

Community Structure of Zooplankton in Tai Lake National Wetland Park of Tailai County in Autumn

Yongfu Ju¹, Shang Li², Xu Sun², Yuxi Zhao², Di Liu², Hongxian Yu^{2*}

¹School of Geography and Tourism, Harbin University, Harbin Heilongjiang

²College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Email: *china.yhx@163.com

Received: Oct. 16th, 2019; accepted: Oct. 31st, 2019; published: Nov. 7th, 2019

Abstract

In September 2018, 41 species of zooplankton were identified, including 10 protozoa, 20 rotifers, 5 Cladocera and 6 Copepoda. The largest number of species was S4 (21 species), and the smallest was S1 (9 species). The abundance fluctuated from 1023.95 ind./L to 21750.1 ind./L and biomass from 0.29 mg/L to 2.21 mg/L. The zooplankton composed mainly by rotifers, and most of the dominant species of rotifers are pollution resistant, indicating that the water body was polluted. In terms of dominant species, the water body of Tai Lake National Wetland Park in autumn was medium eutrophic.

Keywords

Tailai County, Tai Lake National Wetland Park, Zooplankton, Community Structure, Autumn

泰来县泰湖国家湿地公园秋季浮游动物群落结构特征研究

鞠永富¹, 李 上², 孙 旭², 赵予熙², 柳 迪², 于洪贤^{2*}

¹哈尔滨学院地理与旅游学院, 黑龙江 哈尔滨

²东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 黑龙江 哈尔滨

Email: *china.yhx@163.com

收稿日期: 2019年10月16日; 录用日期: 2019年10月31日; 发布日期: 2019年11月7日

*通讯作者。

文章引用: 鞠永富, 李上, 孙旭, 赵予熙, 柳迪, 于洪贤. 泰来县泰湖国家湿地公园秋季浮游动物群落结构特征研究[J]. 农业科学, 2019, 9(11): 1005-1016. DOI: 10.12677/hjas.2019.911141

摘要

本次研究于2018年9月进行,共鉴定出浮游动物41种,其中原生动物10种,轮虫20种,枝角类5种,桡足类6种。物种数量最多的是4#采样点(21种),最少的是1#采样点(9种)。丰度波动于1023.95个/L~21,750.10个/L之间,生物量在0.29 mg/L~2.21 mg/L之间。浮游动物以轮虫为主,且轮虫优势种中大部分为耐污种,表明水体受到污染。从优势种来看,太湖国家湿地公园秋季水体为中-富营养型。

关键词

泰来县,太湖国家湿地公园,浮游动物,群落结构,秋季

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

浮游动物是指生活在自由水域中的一类小型动物,具有自主游动能力弱、依靠随波漂流等特点[1]。同时是水生态系统系统中重要的次级生产者[2],并通过“上行效应”和“下行效应”在食物网中控制和影响着生态系统中的能量流动、物质循环以及信息传递[3]。浮游动物作为生态系统中的指示种及水环境变化的敏感类群[4],其丰度、生物量及多样性的变化可反映出水质的好坏,因此在监测中起到重要作用并得到广泛关注[5][6][7][8]。

20世纪90年代前,造纸厂污水直接排放进入太湖,太湖污染严重,造纸厂被取缔以后,太湖国家湿地公园水质得到了一定程度的改善。近年来由于旅游业的发展,建设了三阳开泰广场、十二生肖广场、水上乐园、荷花池、环湖栈道、湖心岛、湿地文化长廊、奋斗园、幸福园、春华园、秋歌园等景点,建有游客服务中心、太湖小吃广场等服务区,还开设了游船、观光电瓶车、观光自行车、垂钓等游乐项目,太湖国家湿地公园受到认为干扰不断加重。加上湿地公园毗邻城区,受到附近居民的活动、生活污水影响,受外界干扰较大,且水体环境处于不稳定的状态。太湖国家湿地公园主要水源来自周边降水,近年由于水量减少,湿地明显缺水。为探明太湖国家湿地公园秋季浮游动物群落结构特征,本次研究于2018年9月进行。

2. 材料与方法

2.1. 研究地

黑龙江省太湖国家湿地公园位于泰来县城区,地理坐标为E123°25'14.17"~123°29'00.97",N46°24'12.10"~46°21'15.10",是AAAA级旅游景区,国家级水利风景区(图1)。位于黑龙江省齐齐哈尔市泰来县东郊,东西宽4.18公里,南北长5.31公里,总面积1365公顷,其中水域面积700公顷。本区气候类型属于温带大陆性季风气候区,年平均温度为4.2℃左右,年平均日照时数可达2920h左右,气候较为干燥,历年平均降水量为360mm,蒸发量为1798.2mm,无霜期为130d左右,年平均封冻期为145d左右。湿地公园以沼泽、草甸、湖泡、林地等景观组成,并融合人文景观。东西宽4.18公里,南北长5.31公里,东起齐泰公路,西至连接111国道的公园路[9]。

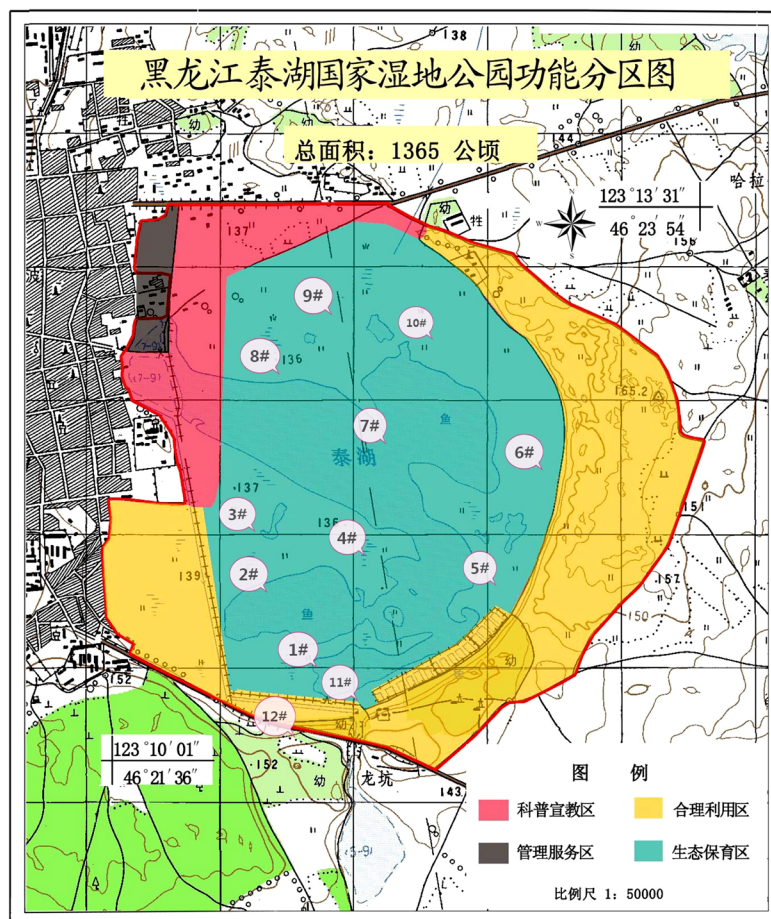


Figure 1. Map of sampling sites in Tai Lake National Wetland Park
图 1. 泰湖国家湿地公园采样点分布图

2.2. 环境因子采集

按照《水和废水监测分析方法》[10]相关规定进行分析测试, pH、总氮浓度(TN)、总磷浓度(TP)、氨态氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、硝态氮($\text{NO}_3^-\text{-N}$)、化学需氧量(COD_{Cr})、五日生化需氧量(BOD_5)。其中, pH、氨态氮浓度、硝态氮浓度利用 YSI-6600 多功能水质分析仪现场测定, 结束后把样品冷藏带到室内按照上述方式进行其他理化指标的检测。利用这些指标的测量结果全面认识水质状况, 全方位反映泰湖国家湿地公园整体和各个采样点水质特征。

2.3. 浮游动物采集

调查方法依据《内陆水域渔业自然资源调查手册》[11]进行。定性样品采用 13 号浮游生物网在水中进行横“∞”字形捞取; 浮游动物定量样品用 5 L 有机玻璃采水器取上、中、下层混合水样 20 L, 然后用 13 号浮游生物网过滤浓缩, 带回室内, 在光学显微镜下进行鉴定。原生动物种鉴定依据《微型生物监测新技术》[12]、轮虫物种鉴定依据《中国淡水轮虫志》[13]、枝角类物种鉴定依据《中国动物志: 淡水枝角类》[14]、桡足类物种鉴定依据《中国动物志: 淡水桡足类》[15]。

2.4. 数据分析

Shannon-Weaver 多样性指数[16]:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

Margalef 丰富度指数[17]:

$$d = (S-1)/\ln N \quad (2)$$

以上二个公式中, S 为总种数, N 为所有种个体总数, P_i 为第 i 种个体数量在总个体数量中的比例, 优势种是根据物种的出现频率及个体数量来确定, 用优势度来表示[18],

$$y = f_i \times P_i \quad (3)$$

式中, y 为优势度, f_i 为第 i 种的出现频率, P_i 为第 i 种个体数量在总个体数量的比例, f_i 为该种在各取样时间出现的频率, 当 $y > 0.02$ 时, 定为优势种。

3. 结果与讨论

3.1. 环境因子特征分析

太湖国家湿地公园各采样点环境因子测量结果见表 1, 通过计算 12 个采样点环境因子的平均值, 比对《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) [19], 我们发现, 太湖国家湿地公园氨氮浓度处于 IV 类水质, 总氮浓度处于 V 类水质, 总磷浓度处于 III 类水质, 化学需氧量浓度和五日生化需氧量浓度处于 I 类水质。

Table 1. Environmental factors and water quality of each sampling site
表 1. 各采样点环境因子及水质

采样点	pH	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	TN	TP	COD _{Cr}	BOD ₅
#1	9.01	0.80	0.61	5.26	0.24	37.00	1.10
#2	9.41	0.46	0.65	4.94	0.11	21.00	0.20
#3	9.5	0.31	0.73	3.96	0.11	1.00	0.50
#4	9.52	0.29	0.75	4.89	0.11	1.00	1.10
#5	9.52	0.27	0.79	4.72	0.08	1.00	2.50
#6	9.38	0.29	0.71	4.51	0.11	33.00	1.90
#7	9.43	0.26	0.75	5.02	0.08	2.00	2.10
#8	9.46	0.26	0.72	4.73	0.08	1.00	1.60
#9	9.52	0.23	0.86	4.62	0.09	1.00	3.80
#10	9.32	0.22	0.74	4.83	0.08	2.00	2.70
#11	8.26	0.46	0.53	5.50	0.33	1.00	2.20
#12	7.71	12.77	1.41	5.47	0.50	1.00	0.60
平均值	9.17	1.39	0.77	4.87	0.16	8.50	1.69
GB3838-2002		IV 类		V 类	III 类	类	I 类

3.2. 浮游动物的种类组成

在调查期间, 共鉴定出浮游动物 41 种(附录), 其中原生动物 5 属 10 种, 占浮游动物总种数的 24.4%; 轮虫 8 属 20 种, 占 48.8%, 枝角类 4 属 5 种, 占 12.2%, 桡足类 4 属 6 种, 占 14.6% (图 2)。

有研究表明, 随着水体营养水平的提高, 浮游动物的群落结构由大型向小型转变[20]。受污染较严重

水体,浮游动物的物种数相对减少,耐污染类形成优势种群而具有很高的生物数量[21];富营养化导致水体溶解氧降低,厌氧细菌大量产生,为厌氧的食菌原生动物生长提供条件,也促进以厌氧细菌和原生动物为食的轮虫数量大增[22]。秋季太湖国家湿地公园的浮游动物种类以原生动物和轮虫类为主,小型浮游动物在物种数上占优,枝角类和桡足类则较少,浮游动物有小型化趋势。

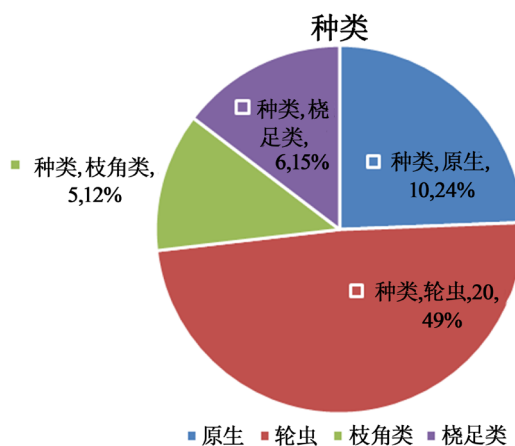


Figure 2. Species composition of zooplankton in Tai Lake National Wetland Park in autumn
图 2. 太湖国家湿地公园浮游动物的种类组成

3.3. 浮游动物的水平分布特征

太湖国家湿地公园各采样点的浮游动物种数数据表明,物种数量最多的是 4# 采样点,为 21 种,占总种数的 13.9%,其次是 9# 采样点,为 18 种,占总种数的 11.9%,物种数量最少的是 1# 采样点,为 9 种,占总种数的 6% (表 2, 图 3)。

Table 2. Horizontal distribution of zooplankton in Taihu national wetland park in autumn
表 2. 太湖国家湿地公园秋季浮游动物种类变化

	原生	轮虫	枝角类	桡足类	合计
1#	3	5	0	1	9
2#	2	10	0	4	16
3#	2	3	2	4	11
4#	2	12	2	5	21
5#	1	4	1	4	10
6#	2	3	2	5	12
7#	2	4	2	5	13
8#	3	4	2	4	13
9#	3	9	2	4	18
10#	5	4	2	4	15
11#	4	7	1	1	13
12#	3	4	0	0	7

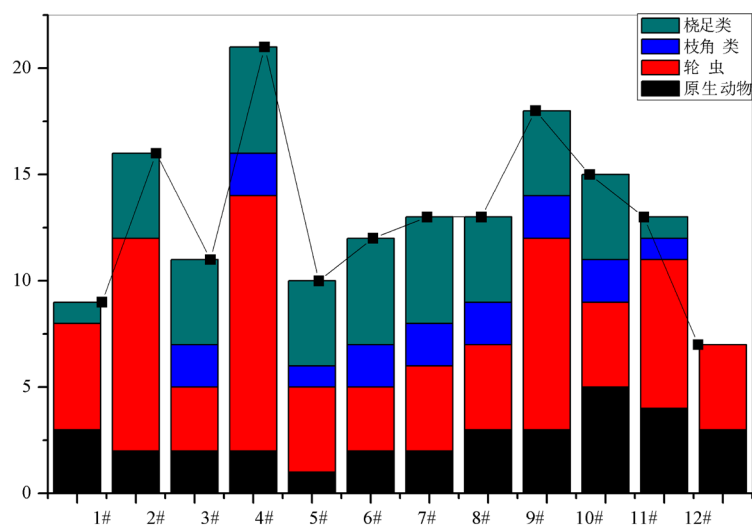


Figure 3. Variation of phytoplankton species in Tai Lake National Wetland Park in autumn
图 3. 太湖国家湿地公园秋季各采样点浮游动物种类变化

受到污水处理厂排污的影响, 1#、11#和 12#采样点受污染程度较重, 生物量较低, 并且物种组成多为轮虫和原生动物, 原生动物种类以耐污的食菌及碎屑的钟形钟虫、累枝虫为主。轮虫群落主要由月形腔轮虫长三肢轮虫等富营养化指示种组成。2#采样点的浮游动物主要由小筒壳虫以及富营养型种类萼花臂尾轮虫和囊形单趾轮虫组成。3#、8#、10#采样点的浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫组成。4#采样点的浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类长三肢轮虫、龟甲轮虫、针簇多肢轮虫组成。5#、6#采样点的浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫、针簇多肢轮虫组成。7#采样点的浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类长三肢轮虫、龟甲轮虫组成。9#采样点的浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类长三肢轮虫、龟甲轮虫、臂尾轮虫组成。太湖国家湿地公园水体富营养化、污染严重, 浮游动物种类数较少, 群落结构趋于简单化。

3.4. 浮游动物的丰度与生物量水平分布

太湖国家湿地公园浮游动物的丰度和生物量在各采样点间存在差异(表 3, 图 4)。丰度波动于 1023.95 个/L~21750.10 个/L 之间, 最高为 1#采样点, 为 21,750.10 个/L, 次高为 11#采样点, 为 15,180.1 个/L, 最低为 5#采样点, 为 1023.95 个/L; 生物量在 0.29 mg/L~2.21 mg/L 之间, 以 2#采样点最高, 为 2.21 mg/L, 其次是 3#采样点, 为 1.72 mg/L, 最低为 12#采样点, 为 0.29 mg/L。

浮游动物丰度作为表征湖泊营养程度的生物指标之一, <1000 个/L 为贫营养, 1000~3000 个/L 为中营养, >3000 个/L 为富营养。结合太湖国家湿地公园秋季浮游动物丰度可知, 1#、2#、11#采样点富营养化极为严重。

一般情况下, 丰度和生物量呈显著正相关, 即丰度越高, 生物量也越高[23]。但是原生动物为单细胞动物, 个体比较微小, 因此其个体平均湿重也比较小, 原生动物的生物量远低于轮虫类生物量, 轮虫类为最小的多细胞动物, 个体平均湿重虽然高于原生动物, 却低于枝角类、桡足类的个体平均湿重。

秋季太湖国家湿地公园的 1#采样点靠近污水处理厂排水口, 11#采样点所采水样为处理“中水”, 此两点受污染程度严重, 虽然采样点丰度较高, 但是其生物量相对较低。主要为原生动物和轮虫, 枝角类和桡足类较少, 原生动物种类以耐污的食菌及碎屑的钟形钟虫、累枝虫为主。轮虫群落主要由月形腔轮虫长三肢轮虫等富营养化指示种组成。12#采样点位于污水处理厂内, 为处理废水, pH 值相较于其他各采

样点较低, 有研究表明, pH 值偏低的水质并不适宜浮游动物生存, 对其丰度和生物量会产生一定影响, 浮游动物更适宜生活在弱碱性水体中。因此该采样点浮游动物的丰度和生物量均为最低。2#采样点原生动物和轮虫数量均较多, 因此浮游动物丰度和生物量均为最高, 3#、7#、8#采样点, 原生动物较少, 轮虫和桡足类数量较多, 因此丰度较低, 但生物量却较高。

Table 3. Abundance and biomass of zooplankton in taihu national wetland park in autumn
表 3. 太湖国家湿地公园秋季浮游动物各采样点丰度和生物量

	丰度(个/L)	生物量(mg/L)
1#	21750.1	0.64
2#	5013.05	2.21
3#	1262.70	1.72
4#	1595.10	0.85
5#	1023.95	1.03
6#	1233.85	0.8
7#	1204.35	1.64
8#	2073.45	1.31
9#	1712.75	0.64
10#	1981.90	0.59
11#	15180.10	0.55
12#	2850.00	0.29

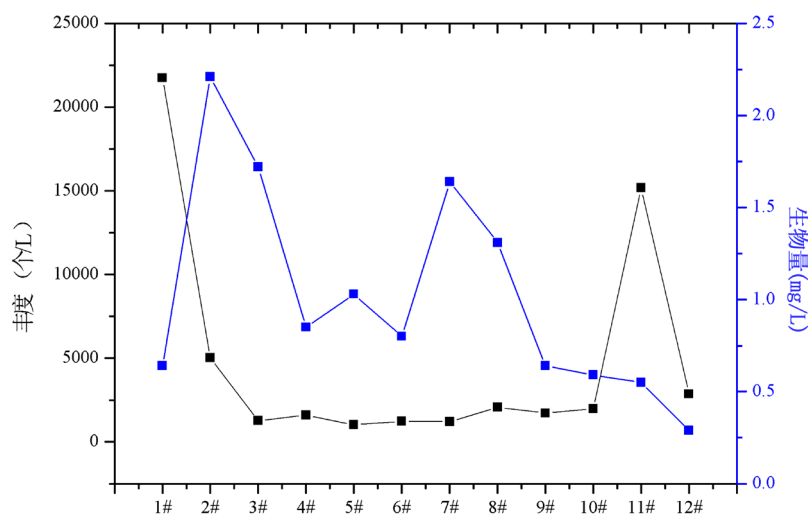


Figure 4. Variation of abundance and biomass of zooplankton in Tai Lake National Wetland Park in autumn
图 4. 太湖国家湿地公园秋季浮游动物丰度和生物量的水平分布

3.5. 浮游动物的优势种和常见种

优势种: 根据浮游植物出现的频率和丰度, 以优势度 $y > 0.02$ 为界来确定优势种。秋季浮游动物的优势种为 7 种(表 4)。秋季浮游动物以轮虫为主, 且在轮虫优势种中大部分为耐污的臂尾轮虫属和龟甲轮虫属, 表明太湖国家湿地公园水体受到污染。

常见种: 按照出现频率大于 65% 确定为常见种, 秋季浮游动物的常见种 4 种(表 5)。

Table 4. Dominant species of zooplankton in taihu national wetland park in autumn**表 4.** 太湖国家湿地公园秋季浮游动物优势种

轮虫	枝角类	桡足类
萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i> Fis	无节幼体 <i>Nauplii</i>
曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i> Linnaeus	长刺溞 <i>Daphnia longispina</i>	近邻剑水蚤 <i>Cyclops vicinus</i> Ujjanin
长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg		

Table 5. Common species of zooplankton in taihu national wetland park in autumn**表 5.** 太湖国家湿地公园秋季浮游动物常见种

枝角类	桡足类
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i> Fis	细巧华哲水蚤 <i>Sinocalanus tenellus</i>
	近邻剑水蚤 <i>Cyclops vicinus</i> Ujjanin
	无节幼体 <i>Nauplii</i>

3.6. 太湖国家湿地公园各采样点环境分析

浮游动物与其生境密切相关，不同类群的浮游动物对外界环境的适应能力存在着明显差异，其种群结构、种群数量、优势种和污染指示种等的变化可间接反映水质状况和健康状态[24]；浮游动物作为水质监测的重要指标，具有水体理化监测不可替代的作用[25]。

太湖国家湿地公园秋季共设置采样点 12 个，具体情况如下：

1#采样点靠近岸边，周围长有芦苇，菖蒲，为淤泥底质，距离污水处理厂排水口很近，污染严重。

1#采样点氮磷营养盐含量很高，浮游动物种类数最少，仅为 9 种。浮游动物生物量较低，并且物种组成多为轮虫和原生动物，原生动物种类以耐污的食菌及碎屑的钟形钟虫、累枝虫为主。轮虫群落主要由月形腔轮虫长三肢轮虫等富营养化指示种组成。浮游动物丰度高达 21,750.10 个/L，表明该采样点已经重度富营养化。

2#采样点远离岸边，淤泥底质，周围长有香蒲，氮磷营养盐含量很高，5 日生化需氧量显示该采样点受有机物污染较重。2#采样点的浮游动物主要由小筒壳虫以及富营养型种类萼花臂尾轮虫和囊形单趾轮虫组成。浮游动物丰度为 5013.05 个/L，富营养化严重。

3#采样点远离岸边，淤泥底质，水质混浊，周围长有芦苇，3#采样点氮磷营养盐含量较高，受到一定程度的有机污染，浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫组成。

4#采样点远离岸边，淤泥底质，周围长有芦苇，浮游动物种类数最多，浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类长三肢轮虫、龟甲轮虫、针簇多肢轮虫组成。

5#采样点远离岸边，淤泥底质，周围长有芦苇，化学需氧量最高，表明此点受到严重的有机物污染。

5#采样点的浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫、针簇多肢轮虫组成。

6#采样点远离岸边，外围为草地，湖内长有少许芦苇，淤泥底质，浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫、针簇多肢轮虫组成。

7#采样点远离岸边，位于太湖中心位置，淤泥底质，浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类长三肢轮虫、龟甲轮虫组成。

8#采样点远离岸边,淤泥底质,周围长有芦苇,菖蒲,5日生化需氧量显示该采样点受有机物污染较重。浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫组成。

9#采样点远离岸边,淤泥底质,周围长有芦苇,菖蒲,氮营养盐含量较高,浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类长三肢轮虫、龟甲轮虫、臂尾轮虫组成。

10#电导率最高周围长有芦苇,菖蒲,浮游动物主要由耐污性强的剑水蚤以及富营养型种类萼花臂尾轮虫组成。

11#采样点位于一水泥沟渠内,是污水处理厂的排水口,处理后的污水由此直接排放进入太湖,所采水样为处理厂处理后的“中水”。虽然该排水口排出的废水已经经过处理,但仍含有一定量的污染物,氮磷营养盐含量较高,该采样点浮游动物生物量较低,并且物种组成多为轮虫和原生动物,原生动物种类以耐污的钟形钟虫、累枝虫为主。轮虫群落主要由月形腔轮虫、长三肢轮虫等富营养化指示种组成。

12#采样点位于污水处理厂中,为处理废水,氮磷营养盐含量很高。该采样点浮游动物生物量较低,并且物种组成多为轮虫和原生动物,原生动物种类以耐污的食菌及碎屑的钟形钟虫、累枝虫为主。轮虫群落主要由月形腔轮虫长三肢轮虫等富营养化指示种组成。

总体来说,秋季太湖国家湿地公园的浮游动物种类数较少,群落结构趋于简单化,浮游动物以原生动物和轮虫为主。耐污性种类在12个采样点均有出现,并且占据优势地位。运用浮游动物生态学指标总体评价,结果显示,秋季太湖国家湿地公园水体富营养化、污染严重。

4. 结论

在调查期间,共鉴定出浮游动物41种,其中原生动物5属10种,占浮游动物总种数的24.4%;轮虫8属20种,占48.8%,枝角类4属5种,占12.2%,桡足类4属6种,占14.6%。太湖国家湿地公园秋季各采样点的浮游动物种数数据表明,物种数量最多的是4#采样点,为21种,占总种数的13.9%,其次是9#采样点,为18种,占总种数的11.9%,物种数量最少的是1#采样点,为9种,占总种数的6%。

太湖国家湿地公园浮游动物的丰度和生物量在各采样点间存在差异。9月丰度波动于1023.95个/L~21,750.10个/L之间,最高为1#采样点,为21,750.10个/L,次高为11#采样点,为15,180.10个/L,最低为5#采样点,为1023.95个/L;生物量在0.29 mg/L~2.21 mg/L之间,以2#采样点最高,为2.21 mg/L,其次是3#采样点,为1.72 mg/L,最低为12#采样点,为0.29 mg/L。

秋季浮游动物以轮虫为主,且轮虫优势种中大部分为耐污的臂尾轮虫属和龟甲轮虫属,表明水体受到污染。从优势种来看,太湖国家湿地公园秋季水体为中-富营养型。

基金项目

“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0500406)。中央高校基金项目,编号2572019DF09。

参考文献

- [1] 于洋,孟娜,王建勇,王尽文,刘迎迎,王珍珍.绿潮暴发对浮游动物群落结构影响研究[J].海洋开发与管理,2019,36(3):57-63.
- [2] 庞碧剑,蓝文陆,黎明民,李天深.北部湾近岸海域浮游动物群落结构特征及季节变化[J].生态学报,2019(19):1-11.
- [3] 张才学,周凯,孙省利,陈春亮,张际标,张瑜斌.深圳湾浮游动物的群落结构及季节变化[J].生态环境学报,2010,19(11):2686-2692.
- [4] 杨杰青,欧阳珑玲,史赞荣,晁敏,袁琪,王云龙.海南西北部近岸海域浮游动物群落结构[J].应用海洋学学报,2019,38(3):381-392.
- [5] 代培,王银平,匡箴,蔺丹清,杨彦平,刘思磊,刘凯.长江安庆新洲水域浮游动物群落结构特征及其与环境因

- 子的关系[J]. 安徽农业大学学报, 2019, 46(4): 623-631.
- [6] 沈海琪, 许永久, 王健鑫, 袁锴彬, 严泽宇, 周富源, 侯伟芬. 2017-2018 年长江口海域夏季浮游动物群落的年际变化及影响因素[J/OL]. 中国水产科学, 1-10. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3446.s.20190903.1446.002.html>, 2019-11-1.
- [7] 谢福武, 梁计林, 邢孔敏, 刘红晨. 夏季海南东、南沿岸珊瑚礁区浮游动物群落结构特征研究[J/OL]. 海洋科学, 1-9. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1151.P.20190829.1535.044.html>, 2019-11-1.
- [8] 林海, 王源, 李冰. 北京市妫水河浮游动物群落结构与水质评价[J]. 生态学报, 2019(20): 1-9.
- [9] 陈楠, 王莹, 杨天雄, 于洪贤, 马成学. 泰湖夏季浮游植物功能群特征及水质状况[J]. 东北林业大学学报, 2018, 46(3): 69-73.
- [10] 国家环保局本书编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- [11] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [12] 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 微生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [13] 王家辑. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [14] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志: 淡水枝角类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [15] 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组. 中国动物志: 淡水桡足类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [16] 陆娇, 张琦, 刘应迪. 湘江长沙综合枢纽浮游动物群落结构及水质分析[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(13): 24-29.
- [17] 孟庆超, 赵淑江. 舟山东极岛海域浮游动物群落结构特征[J]. 农村经济与科技, 2019, 30(11): 63-66.
- [18] 刘曼红, 孟瑶, 曹晶晶, 崔兴波, Al Mohammadi Nagam. 挠力河湿地大型底栖动物功能特性[J]. 东北林业大学学报, 2019, 47(1): 76-82.
- [19] 国家环保总局. GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [20] 汪梦琪, 汪金成, 王琪, 杨朝云, 邹振华, 钱宝. 洞庭湖区平水期浮游生物群落结构特征及富营养化现状[J]. 生态学杂志, 2018, 37(8): 2418-2429.
- [21] 刘爱芬. 受污染水体修复过程中浮游动物的种群变动及其生态学意义[D]: [硕士学位论文]. 中国科学院研究生院(水生生物研究所), 2007.
- [22] 李滨. 污水处理过程中厌氧氨氧化工艺的微生物生态学研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北科技大学, 2012.
- [23] 王晓. 南黄海浮游动物群落及环境因子对其分布影响的研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [24] 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.
- [25] 张硕, 施斌杰, 谢斌, 张虎, 李大鹏. 连云港海州湾海洋牧场浮游动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 生态环境学报, 2017, 26(8): 1410-1418.

附录

Table A1. List of zooplankton species from Tai Lake in autumn

附表 1. 太湖国家湿地秋季浮游动物名录

原生动物	四膜虫属	吻状四膜虫	<i>Tetrahymena rostrata</i> Kahl
	膜袋虫属	瓜形膜袋虫	<i>Cyclidium citrullus</i> Cohn
		苔藓膜袋虫	<i>Cyclidium muscicola</i> Kahl
		鞭膜袋虫	<i>Cyclidium flagellatum</i> Kahl
	钟虫属	小口钟虫	<i>Vorticella microstoma</i> Ehrenberg
		钟形钟虫	<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg
	喇叭虫属	多形喇叭虫	<i>Stentor multimormis</i> (O.F.Muller)
	急游虫属	绿急游虫	<i>Strombidium viride</i> Stein
	侠盗虫属	旋回侠盗虫	<i>Strobilidium gyrans</i> Stokes
	拟铃虫属	湖沼拟铃虫	<i>Tintinnopsis lacustris</i> Entz
轮虫	水轮属	椎尾水轮虫	<i>Epiphanes senta</i> O.F.Muller
	狭甲轮属	爱德里亚狭甲轮虫	<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg
		钝角狭甲轮虫	<i>Colurella obtusa</i> (Gosse)
	臂尾轮属	壶状臂尾轮虫	<i>Brachionus urceus</i> Linnaeus
		萼花臂尾轮虫	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas
		矩形臂尾轮虫	<i>Brachionus leydigi</i> Cohn
		裂足臂尾轮虫	<i>Brachionus diversicornis</i> Daday
		方形臂尾轮虫	<i>Brachionus quadridentatus</i>
	龟甲轮属	曲腿龟甲轮虫	<i>Keratella valga</i> Linnaeus
		矩形龟甲轮虫	<i>Keratella quadrata</i> Muller
	叶轮属	鳞状叶轮虫	<i>Nothoca squamula</i> (O.P.Muller)
	腔轮属	瘤甲腔轮虫	<i>Lacane nodosa</i> Hauer
		月形腔轮虫	<i>Lecane luna</i> O.F.Muller
		蹄形腔轮虫	<i>Lecane unguolata</i>
	单趾轮属	月形单趾轮虫	<i>Monostyla lunaris</i> Ehrenberg
		囊形单趾轮虫	<i>Monostyla bulla</i> Gosse
		尖趾单趾轮虫	<i>Monodtyla unguitata</i> Schmarda
		梨形单趾轮虫	<i>Monostyla puriformis</i>
	巨头轮属	尾棘巨头轮虫	<i>Cephalodella sterea</i> (Gosse)
	无柄轮属	卵形无柄轮虫	<i>Ascomorpha ovalis</i> Bergebdal
	异尾轮属	暗小异尾轮虫	<i>Trichicerca pusilla</i>
	同尾轮属	对棘同尾轮虫	<i>Diurella stylata</i>
		双齿同尾轮虫	<i>Diurella bedens</i> Lucks
	多肢轮属	针簇多肢轮虫	<i>Polyarthra trigla</i> Ehrenberg
	三肢轮属	长三肢轮虫	<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg

Continued

	镜轮属	微突镜轮虫	<i>Testudinella Mucronata (Gosse)</i>
枝角类	秀体溞属	短尾秀体溞	<i>Diaphanosoma brachyurum (Lieven)</i>
		长肢秀体溞	<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum Fis</i>
	溞属	大型溞	<i>Daphnia magna Straus</i>
		透明溞	<i>Daphnia hyaline</i>
		长刺溞	<i>Daphnia longispina</i>
	低额溞属	老年低额溞	<i>Simocephalus vetulus (Muller)</i>
	尖额溞属	矩形尖额溞	<i>Alona rectangula</i>
		方形尖额溞	<i>Alona quadrangularis O.F.Muller</i>
	盘肠溞属	圆形盘肠溞	<i>Chydorus sphaericus O.F.Muller</i>
桡足类	华哲水蚤属	细巧华哲水蚤	<i>Sinocalanus tenellus (Kikuchi)</i>
	剑水蚤属	近邻剑水蚤	<i>Cyclops vicinus Ujjanin</i>
	真剑水蚤属	锯齿真剑水蚤	<i>Eucyclops serrulatus (Fischer)</i>
	中镖水蚤属	大型中镖水蚤	<i>Sinodia ptomus sarsi (Rylov)</i>
	温剑水蚤属	透明温剑水蚤	<i>Thermocyclops hyalinus (Rehberg)</i>
		等刺温剑水蚤	<i>Thermocyclops kawamurai Kikuchi</i>
		无节幼体	<i>Nauplii</i>