

湘江浮游生物资源状况的调查与分析

曾亚英¹, 王晓清^{1*}, 熊钢², 张建国², 马晓¹, 夏建海¹, 秦溱¹

(1.湖南农业大学 动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南生物机电职业技术学院, 湖南 长沙 410127)

摘要: 2009 年 4 月至 2010 年 11 月, 在不同季节对湘江流域浮游生物的资源状况进行调查。结果表明, 湘江浮游植物有 127 种, 隶属 8 个门, 其中, 绿藻门 44 种, 硅藻门 38 种, 蓝藻门 13 种, 裸藻门 9 种, 隐藻门 7 种, 黄藻门 6 种, 甲藻门和金藻门各 5 种。浮游植物平均密度为 2.91 万个/L, 平均生物量 0.15 mg/L, 其中硅藻门生物量最大, 占总量的 41.8%, 优势种为颗粒直链藻、尖针杆藻和缘花舟形藻; 浮游动物 91 种, 其中, 轮虫最多, 有 38 种, 枝角类有 19 种, 原生动物有 18 种, 桡足类有 16 种, 浮游动物平均数量为 13.94 个/L, 平均生物量为 0.24 mg/L, 其中桡足类生物量最大, 占总量的 47.7%, 优势种为剑水蚤和哲水蚤。从种类组成来看, 湘江浮游生物属于典型的河流型浮游生物群落结构, 其种群结构特征表明湘江水体属于贫-中营养型。

关键词: 浮游植物; 浮游动物; 生物量; 湘江

中图分类号: Q179.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2012)05-0535-07

Investigation and analysis of the status of plankton in Xiangjiang river

ZENG Ya-ying¹, WANG Xiao-qing^{1*}, XIONG Gang², ZHANG Jian-guo², MA Xiao¹, XIA Jian-hai¹, QIN Qin¹

(1.College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.College of Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic, Changsha 410127, China)

Abstract: The status of plankton in Xiangjiang river was investigated in different seasons from April 2009 to November 2010. The results showed that there were 127 species of phytoplankton, belonging to 8 phyla including 44 species of Chlorophyta, 38 species of Bacillariophyta, 13 species of Cyanophyta, 9 species of Euglenophyta, 7 species of Cryptophyta, 6 species of Xanthophyta, and 5 species of Pyrrophyta and Chrysophyta respectively; the average density of phytoplankton was 2.91×10^4 ind/L, and the biomass was 0.15 mg/L; the biomass of the Bacillariophyta was the largest, accounting for 41.8% of the total biomass, and the predominant species were *Melosira granulate*, *Synedra acus* and *Navicula radiosa*. There were 91 species of zooplankton, among which 38 species belonged to Rotifera, 19 species belonged to Copepoda, 18 species belonged to Protozoa and 16 species belonged to Cladocera; the average density of zooplankton was 13.94 ind/L, and the biomass was 0.24 mg/L; the biomass of the Cladocera was the largest, accounting for 47.7% of the total biomass; *Cyclops* and *Calanus* were the predominant species appearing all over the year. The plankton in Xiangjiang river belonged to the typical river-type community structure in terms of species composition, which explained that the Xiangjiang river was in poor to moderate nutritional status.

Key words: phytoplankton; zooplankton; biomass; Xiangjiang river

浮游生物是水生生物食物链的基础, 在水生生态系统中占有重要地位。浮游生物群落作为水体主要生物群落之一, 其种类和数量的变化与水体营养

状态密切相关, 是监测水质变化的重要指标之一, 是判定水体质量和水域生产力的重要指标, 在水质生物学监测及评价中占有重要地位^[1-9]。湘江发源于

收稿日期: 2012-07-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(31100282); 湖南省财政专项(2007-139)

作者简介: 曾亚英(1987—), 女, 湖南郴州人, 硕士研究生, 主要从事水生生物学研究, yaying_zeng2012@126.com; *通信作者, wangxiao8258@126.com

广西临桂县海洋坪的龙门界,向北流入湖南省,在湖南境内的湘阴县壕河口分为东西两支,至芦林潭汇合,注入洞庭湖,全长 856 km,流域面积 94 660 km²,年平均径流量 643 亿 m³,是具有极大潜力的淡水养殖开发资源。目前,国内外已有许多关于河流、湖泊和水库浮游生物群落结构和资源状况的研究^[10-14],利用浮游生物群落结构的多样性来监测、评价水体生态环境的相关报道^[15-16]也不少,对湘江无脊椎动物、水质污染状况及水环境问题等也早有报道^[17-20],但有关湘江浮游生物资源调查的研究至今未见报道。随着社会经济的发展,工业、农业污染加剧,湘江流域生态系统发生变化,物种的组成、群落结构也相应发生改变。为了解湘江浮游生物资源现状,2009年4月至2010年11月,笔者对湘江浮游生物资源状况进行了4次跟踪调查,旨在保护湘江生物物种的多样性,为合理开发、利用湘江水资源提供参考。

1 材料与方 法

1.1 采样点的确定

2009年4月至2010年11月,根据水文特征、生态分布、地形、地理位置和研究实际需要,于整个湘江流域选点、采样,在湘江各流段布设22个采样点(在湘江源头广西设置1个采样点,湖南设置21个采样点),于春、夏、秋、冬各1次对湘江浮游生物资源状况进行调查。湖南21个采样点:永州流域段5个,衡阳流域段4个,株洲流域段2个,湘潭流域段2个,长沙流域段4个,岳阳流域段4个。

1.2 采样与分析方法

浮游生物资源采样和计数按《渔业生态环境监测规范》(淡水 SC/T9102.2—2007)和《水库渔业资源调查技术规范》(SL167—1996)进行。浮游生物种类的鉴定主要依据文献^[21-23]进行。

1.3 数据处理

每1 L水样中浮游生物数量 $N=P_n V/v$,式中, V

为1 L水样经浓缩后的体积(mL); v 为计数框的容积(mL); P_n 为每片计数框物种个数(ind)。

参照文献^[24]计算生物量。

优势度^[25] $Y=n_i/N$,式中, n_i 为第*i*种物种的个体数; N 为所有物种个体数。以 $Y>0.02$ 作为优势种。

2 结果与分析

2.1 浮游植物

2.1.1 浮游植物的种类

因浮游植物个体较小,在显微镜下观察种类特征不容易分辨,一般种类仅鉴定到属。仅鉴定到属的按1个种计算,个别特征明显和优势种类鉴定到种。下同。4次采样共检出浮游植物8门127种,其中,绿藻门44种,占34.7%;硅藻门38种,占29.9%;蓝藻门13种,占10.2%;裸藻门9种,占7.2%;甲藻门5种,占3.9%;金藻门5种,占3.9%;隐藻门7种,占5.5%;黄藻门6种,占4.7%。具体浮游植物种类名录见表1。

2.1.2 浮游植物的生物量与优势种类

浮游植物密度平均为2.91万个/L。由表2可知,浮游植物生物量平均为0.15 mg/L,以硅藻门、蓝藻门和绿藻门占优势,其中硅藻门生物量平均为0.06 mg/L,占41.8%,优势种为颗粒直链藻、针杆藻和舟形藻;蓝藻门生物量平均为0.04 mg/L,占24.0%,优势种为巨颤藻和螺旋藻;绿藻门生物量平均为0.03 mg/L,占19.7%,优势种为纤维藻、集星藻、小椿藻;裸藻门生物量平均为0.01 mg/L,占7.3%,优势种为裸藻和扁裸藻;黄藻门生物量平均为 4.90×10^{-3} mg/L,占3.1%,优势种为黄丝藻;甲藻门生物量平均为 2.80×10^{-3} mg/L,占1.9%;隐藻门生物量平均为 2.58×10^{-3} mg/L,占1.7%,优势种为隐藻和蓝隐藻;金藻门的平均生物量最低,为 0.70×10^{-3} mg/L,占0.5%。

表 1 浮游植物群落的物种组成
Table 1 Species composition of phytoplankton community

浮游植物种类	物种分布				浮游植物种类	物种分布				
	春季	夏季	秋季	冬季		春季	夏季	秋季	冬季	
蓝藻门 Cyanophyta					黄管藻 <i>Ophiocytium</i> sp.		+		+	
平裂藻 <i>Merismopedia</i> sp.	+	+	+	+	硅藻门 Bacillariophyta					
席藻 <i>Phormidium</i> sp.		+	+	+	直链藻 <i>Melosira</i> sp.		+	+	+	+
窝形席藻 <i>Phormidium foveolarum</i>		+		++	颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>		+	+++	+++	+
颤藻 <i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+	+	变异直链藻 <i>Melosira varians</i>		++	++	+	+++
巨颤藻 <i>Oscillatoria princeps</i>	+	++	+	++	卵形藻 <i>Cocconeis</i> sp.		+	++	+	+
螺旋藻 <i>Spirulina</i> sp.	+	++	+	+	桥弯藻 <i>Cymbella</i> sp.		++	+	++	++
微囊藻 <i>Microcystis</i> sp.		+	+		肿胀桥弯藻 <i>Cymbella tumida</i>		+	+	++	++
尖头藻 <i>Raphidiopsis</i> sp.	+		+	+	针杆藻 <i>Synedra</i> sp.		++	+++	++	+
色球藻 <i>Chroococcus</i> sp.	+	+	+	+	肘状针杆藻 <i>Synedra ulna</i>		+	++	++	+
隐球藻 <i>Aphanocapsa</i> sp.		+	+		尖针杆藻 <i>Synedra acus</i>		++	++	+++	+++
腔球藻 <i>Coelosphaerium</i> sp.		+	+		双头针杆藻 <i>Synedra amphicephala</i>		+	++	++	+
粘球藻 <i>Gloepcapsa</i> sp.		+	+	+	平板藻 <i>Tabellaria</i> sp.		++	+	+	+
鱼腥藻 <i>Anabaena</i> sp.	+	+		+	窗格平板藻 <i>Tabellaria feneatrata</i>		+	++	+	++
金藻门 Chrysophyta					双菱藻 <i>Surirella</i> sp.		++	+	+	++
黄群藻 <i>Synura</i> sp.			+	+	卡式双菱藻 <i>Surirella capronii</i>		+	+	+	++
鱼鳞藻 <i>Mallomonas</i> sp.		+	+	+	脆杆藻 <i>Fragilaria</i> spp.		+	+	+	+
单鞭金藻 <i>Chromulina</i> sp.			+	+	舟形藻 <i>Navicula</i> sp.		++	++	++	+
棕鞭藻 <i>Ochromonas</i> sp.			+		缘花舟形藻 <i>Navicula radiosa</i>		++	++	+++	+
锥囊藻 <i>Dinobryon</i> sp.		+	+		绿舟形藻 <i>Navicula viridula</i>		+	+++	++	+
隐藻门 Cryptophyta					双壁藻 <i>Diploneis</i> sp.			+	+	
隐藻 <i>Cryptomonas</i> sp.		+	+++		双眉藻 <i>Amphora</i> sp.		+	+		+
啮蚀隐藻 <i>Cryptomonas erosa</i>			+		羽纹藻 <i>Pinnularia</i> sp.		+	+	+	+
缘胞藻 <i>Chilomonas</i> sp.		+	+		布纹藻 <i>Gyrosigma</i> sp.		+	+	+	+
蓝胞藻 <i>Cyanomonas</i> sp.			+		异极藻 <i>Gomphonema</i> spp.		+	+	+	
红胞藻 <i>Rhodomonas</i> sp.		+	+		窗纹藻 <i>Epithemiaceae</i> sp.			+	+	
蓝隐藻 <i>Chroomonas</i> sp.			+++		波纹藻 <i>Cymatopleura</i> sp.		+	+	+	
尖尾蓝隐藻 <i>Chroomonas acuta</i>			++		小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.		+	+	+	
甲藻门 Pyrrophyta					星杆藻 <i>Asterionella</i> sp.		+	+		+
裸甲藻 <i>Gaeruginosum</i> sp.	+	+	++	+	曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.		+		+	
多甲藻 <i>Peridinium</i> sp.	+	+	+	+	菱形藻 <i>Nitzschia</i> spp.		+	+	+	+
二角多甲藻 <i>Peridinium bipes</i>	++	++	+	+	圆筛藻 <i>Coscinodiscus</i> sp.		+		+	
光甲藻 <i>Glenodiniaceae</i> sp.	+	+	+		等片藻 <i>Diatoma</i> sp.		+		+	
角藻 <i>Geratium</i> sp.	+			+	四棘藻 <i>Atthetas</i> sp.			+	+	
黄藻门 Xanthophyta					曲舟藻 <i>Pleurosigma</i> sp.			+	+	
黄丝藻 <i>Tribonema</i> sp.	++	+++	++		扇形藻 <i>Meridion</i> sp.		+	+	+	
近缘黄丝藻 <i>Tribonema affine</i>	+	+++	++		角毛藻 <i>Chaetoceros</i> sp.		+			
拟丝状黄丝 <i>Tribonema ulothrichoides</i>	++	++	+		根管藻 <i>Rhizosolenia</i> sp.		+	+		
膝口藻 <i>Gonyostomum</i> sp.	+		+		盒形藻 <i>Biddulphia</i> sp.		+	+	+	
绿囊藻 <i>Chlorobotrys</i> sp.			+		美壁藻 <i>Caloneis cleve</i>		+		+	

续表

浮游植物种类	物种分布				浮游植物种类	物种分布			
	春季	夏季	秋季	冬季		春季	夏季	秋季	冬季
裸藻门 Euglenophyta					栅藻 <i>Scenedesmus</i> sp.	+	+	+	+
裸藻 <i>Euglena</i> sp.	++	+	++	++	浮球藻 <i>Planktosphaeria gelatinosa</i>		+	+	
绿裸藻 <i>Euglena viridis</i>	++	+++	++	++	小楮藻 <i>Characiaceae</i> sp.	+	+	+	+
尾裸藻 <i>Euglena caudata</i>	+	+	+		近直小楮 <i>Characiaceae substrictum</i>	+	+	+++	+
扁裸藻 <i>Phacus</i> sp.	+	+	+	+	鞘藻 <i>Oedogonium</i> sp.	+		+	
尖尾扁裸藻 <i>Phacus acuminatus</i>	+	++	++	+	团藻 <i>Volvocaceae</i> sp.		+	+	
圆柱扁裸藻 <i>Phacus cylindrus</i>	+	+	++	+	卵囊藻 <i>Oocystis</i> sp.	+	+	+	
陀螺藻 <i>Strombomonas</i> sp.			+		月牙藻 <i>Selenastrum</i> sp.		+	+	
鳞孔藻 <i>Lepocinclis</i> sp.			+		衣藻 <i>Chlamydomonas</i> sp.	++	++	+	+
囊裸藻 <i>Trachelomonas</i> sp.	++	++	++	+	小球衣藻 <i>Chlamydomonas microsphaera</i>	+	+	++	+
绿藻门 Chlorophyta					十字藻 <i>Crucigenia</i> sp.	+	+	+	+
集星藻 <i>Actinastrum</i> sp.	+	+++	+	+	空星藻 <i>Coelastrum</i> sp.	+	+	+	
绿球藻 <i>Chlorococcum</i> sp.	++	+	++	+	球囊藻 <i>Sphaerocystis</i> sp.	+	+	+	
盘星藻 <i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	肾形藻 <i>Nephrocystium</i> sp.	+		+	
小球藻 <i>Chlorellaceae</i> sp.	+	++	++	++	集胞藻 <i>Synahocystis</i> sp.	+		+	
纤维藻 <i>Ankistrodesmus</i> sp.	+	+++	+	+	四球藻 <i>Westella</i> sp.	+	+	+	+
镰形纤维藻 <i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+	++	++	++	变联藻 <i>Quadrigula chodatii</i>		+	+	
针形纤维藻 <i>Ankistrodesmus acicularis</i>	++	++	+	+	水绵 <i>Spirogyra</i> sp.	+	+		
翼膜藻 <i>Pteromonas</i> sp.	+		+		双星藻 <i>Zygnema</i> sp.		+	++	
鼓藻 <i>Cosmarium</i> sp.	+	+	+		蹄形藻 <i>Kirchneriella</i> sp.		+	+	
角丝鼓藻 <i>Desmidium</i> sp.			+	+	顶棘藻 <i>Chodatella</i> sp.	+		+	
角星鼓藻 <i>Staurastrum</i> sp.		+	+		丝藻 <i>Ulothrix</i> sp.		+	+	+
新月藻 <i>Closterium</i> sp.	+	+	+	+	空球藻 <i>Eudorina</i> sp.	+	+		
四星藻 <i>Tetrastum</i> sp.	+	+	+	+	转板藻 <i>Mougeotia</i> sp.	+		+	
四鞭藻 <i>Tetraselmis</i> sp.		+	+	+	微芒藻 <i>Micractinium</i> sp.		+		
实球藻 <i>Pandorina</i> sp.	+		+	+	多鞭藻 <i>Polyblepharidaceae</i> sp.		+		+
多芒藻 <i>Golenkinia</i> sp.		+	+	+	四孢藻 <i>Tetrasporales</i> sp.		+		
弓形藻 <i>Schroederia</i> sp.	+	+	+	+					

“+”表示有分布；“++”表示分布较多；“+++”表示分布多。下同。

表2 22个采样点浮游植物的总生物量

Table 2 Biomass of phytoplankton in the 22 samples

浮游植物	生物量/(mg·L ⁻¹)			
	春季	夏季	秋季	冬季
蓝藻门	8.44×10 ⁻²	110.34×10 ⁻²	100.12×10 ⁻²	96.48×10 ⁻²
金藻门	—	0.26×10 ⁻²	1.01×10 ⁻²	5.01×10 ⁻²
隐藻门	—	4.93×10 ⁻²	17.81×10 ⁻²	—
甲藻门	10.34×10 ⁻²	3.64×10 ⁻²	8.41×10 ⁻²	1.98×10 ⁻²
黄藻门	10.76×10 ⁻²	14.93×10 ⁻²	14.74×10 ⁻²	—
硅藻门	141.80×10 ⁻²	168.61×10 ⁻²	124.30×10 ⁻²	115.24×10 ⁻²
裸藻门	10.24×10 ⁻²	31.45×10 ⁻²	43.37×10 ⁻²	10.22×10 ⁻²
绿藻门	19.66×10 ⁻²	197.76×10 ⁻²	39.10×10 ⁻²	2.30×10 ⁻²
合计	2.012 4	5.319 2	3.488 6	2.312 3

2.2 浮游动物

2.2.1 浮游动物的种类

4次采样共检出浮游动物91种,其中,轮虫最

多,有38种,占41.8%;枝角类有19种,占20.8%;原生动物有18种,占19.8%;桡足类有16种,占17.6%。具体浮游动物种类名录见表3。

表3 浮游动物群落的物种组成

Table 3 Species composition of zooplankton community

浮游动物种类	物种分布				浮游动物种类	物种分布			
	春季	夏季	秋季	冬季		春季	夏季	秋季	冬季
原生动物 Protozoa									
泥生变形虫 <i>Amoeba limicola</i>	+	+		+	棘爪低额蚤 <i>Simocephalus exspinosus</i>		+		+
表壳虫 <i>Arcella</i> sp.	++	++	+		圆形盘肠蚤 <i>Chydorus sphaericus</i>	+	++	+	+
冠砂壳虫 <i>Diffugia corona</i>	++	+++	+	+	虱形大眼蚤 <i>Polyphemus pediculus</i>		+	+	
长圆砂壳虫 <i>Diffugia oblonga</i>		++		++	平突船卵蚤 <i>Scapholeberis mucronata</i>		+	+	
尾草履虫 <i>Paramecium caudatum</i>	+		+		僧帽蚤 <i>Daphnia cucullata</i>	++	++	+	+
腔裸口虫 <i>Holophrya actra</i>		+	+		大型蚤 <i>Daphnia magna</i>		+		
筒裸口虫 <i>Holophrya simplex</i>			+		隆线蚤 <i>Daphnia carinata</i>		+		+
中华拟铃虫 <i>Tintinnopsis sinensis</i>	++	++	++	+	短钝蚤 <i>Daphnia psittacea</i>		+	+	
刺胞虫 <i>Acanthocystis</i> sp.	+		+		轮虫类 Rotifera				
点钟虫 <i>Vorticella picta</i>	+		+		矩形臂尾轮虫 <i>Brachionus leydigi</i>	+	+	+	++
似钟虫 <i>Vorticella similis</i>	+	+		+	裂足臂尾轮虫 <i>Brachionus diversicornis</i>	+	++	+	+
蜂巢鳞壳虫 <i>Euglypha alveolata</i>	+		+	+	镰状臂尾轮虫 <i>Brachionus falcatus</i>		+		+
矛状鳞壳虫 <i>Euglypha laevis</i>	+		+	+	萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	+	+	+	++
结节鳞壳虫 <i>Euglypha tuberculata</i>	+		+		剪形臂尾轮虫 <i>Brachionus forficula</i>	+	+		
浮游累枝虫 <i>Epistylis faurei</i>	+	+	+		壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>	+	+	+	+
巢居法帽虫 <i>Phryganella nidulus</i>		+	+		方形臂尾轮虫 <i>Brachionus quadridentatus</i>	+	+		
半球法帽虫 <i>Phryganella hemisphaerica</i>	+	++	+	+	前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	++	++	+++	+
透明螺足虫 <i>Cochliopodium bilimbosum</i>	+		+	+	西氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna sieboldi</i>	++	+	+	+
桡足类 Cladocera					盖氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna girodi</i>	+	+	+	+
无节幼体 <i>Nauplii</i>	++	++	+	+	卜氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna brightwelli</i>		+	+	+
桡足幼体 <i>copepodid</i>	+	++	++	+	矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadrata</i>		++	+	++
中华窄腹剑水蚤 <i>Limnithona sinensis</i>	+	++	++	++	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	+	++	+	
棕色大剑水蚤 <i>Macrocyclus fuscus</i>			+		螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	+	++	+	
白色大剑水蚤 <i>Macrocyclus albidus</i>	++	++	+	++	椎尾水轮虫 <i>Epiphanes senta</i>	++	+	+	+
闻名大剑水蚤 <i>Macrocyclus distinctus</i>	+		+		棒状水轮虫 <i>Epiphanes clavulatus</i>		+		+
粗壮温剑水蚤 <i>Thermocyclus dybowskii</i>		+	+	+	刺簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	++	++	+	+
等刺温剑水蚤 <i>Thermocyclus kawamurai</i>	+	+	+	+	长肢多肢轮虫 <i>Polyarthra dolichoptera</i>		+	+	+
虫宿温剑水蚤 <i>Thermocyclus vermifer</i>	+	+	+	+	叉角聚花轮虫 <i>Conochiloides dossuarius</i>		+		+
透明温剑水蚤 <i>Thermocyclus hyalinus</i>		+	+	++	前额犀轮虫 <i>Rhinoglena frontalis</i>	+	+	+	
毛饰拟剑水蚤 <i>Paracyclops fimbriatus</i>	+		+	+	扁平泡轮虫 <i>Pompholyx complanata</i>	+	+	+	
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	++	+	+		刺盖异尾轮虫 <i>Trichocerca capucina</i>	+	+		+
绿色近剑水蚤 <i>Tropocyclops prasinus prasinus</i>	+	+	+	++	圆筒异尾轮虫 <i>Trichocerca cylindrical</i>	+	+	+	+
汤匙华哲水蚤 <i>Sinocalanus dorrii</i>	+	+	+	+	长刺异尾轮虫 <i>Trichocerca longiseta</i>	+	+		+
中华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	+	++	++		多突囊足轮虫 <i>Asplanchnopus multiceps</i>		+	+	
美丽猛水蚤 <i>Nitocra</i> sp.		+	+		囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i>		+	+++	
枝角类 Copepoda					巨腕轮虫 <i>Hexarthra</i> sp.		+	+	
矩形尖额蚤 <i>Alona retangula</i>	+	+	+	+	四角平甲轮虫 <i>Platyias quadricornis</i>	+		+	+
长肢秀体蚤 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	++	++	+	++	脾状三肢轮虫 <i>Filinia opoliensis</i>		+	+	+
长额象鼻蚤 <i>Bosmina longirostris</i>	+	++	+++	++	长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i>		+	+	+
脆弱象鼻蚤 <i>Bosmina fatalis</i>		+	++		小三肢轮虫 <i>Filinia minuta</i>	+	+	+	+
筒弧象鼻蚤 <i>Bosmina coregoni</i>			+		钩状狭甲轮虫 <i>Colurella uncinata</i>	+	+	+	+
颈沟基合蚤 <i>Bosminopsis deitersi</i>	+	+	+		小粗颈轮虫 <i>Macrotrachela nana</i>	+	+		
微型裸腹蚤 <i>Moina micrura</i>		+	+		十趾平甲轮虫 <i>Platyiasm ilitaris</i>		+		+
多刺裸腹蚤 <i>Moina macrocopa</i>	+	+	+		月形腔轮虫 <i>Lecane luna</i>	+	+	+	
近亲裸腹蚤 <i>Moina affinis</i>			+		蹄形腔轮虫 <i>Lecane ungulata</i>		+	+	
直额裸腹蚤 <i>Moina rectirostris</i>	+	+			尾棘巨头轮虫 <i>Cephalodella sterea</i>	+	+		
拟老年低额蚤 <i>Simocephalus vetuloides</i>	+	++	++	+	大肚须足轮虫 <i>Euchlanis dilatata</i>		+	+	

2.2.2 浮游动物的密度与生物量

浮游动物数量平均为13.94个/L。由表4可知,浮游生物平均生物量为0.24 mg/L,优势类群为桡足类、枝角类。其中,原生动物平均生物量为 0.10×10^{-3} mg/L,占总量的0.4%,优势种为砂壳虫和中华拟铃

虫;桡足类生物量平均为0.11 mg/L,占总量的47.7%,优势种为剑水蚤和哲水蚤;枝角类生物量平均为0.10 mg/L,占总量的42.3%,优势种为长额象鼻溞、长肢秀体溞和僧帽溞;轮虫生物量为0.02 mg/L,占总量的9.6%,优势种为前节晶囊轮虫和囊形单趾轮虫。

表4 22个采样点浮游动物的总生物量

Table 4 Biomass of zooplankton in the 22 samples

浮游动物	生物量/(mg·L ⁻¹)			
	春季	夏季	秋季	冬季
原生动物	0.19×10^{-2}	0.39×10^{-2}	0.16×10^{-2}	0.11×10^{-2}
桡足类	360.72×10^{-2}	426.64×10^{-2}	108.10×10^{-2}	107.00×10^{-2}
枝角类	149.64×10^{-2}	615.72×10^{-2}	51.26×10^{-2}	74.87×10^{-2}
轮虫	17.73×10^{-2}	138.41×10^{-2}	36.53×10^{-2}	11.90×10^{-2}
合计	5.282 8	1.181 2	1.960 5	1.938 8

2.3 浮游生物的季节变化

湘江各流域段浮游生物量及种类组成有明显的季节变化。从浮游植物种类组成来看,硅藻门在夏季生物量出现高峰,优势种为缘花舟形藻、绿舟形藻和颗粒直链硅藻;绿藻门在夏季生物量出现高峰,优势种为镰形纤维藻、针形纤维藻和集星藻;裸藻门和甲藻门生物量在秋季相对较高,优势种为裸藻、扁裸藻和裸甲藻;隐藻门生物量在秋季出现高峰,优势种为隐藻和蓝隐藻;黄藻门在春、夏、秋季生物量变化不明显,冬季没出现,优势种为黄丝藻;蓝藻门生物量在夏季和秋季变化不明显,优势种为巨颤藻和螺旋藻;金藻门在夏、秋、冬季少量出现,生物量很小,优势种不明显。

从浮游动物种类组成来看,原生动物高峰出现在夏季,优势种为冠砂壳虫;轮虫生物量在春季相对较高,优势种为前节晶囊轮虫;枝角类夏季相对较多,优势种为长肢秀体溞和长额象鼻溞;桡足类在夏季较多,优势种为剑水蚤和哲水蚤。

从浮游生物的生物量来看,湘江各流域段浮游植物和浮游动物生物量年变化均呈单峰式,高峰出现在夏季。从表1~4可以看出,调查期间湘江的浮游生物量及种类组成有明显的季节变化,夏季湘江浮游植物生物量出现高峰,达到0.24 mg/L,浮游动物量也同时出现高峰,达到0.54 mg/L。

3 结论与讨论

a. 湘江浮游生物资源状况及特点。从调查结果可以看出,湘江浮游生物资源比较丰富,共计218种。浮游植物组成以硅藻门、蓝藻门、绿藻门等为主,浮游植物平均生物量为0.15 mg/L,密度水平较湖泊、池塘(平均生物量0.3~0.5 mg/L)低。整个水域中主要是硅藻门、蓝藻门、绿藻门种类,这3个门类的生物量占总量的85.5%。硅藻门常见的种类有变异直链藻、颗粒直链藻、巴豆叶脆杆藻、肿胀桥弯藻、尖针杆藻和窗格平板藻等;绿藻门常见的种类有针形纤维藻、镰形纤维藻、普通小球藻、绿球藻、集星藻和盘星藻等;裸藻门常见的种类有绿裸藻、尾裸藻、扁裸藻和囊裸藻等。从种类组成来看,湘江浮游植物属于典型的河流型浮游植物群落。浮游动物主要由轮虫、枝角类、桡足类和原生动物组成,其中,种类最多的为轮虫,占总种数41.8%;分布较广泛的种类有曲腿龟甲轮虫、萼花臂尾轮虫、前节晶囊轮虫、多肢轮虫、椎尾水轮虫和囊形单趾轮虫等。桡足类只检测到16种,但其生物量却占了总数的47.7%,成为湘江流域浮游动物的主要类群。从检测结果可知,湘江流域段轮虫种类资源丰富,但其生物量较低,而轮虫是许多鱼类的最佳开口饵料,其生物量较低,这在一定程度上限制

了幼鱼和仔鱼的大量生长和繁殖。桡足类和枝角类的生物量尽管较高,但并不能得到充分利用;所以湘江渔产力偏低。

b. 浮游生物优势种群的季节变化。湘江浮游生物各季节的种类数不同。秋季浮游植物种类数最多,冬季最少。春季、冬季硅藻门占绝对优势,夏季以绿藻门和蓝藻门占优势,秋季以蓝藻门、绿藻门和硅藻门占优势。研究结果显示,春季、冬季湘江的浮游植物属于硅藻型,夏季、秋季属于蓝藻-绿藻-硅藻型。由湘江浮游动物的群落结构可知,春季主要由原生动物和轮虫类组成,夏季、秋季主要由轮虫和枝角类组成,冬季主要由桡足类和轮虫类组成。优势种群的变化主要是由于季节水温变化和水质营养状况变化所引起,从浮游生物的生物量来看,湘江各流域段浮游植物和浮游动物生物量年变化均呈单峰式,高峰出现在夏季,符合南方大多数河流域浮游生物的生物量特点。

c. 湘江水体营养状况及评价。按照文献[1]中水体营养分类标准:浮游植物生物量小于1 mg/L 为贫营养型水质;1~3 mg/L 为贫-中营养型水质;3~5 mg/L 为中-富营养型水质。湘江的浮游植物生物量为0.15 mg/L,属于贫营养型水质。另外,藻类各种群在群落中所占的比例也往往作为污染的指标,贫营养性湖泊的浮游植物以金藻为主,中营养性湖泊的浮游植物以硅藻为主,富营养性湖泊以绿藻、蓝藻为主。湘江流域段的种群结构表明湘江水体处于中营养型状态。在湘江浮游生物的常见种和优势种中,浮游植物中的裸藻属、颤藻属和纤维藻属均为最耐有机污染的类群之一;在浮游动物的常见种和优势种中,三肢轮虫属、温剑水蚤属、臂尾轮虫属、龟甲轮虫属等是一些高度耐污种类;在原生动物中有一些比较耐污种类,如尾草履虫等,说明湘江水质受到了一定的污染。综上所述,湘江水体属于贫-中营养型。

由湘江浮游生物群落结构、生物量以及种类分布的综合分析可知,湘江的浮游生物群落信息含量较大,群落结构处于较稳定的状态,湘江水体属于

贫-中营养型,但浮游生物群落组成的变化复杂,单凭各类群的种类、数量和生物量来评价水质状况不够全面,还应考虑其特定环境因子的生理耐性、环境因子的变化幅度和它们复杂的种间关系以及环境因子间的相互作用等。有研究^[26]显示:近年来湘江的水质在逐步恶化。因此,湘江流域的水质问题不容忽视,应通过依靠河流的流动性和其自净能力,减少外来营养盐、工业污水和生活污水输入等方式,使水质状况逐渐好转。根据调查结果,应对湘江的渔业资源保护采取可持续发展利用政策,既要充分利用水体自然资源发展渔业,又要加强水质保护,保证其资源的循环利用。

参考文献:

- [1] 何志辉. 中国湖泊和水库的营养分类[J]. 大连水产学院学报, 1987, 2(1): 1-10.
- [2] 王云龙, 袁骥, 沈新强. 长江口及邻近水域春季浮游植物的生态特征[J]. 中国水产科学, 2005, 12(3): 300-306.
- [3] 李广楼, 陈碧鹃, 崔毅. 莱州湾浮游植物的生态特征[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 292-299.
- [4] Asknes L, Wassman P. Modeling the significance of zooplankton grazing for export production[J]. *Limnol Oceanogr*, 1993, 38: 978-985.
- [5] 陆开宏, 朱津永, 王扬才, 等. 湖南镇水库浮游生物及其影响因子的典范对应分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 950-960.
- [6] 郑丙辉, 田自强, 张雷, 等. 太湖西岸湖滨带水生生物分布特征及水质营养状况[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4214-4223.
- [7] 李宝林, 王玉亮, 张路增. 以浮游植物评价达贵湖水质污染及营养水平[J]. 水生生物学报, 1993, 17(1): 28-33.
- [8] 蒙仁宽, 刘贞秋. 以浮游植物评价巢湖水质污染及富营养化[J]. 水生生物学报, 1988, 12(1): 15-25.
- [9] 许木启. 从浮游动物群落结构与功能的变化看河-白洋淀水体的自净效果[J]. 水生生物学报, 1996, 20(3): 212-219.
- [10] 李喆, 姜作发, 马波, 等. 新疆乌伦古湖春、秋季浮游植物群落结构的聚类和多维分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 984-991.
- [11] 邱春刚, 刘丙阳, 刘旭光, 等. 汤河水库春季浮游生物的群落结构及空间分布[J]. 水产科学, 2007, 26(4): 222-228.

(下转第561页)