

doi: 10.7541/2013.49

湘江干流浮游生物群落结构及水质状况分析

王晓清¹ 曾亚英¹ 吴含含¹ 熊 钢² 张建国²
马 晓¹ 陈丽婷¹

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

摘要: 为了解湘江干流水质与生物群落现状, 2010—2011 年对湘江的水质和浮游生物的分布进行了采样分析, 利用香农-威纳多样性指数分析湘江干流浮游生物群落特征, 并结合水质理化指标评价其水体营养状态。结果表明, 共检出浮游植物 8 门 99 属 164 种, 丰度变化在 $(1.83—51.1) \times 10^4$ cells/L, 生物量变化在 0.03—0.60 mg/L; 浮游动物 80 种, 密度变化在 2.16—76.34 个/L, 生物量变化在 0.01—1.95 mg/L。各采样点的浮游植物多样性指数变化在 2.47—5.43, 浮游动物多样性指数变化在 1.63—3.38, 浮游生物的多样性较好, 显示出湘江干流的浮游生物群落处于较稳定的状态。对湘江 β m- α m 指示种种类组成和群落结构分析, 结果显示湘江水体属于中污带水质; 综合营养状态指数(TIL)在 38.27—51.97, 均值为 43.73, 属于中营养水平; 综合水质生物学和化学评价结果可知湘江干流的水质较差, 但无明显向富营养化转化的趋势。

关键词: 湘江; 浮游生物; 群落结构; 水质状况

中图分类号: Q145 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2013)03-0488-07

湘江是长江的主要支流之一, 发源于广西临桂县海洋坪的龙门界, 向北流入湖南省, 流经衡阳、株洲、湘潭、长沙等工业发达的城市, 至芦林潭又汇合注入洞庭湖。湘江流经城市其居民生活饮水和企业用水均取自湘江, 同时生活和企业废水也随之排入湘江, 大量有机物和污染物不断地排入造成水体 N、P 等营养盐的大量增加, 对渔业资源和人体健康均带来影响。因此, 湘江干流水质状况受到了一定的关注。

目前, 有报道湘江干流水环境、软体动物资源状况和部分江段的水体营养状态方面的调查研究^[1—3], 但缺乏对湘江浮游生物群落结构特征和营养状态的系统研究与综合评价。化学监测是采用定期取样调查方法, 因此得出的检测结果只能代表取样时瞬间的情况, 不能反映取样前后的情况。生活在水中的水生生物能够反映整个生活时期中环境因素的改变情况, 它们对环境变化反应很敏感, 水质的任何变化都可能影响它们的生理功能、种类丰度、

种群密度、群落结构与功能的改变。因此, 浮游生物的群落组成、丰度、优势种群、生物多样性等与水体的营养程度密切相关, 是评价水质污染及营养水平的重要指标^[4—8]。然而各种浮游生物自身的特性不同, 不同浮游生物之间、浮游生物与非生物环境因素之间的相互关系复杂, 仅仅用浮游生物对水体污染进行监测, 难以得到十分准确的结果。为此, 本文将浮游生物监测和理化监测结合起来, 初步探讨湘江干流浮游生物群落结构特征和水质污染状况, 以为湘江水环境保护和污染治理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 采样时间和采样点设置

本项目于 2010 年 4 月至 2011 年 11 月进行春(2010 年 4 月)、夏(2010 年 7 月)、秋(2010 年 11 月)、冬(2011 年 1 月)四季 4 次采样调查。

采样断面的布设是根据湘江自然环境状况和周围排污情况确定的, 按湘江干流衡阳区段、株洲区

收稿日期: 2012-07-30; 修订日期: 2013-02-20

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

通信作者: 王晓清(1964—), 男, 湖南邵阳人; 教授; 主要从事水生生物学研究。E-mail: wangxiao8258@126.com

段、湘潭区段、长沙区段和岳阳区段各设 3 个采样站, 并按顺序编为 1—15 站(图 1)。

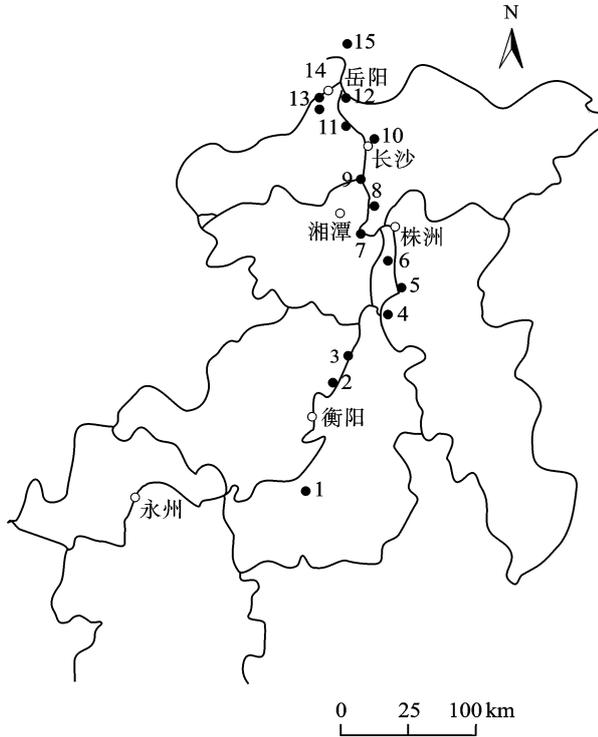


图 1 采样点分布图

Fig. 1 Map of sampling sites

1.2 样品的采集方法与处理

水质理化指标与测定 水质监测项目有水温、pH、DO、TN、TP、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、叶绿素 *a* (Chl. *a*)、透明度(SD)等指标。水温、pH、SD 在现场测定, pH 用玻璃电极法、SD 采用塞氏盘法测定。其他指标采取水样加化学药品保存, 带入实验室分析。水质监测项目均为采水器在水面下 0.5 m 处采样, 样品的分析方法和保存方法均参照国家标准方法^[9]测定。

浮游生物的测定 浮游生物资源采样和计数按 SC/T9012《渔业生态环境监测规范》(淡水)和 SL167-1996《水库渔业资源调查技术规范》方法进行。浮游生物种类的鉴定主要依据文献[10—12]、浮游生物丰度和生物量的计算参照文献[13]中的方法进行。

参数计算与水质状况评价 香农—威纳(Shannon-Wiener)多样性指数计算和评价水质污染程度按文献[14]进行; 优势度按文献[15]计算; 综合营养状态指数法评价水体富营养状态按文献[16]进行。

2 结果

2.1 营养盐分布特征及水质状况评价

根据湘江干流营养盐的分布特征, 参照(GB3838-2002)对各单项因子进行评价湘江干流水质状况。由理化监测结果(表 1)可知湘江干流的水质较差, 营养盐含量较高。湘江干流四季总氮的波动范围在 1.68—4.04 mg/L, 春、夏、秋、冬四季总氮都超过《地表水环境质量标准》中规定的 Ⅲ类水的标准 1.5 mg/L, 显示出湘江干流总氮污染严重。湘江干流总磷的波动范围在 0.02—0.12 mg/L, 除春季株洲段、湘潭段、长沙段这三个采样段的含量较高(均大于 0.1 mg/L), 其他的采样季节采样段总磷含量属于 Ⅲ类水。COD_{Mn} 作为有机污染的指标, 当其浓度超过 4 mg/L 时, 表示水体已经受到污染。湘江四次采样的 COD_{Mn} 为 2.97—15.39 mg/L, 说明湘江已有一定程度的有机污染, 除春季衡阳段、株洲段、湘潭段未受到污染, 其他的采样季节和采样段均受到污染, 而且夏季的污染程度最严重, 其次是冬季。湘江的氨氮含量的季节变化明显, 变化范围为 0.18—1.07 mg/L, 秋季和冬季的氨氮均值超过了 0.5 mg/L, 属于 Ⅲ类水, 而长沙段的秋季和冬季的总氮结果均超过 1.0 mg/L, 属于 Ⅲ类水。湘江的 BOD₅ 的变化范围在 0.49—5.47 mg/L, 春季衡阳段的结果为 5.47 mg/L, 属于 Ⅲ类水, 其他采样段的结果均小于 3 mg/L, 属于 Ⅲ类水。由此可见, 湘江的水质状况较差, 有富营养化的趋势。

2.2 湘江干流浮游生物群落结构特征

湘江干流浮游植物群落结构特征 在 2010—2011 年 4 次采样调查中, 共鉴定到浮游植物 164 种, 其中硅藻门 24 属 51 种, 蓝藻门 12 属 17 种, 黄藻门 3 属 5 种, 甲藻门 5 属 6 种, 裸藻门 5 属 16 种, 绿藻门 41 属 58 种, 金藻门 7 属 8 种, 隐藻门 2 属 3 种。由图 2 可知, 湘江干流每个季节的种类组成不同, 秋季浮游植物种类数最多, 冬季最少, 每个季节的主要种类由硅藻门、绿藻门和蓝藻门组成。每次均能检测到: 蓝藻门的颤藻(*Oscillatoria* sp.)、微囊藻(*Microcystis* sp.)等, 硅藻门的舟形藻(*Naviculaceae* sp.)、双菱藻(*Surirella* sp.)、钝脆杆藻(*Fragilaria fcapucina*)、颗粒直链藻(*M. granulata*)、变异直链藻(*M. varians*)等, 黄藻门的黄丝藻(*Tribonema* sp.)等, 甲藻门的多甲藻(*Peridinium*

sp.)、裸甲藻(*Gymnodinium* sp.)、角甲藻(*Geratium* sp.)、裸藻门的裸藻属(*Euglena* sp.)、囊裸藻(*Trachelomonas* sp.)、扁裸藻(*Phacus* sp.)等,绿藻门的栅藻(*Scenedesmus* sp.)、空球藻(*Eudorina elegans* Ehrenberg)、盘星藻(*Pediastrum* sp.)、纤维藻

(*Ankistrodesmus* sp.)、十字藻(*Crucigenia* sp.)、集星藻(*Ahantzschii* sp.)等。其中,优势种为蓝藻门的颤藻,硅藻门的变异直链藻、双菱藻等,甲藻门的二角多甲藻,裸藻门的裸藻,黄藻门的黄丝藻,绿藻门的纤维藻、栅藻等。

表1 湘江干流水质理化指标
Tab.1 Some chemical and physical parameters in the mainstream of Xiangjiang River

时间 Time	pH	WT (°C)	Chl. <i>a</i> (µg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	SD (m)	COD _{Mn} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	DO (mg/L)	TLI (Σ)
春季 Spring	7.52	24.0	0.330	0.0880	2.5674	1.1	3.6420	0.2149	0.0774	2.52	7.54	41.94
夏季 Summer	8.15	29.0	0.350	0.0435	2.4748	1.2	12.1076	0.4357	0.1417	1.09	7.20	45.40
秋季 Autumn	7.83	19.5	0.303	0.0371	2.4675	0.8	9.2582	0.5963	0.1087	1.35	7.99	44.62
冬季 Winter	7.37	10.0	0.251	0.0330	2.4595	0.5	6.4087	0.7574	0.0757	1.62	8.90	43.59

表2 湘江干流浮游植物的丰度和生物量的水平变化(丰度单位: 万细胞数/L; 生物量单位: mg/L)

Tab.2 Spatial distribution of phytoplankton density and biomass in the mainstream of Xiangjiang River (quantity unit: 10⁴ cells/L; biomass units: mg/L)

时间 Time	总丰度/总生物量 Total abundance/ Total biomass	丰度/生物量 Abundance/ Biomass			
		蓝藻门	硅藻门	黄藻门	甲藻门
春季 Spring	4.69/0.1309	0.56/0.0067	2.41/0.0888	0.47/0.0055	0.06/0.0047
夏季 Summer	22.17/0.2383	9.46/0.0841	2.60/0.0729	0.90/0.0083	0.02/0.0021
秋季 Autumn	18.12/0.2341	7.92/0.0767	4.73/0.0982	1.40/0.0097	0.05/0.0044
冬季 Winter	5.01/0.0697	0.69/0.0174	4.12/0.0460	0/0	0/0

时间 Time	总丰度/总生物量 Total abundance/ Total biomass	丰度/生物量 Abundance/ Biomass			
		裸藻门	绿藻门	金藻门	隐藻门
春季 Spring	4.69/0.1309	0.24/0.0135	0.94/0.0118	0/0	0/0
夏季 Summer	22.17/0.2383	0.29/0.0061	8.58/0.0625	0.32/0.0022	0/0
秋季 Autumn	18.12/0.2341	0.37/0.0157	5.36/0.0245	0/0	0.32/0.0050
冬季 Winter	5.01/0.0697	0.08/0.0060	0.12/0.0002	0/0	0/0

表3 湘江干流浮游动物的密度和生物量的水平变化(数量单位: 个/L; 生物量单位: mg/L)

Tab.3 Spatial distribution of zooplankton density and biomass in the mainstream of Xiangjiang River (quantity unit: ind/L; biomass units: mg/L)

时间 Time	总密度/总生物量 Total density/ Total biomass	密度/生物量 Density/ Biomass			
		原生动物	轮虫	枝角类	桡足类
春季 Spring	6.82/0.0737	2.51/0.0034	1.98/0.0095	0.83/0.0275	1.51/0.0333
夏季 Summer	38.84/0.6126	3.04/0.0002	20.54/0.1139	10.30/0.3281	4.96/0.1705
秋季 Autumn	6.53/0.1325	1.78/0.0002	3.24/0.0560	0.47/0.0184	1.04/0.0579
冬季 Winter	4.65/0.1325	0.99/0.00004	1.41/0.0066	0.53/0.0231	1.72/0.1028

表4 湘江干流浮游生物多样性指数

Tab.4 Diversity index of plankton in the mainstream of Xiangjiang River

时间 Time	浮游植物多样性指数 Phytoplankton's Shannon-Wiener					浮游动物多样性指数 Zooplankton's Shannon-Wiener				
	衡阳段	株洲段	湘潭段	长沙段	岳阳段	衡阳段	株洲段	湘潭段	长沙段	岳阳段
春季 Spring	3.27	3.57	3.74	3.48	4.15	3.18	3.36	3.23	3.00	3.38
夏季 Summer	2.71	3.68	3.61	3.55	3.78	3.22	2.50	2.49	2.24	2.39
秋季 Autumn	4.48	5.37	5.43	5.15	5.15	3.23	2.01	1.63	3.01	2.90
冬季 Winter	2.50	2.6	2.76	2.76	2.47	2.43	2.32	2.76	3.19	2.30

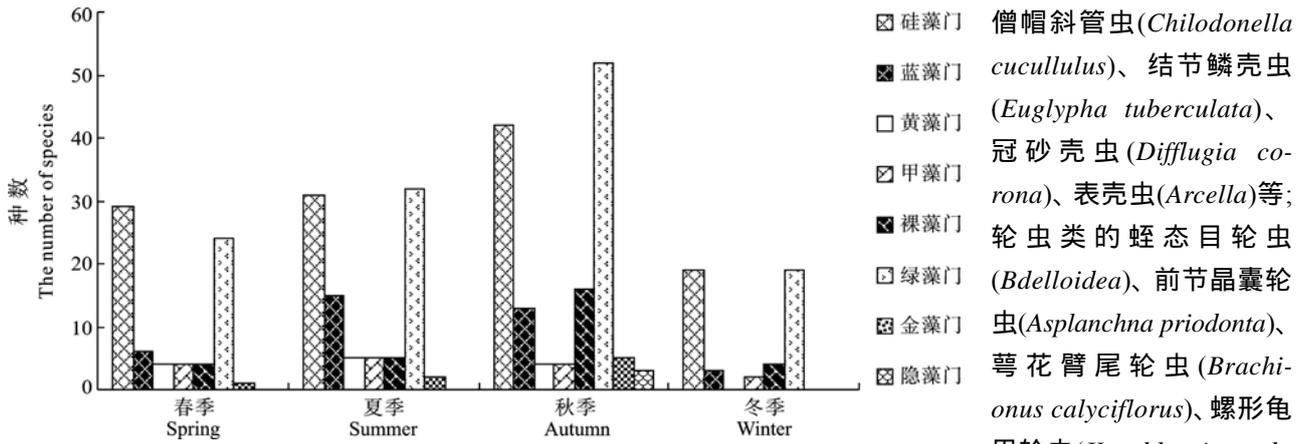


图 2 湘江不同季节浮游植物种类分布图

Fig. 2 Map of phytoplankton species distribution in different seasons in Xiangjiang River

湘江浮游植物丰度和生物量的时空分布以及各门类之间的分布都极不均匀(表 2), 差异很大。春季硅藻门的丰度和生物量占绝对优势, 丰度变化范围为 $(1.34-3.77) \times 10^4$ cells/L, 占总数的 39.35%—74.30%, 生物量变化范围为 0.0471—0.1496 mg/L, 占总数的 61.97%—76.28%; 夏季以绿藻门和蓝藻门占优势, 蓝藻门丰度平均为 9.46×10^4 cells/L, 生物量平均为 0.0841 mg/L, 绿藻门丰度为 8.58 万 cells/L, 生物量为 0.0625 mg/L; 秋季以蓝藻门、绿藻门和硅藻门占优势, 3 个门类的丰度和生物量占总数的范围分别为 82.66%—94.40%和 71.88%—93.06%; 冬季浮游植物丰度和生物量很少, 硅藻门占绝对优势, 丰度占总数的变化范围为 69.87%—91.82%, 生物量占总数的变化范围为 45.63%—98.75%。

浮游植物的优势种群和群落结构特征指数的变化可以在一定程度上反映出环境的变化。水质状况较好的水体, 浮游植物种类较多, 多样性指数 H 较大, 反之在重污染水体中, 种类数少, 多样性指数较小。湘江浮游植物多样性指数情况(表 4), 春季、秋季五个采样段的 H 都大于 3; 夏季衡阳段的 H 为 2.71, 其他采样段的 H 都大于 3; 冬季 5 个采样段的 H 为 1—3。因此, 从浮游植物多样性指数分析来看, 湘江属于轻-中污染型。

湘江干流浮游动物群落结构特征 对湘江干流浮游动物的调查共鉴定到浮游动物 80 种, 其中轮虫 23 属 45 种, 枝角类 9 属 17 种, 桡足类 3 属 5 种, 原生动物 10 属 13 种。从组成上看, 以轮虫类占优势, 其次是枝角类。每次均能检测到的浮游动物主要有: 原生动物类的筒裸口虫(*Holophrya simplex*)、

僧帽斜管虫(*Chilodonella cucullulus*)、结节鳞壳虫(*Euglypha tuberculata*)、冠砂壳虫(*Diffugia corona*)、表壳虫(*Arcella*)等; 轮虫类的蛭态目轮虫(*Bdelloidea*)、前节晶囊轮虫(*Asplanchna priodonta*)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)、螺形龟甲轮虫(*Kcochlearis cochlearis*)、曲腿龟甲轮虫(*Kcochlearis valga*)、长三肢轮虫(*Filinia longiseta*)、矩形臂尾轮虫(*Brachionus leydigi*)等; 枝角类的象鼻溞(*Bosmina*)、裸腹溞(*Moina*)、尖额溞(*Alona*)、盘肠溞(*Chydorus*)、低额溞(*Simoccephalus*)等; 桡足类的广布中剑水蚤(*Mesocyclops leuckarti*)、透明温剑水蚤(*Thermocyclops hyalinus*)、近邻剑水蚤(*Thermocyclops vicinus*)等。优势种为原生动物的冠砂壳虫、结节鳞壳虫, 轮虫类的萼花臂尾轮虫、螺形龟甲轮虫、前节晶囊轮虫、长三肢轮虫, 枝角类的象鼻溞, 桡足类的广布中剑水蚤、无节幼体。

湘江浮游动物的密度和生物量的时空分布的差异十分明显(表 3)。春季的密度和生物量较小, 密度平均为 6.8 个/L, 以原生动物为主, 占 36.75%, 生物量平均为 0.0737 mg/L, 以桡足类的量最大, 占 45.21%; 夏季的密度和生物量最大, 密度平均为 38.8 个/L, 以轮虫类最多, 占 52.88%, 生物量平均为 0.6126 mg/L, 以枝角类的量最大, 占 53.55%; 秋季的密度和生物量较小, 密度平均为 6.5 个/L, 其中轮虫类最多, 占 49.69%, 生物量平均为 0.1325 mg/L, 以桡足类最多, 占 43.69%, 轮虫类其次, 占 42.25%; 冬季的密度和生物量很小, 密度平均为 4.65 个/L, 其中桡足类最多, 占 37.00%, 轮虫类次之, 占 30.30%, 生物量平均为 0.1325 mg/L, 桡足类最多, 占 77.59%。

由表 4 可以看出, 春季 5 个采样段的 H 都大于 3; 夏季衡阳段的 H 为 3.22, 其他采样段都为 1—3; 秋季衡阳段的 H 为 3.23, 长沙段的 H 为 3.01, 其他采样段都为 1—3; 冬季长沙段的 H 为 3.19, 其他采样段都为 1—3。因此, 从浮游动物多样性指数分析来看, 湘江属于轻-中污染型。

2.3 湘江干流浮游生物污染指示种状况

根据藻类、浮游动物的出现情况对水质进行评价,按文献[14]方法将水质分为5级:即 α -多污带、 β -多污带、 α -中污带、 β -中污带和寡污带,对湘江各流段浮游生物群落组成种类检测和对水质评价结果(表5)。其中 α -多污带指示生物如裸藻, β -多污带指示生物如舟形藻、羽纹藻、衣藻、小球藻等, α -中污带指示生物如颤藻、桥弯藻、针杆藻、扁圆卵形藻、栅藻、萼花臂尾轮虫等, β -中污带指示生物如脆杆藻、变异直链藻、颗粒直链藻、双菱藻、盘星藻、纤维藻、裸腹溞等,寡污带指示生物如小环藻、冠砂壳虫、象鼻溞等在各点均有一定数量的分布。

3 讨论

3.1 湘江干流浮游生物群落结构特征对水质状况的指示

本研究结果显示,春季、冬季湘江的浮游植物

属于硅藻型,夏季、秋季湘江的浮游植物属于蓝藻-绿藻-硅藻型,根据藻类各种群在群落中所占比例作为污染程度评价的指标,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^[17, 18],说明湘江处于中营养型状态。同时,浮游植物中常见种类和优势种中出现的裸藻属、颤藻属和纤维藻属均为最耐有机污染的类群之一,说明湘江水质受到了一定的污染。

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,夏季主要由轮虫和枝角类组成,秋季主要由轮虫类和桡足类组成,冬季主要由桡足类和轮虫类组成。综合分析各流域段的种群分布说明湘江处于中营养型状态。在浮游动物中部分常见和优势种类中是一些高度耐污种类,如三肢轮虫属、臂尾轮虫属、龟甲轮虫属、温剑水蚤属等,说明湘江水质污染较严重。

表5 湘江干流浮游生物污染指示种分布情况
Tab. 5 The number of saprobic in plankton communities in the mainstream of Xiangjiang River

时间 Time	地点 Address	指示生物种数 Pollution indicator species					种数 Species	水质评价 Assess the water
		α -多污带	β -多污带	α -中污带	β -中污带	寡污带		
春季 Spring	衡阳段	1	6	10	6	3	26	α -中污带水质
	株洲段	6	6	12	7	3	34	α -中污带水质
	湘潭段	5	4	12	7	4	32	α -中污带水质
	长沙段	5	5	10	6	3	29	α -中污带水质
	岳阳段	4	7	15	10	4	40	α -中污带水质
	种数	8	8	25	14	4	59	α -中污带水质
	夏季 Summer	衡阳段	3	2	9	10	4	28
株洲段		3	4	10	8	2	27	α -中污带水质
湘潭段		3	6	11	9	2	31	α -中污带水质
长沙段		5	3	8	10	4	30	β -中污带水质
岳阳段		4	3	12	6	2	27	α -中污带水质
种数		8	9	26	17	4	64	α -中污带水质
秋季 Autumn		衡阳段	4	8	8	9	5	34
	株洲段	4	11	7	7	3	32	β -多污带水质
	湘潭段	3	9	7	10	3	32	α -中污带水质
	长沙段	6	10	10	12	3	41	β -中污带水质
	岳阳段	5	9	17	7	3	41	α -中污带水质
	种数	9	12	20	20	5	66	α -中污带水质
	冬季 Winter	衡阳段	2	2	7	7	1	19
株洲段		1	2	4	3	1	10	α -中污带水质
湘潭段		2	2	6	2	2	14	α -中污带水质
长沙段		2	1	8	3	1	15	α -中污带水质
岳阳段		2	4	6	5	1	18	α -中污带水质
种数		4	8	14	10	2	38	α -中污带水质

依据 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 评价, 综合分析湘江干流的浮游植物和浮游动物的 H' , 显示湘江水体属于轻-中污染型。

3.2 湘江干流浮游生物污染指示种对水质状况的指示

由表 5 可知, 根据浮游生物污染指示种对水质状况的指示, 春季湘江多污带指示生物种类占总数 27.12%, α -中污带指示生物种类占总数 42.37%; 夏季湘江多污带指示生物种类占总数 26.56%, α -中污带指示生物种类占总数 40.63%; 秋季湘江多污带指示生物种类占总数 31.82%, α -中污带指示生物种类占总数 30.3%; 冬季湘江多污带指示生物种类占总数 31.58%, α -中污带指示生物种类占总数 36.84%。由此可见湘江冬季水质状况最差, 其次是秋季、春季, 夏季水质状况相对较好。在每个采样段污染指示生物种类和数量也有一定的差异性, 可显示出不同的采样段不同的污染程度, 秋季株洲段的水质污染严重, 受到 β -多污染, 衡阳段的水质状况最好, 在夏、秋季受到 β -中污染, 其他的采样段在四季均受到 α -中污染。因此, 综合评价湘江整体的水质状况为 α -中污带。

3.3 湘江干流水质总体评价

本研究采用相关加权综合营养状态指数法, 选择总磷、总氮、叶绿素 a 、透明度和高锰酸盐指数 5 项与水体富营养状态最密切相关的污染指标, 对湘江水体的营养状态进行了连续的数值化分级。由表 1 可知, 湘江干流的 $TLI(\Sigma)$ 变化范围在 38.27—51.97, 均值为 43.73, 根据文献[19]中的分级标准表明湘江整体处于中营养状态, 夏季长沙段和岳阳段水体状态为中度富营养化水平, 其他各采样段在四季均处于中营养状态。

综合化学评价和浮游生物评价结果可知, 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, 水质污染程度属于中污染水质, 处于中营养型状态, 只是在个别采样段有中富营养化的趋势, 表明这一段水域存在一定的程度的污染, 但并没有明显向富营养化转化的趋势。依靠河流的流动性和其自净能力, 通过减少外来营养盐、工业污水、生活污水的输入, 水质状况会逐渐好转。同时, 根据湘江水化学、浮游生物等的调查结果, 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。

从水质评定级别来看, 化学评价得出的水质等级与生物学评价得出的水质等级有差异性。水生生物能在一段时间内生活于某一水域中, 因此生物监测与理化监测相比能够反映出采样前较长一段时间内的水质状况。但生物本身具有一定的适应性和忍耐能力, 而且这种忍耐力会随其生活在污水中时间的增加而增加, 从而降低了生物监测的灵敏度^[20]; 同时生物监测更多的是一种定性描述, 难以进行定量分析。因此, 在水质监测中生物监测应与理化监测相结合, 以提高监测结果的准确性和可靠性。

参考文献:

- [1] Qin P F, Lei M, Guo W. Health risk assessment of main water pollutants of Xiangjiang River in Xiangtan City [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2008, **21**(4): 190—195 [秦普丰, 雷鸣, 郭雯. 湘江湘潭段水环境主要污染物的健康风险评价. 环境科学研究, 2008, **21**(4): 190—195]
- [2] Liu J, Hu Z Q. The species composition and diversity of mollusca in the middle reaches of Xiang River [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, **27**(3): 1153—1160 [刘俊, 胡自强. 湘江中游江段软体动物的种类组成及其多样性. 生态学报, 2007, **27**(3): 1153—1160]
- [3] Liu L, Liao F C, Deng S M, et al. Investigation on the Contamination by dissolved inorganic nitrogen in Xiangjiang River [J]. *Environmental Protection Science*, 2011, **37**(2): 14—33 [刘丽, 廖伏初, 邓时铭, 等. 湘江干流水体无机氮污染现状分析. 环境保护科学, 2011, **37**(2): 14—33]
- [4] Sun Z Q, Shi X L, Xu L L, et al. The protozoan community structure and its response to the change of water quality in a typical wetland landscape in summer [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, **37**(2): 290—299 [孙志强, 施心路, 徐琳琳, 等. 景观湿地夏季原生动物群落结构与水质关系. 水生生物学报, 2013, **37**(2): 290—299]
- [5] Xu M Q. Evaluation of self-purification efficiency of Fuhe stream-Baiyangdian Lake through zooplankton [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1996, **20**(3): 212—220 [许木启. 从浮游动物群落结构与功能的变化看府河—白洋淀水体的自净效果. 水生生物学报, 1996, **20**(3): 212—220]
- [6] Wei P, Liu Q, Hu R, Han B, et al. Water quality and plankton fluctuation in Gaozhou Reservoir [J]. *Chinese Journal of Applied Environmental Biology*, 2002, **8**(2): 165—170 [魏鹏, 林秋奇, 胡韧, 等. 高州水库水质与浮游生物动态分析. 应用与环境生物学报, 2002, **8**(2): 165—170]
- [7] Dai G Y, Li J, Li L, et al. The spatio-temporal pattern of phytoplankton in the north basin of Lake Dianchi and related environmental factors [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(5): 946—956 [代龚圆, 李杰, 李林, 等. 滇池北部湖区浮游植物时空格局及相关环境因子. 水生生物学报, 2012,

- 36(5): 946—956]
- [8] Hu C Y. The density and diversity of zooplanktons in the succession of five lakes [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23(3): 217—226 [胡春英. 不同湖泊演替过程中浮游动物数量及多样性的研究. 水生生物学报, 1999, 23(3): 217—226]
- [9] The Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China《The Monitoring and Analysis Methods of the Water and Waste Water》. The Monitoring and Analysis Methods of the Water and Waste Water(Fourth version) [M]. Beijing: China Environmental Science Press. 2002 [国家环保总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第4版). 北京: 中国环境科学出版社. 2002]
- [10] Qi Y Z, Li J Y, Xie S Q, *et al.* Flora Algarum Sinicarum *Aquaedulcis* [M]. Beijing: Science Press. 2004, 21—222 [齐雨藻, 李家英, 谢淑琦, 等. 中国淡水藻志. 北京: 科学出版社. 2004, 21—222]
- [11] Hu H J, Wei Y X. The Freshwater Algae of China Systematics, Taxonomy and Ecology [M]. Beijing: Science Press. 2006, 15—922 [胡鸿均, 魏印心. 中国淡水藻类系统分类及生态. 北京: 科学出版社. 2006, 15—922]
- [12] Han M S. The Freshwater Biology Map of China [M]. Beijing: Ocean Press. 1995, 2—296 [韩茂森. 中国淡水生物图谱. 北京: 海洋出版社. 1995, 2—296]
- [13] Zhang J M, He Z H. The Investigates Manual of Fishery Nature Resources in Inland Water [M]. Beijing: Agriculture Press. 1991, 23—26 [张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册. 北京: 农业出版社. 1991, 23—26]
- [14] Hang Y Y. The Pollution Ecology in Inland Water—Principle and Application [M]. Beijing: Science Press. 2001, 136—147 [黄玉瑶. 内陆水域污染生态学—原理与应用. 北京: 科学出版社. 2001, 136—147]
- [15] Sun J, Liu D Y, Xu J, *et al.* The netz-phytoplankton community of the Central Bohai Sea and its adjacent waters in spring 1999 [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2003—2016
- [16] Wang M C, Liu X Q, Zhang J H, *et al.* Evaluate method and classification standard on lake eutrophication [J]. *Environmental Monitoring in China*, 2002, 18(5): 47—49 [王明翠, 刘雪芹, 张建辉, 等. 湖泊富营养化评价方法及分级标准. 中国环境监测, 2002, 18(5): 47—49]
- [17] Kamenir Y, Dubinsky Z, Zohary T. Phytoplankton size structure stability in a meso-eutrophic subtropical lake [J]. *Hydrobiologia*, 2004, 520: 89—104
- [18] Negro A I, Hoyos C D, Vega J. Phytoplankton structure and dynamics in Lake Sanabria and Valparaiso reservoir (NW Spain) [J]. *Hydrobiologia*, 2000, 424: 25—37
- [19] The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. The communique of the China's Water Resources [Z]. Beijing: China Water Power Press. 2005 [中华人民共和国水利部. 中国水资源公报. 北京: 中国水利水电出版社. 2005]
- [20] Reynolds C S. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status [J]? *Hydrobiologia*, 1998, (369—370): 11—26

INVESTIGATION ON PLANKTON COMMUNITY COMPOSITION AND WATER QUALITY STATE IN THE MAINSTREAM OF XIANGJIANG RIVER

WANG Xiao-Qing¹, ZENG Ya-Ying¹, WU Han-Han¹, XIONG Gang²,
ZHANG Jian-Guo², MA Xiao¹ and CHEN Li-Ting¹

(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: To evaluate trophic state and biotic community of the main stream of Xiangjiang River, the water quality and plankton distribution were sampled and analyzed from 2010 to 2011. The plankton community characteristics of Xiangjiang River were studied via Shannon-Wiener index, and nutrient level was assessed in association with physicochemical index of water quality. The results showed that, a total of 164 species of the phytoplankton belonged to 99 genus; the total cell density varied from 1.83×10^4 to 51.1×10^4 cells/L; the biomass ranged from 0.03 to 0.60 mg/L. The species of zooplankton was 80 species, and the average abundance varied from 2.16 to 76.34 ind./L; the biomass ranged from 0.01 to 1.95 mg/L. The phytoplankton diversity index were 2.47—5.43, while the zooplankton ones were 1.63—3.38. The plankton diversity showed that the plankton community of Xiangjiang River in a stable state. From the analysis of the species and community composition of the β - α m indicated species, it was found that the water quality of the Xiangjiang River belonged to the ecological middling pollution type. According to the comprehensive trophic level index (TLI), the values of Xiangjiang River were between 38.27 to 51.97, and the average was 43.73. It showed that the river was in a mesotrophic level. The results showed that the water quality of Xiangjiang River is bad, but has no obvious trend to the eutrophication by chemical and biochemical evaluation.

Key words: Xiangjiang River; Plankton; Community composition; Water-quality state