



移动扫码阅读

吴转璋,朱超,唐萍,等.巢湖湖区浮游动物群落结构及其水质评价[J].能源环境保护,2022,36(4):109-116.

WU Zhuanzhang, ZHU Chao, TANG Ping, et al. Zooplankton community structure and water quality assessment in Chaohu Lake[J]. Energy Environmental Protection, 2022, 36(4): 109-116.

巢湖湖区浮游动物群落结构及其水质评价

吴转璋,朱超,唐萍,杨晓冉,王欢,张付海*

(安徽省生态环境监测中心,安徽合肥230071)

摘要:基于巢湖湖区8个国控监测点位水质监测数据和浮游动物调查数据,对巢湖湖区浮游动物群落结构进行多样性指标分析和水质评价,并对浮游动物密度进行聚类分析。结果表明:3次调查共鉴定出浮游动物41种(属),以轮虫、枝角类和桡足类为主要类群;各监测点位Shannon-Wiener多样性指数变化不明显;Margalef丰富度指数2020年大于2019年,春季大于秋季,东半湖略大于西半湖;根据浮游动物多样性指数水质评价和水质理化因子评价结果判断巢湖水质处于轻度污染-中度污染状态;浮游动物密度聚类分析结果显示,巢湖湖区除东半湖湖心外,其余各点位水体环境和浮游动物群落结构区别不大。

关键词:浮游动物;群落结构;多样性指标;聚类分析

中图分类号:X824

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2022)04-0109-08

Zooplankton community structure and water quality assessment in Chaohu Lake

WU Zhuanzhang, ZHU Chao, TANG Ping, YANG Xiaoran, WANG Huan, ZHANG Fuhai*
(Anhui Province Eco-Environmental Monitoring Center, Hefei 230071, China)

Abstract: Based on the water quality monitoring data and zooplankton survey data of 8 state-controlled monitoring points in Chaohu Lake area, the diversity index of the zooplankton community structure was analyzed and the water quality was assessed. The zooplankton density was also analyzed with cluster analysis method. The results showed that 41 species (genera) of zooplankton were identified in three investigations, and rotifers, cladocerans and copepods were the main groups. The Shannon-Wiener diversity index in the monitoring points of Chaohu Lake did not change significantly. The Margalef richness index was greater in 2020 than that in 2019, greater in the spring than that in the autumn, and slightly greater in the eastern lake than that in the western lake. Combined with the results of zooplankton diversity index analysis, water quality physical and chemical factors assessment, it was concluded that the water quality of Chaohu Lake was in the state of mild-moderate pollution. The cluster analysis results showed that the water quality and zooplankton community structure in the monitoring points, except the middle monitoring point of eastern lake, had little difference.

Key Words: Zooplankton; Community structure; Diversity indicators; Cluster analysis

0 引言

浮游动物具有个体小、数量多、生长周期短、

代谢旺盛的特点,既能以浮游植物、碎屑和细菌等为食,也是鱼类和其它一些水生动物的饵料,是水生生态系统食物网结构的关键环节,对于整个生态

收稿日期:2022-03-16;责任编辑:金丽丽

基金项目:原环境保护部《巢湖水华过程中微囊藻毒素与典型浮游植物的动态变化及其相互关系的研究》(20161001)

第一作者简介:吴转璋(1981—),女,安徽太湖人,工程师,主要从事环境监测数据综合分析。E-mail:642312934@qq.com

通讯作者简介:张付海(1978—),男,安徽阜南人,高级工程师,从事环境监测和环境管理方面的研究。E-mail:754485827@qq.com

系统的物质循环、能量流动和生物资源的补充等发挥着重要作用,也是水生态系统的重要组成部分^[1-4]。浮游动物对环境变化敏感,其种类组成及变化能及时且准确地反映水体生态环境的质量状况,因此浮游动物数量分布和生物多样性指数常用来综合评价水生态环境质量状况^[5-6]。

巢湖位于安徽省中部,东西长 54.5 km,南北宽 21 km,水域面积约 760 km²,为我国五大淡水湖之一,属于国家“三河三湖”重点水污染防治水体。近 40 年来,随着巢湖两岸人口急剧增长和经济快速发展,入湖污染物特别是氮、磷等营养物迅速增加,导致水质急剧恶化,水体富营养化程度严重,蓝藻频发,水生态环境破坏严重。“十三五”期间,合肥市在巢湖治理中注重制度设计、科技支撑、机制创新、生态修复,初步形成了点、线、面相结合的水污染防治体系和适合巢湖湖情的综合治理模式,巢湖流域水质得到一定程度上改善,但巢湖水污染治理和水生态修复还需漫长的过程。目前,关于巢湖水质状况的研究多集中在物理指标和化学指标方面,浮游动物相关指标的研究较少,仅李静等^[7]在 2013 年对春季和夏季巢湖浮游生物群落组成进行了分析,李怀国等^[8]在 2015 年对巢湖水质现状及浮游生物群落结构特征进行了评价,陈倩颖等^[9]在 2019 年对巢湖浮游动物功能群和浮游植物的相互关系进行了探索。本文利用多样性指数和聚类分析方法对巢湖湖区浮游动物群落特征进行分析,以了解不同年份巢湖水质状况及变化趋势,以期对巢湖水环境治理和水生态保护提供理论参考和依据。

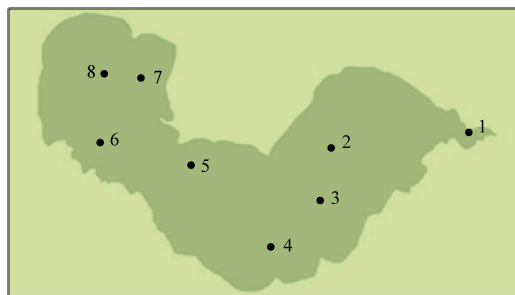
1 材料与方法

1.1 数据来源

安徽省生态环境监测中心分别于 2019 年 10 月(秋季)、2020 年 5 月(春季)和 10 月(秋季)对巢湖湖区 8 个国控监测点位进行了 3 次水生态环境质量监测。监测点位分别为东半湖 5 个(巢湖船厂、黄麓、东半湖湖心、兆河入湖区和忠庙)和西半湖 3 个(新河入湖区、湖滨、西半湖湖心),其分布示意图见图 1。

1.2 浮游动物采样、鉴定及分析方法

根据浮游动物密度,Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Margalef 丰富度指数(D)对巢湖湖区浮游动物的生态学特征进行分析,各项指数的计算公式如式(1)和式(2)^[10-12]。



1-巢湖船厂;2-黄麓;3-东半湖湖心;4-兆河入湖区;
5-忠庙;6-新河入湖区;7-湖滨;8-西半湖湖心

图 1 监测点位示意图

Fig.1 Schematic diagram of monitoring points

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

$$D = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (2)$$

式(1)和(2)中: S 为浮游动物种类的总数目; p_i 为第*i*种个体数与总个体数的比值; N 为所有物种个体总数。

Shannon - Wiener 多样性指数(H')和 Margalef 丰富度指数(D)的评价标准见表 1。

表 1 Shannon-Wiener 指数和 Margalef 指数的
评价标准^[10-12]

Table 1 Evaluation criteria of Shannon-Wiener index
and Margalef index^[10-12]

Shannon-Wiener 指数	Margalef 指数	级别	水质类型
>3	>3	丰富	清洁
2~3	>3	较丰富	轻污染
1~2	1~3	一般	中污染
0~1	0~1	贫乏	重污染

1.3 水质理化因子评价方法

调查期间同步对各监测点位水温、pH、总磷、高锰酸盐指数、溶解氧、氨氮、化学需氧量等主要水质因子进行监测。水质理化因子评价采用内梅罗污染指数法,此方法既考虑了污染指数最大的指标对水体的影响又能更全面的反映水体污染情况^[13]。内梅罗污染指数计算公式如下:

$$P_{\text{传统}} = \sqrt{(F_{\text{最大}}^2 + F_{\text{平均}}^2)/2} \quad (3)$$

式(3)中: $F_{\text{最大}}$ 为所有参评指标单因子污染指数的最大值, $F_{\text{平均}}$ 为所有参评指标单因子污染指数的平均值, $P_{\text{传统}}$ 为传统的内梅罗污染指数。

传统的内梅罗污染指数水环境质量分级标准如下^[14-16]: $P_{\text{传统}} \leq 1$ 时,水质清洁; $1 < P_{\text{传统}} \leq 1.5$ 时,轻度污染; $1.5 < P_{\text{传统}} \leq 2$ 时,中度污染; $P_{\text{传统}}$

>2 时,重度污染。

1.4 数据处理

采用 spss23.0 软件对各采样点浮游动物种群密度进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 水质因子评价

除总磷、总氮外,各监测点位其他水质因子均满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类标准要求,各监测点位总磷、总氮及叶绿素 a 监测值见表 2。2019 年 10 月,总氮全湖均值为 0.80 mg · L⁻¹,变化范围为 0.54~1.39 mg · L⁻¹;总磷全湖均值为 0.08 mg · L⁻¹,变化范围为 0.05~0.13 mg · L⁻¹;叶绿素 a 全湖均值为 0.101 mg · L⁻¹,变化范围为 0.068~0.147 mg · L⁻¹。2020 年 5 月,总氮全湖均值为 1.46 mg · L⁻¹,变化范围为 1.05~1.97 mg · L⁻¹;总磷全湖均值为 0.07 mg · L⁻¹,变化范围为 0.05~0.09 mg · L⁻¹;叶绿素 a 全湖均值为 0.015 mg · L⁻¹,变化范围为 0.010~0.020 mg · L⁻¹。

2020 年 10 月,总氮全湖均值为 1.45 mg · L⁻¹,变化范围为 1.09~2.27 mg · L⁻¹;总磷全湖均值为 0.10 mg · L⁻¹,变化范围为 0.08~0.12 mg · L⁻¹;叶绿素 a 全湖均值为 0.011 mg · L⁻¹,变化范围为 0.006~0.023 mg · L⁻¹。从以上分析可知,总氮监测值 2020 年大于 2019 年,2020 年 5 月和 10 月间相差不大;总磷监测值 2019 年 10 月与 2020 年 5 月相差不大,2020 年 10 月稍大于 2020 年 5 月;叶绿素 a 监测值 2020 年远远小于 2019 年,2020 年 10 月与 2020 年 5 月相差不大。

采用内梅罗污染指数法对调查期间巢湖湖区水体的主要水质因子进行评价,评价结果见表 2。评价结果显示:2019 年 10 月水质清洁点位占比为 62.5%,轻度污染占比为 12.5%,中度污染占比为 25%,全湖整体为轻度污染;2020 年 5 月水质清洁点位占比为 25%,轻度污染占比为 62.5%,中度污染占比为 12.5%,全湖整体为轻度污染;2020 年 10 月轻度污染占比为 25%,中度污染占比为 75%,全湖整体为中度污染。

表 2 巢湖湖区各监测点位水质状况评价结果

Table 2 Evaluation results of water quality at each monitoring point in Chaohu Lake

监测时间	水质指标及 评价结果	巢湖船厂	黄麓	东半湖 湖心	兆河入 湖区	忠庙	新河入 湖区	西半湖 湖心	湖滨	全湖
2019 年 10 月	总氮/(mg · L ⁻¹)	0.64	0.54	0.61	0.55	0.70	0.81	1.12	1.39	0.80
	总磷/(mg · L ⁻¹)	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.13	0.13	0.09	0.08
	叶绿素 a/(mg · L ⁻¹)	0.113	0.084	0.086	0.081	0.068	0.147	0.120	0.112	0.101
	P _{传统}	0.93	0.78	0.92	0.92	0.95	1.93	1.94	1.38	1.21
	水质状况	水质清洁	水质清洁	水质清洁	水质清洁	水质清洁	中度污染	中度污染	轻度污染	轻度污染
2020 年 5 月	总氮/(mg · L ⁻¹)	1.35	1.14	1.38	1.50	1.05	1.97	1.64	1.61	1.46
	总磷/(mg · L ⁻¹)	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.09	0.08	0.08	0.07
	叶绿素 a/(mg · L ⁻¹)	0.010	0.010	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020	0.010	0.015
	P _{传统}	1.13	0.93	1.13	1.18	0.86	1.53	1.26	1.28	1.16
	水质状况	轻度污染	水质清洁	轻度污染	轻度污染	水质清洁	中度污染	轻度污染	轻度污染	轻度污染
2020 年 10 月	总氮/(mg · L ⁻¹)	1.14	1.09	1.15	1.28	1.38	1.64	2.27	1.67	1.45
	总磷/(mg · L ⁻¹)	0.08	0.10	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.11	0.10
	叶绿素 a/(mg · L ⁻¹)	0.006	0.007	0.007	0.010	0.010	0.023	0.016	0.009	0.011
	P _{传统}	1.25	1.49	1.51	1.67	1.81	1.68	1.75	1.62	1.57
	水质状况	轻度污染	轻度污染	中度污染	中度污染	中度污染	中度污染	中度污染	中度污染	中度污染

2.2 浮游动物种类组成

在 2019~2020 年的 3 次采样调查中,巢湖 8 个国控点位 24 个样品共鉴定出浮游动物 41 种(属),其中轮虫(Rotifera)16 种,占浮游动物种类总数的 39.0%;枝角类(Cladocera)11 种,占

26.8%;桡足类(Copepoda)14 种,占 34.2%。巢湖湖区各监测点位浮游动物种类数见表 3,2020 年 5 月东半湖湖心的物种数最多,共检测到 26 种,其次是 2020 年 5 月的兆河入湖区,共检测到 24 种;而 2019 年 10 月巢湖船厂、新河入湖区和湖滨动

物种类数最少,均为 14 种;各监测点位 2020 年的动物种类数均多于 2019 年。总体来看,5 月份浮

游动物种类数多于 10 月份,5 月份桡足类种类数占优,10 月份轮虫种类数占优。

表 3 巢湖湖区各监测点位浮游动物种类数

Table 3 Number of zooplankton species at each monitoring point in Chaohu Lake

采样时间	属	种类数/种							
		巢湖船厂	黄麓	东半湖湖心	兆河入湖区	忠庙	新河入湖区	西半湖湖心	湖滨
2019 年 10 月	轮虫	5	8	9	9	8	5	8	5
	枝角类	4	5	5	5	5	5	5	5
	桡足类	5	6	5	4	5	4	4	4
	总计	14	19	19	18	18	14	17	14
2020 年 5 月	轮虫	2	4	6	7	1	4	5	3
	枝角类	8	6	8	6	6	7	6	6
	桡足类	10	10	12	11	11	11	11	9
	总计	20	20	26	24	18	22	22	18
2020 年 10 月	轮虫	8	6	6	8	8	10	12	11
	枝角类	6	5	6	5	5	5	6	5
	桡足类	7	6	7	6	5	5	6	4
	总计	21	17	19	19	18	20	24	20

2.3 浮游动物密度

2019 年 10 月巢湖湖区各点位浮游动物密度为 250.0~2 932.6 个/L(均值 1 347.0 个/L),2020 年 5 月为 62.7~1 299.6 个/L(均值 619.5 个/L),2020 年 10 月为 208.5~1 551.2 个/L(均值 686.7 个/L)。从浮游动物密度监测结果可以看出,2020 年 5 月和 10 月巢湖湖区各点位浮游动物密度显著低于 2019 年 10 月,2019 年 10 月东半湖湖心浮

游动物密度最大,为 2 932.6 个/L。

巢湖湖区各监测点位浮游动物各门类密度占比情况见图 2。2019~2020 年,巢湖浮游动物的优势类群均为小型物种(轮虫和小型枝角类)为主,包括 龟 甲 轮 虫 (*Keratella spp.*)、多 肢 轮 虫 (*Polyarthra sp.*)、异尾轮虫 (*Trichocerca sp.*)、角突网纹溞 (*Ceriodaphnia cornuta*)、简弧象鼻溞 (*Bosmina coregoni*) 等富营养化指示物种^[10,17]。

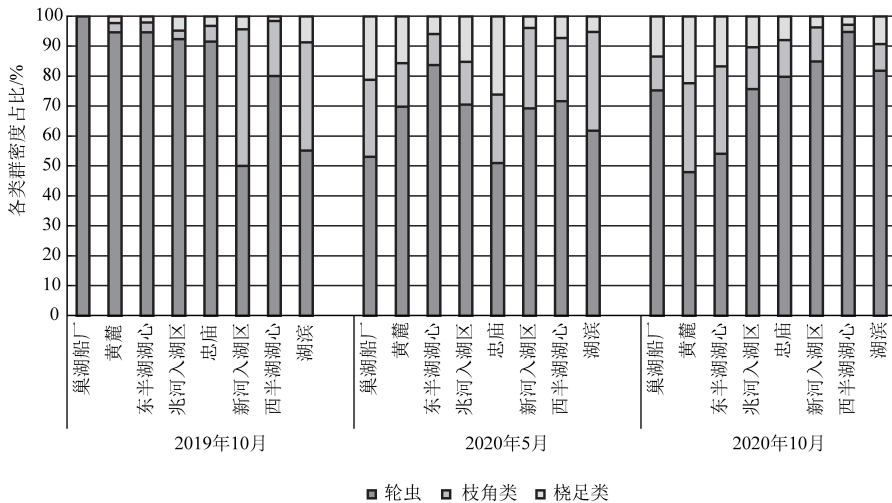


图 2 巢湖湖区各监测点位浮游动物各类群密度占比情况

Fig.2 Proportion of density of zooplankton groups at each monitoring point in Chaohu Lake

2.4 浮游动物多样性指数及水质评价

2019 年 10 月巢湖湖区各点位浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数为 1.92~3.38(均值 2.89),

2020 年 5 月为 2.47~3.27(均值 2.82),2020 年 10 月为 2.72~3.20(均值 2.93)。

2019 年 10 月巢湖湖区各点位 Margalef 丰富

度指数为 1.97~2.77(均值 2.46),2020 年 5 月为 2.86~4.59(均值 3.38),2020 年 10 月为 2.53~3.52(均值 2.98)。

从表 4 和图 3 可以看出,巢湖湖区各监测点位 Shannon-Wiener 多样性指数变化不明显,巢湖湖区各监测点位 Margalef 丰富度指数 2020 年大于 2019 年,春季(5 月)大于秋季(10 月),东半湖略大于西半湖。

用 Shannon-Wiener 多样性指数对水质进行评价,结果可知:2019 年 10 月清洁点位占比为 62.5%,轻度污染占比为 25%,中度污染占比为 12.5%,全湖整体为轻度污染;2020 年 5 月清洁点

位占比为 25%,轻度污染占比为 75%,全湖整体为轻度污染;2020 年 10 月清洁点位占比为 37.5%,轻度污染占比为 62.5%,全湖整体为轻度污染。用 Margalef 丰富度指数对水质进行评价,结果可知:2019 年 10 月全部监测点位及全湖整体均为中度污染;2020 年 5 月轻度污染占比为 62.5%,中度污染占比为 37.5%,全湖整体为轻度污染;2020 年 10 月轻度污染占比为 37.5%,中度污染占比为 62.5%,全湖整体为中度污染。2 种生物多样性指数评价结果略有差异,综合来看,巢湖湖区 2019 年 10 月水质为轻度污染-中度污染,2020 年 5 月为轻度污染,2020 年 10 月为轻度污染-中度污染。

表 4 巢湖湖区各点位浮游动物个体密度、多样性指数及评价

Table 4 Zooplankton density, diversity index and evaluation at each monitoring point in Chaohu Lake

监测时间	多样性指数	巢湖船厂	黄麓	东半湖湖心	兆河入湖区	忠庙	新河入湖区	西半湖湖心	湖滨	均值
2019 年 10 月	个体密度/(ind · L ⁻¹)	250.0	1 584.9	2 932.6	1 462.4	1 338.3	1 199.4	1 373.4	634.7	1 347.0
	H'	1.92 中污	2.83 轻污	3.05 清洁	2.75 轻污	3.04 清洁	3.08 清洁	3.38 清洁	3.10 清洁	2.89 轻污
	D	2.54 中污	2.71 中污	2.25 中污	2.61 中污	2.64 中污	1.97 中污	2.77 中污	2.17 中污	2.46 中污
2020 年 5 月	个体密度/(ind · L ⁻¹)	62.7	477.1	955.1	898.5	327.3	1 299.6	558.2	377.7	619.5
	H'	2.47 轻污	2.98 轻污	2.71 轻污	3.27 清洁	2.76 轻污	2.52 轻污	3.15 清洁	2.70 轻污	2.82 轻污
	D	4.59 轻污	3.40 轻污	3.64 轻污	3.38 轻污	2.94 中污	2.93 中污	3.32 轻污	2.86 中污	3.38 轻污
2020 年 10 月	个体密度/(ind · L ⁻¹)	292.4	208.5	258.9	687.2	827.2	824.3	1551.2	843.8	686.7
	H'	3.03 清洁	3.16 清洁	2.77 轻污	2.75 轻污	2.72 轻污	2.94 轻污	2.87 轻污	3.20 清洁	2.93 轻污
	D	3.52 轻污	3.00 中污	3.24 轻污	2.76 中污	2.53 中污	2.83 中污	3.13 轻污	2.82 中污	2.98 中污

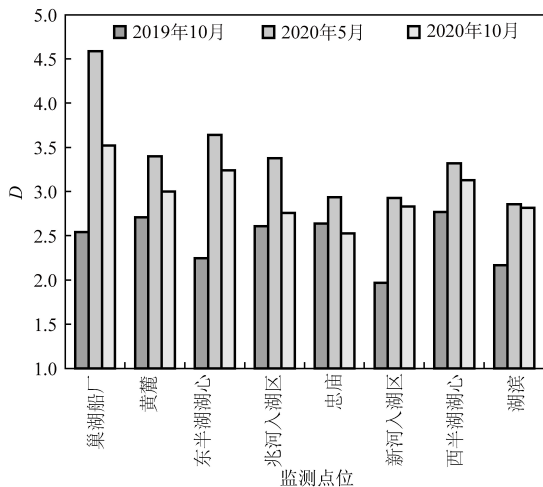
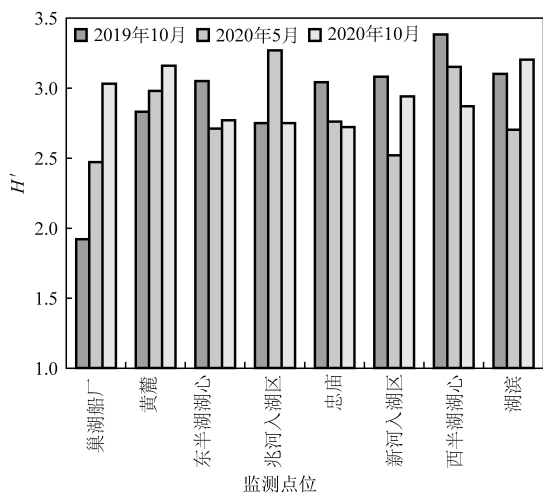


图 3 巢湖湖区各监测点位浮游动物多样性指数和丰富度指数变化

Fig.3 Changes of zooplankton diversity index and richness index at each monitoring point in Chaohu Lake

2.5 浮游动物密度聚类分析

对巢湖湖区各采样点的浮游动物种群密度进行聚类分析,采用组间联接法进行系统聚类。从

图 4 可以看出,兆河入湖区、新河入湖区、黄麓、忠庙、西半湖湖心、巢湖船厂和湖滨为第一类,东半湖湖心为第二类,第一类中,兆河入湖区、新河入

湖区、黄麓和忠庙之间具有很强的自然属性,可初步说明这些点具有相似的水体环境和浮游动物群落,西半湖湖心与上述采样点相接近;同样,巢湖船厂和湖滨水环境相似,也处于第一类中。东半湖湖心单独分为第二类,可判断东半湖湖心水质与第一类具有明显差别。除东、西半湖湖心外,其余点位均靠近河流入湖口,具有相似的地理环境因素,因此出现在同一类群中,而西半湖湖心点位水质较差,也划分在第一类群中。东半湖湖心水质相对较好,且浮游动物种类数和密度显著多于其他点位,因此单独分在第二类。

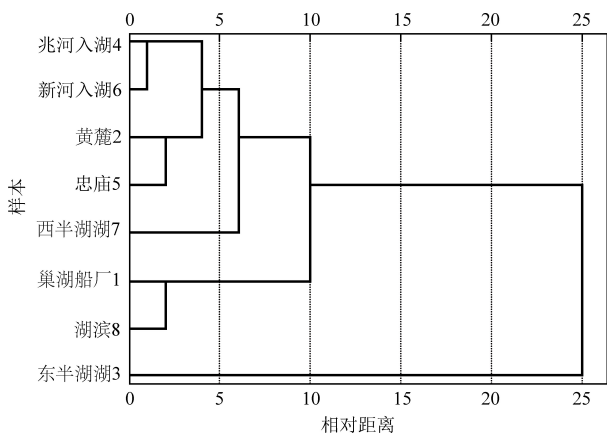


图 4 巢湖湖区浮游动物密度聚类分析

Fig.4 Cluster analysis of zooplankton density in Chaohu Lake

3 讨 论

3.1 浮游动物群落结构特征

轮虫具有独特的孤雌生殖方式,能在很短时间内达到很高的丰度,且能快速适应水体水质条件的改变和水文条件的波动,因此,浮游动物群落结构中通常以轮虫群落为主^[18],多项研究成果也表明,中国河流及湖泊水体浮游动物主要以轮虫为主^[4,19-21],这与本研究结论一致。

浮游动物由于其个体小、繁殖快,对水体环境的变化比较敏感,营养盐、温度、食物等的变化都能影响后生浮游动物的群落结构及时空分布^[22]。水温是影响浮游动物生长、数量变化和群落组成的一个重要因素^[23-24],本研究 3 次监测温度变化不大,故温度不构成本次研究浮游动物群落变化的主要影响因素。有关研究表明^[25-27]:在理化环境变化剧烈的水体,浮游动物群落结构主要取决于易变的理化环境因子;在环境相对稳定的水体,浮游动物群落结构主要取决于食物等生物因子,叶绿素 a 是浮游动物的主要食物来源之一,叶绿

素 a 浓度与浮游动物生物量呈正相关。本研究 3 次监测总磷、总氮等理化因子浓度变化不明显,而巢湖湖区各点位叶绿素 a 浓度监测值 2020 年远远小于 2019 年,这与 2020 年浮游动物密度显著低于 2019 年一致。

李怀国等^[8]于 2015 年 7 月对巢湖浮游动物群落结构调查鉴定出轮虫、枝角类和桡足类共 48 种,以轮虫为主,浮游动物平均密度为 2 734.05 个/L;陈倩颖等^[9]于 2019 年 7 月的调查共鉴定出巢湖浮游动物 43 种,以轮虫为主占比 53.49%,浮游动物平均密度为 1 529 个/L,而本次研究 2019 年 10 月浮游动物平均密度为 1 347.0 个/L,2020 年 5 月为 619.5 个/L,2020 年 10 月为 686.7 个/L。结合这些研究成果,可以看出巢湖湖区浮游动物种类数变化不大,但浮游动物平均密度随时间推移逐渐变小。在清洁型水体中,浮游动物一般显示种类多,数量少的特点^[28]。因此,从浮游动物密度变小的趋势可以看出巢湖水质得到了一定程度上的改善。

蓝藻水华的暴发通常伴随着大型浮游动物种群数量的下降以及轮虫数量的增加^[29-31],巢湖湖区 5 月份浮游动物种类数多于 10 月份,5 月份桡足类种类数占优,10 月份轮虫种类数占优,巢湖湖区各监测点位 2020 年的动物种类数均多于 2019 年。根据安徽省巢湖蓝藻水华应急监测工作巢湖水华遥感监测报告,2020 年 5 月份巢湖湖区出现蓝藻水华次数 7 次,累计水华面积 80.19 km²;2019 年 10 月份巢湖湖区出现蓝藻水华次数 13 次,累计水华面积 1 127.12 km²;2020 年 10 月份巢湖湖区出现蓝藻水华次数 6 次,累计水华面积 493.2 km²。巢湖蓝藻水华遥感监测结果与巢湖湖区浮游动物群落结构变化相一致。

3.2 巢湖湖区水质特征

Shannon-Wiener 多样性指数评价显示三个监测时间全湖均为轻度污染;Margalef 丰富度指数评价显示除 2020 年 5 月全湖为轻度污染外,其余两个监测时间全湖均为中度污染;水质理化因子评价结果显示除 2020 年 10 月全湖为中度污染外,其余两个监测时间全湖均为轻度污染。以上三种评价方法评价结果略有差异,可以看出不同的水质指标评价体系会得出不同的评价结果,因此在对巢湖水体进行评价时,可以在水质因子评价基础上结合浮游动物多样性指数进行综合评价。

2018 年 11 月安徽省人民政府办公厅印发

《巢湖综合治理攻坚战实施方案》,2018 年 12 月合肥市印发《巢湖综合治理绿色发展总体规划》(2018—2035 年),巢湖流域严格执行新修订的《巢湖流域水污染防治条例》,编制实施《环巢湖湿地公园群总体规划》,自 2020 年 1 月 1 日起巢湖流域实施全面禁渔。随着新一轮巢湖综合治理推进,巢湖治理成效渐渐显现,但巢湖水质不稳固、水华不可控、生态不平衡等状况尚未根本扭转。本次研究期间巢湖水质处于轻度污染-中度污染状态。因此,需要进一步探索科学有效的巢湖治理措施和水生态修复方法,本次研究可以作为巢湖湖区水生态保护和污染治理的基础数据。

4 结 论

通过对巢湖湖区浮游动物群落结构的监测与分析,得出以下结论:

(1)本次调查期间共鉴定出浮游动物种类数共有 41 种(属),以轮虫(占比 39.0%)、枝角类(占比 26.8%)和桡足类(占比 34.2%)为主要类群。巢湖湖区浮游动物优势类群为以轮虫和小型枝角类为主的小型物种。

(2)调查期间巢湖湖区各监测点位 Shannon-Wiener 多样性指数变化不明显,巢湖湖区各监测点位 Margalef 丰富度指数 2020 年大于 2019 年,春季大于秋季,东半湖略大于西半湖。结合浮游动物多样性指数水质评价和水质理化因子评价结果可知,巢湖水质处于轻度污染-中度污染状态。

(3)浮游动物密度聚类分析结果显示,巢湖湖区各点位东半湖湖心单独为一类,其余各点位水体环境和浮游动物群落结构区别不大。

(4)需进一步加强巢湖流域点源、线源和面源的治理,削减入湖氮磷污染量,进一步加强蓝藻水华的治理,以改善浮游生物群落结构和保护生物多样性。本次研究仅仅基于 2019~2020 年 3 次采样的数据,巢湖湖区浮游动物群落结构及与污染程度之间的内在联系还有待进一步的调查与分析。

参考文献

[1] 杨宇峰,黄祥飞.浮游动物生态学研究进展[J].湖泊科学,2000,12(1):81-89.
[2] 高子涵,张健,皮杰,等.湖南省大通湖浮游动物群落结构及其与环境因子关系[J].生态学杂志,2016,35(3):733-740.

[3] 邓婉璐,何森华,孙军,等.广东孔江国家湿地公园浮游动物群落结构特征研究[J].湿地科学与管理,2021,17(1):27-31.
[4] 王腾,刘永,全秋梅,等.广东江门市主要淡水河流浮游动物群落结构特征[J].南方水产科学,2021,17(4):9-17.
[5] 胡艺,李秋华,何应,等.贵州高原水库浮游动物分布特征及影响因子——以阿哈水库为例[J].中国环境科学,2020,40(1):227-236.
[6] 吕紫薇,陈雅琪,彭家豪,等.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.
[7] 李静,崔凯,卢文轩,等.春季和夏季巢湖浮游生物群落组成及其动态分析[J].水生生物学报,2015,39(1):185-192.
[8] 李怀国,杨长明,王育来.巢湖水质现状及浮游生物群落结构特征[J].安徽农业科学,2017,45(22):13-16.
[9] 陈倩颖,吴利.巢湖浮游动物功能群和浮游植物的相互关系[J].安徽理工大学学报(自然科学版),2021,41(4):42-50.
[10] 中国环境监测总站.中国环境科学研究院.流域水生态环境质量监测与评价技术指南[M].北京:中国环境出版集团,2017:57.
[11] 陈佳林,余海军,王茜.大清河流域浮游动物的群落特征研究[J].水生生态学杂志,2021,42(3):72-78.
[12] 王硕,杨涛,李小平,等.渭河流域浮游动物群落结构及其水质评价[J].水生生物学报,2019,43(6):1333-1345.
[13] 宁阳明,尹发能.基于改进内梅罗污染指数和灰色聚类法的水质评价[J].华中师范大学学报(自然科学版),2020,54(1):149-155.
[14] 李粉茹,段立珍,朱兰保.淮河蚌埠至临淮关段表层水质分析与评价[J].水资源保护,2005,21(5):73-75+78.
[15] 张云霞,魏晓,汪涛.沱江流域河流氮、磷浓度时空分布特征及污染状况评价[J].环境污染与防治,2021,43(8):1028-1034.
[16] 汪涛,龙虹竹,赵原,等.川中丘陵区自然沟渠水体氮磷污染状况评价[J].山地学报,2016,34(2):150-156.
[17] 高登成,吕兴菊,杨四坤,等.洱海浮游动物季节变化及现状研究[J].环境科学导刊,2020,40(2):1-6.
[18] 鞠永富,于洪贤,于婷,等.松花江哈尔滨段浮游动物群落结构特征与水质评价[J].湖泊科学,2017,29(3):646-653.
[19] 吴利,李源玲,陈延松.淮河干流浮游动物群落结构特征[J].湖泊科学,2015,27(5):932-940.
[20] 刘丙阳,赵文,郭凯,等.辽宁汤河水库浮游动物的群落结构及其时空格局[J].大连海洋大学学报,2011,26(6):526-531.
[21] 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].上海:上海海洋大学,2012:11.
[22] Lee C Y, Liu D C, Su W C. Seasonal and spatial variations

- in the planktonic copepod community of Ilan Bay and adjacent kuroshio waters off Northeastern Taiwan [J]. Zoological Studies, 2009, 48 (2): 151-161.
- [23] Wang J, Xie P, Takamura N, et al. The picophytoplankton in three Chinese lakes of different trophic status and its relationship to fish populations [J]. Journal of Freshwater Ecology, 2004, 19 (2): 285-293.
- [24] Yu Y H, Yan Q Y, Feng W S. Spatiotemporal heterogeneity of plankton communities in Lake Donghu, China, as revealed by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis and its relation to biotic and abiotic factors [J]. Fems Microbiology Ecology, 2008, 63 (3): 328-337.
- [25] 王庆, 刘丽君, 杨宇峰. 南方某水库轮虫群落特征及其对环境因子的响应 [J]. 生态学报, 2010, 30 (13): 3385-3395.
- [26] 杜彩丽, 杨丽, 赵诣, 等. 淀山湖浮游动物群落时空分布特征及其与环境因子的关系 [J]. 环境科学, 2019, 40 (10): 4513-4522.
- [27] 杨佳, 周健, 秦伯强, 等. 太湖梅梁湾浮游动物群落结构长期变化特征 (1997~2017 年) [J]. 环境科学, 2020, 41 (3): 1246-1255.
- [28] 陈光荣, 钟萍, 张修峰, 等. 惠州西湖浮游动物及其与水质的关系 [J]. 湖泊科学, 2008, 20 (3): 351-356.
- [29] 周礼斌, 陈非洲. 沉积物再悬浮对食浮游动物鱼类捕食浮游动物的影响 [J]. 湖泊科学, 2015, 27 (5): 911-916.
- [30] 聂雪, 胡旭仁, 刘观华, 等. 鄱阳湖子湖泊浮游动物多样性及水质生物评价 [J]. 南昌大学学报 (理科版), 2018, 42 (2): 161-167.
- [31] Geng H, Xie P, Deng D G. The rotifer assemblage in a shallow, eutrophic Chinese lake and its relationships with cyanobacterial blooms and crustacean zooplankton [J]. Journal of Freshwater Ecology, 2005, 20 (1): 93-100.