

石臼湖(江苏段)浮游动物群落结构 时空动态变化及水质生物学评价

苏雨艳¹, 赵晓平², 郭刘超³

(1. 南京市水利建筑工程检测中心有限公司, 江苏 南京 210036;

2. 南京市高淳区农业农村局, 江苏 南京 211300;

3. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017)

摘要: 为了解江苏段石臼湖浮游动物群落结构时空动态变化, 于 2018 年 1—12 月对石臼湖浮游动物进行监测、分析。结果显示: 石臼湖浮游动物共有 63 种, 其中原生动物 20 种, 占总种类的 31.7%; 轮虫 25 种, 占总种类的 39.7%; 枝角类 8 种, 占总种类的 12.7%; 桡足类 10 种, 占总种类的 15.9%。石臼湖浮游动物在生物密度和种类上以轮虫和原生动物占优势, 大型甲壳动物(枝角类和桡足类)虽然数量较少, 但在生物量方面贡献较大。浮游动物生物密度年均值 2 032.1 个/L, 生物量年均值为 3.6994 mg/L。浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数表明石臼湖为中度污染水体。

关键词: 浮游动物; 群落结构; 时空动态; 优势种; 石臼湖

中图分类号: Q145

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2020)11-0043-05

Spatial and temporal dynamic changes and water quality biological evaluation of zooplankton community structure in Jiangsu section of Shijiu Lake

SU Yuyan¹, ZHAO Xiaoping², GUO Liuchao³

(1. Water Conservancy Construction Engineering Testing Center Co., Ltd. of Nanjing City, Nanjing 210036, China; 2. Agricultural and Rural Bureau of Gaochun District, Nanjing 211300, China; 3. Jiangsu Water Conservancy Science Research Institute, Nanjing 210017, China)

Abstract: In order to understand the temporal and spatial dynamic changes of zooplankton community structure in Jiangsu section of Shiwusui Lake, the zooplankton community was monitored and analyzed from January to December in 2018. The results showed that there were 63 species of zooplankton in Shijiu Lake, of which 20 species were Protozoa, accounting for 31.7%; 25 species were Rotifers, accounting for 39.7%; 8 species were Cladocera, accounting for 12.7%; 10 species were Copepods, accounting for 15.9%. Rotifers and Protozoa dominated the zooplankton in Shijiu Lake in terms of biodiversity and species, while large crustaceans (Cladocera and Copepods) contributed more to the biomass although their numbers were small. The annual mean zooplankton density was 2,032.1 ind./L, and the annual mean biomass was 3.6994 mg/L. Shannon-Wiener diversity index of zooplankton indicated that Shijiu Lake was moderately polluted.

收稿日期: 2020-05-26

基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK20141013); 江苏省水利科技项目(2015034、2016028); 江苏省科技厅创新能力建设计划项目(BM2018028)

作者简介: 苏雨艳(1986—), 女, 工程师, 研究方向为水利工程管理。E-mail: 595376748@qq.com

作者简介: 郭刘超(1986—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为水生态与环境。E-mail: 450152536@qq.com

Key words: zooplankton; community structure; spatial and temporal dynamics; dominant species; Shijiu Lake

石臼湖又名北湖,历史上曾经是古丹阳湖的一部分,是长江下游唯一的直接通江湖泊,位于长江右岸、水阳江入江尾闾,地处南京市域西南部,湖区东北、东南及西部片区行政分属江苏省南京市溧水区、高淳区和安徽省当涂县。石臼湖属于构造型淡水湖泊,其保护范围面积为 222.9 km² (江苏境内 115.3 km²),主要有防洪调蓄、水资源供给、维护生态、渔业养殖、旅游等功能。

近年来,由于受到流域人类活动的干扰以及湖区的渔业活动,石臼湖生态系统受到较大破坏。目前,石臼湖科学研究主要在水质方面^[1],对水生生物方面研究相对较少^[2],浮游动物作为水生生物的组成部分,是鱼类和其他经济动物的饵料,在水生生态系统中是重要的次级生产者,对水环境具有较强敏感反应,能较好表征水体的营养状态变化。本文选择江苏段的石臼湖作为研究对象,于 2018 年每月进行浮游动物调查,并对其密度和生物量进行时空动态变化分析。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

根据石臼湖的水文条件和湖盆形状、湖水滞留时间,同时兼顾入湖河流、出湖河流、水产养殖和受外源(点源、面源)影响水域的诸多因素,设置 12 个采样点(sjh-1~sjh-12),见图 1。

1.2 采样与处理

1.2.1 石臼湖浮游动物采样和处理

根据江苏省地方标准《湖泊水生态监测规范》(DB32/T 3202—2017)开展石臼湖浮游动物定量样品的采集、处理和鉴定工作^[3]。

1.2.2 数据统计与分析

主要采用 Excel 与 SPSS 22.0 软件对石臼湖浮游动物数据进行相应处理和分析^[4]。

(1) 浮游动物的优势度计算方法

石臼湖浮游动物优势度指数计算公式见“高邮湖各生态功能区后生浮游动物群落特征及水质评价”^[5],选取优势度大于等于 0.02 的种为优势种。

(2) 浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数计算方法

石臼湖浮游动物物种的多样性计算采用 Shannon-Wiener 指数,计算公式^[6]为

$$\bar{H} = - \sum (n_i/N) * \ln(n_i/N)$$

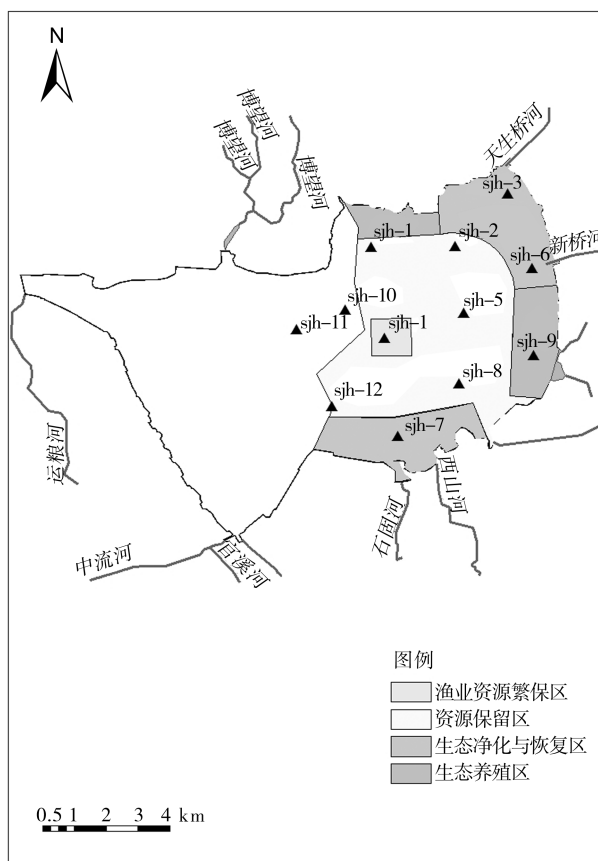


图 1 石臼湖采样点分布图

其中, n_i 为第*i*种的个体数(或其他现存量参数); N 为总个体数(或其他现存量参数)。

评价规定: \bar{H} 大于 3.0 时为无污染或清洁,2~3 时为轻污染,1~2 时为中度污染,小于 1 时为重度污染。

2 结果与分析

2.1 石臼湖浮游动物群落结构时空变化

2.1.1 石臼湖浮游动物种类组成及优势种

根据定量分析,2018 年石臼湖水样镜检到浮游动物 63 种。其中,原生动物 20 种,占总种类的 31.7%;轮虫 25 种,占总种类的 39.7%;枝角类 8 种,占总种类的 12.7%;桡足类 10 种,占总种类的 15.9%。

石臼湖中的浮游动物优势种,原生动物有:侠盗虫(*Strobilidium* sp.)、球形砂壳虫(*Diffugia globulosa*)、江苏拟铃壳虫(*Tintinnopsis kiangsuensis*)、王氏拟铃壳虫(*Tintinnopsis wangi*);轮虫有:螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*)、长肢多肢轮虫(*Polyarthra dolichoptera*)、角突臂尾轮虫(*Brachionus angu-*

laris)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*);枝角类有:长肢秀体溞(*Diaphanosoma leuchtenbergianum*)、简弧象鼻溞(*Bosmina coregoni*)、微型裸腹溞(*Moina micrura*);桡足类有:广布中剑水蚤(*Mesocyclops leuckarti*)、汤匙华哲水蚤(*Sinocalanus dorrii*)。此外还有无节幼体(*Copepodid*)和桡足幼体(*Nauplii*)。

石臼湖 2018 年浮游动物优势度见表 1。

表 1 石臼湖 2018 年浮游动物优势种(属)及优势度

序号	门类	中文名	拉丁文名	优势度(Y)
1	原生动物 <i>Protozoa</i>	侠盗虫	<i>Strobilidium sp.</i>	0.20
2		球形砂壳虫	<i>Diffugia globulosa</i>	0.07
3		江苏拟铃壳虫	<i>Tintinnopsis kiangsuensis</i>	0.07
4		王氏拟铃壳虫	<i>Tintinnopsis wangi</i>	0.05
5	轮虫 <i>Rotifera</i>	螺形龟甲轮虫	<i>Keratella cochlearis</i>	0.10
6		长肢多肢轮虫	<i>Polarthra dolichoptera</i>	0.09
7		角突臂尾轮虫	<i>Brachionus angularis</i>	0.08
8		萼花臂尾轮虫	<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.03
9	枝角类 <i>Cladocera</i>	长肢秀体溞	<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	0.05
10		简弧象鼻溞	<i>Bosmina coregoni</i>	0.39
11		微型裸腹溞	<i>Moina micrura</i>	0.07
12	桡足类 <i>Copepoda</i>	广布中剑水蚤	<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0.13
13		汤匙华哲水蚤	<i>Sinocalanus dorrii</i>	0.08
14		桡足幼体	<i>Copepodid</i>	0.08
15		无节幼体	<i>Nauplii</i>	0.19

2.1.2 石臼湖浮游动物群落结构时间变化

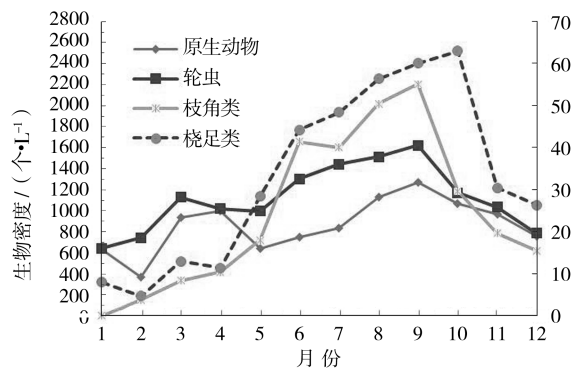
调查结果显示,石臼湖 2018 年浮游动物的生物密度年均值为 2 032.1 个/L。其中原生动物生物密度年均值为 861.1 个/L,占总生物密度年均值的 42.4%;轮虫生物密度年均值为 1 113.9 个/L,占总生物密度年均值的 54.8%;枝角类生物密度年均值为 24.3 个/L,占总生物密度年均值的 1.2%;桡足类生物密度年均值为 32.8 个/L,占总生物密度年均值的 1.6%。由数据数据可以看出,石臼湖浮游动物生物密度是由轮虫和原生动物决定的;枝角类和桡足类的生物密度较小。

原生动物周年生物密度中,最多的为 9 月份,最少的为 2 月份,生物密度主要集中于春季和秋季。轮虫周年生物密度中,最多的为 9 月份,最少的为 1 月份,生物密度主要集中于夏季和秋季。枝角类周年生物密度中,最多的为 9 月份,最少的为 1 月份生物密度主要集中在夏季和秋季。桡足类周年生物密度中,最多的是 10 月份,最少的为 2 月份,生物密度主要集中于夏季和秋季,见图 2~3。

石臼湖浮游动物总生物量年均值为 3.6994 mg/L。其中,原生动物生物量年均值为 0.0404 mg/L,占总生物量的 1.1%;轮虫的生物量年均值为 1.7305 mg/L,占总生物量的 46.8%;枝角类生物量为 0.6707 mg/L,占总生物量的 18.1%;桡足类生物量为 1.2579 mg/L,占总生物量的 34.0%。虽然枝角类和桡足类的生物密度占比较少(2.8%),可它们的生物量占比较大,达到 52.1%,见图 3。

2.1.3 石臼湖浮游动物群落结构空间变化

石臼湖的生物密度和生物量空间分布不均匀,



(注:枝角类和桡足类生物数量绘制在次坐标轴上)

图2 石臼湖浮游动物各种类生物密度的2018年逐月变化

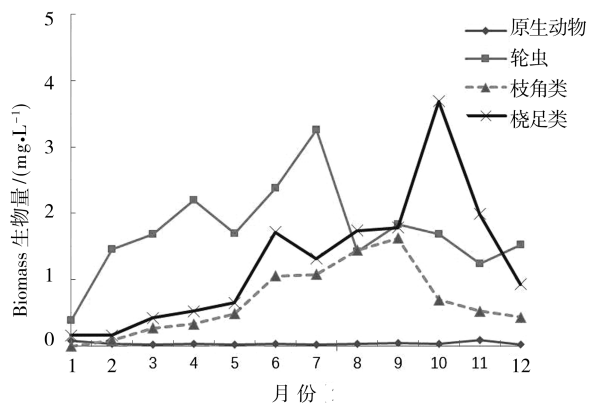


图3 石臼湖2018年浮游动物各种类生物量的逐月变化

整体上呈现出由西向东逐渐减少的趋势。生物密度高值主要出现在石臼湖的北部,其次是两省交界处,而东部水域的密度最低。生物量最高值出现在石臼湖两省交界水域,其次是北部水域,最低值出现在东南部水域。石臼湖各采样点年均生物密度排在前五位的是 sjh-1、sjh-12、sjh-2、sjh-11、sjh-4。石臼湖浮游动物各采样点生物量年均值排在前五位的是 sjh-12、sjh-2、sjh-4、sjh-6、sjh-1,最低年均生物量出现在 sjh-7,石臼湖浮游动物年均生物密度和生物量分布,见图4~5。

2.2 石臼湖浮游动物水体评价及多样性时空变化

2.2.1 石臼湖浮游动物水体评价

一般来说,浮游动物的多样性越高,其群落结构越复杂,稳定性越大,水质越好;而当水体受到污染时,敏感型种类消失,多样性降低,群落结构趋于简单,稳定性变差,水质下降。石臼湖浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数变化范围为 1.6~2.4,年均值为 1.95,从多样性指数可以判断石臼湖属于中度污染水体。

2.2.2 石臼湖浮游动物多样性时空变化

浮游动物多样性呈现显著时空变化,空间上低

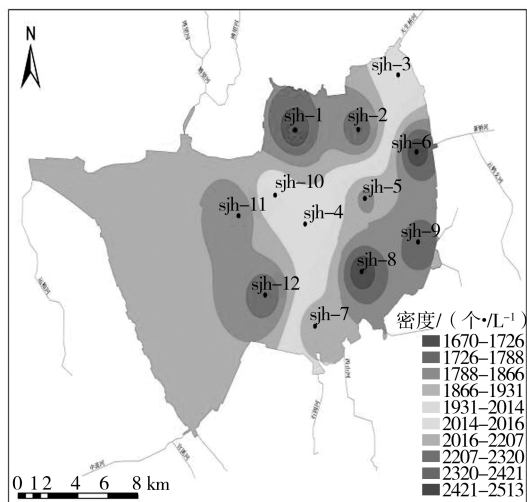


图4 石臼湖浮游动物年均生物密度空间分布云图

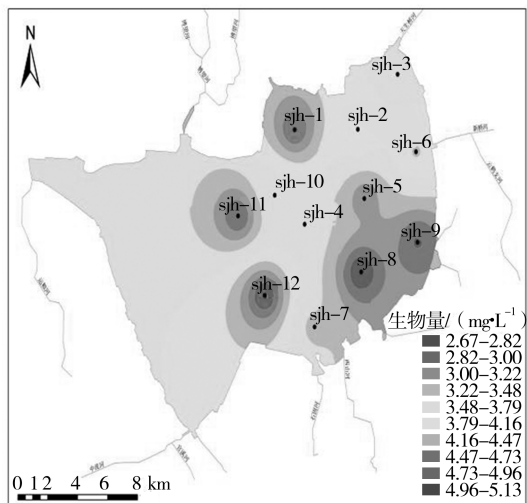


图5 石臼湖浮游动物年均生物量空间分布云图

值出现在石臼湖南部水域,而在湖北部敞水区多样性较高,见图6。时间上,4—9月呈上升趋势,至9月份达最高值;10—12月呈下降趋势,见图7。

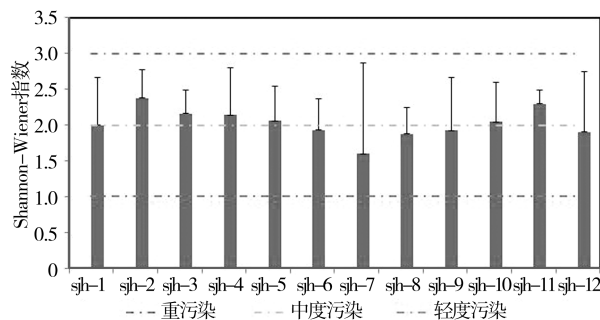


图6 石臼湖浮游动物多样性空间变化

3 讨论

3.1 石臼湖浮游动物群落结构特征

2018年石臼湖浮游动物定量水样镜检见到的

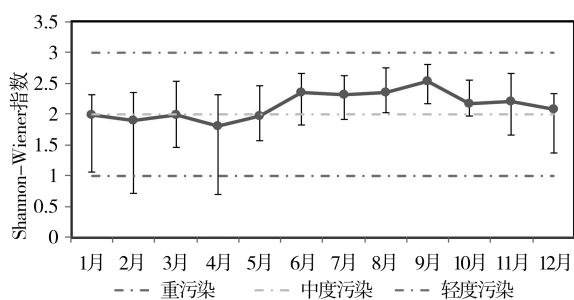


图 7 石臼湖浮游动物多样性时间变化

种类 63 种, 原生动物 20 种, 轮虫 25 种, 枝角类 8 种, 桡足类 10 种。石臼湖浮游动物在生物密度和种类上以轮虫和原生动物占优势, 大型甲壳动物(枝角类和桡足类)虽然数量较少, 但是在生物量方面却贡献较大, 这也其他湖泊的浮游动物群落结构特征研究结论相似^[6-7]。

3.2 石臼湖浮游动物水质生物学评价

石臼湖浮游动物优势种中出现了球形砂壳虫、螺形龟甲轮虫、角突臂尾轮虫、萼花臂尾轮虫、微型裸腹蚤等耐污种^[8], 说明石臼湖水体受到了一定程度的污染。

石臼湖浮游动物 Shannon - Wiener 多样性指数为年均值 1.95, 表明石臼湖属于中度污染水体。这与石臼湖浮游动物优势种的中污带指示种螺形龟甲轮虫、萼花臂尾轮虫等出现相吻合。

3.3 石臼湖水体污染治理与保护对策

依据石臼湖浮游动物 Shannon - Wiener 多样性指数, 石臼湖整体处于中污染状态, 南部水体尤其(sjh-7)蛇山段水体区域, 多样性指数最低等问题提出以下治理与保护对策:

(1) 将石臼湖治理纳入流域范畴进行污染防治, 减少长江流域农业、工业等对湖水的污染; (2) 科学开发湖泊资源, 逐步实施退围还湖; (3) 实施湖泊网格化动态管理; (4) 推进石臼湖南部水环境综合整治。加快推进蛇山段渔民住户的搬迁, 在石臼湖南部建立生态湿地, 通过湿地来净化水质, 提升水环境。

参考文献:

- [1] 王荣娟, 张金池. 石臼湖湿地水环境质量评价及富营养化状况研究[J]. 湿地科学与管理, 2011, 7(2): 26-28.
- [2] 国超旋, 王冬梅, 胡晓东, 等. 石臼湖江苏段浮游植物群落结构特征及与环境因子的关系[J]. 水生态学杂志, 2016, 37(4): 23-29.
- [3] DB32/T 3202—2017 湖泊水生态监测规范[S].
- [4] 郭刘超, 韩庚宝, 邓俊辰, 等. 长荡湖浮游动物群落结构特征特征及影响因子分析[J]. 江苏水利, 2019, (2): 1-5, 10.
- [5] 郭刘超, 吴苏舒, 樊旭, 等. 高邮湖各生态功能区后生浮游动物群落特征及水质评价[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6): 30-36.
- [6] 吴利, 冯伟松, 张堂林, 等. 湖北省西凉湖浮游动物群落结构周年动态变化及其及其与环境因子的关系[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4): 619-625.
- [7] 高原, 王超, 刘乾甫, 等. 珠三角河网不同水文期浮游动物优势种及生态位[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6): 37-44.
- [8] 李瑞娇, 齐喜荣, 王益昌, 等. 黄河陕西段浮游动物群落结构时空动态及与环境因子的关系[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6): 54-60.

(上接第 42 页)

参考文献:

- [1] 国务院. 水污染防治行动计划[EB/OL]. (2015-04-16) http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.html.
- [2] 朱宝玉, 刘洋, 林武. 生态砾石床在低污染水体治理中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6746, 6750.
- [3] 龚春生, 毛献忠. 深圳荔枝湖工艺处理单元水污染治理效果研究[J]. 水力发电学报, 2012(1): 204-209.
- [4] 张虎成, 田卫, 俞穆清, 等. 人工湿地生态系统污水净化研究进展[J]. 环境工程学报, 2004, 5(2): 11-15.
- [5] 李晓东, 孙铁珩, 李海波, 等. 人工湿地除磷研究进展[J]. 生态学报, 2007(3): 416-422.
- [6] 曹笑笑, 吕宪国, 张仲胜, 等. 人工湿地设计研究进展[J]. 湿地科学, 2013, 11(1): 121-128.
- [7] 张显忠. FCR 工艺用于城镇污水处理厂提标改造工程[J]. 中国给水排水, 2016(4): 35-39.
- [8] 夏哲韬, 史惠祥, 李遥. 食藻虫引导的沉水植被修复景观水体的应用研究[J]. 中国给水排水, 2011, 27(17): 26-30.