

南宁邕江网箱养殖区浮游生物种群结构特征*

陈 琴 程光平 李文红 姬永杰 桑明远 左 婷 赵天龙

(广西大学动物科学技术学院 南宁 530005)

提要 浮游生物是评价水体质量的一项重要生物指标,为了解广西南宁邕江网箱养殖区的水质状况,于 2009 年 9 月—2010 年 9 月在金陵至清川桥江段网箱养殖区设置 2 个监测断面,每两个月采样 1 次,对其水质和浮游植物种群组成、密度和优势种变化进行了系统研究。结果表明:邕江网箱养殖区共检出浮游植物 8 门 98 属(种),绿藻、硅藻分别占浮游植物总种数的 42.8%、24.5%;共检出浮游动物 4 大类 44 属(种),优势种为轮虫类,占浮游动物总种数的 43.2%。总体看来,邕江网箱养殖区浮游生物种数夏秋季节多,冬春季节少;浮游生物密度与种数季节变化趋势一致。邕江网箱养殖区综合营养状态指数(TLI)介于 59.28—66.87 之间,属于中度富营养化水平。Shannon-Wiener 多样性及均匀度指数分别介于 1.35—1.56 和 0.2275—0.2586 之间,表明邕江网箱养殖区在监测期内处于中营养—富营养状态,这与采用相关加权综合营养状态指数法的评价结果一致。

关键词 邕江,网箱养殖区,浮游生物,种群结构

中图分类号 Q958

邕江是西江水系一级最大支流——郁江流经南宁市的河段,全长 133.8km,流域面积 6120km²,水面面积 26.76km²。它是南宁市的饮用水源地,也是重要的渔业水域。江内水产养殖业发达,多以网箱养殖为主,据不完全统计,2008 年在邕江河段共有网箱养鱼 13330 箱,网箱面积 27 万 m²,生产商品鱼约 1.5 万 t。本课题调查水域为邕江清川大桥上溯至(右江)金陵镇渡口江段,长约 50km,江面平均宽约 300m,平均水深 7.56m,是邕江网箱养殖密度最集中的江段。本研究监测水质期间有投饲养鱼网箱 8156 个(2009 年),总面积 195739m²;主要养殖品种为罗非鱼、草鱼、斑点叉尾鲷、赤眼鲮等。

浮游植物是水域中生命有机体的初级生产者,是水生动物食物链的基础环节,在水生生态系统的物质循环与能量转换过程中起着重要作用,其种类组成和数量变动不仅反映了水环境的特征,同时与该水域的动物区系组成和渔业生产力也有密切的联系(王超等,2010)。因此,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是一种重要手段,目前国内外已有大量相关报道(Maria-Heleni *et al*, 2000; 刘冬燕, 2005; Wang *et al*, 2007)。本文旨在通过周年连续采样监测,对邕江网箱养殖区的浮游生物群落结构及水质作出科学的评价,以期为维护水源区的生物多样性和合理开发渔业提供基础资料,为水源区社会、经济、生态协调可持续发展提供科学依据。

样性来监测评价水体生态环境是一种重要手段,目前国内外已有大量相关报道(Maria-Heleni *et al*, 2000; 刘冬燕, 2005; Wang *et al*, 2007)。本文旨在通过周年连续采样监测,对邕江网箱养殖区的浮游生物群落结构及水质作出科学的评价,以期为维护水源区的生物多样性和合理开发渔业提供基础资料,为水源区社会、经济、生态协调可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样点的设置与采样频率

2009 年 9 月—2010 年 9 月,在遵循代表性原则的基础上,综合考虑邕江网箱养殖区的水文特点及养殖点分布情况,设两个采样监测断面 6 个采样点。两个采样监测断面分别为网箱养殖集中的上游金陵镇渡口断面和下游清川大桥断面。其中金陵采样点位于金陵桥上游约 1km 处,朝阳(地名)附近,水面宽约 200m;清川桥采样点位于清川桥上游约 1km 处,西明村附近,水面宽约 300m。每个采样断面按顺流方

* 广西科技攻关项目,桂科攻 0992014-1 号,桂科攻 1123006-2 号;广西大学科研基金资助项目,XJZ120274 号;国家现代农业产业技术体系广西罗非鱼创新团队建设项目,GXLFY-02 号。陈 琴,硕士,高级实验师,E-mail: cq0757@sina.com

通讯作者:程光平,E-mail: cgp5@163.com;李文红,E-mail: whli66@163.com

收稿日期:2012-03-06,收修改稿日期:2012-06-15

向设置左、中、右 3 个采样点,其中左、右两点离养鱼网箱 10—20m,江中心处 1 个点,离养鱼网箱约 100m,各采样点分布见表 1。每两个月进行 1 次采样,采样时间为采样月份的下旬,共采样 7 次。

表 1 邕江网箱养殖区采样点分布
Tab.1 Distribution of sampling sites in the fish cage culture area of Yongjiang River

样点	地点	纬度(N)	经度(E)
1	金陵镇渡口断面左	22°55'30.33"	108°03'16.43"
2	金陵镇渡口断面中	22°55'31.31"	108°03'15.19"
3	金陵镇渡口断面右	22°55'32.18"	108°03'13.88"
4	清川大桥断面左	22°49'51.38"	108°14'18.77"
5	清川大桥断面中	22°49'49.01"	108°14'19.04"
6	清川大桥断面右	22°49'46.20"	108°14'19.23"

1.2 样品采集与分析方法

浮游植物、浮游动物样品的采集、固定、观察鉴定、计数、分析及生物量计算等均按《内陆水域自然资源调查手册》(张觉民等, 1991)、《淡水生物研究方法》(章家涉等, 1991)《中国淡水藻类》(胡鸿钧等, 1980)、《原生动物学》(沈祖芬, 1999)、《淡水生态学》(何志辉, 1983)、《中国淡水轮虫志》(王家揖, 1961)、《中国动物志(淡水枝角类)》(蒋燮志等, 1979)、《中国动物志(淡水挠足类)》(中国科学院动物研究所甲壳动物研究组, 1979)等资料的要求进行。水温、透明度(塞氏盘法)、pH(玻璃电极法)均在现场测定,其余指标的测定在实验室完成。其中,溶解氧(DO)测定采用碘量法、化学耗氧量(COD_{Mn})测定采用重铬酸盐法、5 日生化需氧量(BOD₅)测定采用碘量法、氨态氮(NH₄-N)测定采用次溴酸盐比色法、亚硝酸盐氮(NO₂-N)测定采用萘乙二胺分光光度法、总氮(TN)测定采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法、总磷(TP)测定采用钼锑抗分

光光度法、叶绿素 *a* 测定采用丙酮提取法。

1.3 数据分析

所有数据在 Access 数据库进行统计分析后获得。浮游生物群落的各项生态指标,如多样性指数(H')、均匀度(E)、综合营养状态指数[TLI()]分别采用以下公式进行计算:

多样性指数(Shannon *et al.*, 1949)采用 Shannon-Wiener 公式 $H' = -\sum (n_i/N) \log_2(n_i/N)$, 式中, n_i 为 i 属浮游植物的密度(ind./L), N 为群落中浮游植物的总密度(ind./L)。

均匀度(李扬等, 2010)采用公式 $E = H'/\log_2 S$, 式中, H' 为多样性指数, S 为浮游植物的属数。

综合营养状态指数(刘蔚秋等, 2002)(修正的卡尔森营养状态指数)的计算采用公式:

$$TLI() = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$$

式中, TLI() 为综合营养状态指数, W_j 为第 j 种参数的营养状态指数的相关权重, TLI(j) 代表第 j 种参数的营养状态指数, 以叶绿素 *a* 值为基准参数。

水体营养化评价标准见表 2(金相灿等, 1990)、表 3。

2 结果与分析

2.1 浮游植物种类组成、密度及生物量

通过对两个监测断面一周共 7 次样品的鉴定分析,邕江网箱养殖区共有浮游植物 8 门 98 属(种),如图 1 所示。其中,绿藻门为优势门,共 42 属(种),占 42.8%;其次是硅藻门,共 24 属(种),占 24.5%;蓝藻门 18 属(种),占 18.3%;裸藻门 4 属(种),占 4.1%;甲藻门、隐藻门、金藻门各 3 属(种),各占 3.1%;黄藻门 1 属(种),占 1.0%。总体看来,全年都有分布的优

表 2 浮游植物多样性指数与水质评价
Tab.2 The water quality assessment based on phytoplankton Shannon-Wiener index

多样性指数(H')	0	0< H' 1	1< H' 2	2< H' 3	3< H'
污染程度	严重污染	重污染	中污染	轻污染	清洁
综合营养状态指数评价	TLI<30	30 < TLI < 50	50 < TLI < 60	60 < TLI < 70	TLI>70
营养水平	贫营养	中营养	轻度富营养	中度富营养	重度富营养

表 3 浮游植物多样性指数、均匀性指数、综合营养状态指数与水体营养水平的关系
Tab.3 The relationship among nutritional status, phytoplankton density, evenness index, and water trophic level

指标	贫营养型	中营养型	富营养型
多样性指数(H')	>3	1—3	<1
均匀度指数(E)	0.5—0.8	0.3—0.5	0—0.3
综合营养状态指数(TLI)	<30	30—50	>50

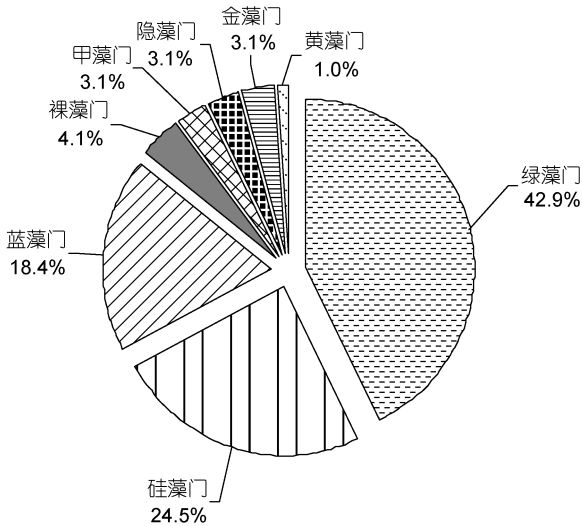


图 1 邕江网箱养殖区浮游植物种类组成

Fig.1 Phytoplankton composition in the fish cage culture area of Yongjiang River

势属(种)主要有硅藻门的直链藻、蓝藻门的平列藻和绿藻门的栅藻; 季节性优势属为: 春季直链藻、栅藻;

夏季盘星藻、栅藻、平裂藻; 秋季栅藻、盘星藻; 冬季直链藻、栅藻、小环藻。采用优势属法(郑丙辉等, 2007)分析水质状况, 表明邕江网箱养殖区在监测期内均处于中度富营养化状态, 这与用 TLI 指数的分析结果相一致。

邕江网箱养殖区浮游植物密度(万个/L)与生物量(mg/L)随月份的变化见表 4、图 2。浮游植物密度和生物量最低值均出现在 1 月份, 分别为 65.7 万个/L 和 0.834mg/L; 最高值均出现在 5 月份, 分别为 105.43 万个/L 和 1.554mg/L。总体看来, 浮游植物生物量和密度与季节变化规律相一致, 从 3 月开始呈上升趋势, 到 5 月达到高峰。另外, 饲料投喂过程的残饵及养殖对象摄食后的排泄物, 对养殖水域浮游植物生物量也有一定的正向影响。

浮游植物多样性指数(H')是生物群落中个体分配上均匀性的综合指标(石瑛, 2008)¹⁾, 主要反映群落结构的复杂程度, 其值越大, 群落结构越复杂, 环境越稳定, 水质越好, 是重要的水质评价指标(杨慧君等,

表 4 邕江网箱养殖区浮游植物密度与生物量随月份的变化

Tab.4 Monthly variation of phytoplankton density and biomass in the fish cage culture area of Yongjiang River

门类	2009.09		2009.11		2010.01		2010.03	
	密度(万个/L)	生物量(mg/L)	密度(万个/L)	生物量(mg/L)	密度(万个/L)	生物量(mg/L)	密度(万个/L)	生物量(mg/L)
蓝藻门	23.80	0.236	27.50	0.272	13.70	0.136	17.50	0.173
绿藻门	39.90	0.378	42.30	0.401	29.60	0.281	29.90	0.283
硅藻门	20.00	0.271	20.10	0.272	15.50	0.210	18.80	0.254
隐藻门	5.20	0.167	6.20	0.199	3.20	0.103	8.20	0.263
甲藻门	2.80	0.090	2.50	0.080	1.40	0.045	5.10	0.163
金藻门	0.10	0.002	0.30	0.007	0.50	0.011	0.65	0.015
黄藻门	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.02	0.001
裸藻门	0.50	0.014	0.80	0.022	1.80	0.050	1.60	0.044
总计	92.30	1.158	99.70	1.253	65.70	0.836	81.77	1.196
门类	2010.05		2010.07		2010.09		平均值	
	密度(万个/L)	生物量(mg/L)	密度(万个/L)	生物量(mg/L)	密度(万个/L)	生物量(mg/L)	密度(万个/L)	生物量(mg/L)
蓝藻门	21.90	0.217	19.40	0.192	25.60	0.254	21.34	0.211
绿藻门	33.60	0.318	35.00	0.332	37.50	0.355	35.40	0.334
硅藻门	30.80	0.417	22.70	0.307	21.00	0.284	21.27	0.288
隐藻门	10.03	0.321	5.20	0.167	5.00	0.160	6.15	0.197
甲藻门	7.20	0.231	9.20	0.295	3.00	0.096	4.46	0.143
金藻门	0.50	0.011	0.10	0.002	0.20	0.005	0.34	0.008
黄藻门	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.003	0.0001
裸藻门	1.40	0.039	0.50	0.014	0.70	0.019	1.04	0.029
总计	105.43	1.554	92.10	1.309	93.00	1.173	90.00	1.211

1) 石 瑛, 2008. 娘子关泉域大型藻类群落结构特征的研究. 太原: 山西大学博士学位论文, 80—86

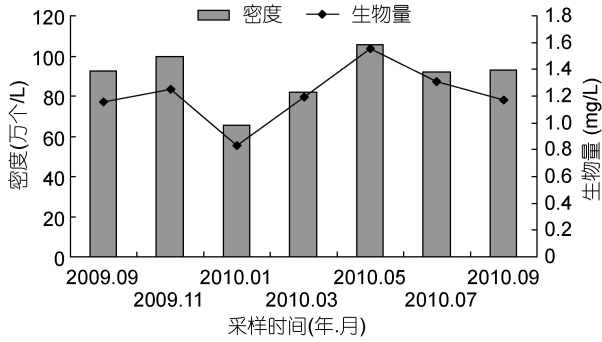


图2 邕江网箱养殖区浮游植物密度及生物量随月份的变化

Fig.2 Monthly variation of phytoplankton density and biomass in the fish cage culture area of Yongjiang River

2010)。均匀度指数(E)则反映的是各物种个体数目分配的均匀程度(石瑛, 2008)¹⁾。养殖区浮游植物的密度、多样性指数和均匀度指数的季节变化如表 5 所示。由表 5 可见, 多样性指数的变化范围为 1.35—1.56, 平均值 1.44, 峰值出现在 3 月, 最低值出现在 9 月, 说明邕江网箱养殖区春夏季浮游植物群落结构较为复杂稳定; 均匀度指数的变化范围为 0.2275—0.2586, 平均值 0.2583, 其中夏、秋季均匀度指数高于冬、春季。按生物多样性指数评价标准, 网箱养殖区水质全

年均处于中污染状态, 春季水质好于夏、秋季节。而 Shannon-Wiener 指数和均匀度指数则揭示邕江网箱养殖区在监测期内处于中营养—富营养状态。

2.2 浮游动物的种类组成、密度和生物量

经鉴定, 邕江网箱养殖区的浮游动物共有 4 大类、44 属(种), 优势种为轮虫类。其中原生动物 10 属(种), 占 22.8%; 轮虫类 19 属(种), 占 43.2%; 枝角类 12 属(种), 占 27.2%; 桡足类 3 属(种), 占 6.8%, 如图 3 所示。

邕江网箱养殖区浮游动物密度(个/L)与生物量(mg/L)的季节变化见表 6、图 4。浮游动物平均密度为 101.9 个/L, 生物量为 1.044mg/L; 密度最高出现在 11 月为 111.97 个/L, 生物量为 1.148mg/L; 最低出现在 1 月为 85.63 个/L, 生物量为 0.878mg/L。总体看来, 浮游动物密度、生物量的季节变化明显, 冬季、春季均低于夏季、秋季。整个监测水域最常见的优势属(种)有: 原生动物门的砂壳虫; 轮虫类的臂尾轮虫属、龟甲轮虫属、晶囊轮虫; 枝角类的秀体溞属、象鼻溞属; 桡足类的无节幼体。采用优势属法(郑丙辉等, 2007)分析水质状况, 表明邕江网箱养殖区在监测期内均处于中营养型状态。

表 5 邕江网箱养殖区各采样月份浮游植物密度、多样性指数和均匀度指数

Tab.5 Density, Shannon-Wiener index and evenness index of phytoplankton in each sampling month in the fish cage culture area of Yongjiang River

指标	采样时间(年.月)						
	2009.09	2009.11	2010.01	2010.03	2010.05	2010.07	2010.09
密度(万个/L)	92.3	99.7	65.7	81.77	105.43	92.1	93
多样性指数(H')	1.35	1.36	1.39	1.56	1.54	1.47	1.38
均匀度指数(E)	0.2417	0.2275	0.2489	0.2520	0.2586	0.2579	0.2513

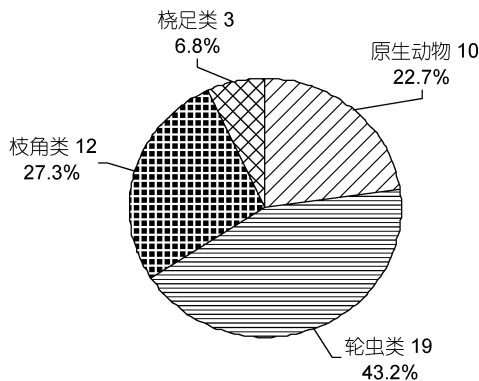


图3 邕江网箱养殖区浮游动物种类组成

Fig.3 Zooplankton composition in the fish cage culture area of Yongjiang River

2.3 邕江网箱养殖区水质因子

2009 年 9 月—2010 年 9 月共测定水质 7 次, 结果见表 7(表中数据为测定的平均值)。

由表 7 可看出, 邕江网箱养殖区的主要物理因子(透明度、水温、pH)季节性变化较明显, 水温受气温变化的影响, 最高值出现在 2009 年 9 月, 最低值出现在 2010 年 1 月; 透明度和 pH 受养殖季节的影响, 二者均呈“W”形变化趋势; 网箱养殖区的 pH 偏酸性; 主要水化因子(溶解氧、化学耗氧量、5 日生化需氧量、铵态氮、亚硝酸盐、总氮、总磷)和叶绿素季节性变化差异较大, 各指标含量均呈现出夏秋季节高、冬春季节低的特点。

1) 石 瑛, 2008. 娘子关泉域大型藻类群落结构特征的研究. 太原: 山西大学博士学位论文, 80—86

表 6 邕江网箱养殖区浮游动物密度(个/L)及生物量(mg/L)随月份的变化

Tab.6 Monthly variation of zooplankton density and biomass in the fish cage culture area of Yongjiang River

类别	2009.09		2009.11		2010.01		2010.03	
	密度(个/L)	生物量(mg/L)	密度(个/L)	生物量(mg/L)	密度(个/L)	生物量(mg/L)	密度(个/L)	生物量(mg/L)
原生动物	44.7	0.013	45.4	0.014	25.0	0.008	26.1	0.008
轮虫	47.5	0.033	48.0	0.033	36.2	0.025	40.7	0.028
枝角类	10.6	0.322	11.0	0.334	9.0	0.273	7.0	0.212
桡足类	10.3	0.099	9.7	0.094	7.4	0.071	5.2	0.050
总计	113.1	0.467	114.1	0.475	77.6	0.377	79.0	0.298
类别	2010.05		2010.07		2010.09		平均值	
	密度(个/L)	生物量(mg/L)	密度(个/L)	生物量(mg/L)	密度(个/L)	生物量(mg/L)	密度(个/L)	生物量(mg/L)
原生动物	35.0	0.011	41.5	0.012	50.3	0.015	38.3	0.012
轮虫	47.0	0.033	44.4	0.031	55.0	0.038	45.5	0.032
枝角类	7.4	0.225	9.5	0.288	11.8	0.358	9.5	0.287
桡足类	6.0	0.058	8.0	0.077	12.0	0.116	8.4	0.081
总计	95.4	0.327	103.4	0.408	129.1	0.527	101.7	0.412

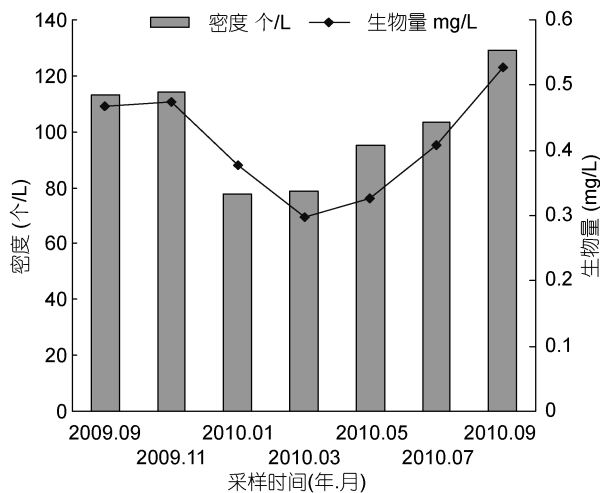


图 4 邕江网箱养殖区浮游动物密度及生物量随月份的变化

Fig.4 Monthly variation of zooplankton density and biomass in the fish cage culture area of Yongjiang River

根据邕江网箱养殖区 *TLI* 指数分布情况(图 5), 可以看出非养殖季节的 *TLI* 指数比养殖旺季的低。7 次采样的 *TLI* 指数介于 59.28—66.87, 说明邕江网箱养殖区水体处于中度富营养状态。

3 讨论

3.1 邕江网箱养殖区营养水平及污染程度

划分水体营养类型的生物指标很多, 本研究主要从水体的理化特性和浮游生物群落的种类组成、生物量、多样性指数等群落结构特征对水体进行综合评价, 认为监测水域处于中营养-中度富营养型状态(郑

丙辉等, 2007; 何志辉, 1987; 戴泽贵等, 1996), 污染程度为中度污染。邕江作为江河型水体, 其污染源除两岸工农业废水及城乡居民生活污水的输入外, 网箱养殖结构不够合理也是导致水体富营养化的主要原因之一。在养殖季节由于外源饲料的输入及养殖生物排泄物的积累, 导致网箱养殖区域水体中有机物增多, 加重水体富营养化程度。

3.2 浮游生物种群结构与网箱养殖的关系

本次调查共鉴定出浮游植物 8 门 98 属(种), 平均密度和生物量分别为 90.00 万个/L 和 0.56mg/L; 浮游动物 4 大类 44 属(种), 平均密度和生物量分别为 101.7 个/L 和 0.412mg/L。多样性指数的平均值 1.44, 说明邕江网箱养殖区春、夏季浮游植物群落结构较为复杂稳定; 均匀度指数平均值 0.2583。按生物多样性指数评价标准, 邕江网箱养殖区水质全年均处于中污染状态, 春季水质好于夏、秋季节。而 Shannon-Weiner 指数和均匀度指数则揭示网箱养殖区在监测期内处于中营养—富营养状态。

本研究表明, 浮游生物的群落结构、生物密度和生物量随养殖网箱载鱼量及饲料输入量的增减而发生明显的季节性变化, 不同养殖季节对浮游植物生物量影响也非常明显。林永泰等(1995)认为, 网箱区的浮游植物数量和生物量均比对照区高; 贺诗水等(2009)通过研究网箱养殖对水体浮游生物的影响, 指出网箱养殖对浮游生物量有较大的影响, 同时认为养殖区和非养殖区生物群落结构基本相同。邕江网箱养殖区水域从春末到深秋为养殖鱼类生长旺季, 饲料输入量随着鱼类生长及网箱载鱼量的增加而增加,

表7 邕江网箱养殖区的水质理化指标
Tab.7 Water physical and chemical indicators in the fish cage culture area of Yongjiang River

测定项目	采样时间(年.月)							平均值
	2009.09	2009.11	2010.01	2010.03	2010.05	2010.07	2011.09	
水温(°C)	30.83	19.58	13.75	18.75	25.25	27.14	26.54	23.12
pH	6.62	6.40	6.49	6.97	6.60	6.40	6.55	6.58
透明度(cm)	84.2	71.8	35.6	79.5	51.7	32.5	56.4	58.8
DO(mg/L)	6.89	7.50	4.41	6.59	7.66	5.51	5.82	6.34
COD _{Mn} (mg/L)	5.75	5.24	3.58	3.24	4.72	5.22	5.53	4.75
BOD ₅ (mg/L)	1.584	1.743	1.339	1.098	1.439	2.470	1.521	1.599
NH ₄ -N(mg/L)	1.030	0.918	0.391	0.561	0.735	0.791	1.076	0.786
NO ₂ -N(mg/L)	0.102	0.093	0.083	0.064	0.068	0.081	0.101	0.085
T(N)(mg/L)	1.454	1.270	0.704	1.160	1.373	1.520	1.562	1.292
T(P)(mg/L)	0.111	0.090	0.079	0.109	0.105	0.113	0.142	0.107
叶绿素 <i>a</i> (mg/L)	13.27	11.62	6.00	8.30	13.07	12.59	13.71	11.22

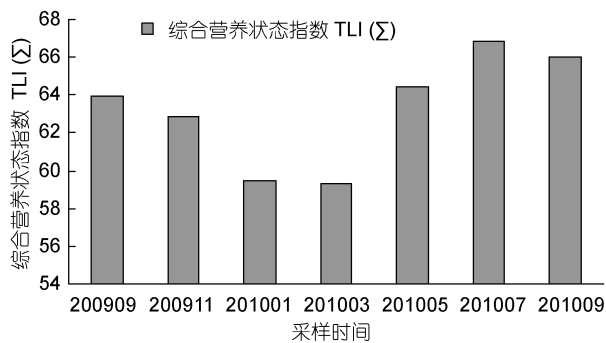


图5 邕江网箱养殖区综合营养状态指数 *TLI* 的分布
Fig.5 Distribution of *TLI* index in the fish cage culture area of Yongjiang River

浮游植物生物量均高于鱼类生长淡季——冬季及初春。

3.3 邕江发展网箱养殖及生态渔业建议

邕江作为西江水系一级最大支流,既是重要的渔业水域,也是南宁市的主要饮用水源地,因此发展水产养殖的前提是不能污染水质。据统计,在本研究监测水质期间,邕江投饵网箱总面积达 231262m²,不投饵网箱总面积为 11532m²,放养鱼种主要以肉食性、杂食性为主的赤眼鲮、斑点叉尾鲷、罗非鱼、草鱼等,多采用高密度、高投饵养殖技术,随着养殖密度的增大,外源饲料输入量不断增加,未食残饵以及养殖鱼类的排泄物的沉积,导致水体有向富营养化转化的趋势,这与保持水源区生态系统持续健康发展是不相符的。

建议在不加重水域富营养化的前提下,合理规划投饵网箱与不投饵网箱的比例,适当压缩吃食性鱼类数量,增加滤食性鱼网箱比例,充分利用水体的天然饵料资源,以控制有机质流入,达到既净化水质

又增殖鱼类的目的。同时,为了改善生物群落结构,更好地抑制水体的富营养化趋势,建议定期进行网箱搬迁,使网箱总量控制在水面的 0.1%左右(邢玉杰等,2007)。另外,为实现由单纯追求产量向质量效益型渔业转变,走可持续发展的道路,对水源区生物种群(浮游生物、微生物菌群及经济水产类)长期动态趋势及营养状态趋势还需深入研究。

参 考 文 献

- 王超,李新辉,赖子尼等,2010.连江浮游植物群落结构的初步研究.广东农业科学,3:168—172
- 王家揖,1961.中国淡水轮虫志.北京:科学出版社,1—288
- 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组,1979.中国动物志(淡水桡足类).北京:科学出版社,1—450
- 邢玉杰,林治宝,胡志平等,2007.坤龙水库浮游生物调查及鱼产力分析.水利渔业,(2):61—62
- 刘冬燕,2005.苏州河浮游生物群落特征及动态变化.可持续发展:经济与环境(下册).上海:同济大学出版社,125—130
- 刘蔚秋,陈桂珠,李金泉,2002.广东省枫树坝水库浮游植物研究及其富营养化评价.中山大学学报:自然科学版,41(1):113—115
- 李扬,李欢,吕颂辉等,2010.南麂列岛海洋自然保护区浮游植物的种类多样性及其生态分布.水生生物学报,34(3):618—628
- 杨慧君,谢从新,何绪刚等,2010.循环水池塘与非循环水池塘中浮游生物的群落结构及其动态研究.淡水渔业,40(3):28—34
- 何志辉,1983.淡水生态学.北京:中国农业出版社,1—276
- 何志辉,1987.中国湖泊和水库的营养分类.大连水产学院学报,7(1):1—10
- 沈祖芬,1999.原生动物学.北京:科学出版社,129—490
- 张觉民,何志辉,1991.内陆水域渔业自然资源调查手册.北

- 京: 农业出版社, 242—289
- 林永泰, 张 庆, 杨汉运等, 1995. 黑龙潭水库网箱养殖对水环境的影响. 水利渔业, (6): 6—10
- 金相灿, 屠清瑛, 1990. 湖泊富营养化调查规范(第 2 版). 北京: 中国环境科学出版社, 300—301
- 郑丙辉, 田自强, 张 雷等, 2007. 太湖西岸湖滨带水生生物分布特征及水质营养状况. 生态学报, 27(10): 4215—4222
- 胡鸿钧, 李尧英, 魏印心等, 1980. 中国淡水藻类(第 1 版). 上海: 上海科学技术出版社, 1—525
- 贺诗水, 2009. 网箱养殖对水体浮游生物的影响. 安徽农业科学, 37(17): 8033—8036
- 章家涉, 黄祥飞, 1991. 淡水浮游生物研究方法. 北京: 科学出版社, 25—110
- 蒋燮志, 堵南山, 1979. 中国动物志(淡水枝角类). 北京: 科学出版社, 1—297
- 戴泽贵, 徐学华, 1996. 水库富营养型划分标准探讨. 水利渔业, 9(2): 3—6
- Maria-Heleni Z, Mich-oudi E, Bobori D C *et al*, 2000. Zooplankton abundance in the Aliakrnon River, Greece. Belg J Zoo, 130(supplement 1): 29—33
- Shannon C E, Wiener W J, 1949. The mathematical theory of communication. Urbana L: University of Illinois Press, 117
- Wang S B, Xie P, Wu S K *et al*, 2007. Crustacean zooplankton distribution patterns and their biomass as related to trophic indicators of 29 shallow subtropical lakes. Limnologica, 37: 242—249

CHARACTERISTICS OF PLANKTON COMMUNITY STRUCTURE IN THE FISH CAGE CULTURE AREA OF YONGJIANG RIVER

CHEN Qin, CHENG Guang-Ping, LI Wen-Hong, JI Yong-Jie,
SANG Ming-Yuan, ZUO Ting, ZHAO Tian-Long
(College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning, 530005)

Abstract Plankton is an important biological indicator for water quality assessment. In order to understand the water trophic status in the fish cage culture area of Yongjiang River, Nanning City of Guangxi Province, the population composition, quantity and dominant species of plankton were studied based on bimonthly sampling from September 2009 to September 2010. All data were collected from two sampling sites located between Jinling River and Qingchuan River, which was the main cage culture area in Yongjiang River. The results indicated that a total of 8 phyla and 98 species of phytoplankton were identified. The species numbers of Chlorophyta and *Bacilla riophyta* represented for 42.8% and 24.5% of total species richness. Four phylums and 44 species of zooplankton were identified, in which rotifer dominates 43.2%. In general, more plankton species were found in summer and autumn than that in winter and spring. The seasonal variations of plankton density and species number were identical. The comprehensive trophic level index (TLI) values were between 59.28 and 66.87, which means that the water quality in the fish cage culture area of Yongjiang River was in between mesotrophic and nutritious level. The Shannon-Wiener diversity varied from 1.35 to 1.56, while evenness indices from 0.2275 to 0.2586, it means that the relevant water quality was in between mesotrophic and nutritious level. The studies show that the water trophic status evaluation results of the fish cage culture area along Yongjiang River detected by TLI was consistent with that of the Shannon-Wiener diversity index and evenness indices.

Key words Yongjiang River, Cage culture area, Plankton, Community structure