

# The Plankton Community Structure of TaiLake and Its Relationship with Environmental Factors in Summer

Di Liu, Yuxi Zhao, Xiaoxu Li, Shang Li, Xu Sun, Hongxian Yu\*

Northeast Forestry University School of Wildlife and Nature Conservation, Harbin Heilongjiang  
Email: [china.yhx@163.com](mailto:china.yhx@163.com)

Received: Oct. 8<sup>th</sup>, 2019; accepted: Dec. 6<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 13<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

From 28 to 29 July 2018, a large-scale fixed-point survey of inland waters was conducted, as well as a representative aquatic biological survey and monitoring points were selected to collect samples from the Tai Lake National Wetland Park. After a microscopic examination, a total of 6 categories 41 species and its varieties of phytoplankton were identified in Tai Lake National Wetland Park, including 22 species of chlorophyta, accounting for 53.66%; diatoms, 11 species, accounting for 26.83 percent; cyanobacteria Phylum 4 species, accounting for 9.76%; 2 species of naked algae Phylum, accounting for 4.88%; 1 species of gold algae Phylum, 1 species of hidden algae, accounting for 2.44% respectively. 52 species of zooplankton were identified, including 7 genera and 10 species of protozoa, accounting for 19.23% of the total number of zooplankton species; 14 genera and 26 species of Rotifers, accounting for 50%, 5 genera and 9 species of cladocerans, accounting for 17.31%, and 5 genera and 7 species of copepoda, accounting for 13.46%. The abundance of phytoplankton fluctuated from  $465.6 \times 10^4$  ind./L to  $2408.4 \times 10^4$  ind./L, and biomass was between 0.37 mg/L and 7.45 mg/L. The abundance of zooplankton fluctuated from 160.5 ind./L to 52,711.5 ind./L, and biomass was between 0.26 mg/L and 18.46 mg/L throughout the year. According to the physical and chemical index such as dissolved oxygen, water transparency, permanganate index, total phosphorus, total nitrogen and heavy metal, the water quality of TaiLake was comprehensively evaluated according to the buoyancy and the abundance of plankton organisms. Redundancy analysis (RDA) shows that summer phytoplankton communities are mainly affected by pH, TP,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  of water and other environmental factors.

## Keywords

Phytoplankton, Zooplankton, Community Structure, Environmental Factors, Redundancy Analysis

---

\*通讯作者。

# 太湖夏季浮游生物群落结构特征及其与环境因子的关系

柳迪, 赵予熙, 李晓钰, 李 上, 孙 旭, 于洪贤\*

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8日; 录用日期: 2019年12月6日; 发布日期: 2019年12月13日

## 摘 要

2018年7月28日至29日, 采用内陆水域大面积定点调查方法, 选择有代表性水生生物调查和监测点, 对太湖国家湿地公园进行采样, 经过镜检, 太湖国家湿地公园共鉴定出浮游植物6门41种及变种, 其中绿藻门种数最多22种, 占53.66%; 硅藻门次之, 11种, 占26.83%; 蓝藻门4种, 占9.76%; 裸藻门2种, 占4.88%; 金藻门1种, 隐藻门1种, 各占2.44%。鉴定出浮游动物52种, 其中原生动物7属10种, 占浮游动物总种数的19.23%; 轮虫14属26种, 占50%, 枝角类5属9种, 占17.31%, 桡足类5属7种, 占13.46%。浮游植物的丰度波动于 $465.6 \times 10^4 \sim 2408.4 \times 10^4$  ind./L之间, 生物量在0.37~7.45 mg/L之间。浮游动物的丰度波动于160.5~52,711.5 ind./L之间, 生物量全年在0.26~18.46 mg/L之间。根据溶解氧、水体透明度、高锰酸盐指数、总磷、总氮和重金属等理化指标、浮游生物丰度对太湖水质状况进行水质综合评价。冗余分析(RDA)表明, 夏季浮游植物群落主要受水体pH值, TP,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  等环境因子的影响。

## 关键词

浮游植物, 浮游动物, 群落结构, 环境因子, 冗余分析

Copyright © 2020 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

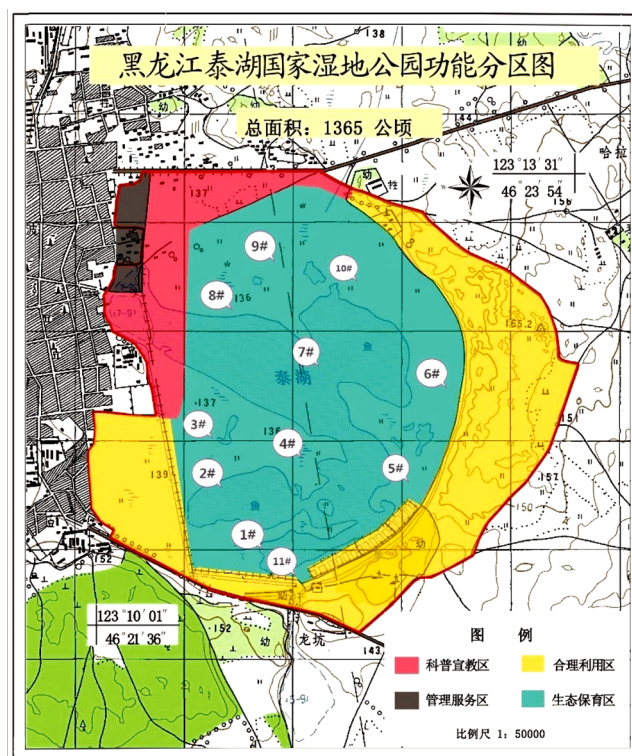
## 1. 引言

浮游生物不仅对物质循环和能量流动具有重要作用还能维持水域生态系统的稳定, 是水生态系统中重要的组成部分[1]。水体环境中各种因素的变化对浮游生物的影响相当明显, 环境条件的改变会影响浮游生物种类及数量的变化, 起到指示环境变化的作用。浮游生物的群落结构和种类组成常作为评价水质的重要指标。太湖国家湿地公园地理坐标为 E123°25'14.17"~E123°29'00.97", N46°24'12.10"~N46°21'15.10", 总面积 1365 hm<sup>2</sup>。泰来县西边地势高东边低, 太湖位于城区东部, 污水、工业废水、雨水都有由高处向低处排放的特点, 一直以来太湖就是泰来生活污水和工业废水接纳水体, 污染严重, 附近居民活动、生活污水对太湖影响较大, 且水体环境处于不稳定的状态。太湖水源主要来自降水, 近年水量越来越少, 湿地公园缺水十分严重。2018年7月, 对太湖不同采样点浮游生物的群落结构进行调查, 运用冗余分析(RDA)探讨其群落结构与环境因子的关系, 旨在全面了解太湖国家湿地公园水质状况。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 采样点布设与采样时间

2018年7月根据泰湖国家湿地公园的生态要素,对泰湖11个采样点进行野外布点(图1),采样原则为沿湿地流域尽量均匀布点,兼顾全流域的水系和道路格局,使采集的样品遍布全区,具有全湿地的代表性。其中1#至10#采样点设置在泰湖上,11#采样点位于污水处理厂所处理“中水”入湖口(表1)。



**Figure 1.** Map of the distribution of water quality analysis sampling points in Tailake National Wetland Park

**图 1.** 泰湖国家湿地公园水质分析采样点分布示意图

**Table 1.** Location and surrounding habitats of plankton sampling points in Lake Tai

**表 1.** 泰湖浮游生物采样点位置及周边生境

采样点	坐标		周边生境情况
1#	46°21'56"N	123°26'32"E	芦苇
2#	46°22'18"N	123°26'42"E	香蒲
3#	46°22'25"N	123°26'15"E	芦苇
4#	46°22'20"N	123°26'50"E	芦苇
5#	46°23'03"N	123°26'14"E	芦苇
6#	46°23'04"N	123°26'20"E	外围草地, 湖内少许芦苇
7#	46°23'02"N	123°27'13"E	芦苇
8#	46°23'30"N	123°26'51"E	芦苇香蒲
9#	46°22'54"N	123°26'45"E	芦苇香蒲
10#	46°21'54"N	123°26'33"E	芦苇香蒲
11#	46°21'53"N	123°26'30"E	杂草、灌木丛

## 2.2. 调查方法

### 2.2.1. 浮游生物的采集与处理

使用 25 号浮游生物网对浮游植物样品定性, 于水面下 0.5 m 左右处呈“∞”型慢慢拖行数分钟, 在采集之后加入 4% 甲醛溶液进行现场固定; 用定量 1 L 的玻璃采水器采集样品, 采集后对样品加入 15 mL 鲁哥试液现场固定, 转移到实验室后静置 48 小时浓缩至 30 mL 再对样品进行鉴定[2] [3]。浮游植物鉴定参照《水生生物学》[4]、《中国淡水藻类: 系统、分类及生态》[5]和《淡水微型生物图谱》[6]。

浮游动物定性样品采用 13 号浮游生物网在水面表层采集, 并用 4% 的甲醛溶液固定; 用 5 L 的采水器采集定量样品后用 13 号浮游生物网过滤, 并用 4% 的甲醛溶液现场固定, 带回实验室沉淀浓缩后进行样品鉴定[7] [8]。轮虫类鉴定依据《中国淡水轮虫志》[9]; 枝角类鉴定依据《中国动物志》(淡水枝角类)[10]; 桡足类鉴定依据《中国动物志》(淡水桡足类)[11]。

### 2.2.2. 理化指标的测定

使用多参数水质分析仪(YSI6600)进行现场测定水温(WT)、pH、电导率(EC)和溶解氧(DO), 使用塞氏盘对水体透明度(SD)进行测定; 参考国家标准方法[12]采集 1L 水样运回实验室后对总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD<sub>Mn</sub>)进行测定。

## 2.3. 优势种

根据物种的出现频率及个体数量来确定优势种, 用优势度表示,

$$y = f_i \times P_i$$

式中,  $y$  是优势度,  $f_i$  是第  $i$  种出现的频率,  $P_i$  是第  $i$  种个体数量在总个体数量的比例,  $f_i$  为各取样时间该种出现的频率,  $y > 0.02$  时, 定为优势种[13]。

## 2.4. 冗余分析(RDA)

RDA 能够将物种数据和环境因子用回归分析方法相结合, 更加直观的反映了物种和环境因子间的关系。使用 Canoco for Windows 4.5 软件对环境因子和浮游生物进行 RDA 分析, 将优势种作为排序物种, 分析前将物种数据和环境数据进行对数转换[14]。

## 3. 结果

### 3.1. 浮游生物群落结构特征

#### 3.1.1. 浮游植物

经过镜检, 共鉴定出浮游植物 6 门 41 种及变种(附录一), 其中绿藻门种数最多 22 种, 占 53.66%; 其次为硅藻门, 11 种, 占比 26.83%; 蓝藻门为 4 种, 占比 9.76%; 裸藻门为 2 种, 占比 4.88%; 金藻门为 1 种, 占 2.44%, 隐藻门为 1 种, 占 2.44%。浮游植物各采样点的种类变化见图 2。太湖夏季各采样点之间浮游植物的丰度和生物量存在差异。丰度介于  $465.6 \times 10^4$  ind./L~ $2408.4 \times 10^4$  ind./L 之间, 4# 采样点最高, 为  $2408.4 \times 10^4$  ind./L, 7# 采样点次之, 为  $2046.0 \times 10^4$  ind./L, 11# 采样点最低, 为  $465.6 \times 10^4$  ind./L (图 3); 生物量在 0.51 mg/L~7.45 mg/L 之间。1# 采样点最高, 为 7.45 mg/L, 2# 采样点次之, 为 7.17 mg/L, 11# 采样点最低, 为 0.51 mg/L (图 4)。太湖夏季浮游植物的优势种为 7 种(见表 2)。

#### 3.1.2. 浮游动物

研究期间, 总计鉴定出 52 种浮游动物(附录二), 包括 7 属 10 种原生动物, 占总浮游动物种数 19.23%; 轮虫 14 属 26 种, 占总浮游动物种数 50.00%, 枝角类 5 属 9 种, 占浮游动物总种数 17.31%, 桡足类 5

属 7 种, 占总浮游动物种数 13.46%。浮游动物各采样点种类变化见图 5。

10#采样点包含物种数量最多, 为 28 种, 占总浮游动物种数 53.85%, 1#采样点次之, 为 20 种, 占总浮游动物种数 38.46%, 3#采样点物种数量为 5 种, 在太湖浮游动物物种总数中占比最小, 为 9.62%。

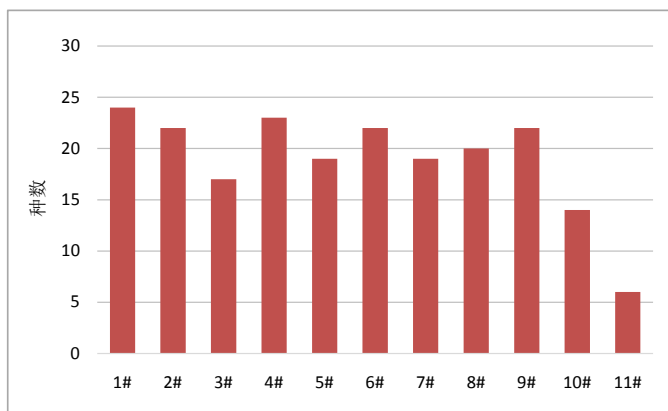


Figure 2. Changes in phytoplankton species at summer sampling points in Tai Lake National Wetland Park

图 2. 太湖国家湿地公园夏季采样点浮游植物种类变化

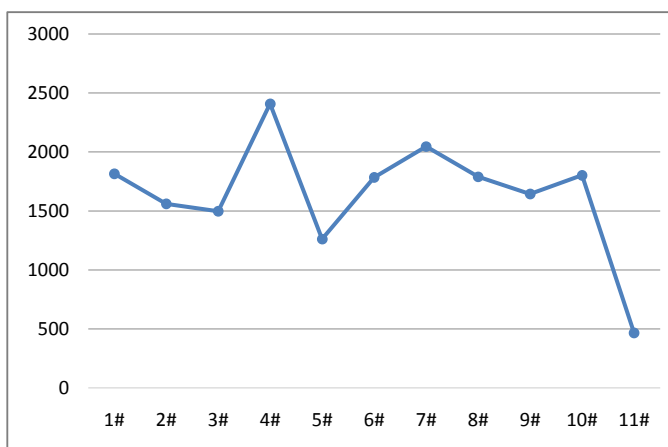


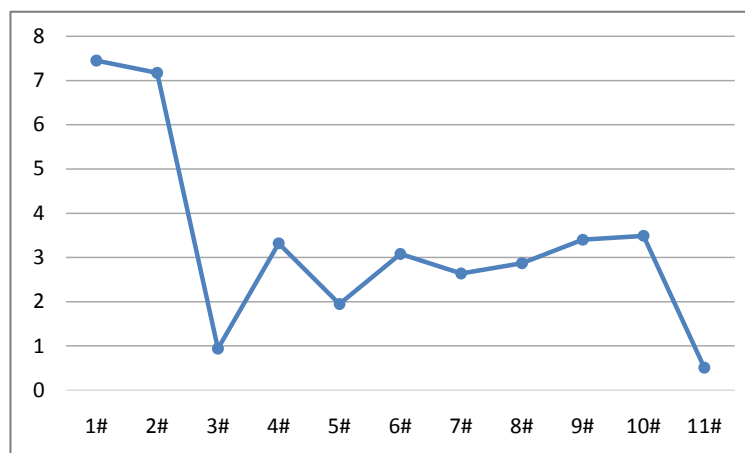
Figure 3. Horizontal distribution of phytoplankton abundance in Tai Lake National Wetland Park ( $10^4$  ind./L)

图 3. 太湖国家湿地公园浮游植物丰度的水平分布( $10^4$  ind./L)

Table 2. Summer phytoplankton seasonal advantage species in Tai Lake National Wetland Park

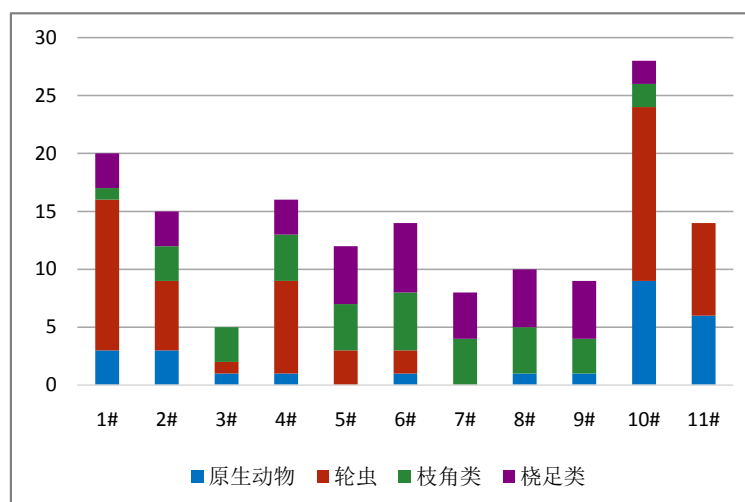
表 2. 太湖国家湿地公园夏季浮游植物各季节优势种

优势种	丰度( $10^4$ ind./L)	出现频率	优势度
细小平裂藻	8440.8	0.73	0.409
水华束丝藻	486	0.64	0.021
尖针杆藻	301.2	0.73	0.015
梅尼小环藻	2194.8	0.91	0.133
黄群藻 sp	946.8	0.55	0.034
四尾栅藻	727.2	0.64	0.031
美丽网球藻	532.8	0.73	0.026



**Figure 4.** Horizontal distribution of phytoplankton biomass in Tai Lake National Wetland Park (mg/L)

**图 4.** 太湖国家湿地公园浮游植物生物量的水平分布(mg/L)



**Figure 5.** Changes in zooplankton species at sampling points in the summer at Tai Lake National Wetland Park

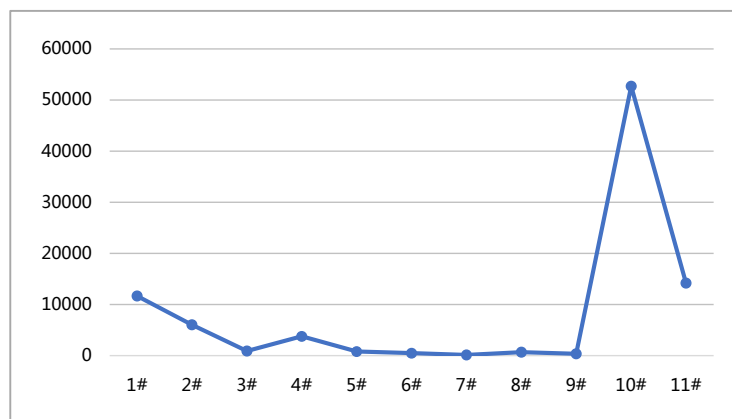
**图 5.** 太湖国家湿地公园夏季各采样点浮游动物种类变化

太湖国家湿地公园各采样点之间浮游动物的丰度和生物量不同。丰度介于 160.5 ind./L~52,711.5 ind./L 之间, 10#采样点丰度最高, 为 52,711.5 ind./L, 11#采样点次之, 为 14,220 ind./L, 7#采样点为 160.5 ind./L, 丰度最低(图 6); 生物量最高为 18.46 mg/L, 最低为 0.26 mg/L, 10#采样点最高。8#采样点为 13.25 mg/L 次之, 3#采样点最低(图 7)。夏季浮游动物的优势种为 4 种(见表 3)。

**Table 3.** Tai Lake National Wetland Park Summer zooplankton Advantage species

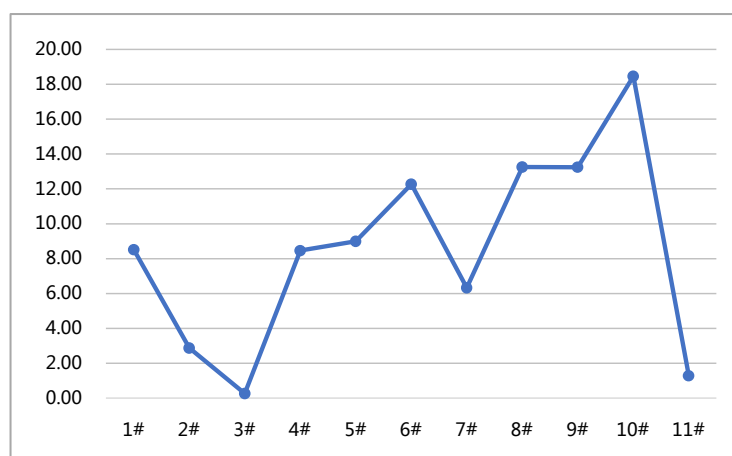
**表 3.** 太湖国家湿地公园夏季浮游动物优势种

轮虫	桡足类
蹄形腔轮虫 <i>Lecane unguolata</i>	无节幼体 <i>Nauplii</i>
囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i> Gosse	
长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg	



**Figure 6.** Horizontal distribution of summer zooplankton abundance in Tai Lake National Wetland Park (ind./L)

**图 6.** 太湖国家湿地公园夏季浮游动物丰度的水平分布(ind./L)



**Figure 7.** Horizontal distribution of summer zooplankton biomass at Tai Lake National Wetland Park (mg/L)

**图 7.** 太湖国家湿地公园夏季浮游动物生物量的水平分布(mg/L)

### 3.2. 水体理化因子的空间分析

依照《地面水环境质量标准》[15]如表 4，对太湖水质检测结果如表 5。

**Table 4.** Water quality evaluation standard (mg/L)

**表 4.** 水质评价标准(mg/L)

	分级标准				
	I	II	III	IV	V
pH			6~9		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0.15	0.5	1	1.5	2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μg/L)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6
TN (mg/L)	0.2	0.5	1	1.5	2
TP (mg/L)	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	15	15	20	30	40
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	3	3	4	6	10

**Table 5.** Water quality measurements in tai lake national wetland park  
**表 5.** 太湖国家湿地公园水质测量结果

采样点	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)
1#	9.01	0.802	0.614	5.264	0.244	37	1.1
2#	9.41	0.455	0.647	4.942	0.107	21	0.2
3#	9.5	0.314	0.726	3.960	0.113	1	0.5
4#	9.52	0.291	0.752	4.893	0.106	1	1.1
5#	9.52	0.274	0.785	4.718	0.082	1	2.5
6#	9.38	0.291	0.71	4.511	0.106	33	1.9
7#	9.43	0.264	0.746	5.024	0.075	2	2.1
8#	9.46	0.26	0.716	4.729	0.084	1	1.6
9#	9.52	0.226	0.855	4.620	0.094	1	3.8
10#	8.26	0.457	0.525	5.504	0.327	1	2.2
11#	7.71	12.77	1.406	5.466	0.501	1	0.6
平均值	9.156	1.491	0.771	4.875	0.167	8.636	1.600

11#采样点为污水处理厂处理后的出水口,经该厂处理后并排放的“中水”由此进入太湖水体。“中水”是将废水经过处理达一定标准后得到的再生水,其中仍含有一定污染物。1#采样点距污水处理厂“中水”排放点较近,水质受污水处理厂排出的“中水”影响,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、TN与TP指标皆超标,存在较重氮、磷污染和富营养化。2#~10#采样点水质经过太湖内植被初步净化,磷污染程度较1#、11#采样点相比相对较轻,但仍然存在较严重的氮污染。所有采样点水样pH值结果中,仅11#采样点水样pH值在《地面水环境质量标准》要求范围内,其余采样点水样pH全部高于要求上限。整体呈碱性。水体pH较高可能与水体富营养化有关。大量藻类进行光合作用持续消耗水体中的CO<sub>2</sub>,使得水体pH值升高。

### 3.3. 浮游植物与环境因子的 RDA 分析

对太湖国家湿地公园环境因子和浮游植物群落进行 RDA 分析(表 6),太湖夏季环境因子与浮游植物群落 RDA 分析结果如图 8 所示,主成分前 2 个特征值分别为 0.417 和 0.214,环境因子与物种有较高的相关系数,分别为 0.991 和 0.974,说明浮游植物群落的动态分布被环境因子影响显著。

根据 RDA 分析,对夏季浮游植物群落影响显著的环境因子有水体 pH 值(-0.8513),TP (0.8073),NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0.6982),NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0.4524)。从环境因子与浮游植物种类组成的关系来看,硅藻门种类与 COD<sub>Mn</sub> 呈正相关。大部分绿藻门种类与 BOD<sub>5</sub> 呈正相关,与 TP 呈负相关,与水体 pH 值表现出正相关。(P-value = 0.0010)

由于太湖国家湿地公园夏季浮游动物丰度与生物量较少,不适合进行 RDA 分析,故不作讨论。

## 4. 讨论

### 4.1. 浮游生物群落的水平分布特征

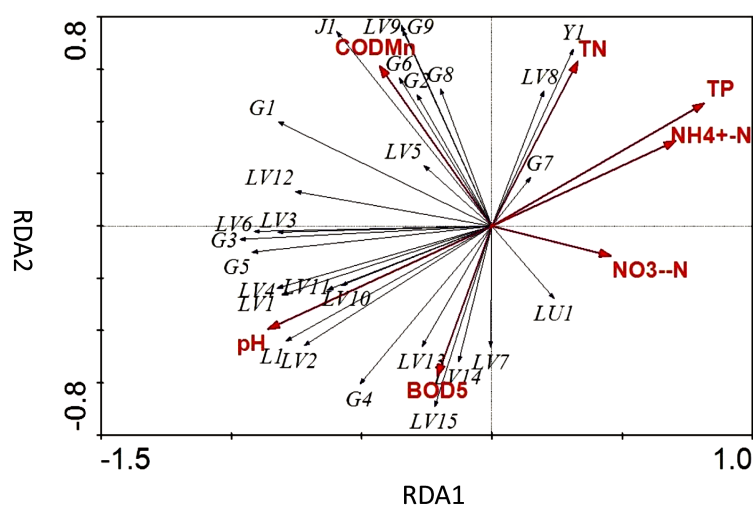
太湖国家湿地公园各采样点的夏季浮游植物种数数据表明,湖上 10 个采样点种类数差距不大。11# 采样点是“中水”入湖口,种类数最少。

由浮游动物各点种类图 5 及丰度图 6 可知,10#采样点丰度最高,水体溶解氧较高,理化指标相对比较良好,更加适宜浮游动物生存,致使浮游动物在种类上和数量上处于较高的水平。11#采样点溶解氧较高,枝角类、桡足类之外的浮游动物都已出现,说明水质得到一定的改善,存在一定的动物生命迹象。



**Table 6.** Species and numbers of phytoplankton in RDA sorting chart  
**表 6.** 浮游植物在 RDA 排序图中的物种及编号

编号	物种	编号	物种
L1	细小平裂藻	LV2	针形纤维藻
G1	短线脆杆藻	LV3	镰形纤维藻
G2	颗粒直链藻	LV4	双对栅藻
G3	尖针杆藻	LV5	二形栅藻
G4	双头针杆藻	LV6	四尾栅藻
G5	梅尼小环藻	LV7	扁盘栅藻
G6	短小舟形藻	LV8	小空星藻
G7	双头舟形藻	LV9	四角盘星藻
G8	偏肿桥弯藻	LV10	纤细月牙藻
G9	普通等片藻	LV11	蹄形藻
J1	黄群藻 sp	LV12	美丽网球藻
Y1	卵形隐藻	LV13	四角十字藻
LU1	尖尾裸藻	LV14	四足十字藻
LV1	狭形纤维藻	LV15	纤细新月藻



**Figure 8.** RDA analysis of phytoplankton and environmental factors  
**图 8.** 浮游植物与环境因子的 RDA 分析图

1#、2#采样点距入湖口最近，水体氮磷含量较高，浮游植物丰富，所以很多以浮游植物为食的浮游动物丰度水平高。其中在 7#采样点中未发现枝角类桡足类，结合样点周边生境情况，可能是缺乏水生植被对水体的净化，导致水体缺氧，枝角类桡足类难以生存。结合浮游动物生物量图 7 可知，10#采样点最高，3#采样点生物量最低，11#采样点次之，可以从对浮游植物浮游动物做出的丰度图(图 3，图 6)和生物量图(图 4，图 7)中发现，1#、2#、3#丰度和生物量都是呈现下降的趋势，这是由于 1#采样点距“中水”入湖口最近，其次处于岸边位置，生物多样性较高，2#、3#采样点距岸边和“中水”入湖口稍远，所以生物多样性不如 1#采样点，其丰度和生物量自然就小于 1#采样点。4#采样点浮游动物的丰度处于较高水平，这是由于周边存在很多水生植被，水体缺氧不严重，很多生物得以生存。周边芦苇香蒲等水生植被

较少,对氮磷吸收较少,导致水体富营养化严重,加之湖底淤泥较厚且富含大量有机质导致其浮游植物丰度最高。11#浮游植物物种数,生物量与丰都均为11个采样点当中的最低水平。1#采样点距11#采样点最近,1#采样点周边芦苇较多,芦苇作为水生植被对氮磷吸收的贡献率处于较高水平,致使1#采样点浮游植物丰度与生物量处于较高水平。

## 4.2. 浮游生物群落与环境因子相关性

可以从RDA分析结果中发现,太湖国家湿地公园夏季浮游植物群落受水体pH值,TP,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ 影响较大,浮游植物对过高或过低的pH十分敏感,研究表明,水体中的可利用碳源可以被pH调节,从而影响浮游植物种间竞争光和合速率,碱性环境更有助于浮游植物进行光合作用,促进浮游植物生长繁殖,这与该研究中pH与浮游植物丰度呈正相关的结果一致[16]。氮、磷是浮游植物生长最重要的营养物质,也是生长限制元素,TP, TN的不足或过量都会影响浮游植物的生长和群落结构[17][18][19]。“中水”入湖口处水体富营养化, TN、TP严重超标,富营养化浅水湖泊中沉积物释放的磷可作为浮游植物发生水华的重要磷源,高浓度氮磷营养盐抑制绿藻生长,所以绿藻门种类大多与TP呈明显负相关。

## 5. 结论和建议

### 5.1. 结论

1) 2018年7月对太湖国家湿地公园浮游植物,浮游动物群落结构进行调查,共鉴定出浮游植物6门41种及变种,浮游动物18种,浮游植物丰度波动于 $465.6 \times 10^4 \sim 2408.4 \times 10^4$  ind./L之间,生物量在0.37~7.45 mg/L之间。主要优势种为细小平裂藻。

2) RDA分析的结果表明,太湖国家湿地公园夏季浮游植物分布受水体pH值,TP,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ 等环境因子影响较为明显,大部分绿藻门种类与水体pH值表现出正相关,与TP呈负相关,与 $\text{BOD}_5$ 呈正相关,硅藻门种类与 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 呈正相关。

### 5.2. 建议

加强监管力度,对周边居民及游客进行环保和湿地保护的宣传,处理好垃圾和生活污水的排放,减少餐饮、休闲娱乐等人为干扰对太湖国家湿地公园的影响。加强太湖湿地公园水生态监测的力度,生态监测可以综合反映水环境质量状况。技术再先进的理化检测,仪器也只能测出毒物浓度,无法测出毒性强度。只有通过生物监测的方法才检测出毒性强弱。

## 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] Lepisto, L., Holopainen, A.L. and Vuoristo, H. (2014) Type-Specific and Indicator Taxa of Phytoplankton as a Quality Criterion for Assessing the Ecological Status of Finnish Boreal Lakes. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, **34**, 236-248. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80048-3](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80048-3)
- [2] 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.
- [3] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 赵文. 水生生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [5] 周凤霞. 淡水微型生物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
- [6] 周凤霞. 淡水微型生物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 韩茂森, 束蕴芳. 中国淡水生物图谱[M]. 北京: 海洋出版社, 1995.

- [8] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物与底栖动物图谱[M]. 第2版. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [9] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 国家环境保护总局. 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.
- [13] Jiang, Y.J., He, W., Liu, W.X., *et al.* (2014) The Seasonal and Spatial Variations of Phytoplankton Community and Their Correlation with Environmental Factors in a Large Eutrophic Chinese Lake (Lake Chaohu). *Ecological Indicators*, **40**, 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.006>
- [14] Muylaert, K., Van, K.D.G., Vloemans, N., *et al.* (2002) Relationship between Bacterial Community Composition and Bottom-Up versus Top-Down Variables in Four Eutrophic Shallow Lakes. *Applied and Environmental Microbiology*, **68**, 4740-4750. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.10.4740-4750.2002>
- [15] 国家环境保护总局 “水和废水监测分析方法”编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [16] 陈立婧, 景钰湘, 吴艳芳, 等. 人工滩涂湖泊滴水湖浮游藻类群落特征[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7): 1771-1779.
- [17] Ma, C.X. and Yu, H.X. (2013) Phytoplankton Community Structure in Reservoirs of Different Trophic Status, North-east China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, **31**, 471-481. <https://doi.org/10.1007/s00343-013-1264-6>
- [18] Xu, H., Paerl, H.W., Qin, B., *et al.* (2010). Nitrogen and Phosphorus Inputs Control Phytoplankton Growth in Eutrophic Lake Taihu, China. *Limnology and Oceanography*, **55**, 420-432. <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.1.0420>
- [19] 安睿, 王凤友, 于洪贤, 等. 小兴凯湖浮游植物功能群特征及其影响因子[J]. 环境科学研究, 2016, 29(7): 985-994.

## 附录一：太湖国家湿地公园夏季浮游植物名录

门(Phylum)	种(Species)	拉丁名
蓝藻门	细小平裂藻	<i>Merismopedia minima</i>
	马氏平裂藻	<i>Merismopedia marssonii</i>
	阿氏席藻	<i>Phormidium allorgei</i>
硅藻门	水华束丝藻	
	短线脆杆藻	<i>Fragilaria brevistriata</i>
	颗粒直链藻	<i>Melosira granulata</i>
	尖针杆藻	<i>Synedra acus</i>
	双头针杆藻	<i>Synedra amphicephala</i>
	肘状针杆藻	<i>Synedra ulna</i>
	梅尼小环藻	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
	短小舟形藻	<i>Navicula exigua</i>
	双头舟形藻	<i>Navicula dicephala</i>
	缢缩异极藻	<i>Gomphonema constrictum</i>
	偏肿桥弯藻	<i>Cymbella ventricosa</i>
普通等片藻	<i>Diatoma vulgare</i>	
金藻门	黄群藻 sp	
隐藻门	卵形隐藻	<i>Cryptomonas ovata</i>
裸藻门	尖尾裸藻	<i>Euglena oxyuris</i>
	糙膜陀螺藻	
绿藻门	球衣藻	<i>Chlamydomonas globosa</i>
	狭形纤维藻	<i>Ankistrodesmus angustus</i>
	针形纤维藻	<i>Ankistrodesmus acicularis</i>
	镰形纤维藻	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
	四刺顶棘藻	<i>Chodatella quadriseta</i>
	三角四角藻	<i>Tetraëdron trigonum</i>
	双对栅藻	<i>Scenedesmus bijuga</i>
	二形栅藻	<i>Scenedesmus dimorphus</i>
	四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
	扁盘栅藻	<i>Scenedesmus platydiscus</i>
	小空星藻	<i>Coelastrum microporum</i>
	空球藻	<i>Eudorina elegans</i>
	实球藻	
	盘星藻	<i>Pediastrum birtadiatum</i>
	四角盘星藻	<i>Pesiastrum tetras</i>
	纤细月牙藻	<i>Selenastrum gracile</i>
	蹄形藻	<i>Kirchneriella lunaris</i>
	美丽网球藻	
	四角十字藻	<i>Crucigenia quadrata</i>
	四足十字藻	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
纤细新月藻		
钝鼓藻	<i>Cosmarium obtusatum</i>	

## 附录二：太湖国家湿地公园夏季浮游动物名录

	种(Species)	拉丁名	
原生动物	吻状四膜虫	<i>Tetrahymena rostrata</i> Kahl	
	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	
	小口钟虫	<i>Vorticella microstoma</i> Ehrenberg	
	钟形钟虫	<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg	
	多形喇叭虫	<i>Stentor multimormis</i> (O.F.Muller)	
	绿急游虫	<i>Strombidium viride</i> Stein	
	旋回侠盗虫	<i>Strobilidium gyrans</i> Stokes	
	湖沼拟铃虫	<i>Tintinnopsis lacustris</i> Entz	
	轮虫	椎尾水轮虫	<i>Epiphanes senta</i> O.F.Muller
		爱德里亚狭甲轮虫	<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg
钝角狭甲轮虫		<i>Colurella obtusa</i> (Gosse)	
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>	
曲腿龟甲轮虫		<i>Keratella valga</i> Linnaeus	
矩形龟甲轮虫		<i>Keratella quadrata</i> Muller	
鳞状叶轮虫		<i>Nothoca squamula</i> (O.P.Muller)	
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>	
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>	
尾棘巨头轮虫		<i>Cephalodella sterea</i> (Gosse)	
卵形无柄轮虫		<i>Ascomorpha ovalis</i> Bergebdal	
暗小异尾轮虫		<i>Trichicerca pusilla</i>	
对棘同尾轮虫		<i>Diurella stylata</i>	
双齿同尾轮虫		<i>Diurella bedens</i> Lucks	
针簇多肢轮虫	<i>Polyarthra trigla</i> Ehrenberg		
长三支轮虫	<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg		
微突镜轮虫	<i>Testudinella mucronata</i> (Gosse)		

## Continued

枝角类	短尾秀体蚤	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lieven)
	长肢秀体蚤	<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i> Fis
	大型蚤	<i>Daphnia magna</i> Straus
	透明蚤	<i>Daphnia hyaline</i>
	长刺蚤	<i>Daphnia longispina</i>
	老年低额蚤	<i>Simocephalus vetulus</i> (Muller)
	矩形尖额蚤	<i>Alona rectangula</i>
	方形尖额蚤	<i>Alona quadrangularis</i> O.F.Muller
	圆形盘肠蚤	<i>Chydorus sphaericus</i> O.F.Muller
	桡足类	细巧华哲水蚤
近邻剑水蚤		<i>Cyclops vicinus</i> Ujjanin
无节幼体		<i>Nauplii</i>
锯缘真剑水蚤		<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer)
大型中镖水蚤		<i>Sinodia ptomus sarsi</i> (Rylov)
透明温剑水蚤		<i>Thermocyclops hyalinus</i> (Rehberg)
等刺温剑水蚤		<i>Thermocyclops kawamurai</i> Kikuchi