

太湖夏季浮游动物多样性及水质评价

王云瑞^{1*}, 赵威^{2*}, 刘雯怡³, 凌熹³, 李博³, 王洪成³, 于洪贤^{1#}, 柴方营^{3#}

¹东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨

²内蒙古毕拉河国家级自然保护区管理局, 内蒙古 呼伦贝尔

³黑龙江科技大学, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2022年3月4日; 录用日期: 2022年4月6日; 发布日期: 2022年4月12日

摘要

为了解太湖夏季浮游动物多样性及水质状况, 本次调查在太湖国家湿地公园内共设置了8个采样点进行样品采集与鉴定, 并利用生物多样性指数进行水质评价。研究结果如下: 此次调查在太湖共鉴定出浮游动物31属52种, 其中原生动物10种, 轮虫26种, 枝角类9种, 桡足类7种。丰度为360.05~960.05, 生物量为1.67~3.24 mg/L。Shannon-Wiener多样性指数为1.58~3.32, Pielou均匀度指数为0.32~0.46。通过对浮游生物群落结构的调查及生物多样性指数的分析对水质状况进行了综合评价, 结果表明夏季太湖水质处于中度污染, 因此, 要持续跟进太湖湖水的污染治理和生态保护。

关键词

太湖浮游动物, 群落结构, 水质评价

Zooplankton Diversity and Water Quality Assessment in Tai Lake in Summer

Yunrui Wang^{1*}, Wei Zhao^{2*}, Yiwen Liu³, Xi Ling³, Bo Li³, Hongcheng Wang³, Hongxian Yu^{1#}, Fangying Chai^{3#}

¹Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

²Inner Mongolia Bila River National Nature Reserve Administration, Hulunbuir Inner Mongolia

³Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王云瑞, 赵威, 刘雯怡, 凌熹, 李博, 王洪成, 于洪贤, 柴方营. 太湖夏季浮游动物多样性及水质评价[J]. 世界生态学, 2022, 11(2): 96-102. DOI: 10.12677/ije.2022.112013

Received: Mar. 4th, 2022; accepted: Apr. 6th, 2022; published: Apr. 12th, 2022

Abstract

To understand the zooplankton diversity and water quality in Taihu Lake in summer, 8 sampling sites were set up in Taihu National Wetland Park for sample collection and identification, and the water quality was evaluated by biodiversity index. The results are as follows: 52 species of zooplankton belonging to 31 genera were identified, including 10 protozoa, 26 rotifers, 9 cladophora and 7 copepods. The abundance was 360.05~960.05, and the biomass was 1.67~3.24 mg/L. Shannon-wiener diversity index was 1.58~3.32, and Pielou evenness index was 0.32~0.46. Based on the investigation of plankton community structure and the analysis of biodiversity index, the water quality of Lake Tai was comprehensively evaluated. The results showed that the water quality of Lake Tai was moderately polluted in summer. Therefore, we should continue to follow up the pollution control and ecological protection of Lake Tai.

Keywords

Lake Tai Zooplankton, Community Structure, Water Quality Evaluation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景

在水生态系统中浮游动物扮演着非常重要的角色, 与其它水生动物相比较浮游动物具有种类多、繁殖需要的时间短、能够快速的针对环境的变化做出相应和方便采集等特点[1] [2]。生物的种群或群落的结构特征与生态环境有着密切的关系, 因此, 通过对浮游动物的结构特征调查分析也可以进一步探索环境的变化规律[3] [4] [5]。近年来, 水环境污染问题日益严峻, 尤其是水华水体的频繁出现, 浮游动物群落由于其在水生态系统中的重要地位及其响应环境的灵敏性得到了越来越多的研究[6] [7]。

太湖国家湿地公园坐落于黑龙江省齐齐哈尔市泰来县城东郊, 三面环城, 一面靠山, 水域面积为 700 公顷。泰来镇内地势西高东低, 湖内包含着市区的出水口, 因此太湖就成为了生活污水、雨水和工业废水的主要接纳场所, 导致太湖内水质逐渐恶化。为了不断增强太湖国家湿地公园的可持续发展能力, 生态旅游产业也在逐渐兴起, 旅游业的快速发展以及人流量的增加对湿地公园也产生了一定的影响。本文初步探究了太湖夏季浮游动物的群落结构, 计算出优势种及生物量, 应用冗余分析确定影响浮游动物群落结构的主要水环境因子, 以期通过一定的数据支持为太湖国家湿地公园的水系生态建设及资源保护提供一定的理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 采样点设置

根据项目要求, 分析了采样现场情况设置了 8 个采样点如图 1 所示。其中在湖面上均匀设置了 5 个采样点, 其余三个点分别为 1#雨水集污处, 2#和 3#采样点位于污水处理厂处。

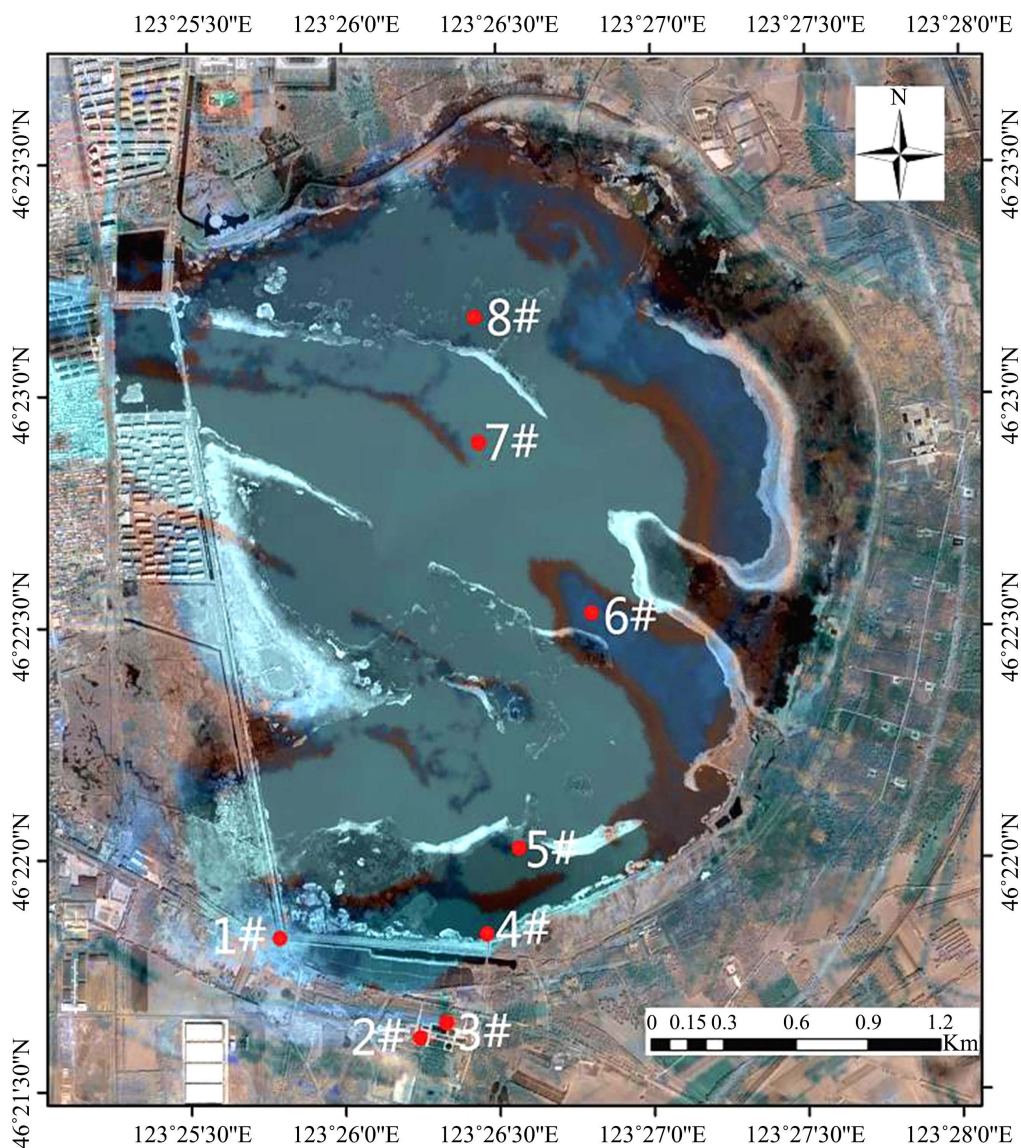


Figure 1. Distribution map of zooplankton sampling sites in Taihu National Wetland Park
图 1. 太湖国家湿地公园浮游动物采样点分布图

2.2. 调查方法

浮游动物定量样品的采集, 使用 5 L 的有机玻璃采水器于水下 0.5 m 处共采集 20 L, 用 13 号浮游生物网过滤浓缩, 立刻加入 4% 体积的甲醛溶液进行固定。将样品带回室内静置 48 h, 虹吸法除去上清液, 浓缩至 30 mL。别根据《微型生物监测新技术》[7]、《中国淡水轮虫志》[8]、《中国动物志》(淡水枝角类)[9]和《中国动物志》(淡水桡足类)[10][11]来鉴定原生动、轮虫类、枝角类和桡足类。按体积法来统计轮虫的生物量, 枝角类和桡足类生物量则分别按体长、体重回归方程式计算[12][13]。

2.3. 理化指标的测定

利用 YSI-6600 多功能水质分析仪在采样现场对水温(WT)、铵态氮浓度、硝态氮浓度和 pH 进行测定, 再采集 1 L 水样带回实验室参考国家标准方法对其它的水环境因子进行测定。

2.4. 数据分析

物种的种类数、丰度、生物量均在 Excel2010 软件计算, Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Pielou 均匀度指数(J)用 R 语言处理。生物多样性指数评价如(表 1)所示。使用优势度指数 Y 确定优势种类, 计算公式为:

$$Y = n_i/N \times f_i$$

式中, Y 是优势度, n_i 是第 i 种丰度, N 是该区域内出现的所有种类的总丰度, f_i 是第 i 种出现的频率, $Y \geq 0.02$ 为优势种[14] [15]。

Table 1. Evaluation criteria for biodiversity indicators

表 1. 生物多样性指标评价标准

指数	污染指标		
Shanno-Weaver 多样性指数(H')	0~1 重污染	1~3 中污染	>3 轻污染或无污染
Pielou 均匀度指数(J)	0~0.3 重污染	0.3~0.5 中污染	>0.5 轻污染或无污染

3. 结果与分析

3.1. 浮游动物群落结构分析

本次太湖夏季共采集到浮游动物 31 属 52 种, 其中原生动物 7 属 10 种, 占总种类数的 19.6%, 轮虫 14 属 26 种, 占总种类数的 51%, 枝角类 5 属 9 种, 占总种类数的 17.6%, 桡足类 5 属 7 种, 占总种类数的 13.7% (图 2)。通过优势度计算共有 5 种优势种(表 2)分别为椎尾水轮虫(*Epiphanes senta* O. F. Muller)、蹄形腔轮虫(*Lecane unguata*)、囊形单趾轮虫(*Monostyla bulla* Gosse)、长三支轮虫(*Filinia longiseta* Ehrenberg)、无节幼体(*Nauplius*)。浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数范围在 1.58~3.32 间, Pielou 均匀度指数在 0.32~0.46 间。通过对浮游生物群落结构的调查及生物多样性指数的分析表明太湖夏季水质处于中度污染。

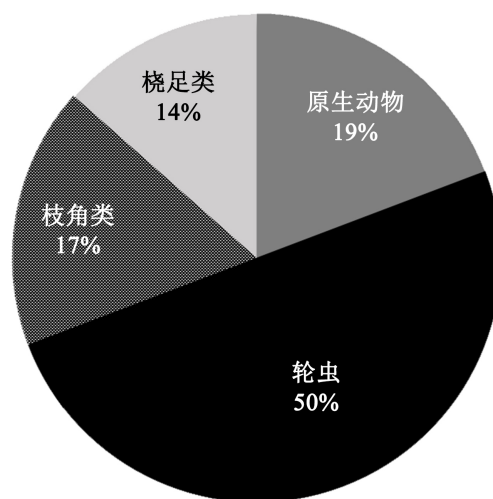


Figure 2. Composition of zooplankton species

图 2. 浮游动物种类组成

Table 2. Ominant zooplankton species in Tay Lake in summer**表 2.** 夏季泰湖浮游动物优势种

	优势种	丰度(ind·L ⁻¹)	频率(f)	优势度(y)
椎尾水轮虫	<i>Epiphanessenta O. F. Muller</i>	120	0.03266	0.023377
蹄形腔轮虫	<i>Lecane unguata</i>	150	0.13333	0.028961
囊形单趾轮虫	<i>Monostyla bulla Gosse</i>	210	0.22251	0.068055
长三肢轮虫	<i>Filinia longiseta Ehrenberg</i>	420	0.35663	0.27222
无节幼体	<i>Nauplius</i>	540	0.42115	0.08889

3.2. 水质分析

本次调查中各采样点水环境因子的测量结果如表 3 所示, 由于 1# 采样点周围存在大量植被, 此处的水质会得到初步净化, 与 2# 和 3# 采样点相比较磷污染程度较轻, 在检测中依然出现了一定程度的磷超标现象。其中 2# 和 3# 采样点分别位于污水处理厂处和污水处理后的出水口, 大量污染物的存在对泰湖的水质产生了一定的影响, 通过对 TN、TP、NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 等指标对比分析, 发现其含量超出国家标准。7# 采样点处流淌着大量处理后的“中水”虽经过一定的处理但其中仍含有一定的污染物, 经检测发现 TN 和 TP 均超标。在此次泰湖的 8 个采样点中 TN 指标存在 7 个采样点的超标现象, TP 指标存在 6 个采样点的超标现象, 表明泰湖存在着较严重的水体富营养化。结合各采样点的 pH 可以看出泰湖国家湿地公园水体偏碱性。水温基本相差不大。

Table 3. Water quality measurements in Tai lake national wetland park**表 3.** 太湖国家湿地公园水质测量结果

采样点	水温	pH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TN	TP	CODCr
1#	20°C	8.74	1.26	0.62	1.67	0.26	22.8
2#	19°C	8.25	11.26	1.23	6.62	0.67	29.6
3#	18°C	8.93	3.26	0.53	4.88	0.34	22.3
4#	17°C	9.17	2.21	0.59	4.82	0.27	20.2
5#	16°C	9.03	1.22	0.52	4.92	0.25	19.3
6#	17°C	9.32	0.96	0.39	3.46	0.18	2.6
7#	17°C	9.28	1.13	0.42	3.13	0.21	2.2
8#	17°C	9.11	1.26	0.46	2.95	0.18	2.3
平均值		8.97875	2.82	0.595	4.05625	0.295	15.1625

GB3838-2002

3.3. 浮游动物优势种同水环境因子的 RDA 分析

对浮游动物优势种类丰度进行去趋势分析, 得出 SD 值 < 3 , 因此选用 RDA 分析。排序轴 1 和排序轴 2 的特征值分别为 0.837 和 0.160, 前两轴共解释浮游动物群落结构与环境因子的关系的 92.7%。通过 RDA 排序图显示(图 3), 水温、PH 和 TN 与个优势种具有明显的相关性其中蹄形腔轮虫、囊形单趾轮虫、长三肢轮虫和无节幼体与 PH 呈正相关, 与 TN 呈显著负相关, 与其它水环境因子无显著相关性。

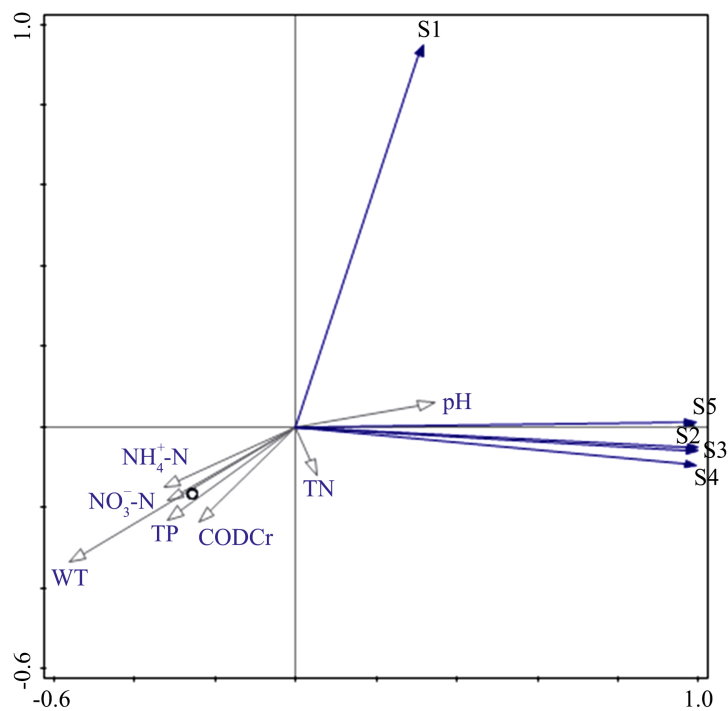


Figure 3. RDA ordination of dominant zooplankton species and water environmental factors

图 3. 浮游动物优势种与水环境因子 RDA 排序图

4. 结论

浮游动物在水生态系统中具有承上启下的作用[16] [17]。根据采样调查结果可知, 太湖内轮虫种类最多, 其次为原生动物和枝角类, 桡足类最少。此外, 通过查阅相关资料可知太湖湿地公园浮游植物中蓝绿藻颇多, 蓝绿藻的大量繁殖对枝角类等大型浮游动物摄食产生一定的影响。相关研究表明, 水温、 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N、TP、TN、CODCr 以及 pH 等在浮游动物群落结构的分布中产生一定的影响[1] [18] [19]。本次调查共鉴定出浮游动物 31 属 52 种, 浮游动物多样性指数(H')范围在 1.58~3.32 间, Pielou 均匀度指数在 0.32~0.46 间, 通过对浮游生物群落结构的调查及生物多样性指数的分析表明太湖夏季水质处于中度污染。浮游动物种类少, 多样性较差。通过 RDA 分析可知水温、PH 和 TN 是影响浮游动物生长的关键因素。

由于逐渐兴起的旅游业增强了太湖内的人为干扰, 此外生活污水不断排放, 破坏了水体的稳定性从而导致水体中总氮含量严重超标, 存在着较重的化学污染。结合较高的总磷及总氮的浓度, 表明太湖已出现较严重的水体富营养化现象。总氮含量的升高会对浮游植物的生长起到促进作用, 进一步影响浮游动物的生长[20] [21] [22]。

基金项目

中央支持高水平人才项目《冷水鱼资源产业化可持续利用集成技术创新》，项目编号 2020GSP14。

参考文献

- [1] 林青, 由文辉, 徐凤洁, 俞秋佳, 余华光. 滴水湖浮游动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2014, 34(23): 6918-6929.
- [2] 郭刘超, 韩庚宝, 邓俊辰, 苏雨艳, 吴沛沛. 长荡湖浮游动物群落结构特征及影响因子分析[J]. 江苏水利, 2019(2): 1-5+10.
- [3] 邱小琼, 赵红雪, 孙晓雪. 沙湖浮游动物与水环境因子关系的多元分析[J]. 生态学杂志, 2012, 31(4): 896-901.
- [4] Hood, R.R., Laws, E.A., Armstrong, R.A., et al. (2006) Pelagic Functional Group Modeling: Progress, Challenges and Prospects. *Deep-Sea Research Part II—Topical Studies in Oceanography*, **53**, 459-512. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.01.025>
- [5] 吕紫微, 陈雅琪, 彭家豪, 吴映明, 唐以杰, 陈晓萍, 苏海燕, 曾立人. 广州南沙湿地浮游动物多样性及水质生物学评价[J]. 绿色科技, 2021, 23(18): 31-35+40. <https://doi.org/10.16663/j.cnki.lskj.2021.18.009>
- [6] 杨丽丽. 千岛湖浮游动物群落结构特征及其与环境因子的关系[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- [7] 崔红, 侯晓蕾. 梁家湾水库浮游动物群落结构及与水理化因子的相关性研究[J]. 水产养殖, 2018, 39(7): 24-29.
- [8] 安睿, 王凤友, 于洪贤, 马成学. 三环泡湿地浮游动物功能群季节变化及其影响因子[J]. 生态学报, 2017, 37(6): 1851-1860.
- [9] 沈蕴芬. 微型生物监测新技术[Z]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2000-01-01.
- [10] 王家楫, 中国科学院水生生物研究所. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [11] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志 - 节肢动物门甲壳纲淡水枝角类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [12] 沈嘉瑞, 戴爱云, 宋大祥. 中国动物志 - 节肢动物门甲壳纲淡水桡足类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [13] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [14] 陈昕, 李喆, 唐富江, 齐妍, 高文燕, 鲁万桥. 连环湖两水体浮游动物群落结构特征及水质评价[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(6): 89-97. <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2020.06.011>
- [15] 马玉艳. 河口浮游动物群落生态健康评价方法及应用[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2008.
- [16] 赵文. 水生生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [17] Xiao, L.-J., et al. (2011) Succession of Phytoplankton Functional Groups Regulated by Monsoonal Hydrology in a Large Canyon-Shaped Reservoir. *Water Research*, **45**, 5099-5109. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.07.012>
- [18] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [19] 董雅欠, 赵文, 季世琛, 魏杰, 李博, 时晓. 北京潮白河水系浮游动物群落结构特征及水质评价[J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(3): 424-431. <https://doi.org/10.16535/j.cnki.dlhyxb.2019-292>
- [20] 鞠永富, 于洪贤, 于婷, 姜明, 袁宇翔, 冯宇墨. 小兴凯湖浮游动物丰度和水质评价[J]. 湿地科学, 2015, 13(5): 649-652.
- [21] 汪星, 郑丙辉, 刘录三, 李利强, 黄代中, 田琪. 洞庭湖典型断面藻类组成及其与环境因子典范对应分析[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(5): 995-1002.
- [22] 卢慧斌, 陈光杰, 陈小林, 刘晓东, 顾兆炎, 张虎才, 赵帅营, 陈丽, 段立曾, 张自强. 上行与下行效应对浮游动物的长期影响评价——以滇池与抚仙湖沉积物象鼻溞(*Bosmina*)为例[J]. 湖泊科学, 2015, 27(1): 67-75.