, London, 1980.
- [18] Foissner W, Blatterer H, Berger H, *et al*. *Taxonomische und kologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems*. Band I - IV, Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes fuer Wasserwirtschaft, Munich, 1991~1995.
- [19] Levine N D, Corliss J O, Cox F E G, *et al*. A newly revised classification of the Protozoa. *J. Protozool.*, 1980, **27**: 37~58.
- [20] Shen Y F(沈韞芬), Feng W S(冯伟松), Gu M R(顾曼如), *et al*. *Monitoring of River Pollution*. China Architecture & Building Press, Beijing, 1994.
- [21] Gong X J(龚循矩), Xiao H Z(肖化忠), Shen Y F(沈韞芬), Study on the protozoan flora in Three Gorges of Changjiang River. *Acta Hydrobiology*(in Chinese)(生物学报), 1990, **14**: 289~297.
- [22] Liu J K(刘健康). *Advance Hydrobiology*. Scientific Press, Beijing, 1998.