

引用格式:

胡远威, 魏南, 陈清华, 黄建荣, 郭照良. 澳门路氹城生态保护区浮游动物的群落特征[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(6): 730–736.

HU Y W, WEI N, CHEN Q H, HUANG J R, GUO Z L. Characteristics of zooplankton community in cotai ecological reserve, Macao[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(6): 730–736.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



澳门路氹城生态保护区浮游动物的群落特征

胡远威^{1,2}, 魏南², 陈清华², 黄建荣³, 郭照良^{1*}

(1.佛山科学技术学院生命科学与工程学院, 广东 佛山 528225; 2.生态环境部华南环境科学研究所, 广东 广州 510530; 3.中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘要: 于2013—2021年1、4、7、10月, 在澳门路氹城生态保护区设置2个采样区, 各3个采样点, 调查分析浮游动物群落结构的时空变化, 并初步评估水体受扰动状况。结果表明: 在澳门路氹城生态保护区共鉴定出171种浮游动物(含9类浮游幼虫), 其中一区鉴定出156种, 二区鉴定出116种; 浮游动物分属于8个类群, 主要优势类群为轮虫(57种)、桡足类(48种)和纤毛虫(33种); 一区浮游动物丰度为6.00~240.33 ind/L, 平均为(59.27±58.39) ind/L, 二区浮游动物丰度为3.00~62.58 ind/L, 平均为(19.20±6.82) ind/L; 一区和二区浮游动物群落结构区域差异显著, 一区物种数和丰度显著大于二区的, 一区的Shannon-Winner多样性指数、Margalef丰富度指数和Pielou均匀度指数均值显著小于二区的, 一区浮游动物丰度年际变化波动大于二区的, 可见一区环境较二区更加敏感, 一区受人类活动影响较大; 2013—2016年浮游动物优势种主要为轮虫(污染指示种), 2017—2021年浮游动物优势种主要为桡足类(非污染指示种), 更替率为100%, 除一区2017—2021年的Shannon-Winner多样性指数小于2013—2016年的外, 两区域其余生物多样性指数均大于2013—2016年的, 说明保护区水质有所改善。

关键词: 澳门路氹城生态保护区; 浮游动物; 群落结构; 生物多样性指数; 区域差异; 年际变化

中图分类号: S932; Q179.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)06-0730-07

Characteristics of zooplankton community in cotai ecological reserve, Macao

HU Yuanwei^{1,2}, WEI Nan², CHEN Qinghua², HUANG Jianrong³, GUO Zhaoliang^{1*}

(1.College of Life Science and Engineering, Foshan University, Foshan, Guangdong 528225, China; 2.South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Guangzhou, Guangdong 510530, China; 3.School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract: Two sampling zones and six sampling points were set up in the Macao Cotai Ecological Reserve in January, April, July and October 2013-2021 to investigate and analyze the spatial and temporal changes in the zooplankton community structure, and to make a preliminary assessment of the disturbed status of the water body. The results showed that 171 species of zooplankton(including 9 types of zooplankton larvae) were identified in the Cotai Ecological Reserve, of which 156 species were identified in Zone I and 116 species were identified in Zone II. The zooplankton belonged to 8 taxa, and the main dominant taxa were rotifers(57 species), copepods(48 species), and ciliates(33 species); the abundances of the zooplankton in Zone I ranged from 6.00-240.33 ind/L with an average of (59.27±58.39) ind/L, and zooplankton abundance in Zone II ranged from 3.00 to 62.58 ind/L, with an average of (19.20±6.82) ind/L. Regional differences in the structure of zooplankton communities in Zones I and II were significant, with the number of species and abundance in Zone I significantly greater than those in Zone II. The Shannon-Winner diversity index, the Margalef richness index, and Pielou evenness index in Zone I were significantly smaller than those in Zone II, and the interannual variation of zooplankton abundance in Zone I is larger than that in Zone II, which shows that the environment of Zone I is

收稿日期: 2023-02-08

修回日期: 2023-10-08

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(PM-zx097-202204-079); 生态环境部华南环境科学研究所项目(PM-zx555-202106-195)

作者简介: 胡远威(1995—), 男, 广东佛山人, 硕士研究生, 主要从事水生生物学研究, 15625073465@qq.com; *通信作者, 郭照良, 硕士, 教授, 主要从事水域生物多样性研究, zlguo@fosu.edu.cn

more sensitive than that of Zone II, and that Zone I is more affected by human activities. The dominant zooplankton species was mainly rotifers (pollution indicator species) in 2013–2016, and the dominant zooplankton species was mainly copepods (non-pollution indicator species) in 2017–2021, with a turnover rate of 100%. Except for Shannon-Winner diversity index of Zone I in 2017–2021, which was less than that in 2013–2016, the biodiversity indices of the two zones were greater than those of 2013–2016, which suggests that there has been an improvement in water quality of the reserve.

Keywords: Macao Cotai Ecological Reserve; zooplankton; community structure; biodiversity indices; regional variation; interannual variation

澳门路氹城生态保护区处于珠江河口位置,是澳门城中滨海湿地,对维持本地生态平衡以及保护候鸟迁徙地具有重要作用。保护区因同时受到冲淡水 and 外海水的影响,且受附近生活排污、水产养殖、及港口运输^[1]等人类活动影响较大,生态环境比较脆弱。笔者于 2021 年 1、4、7、10 月对澳门路氹城生态保护区浮游动物的群落结构进行了调查,结合课题组 2013—2020 年对澳门路氹城生态保护区浮游动物调查数据,探究澳门路氹城生态保护区浮游动物群落结构的长期变化状况,了解珠江河口区典型人工湿地浮游动物的生存现状,以期为保护澳门路氹城生态保护区的生态环境提供依据。

1 调查区域概况

澳门路氹城生态保护区位于东经 113°33′~113°34′、北纬 22°08′~22°09′区域,于 2001 年获批建造湿地保护区,分为保护区一区 and 保护区二区^[2]。一区位于莲花滨海大马路东侧,是一人工水体,水深 1.0~2.0 m,面积约 15 hm²,内有草滩、芦苇、树林等,四周环绕公路与珠江口海域,为半封闭性海湾;二区位于莲花滨海大马路西侧,为长条带状滩涂湿地,面积约 40 hm²,种植有白骨壤(*Avicennia marina*)、秋茄(*Kandelia obovata*)和蜡烛果(*Aegiceras corniculatum*)等红树植物^[2]。一区和二区通过地下管道涨落潮进行水体交换^[3]。

2 调查方法

2.1 浮游动物样品采集与计数

2013—2021 年 1 月(冬)、4 月(春)、7 月(夏)、10 月(秋)采集澳门路氹城生态保护区浮游动物样品。一区分别设出水口、入水口和湖中心区域 3 个样点,二区分别设于出水口、入水口和潮下带区域 3 个样点,每个季节在同一时间采集 3 个样点的平行样混合成一个样再进行处理。由于 2013—2016

年二区实行特殊管理,保护区只采集了出水口和入水口样点进行混样。另外,2014 年 10 月的样品采样时间延迟至 11 月;2016 年 10 月、2020 年 4、7 月采集行程取消,因而数据缺失。

采集浮游动物时,均用 13 号浮游生物网在水面下作“∞”形拖行 3~5 min,将捕获物置于 100 mL 标本瓶中,用终体积分数为 10% 福尔马林溶液固定,用于定性分析。另用 13 号浮游生物网过滤 50 L 样点水,并用终体积分数为 10% 的福尔马林溶液现场固定浮游动物,用于定量分析。2 种样品分别在 Leica DM 750 显微镜和 Leica Zoom 2000 体视镜下进行种类鉴定和计数,并根据 Sládeček(1983)^[4]判定轮虫污染指示种。使用 1 mL 浮游生物计数框进行计数,丰度单位为 ind/L。

2.2 数据分析

选用 Shannon-Winner(香农-威纳)多样性指数(H')^[5]、Margalef 丰富度指数(D)^[6]和 Pielou 均匀度指数(J')^[7]评价保护区浮游动物群落结构的多样性;采用优势度(Y)^[8]表示物种的优势性,并计算优势种的更替率(R)^[9]。

运用单因素 Kruskal-Wallis 分析法(K-W 检验)检验浮游动物的丰度、物种数、香农-威纳多样性指数(H')、物种丰富度指数(D)和均匀度指数(J')的时空差异性^[10],再用非度量多维标度分析(NMDS)方法和 Ward 法等级聚类(Cluster)分析方法对浮游动物群落结构特征进行分析^[11],用相似性分析(ANOSIM)检验浮游动物群落结构不同年份间的差异性。计算各组优势种前剔除浮游幼虫丰度数据。所有分析均运用 R4.1.3 软件,加载的软件包有 vegan、factoextra、ggalt、ggplot2、gclus、cluster。

3 结果与分析

3.1 保护区浮游动物物种组成及其年际变化

保护区共鉴定出 171 种浮游动物(含 9 类浮游幼

虫), 分属 8 个类别, 类群种类数前 3 位为轮虫(57 种)、桡足类(48 种)、纤毛虫(33 种)。一区共鉴定出 156 种浮游动物(含 9 类浮游幼虫), 分属于 7 个类别, 其中轮虫 51 种、桡足类 44 种、纤毛虫 31 种、枝角类 10 种、浮游幼虫 9 类、肉足虫 8 种、腔肠动物 3 种; 二区共鉴定出 116 种浮游动物(含 7 类浮游

幼虫), 分属于 8 个类别, 其中桡足类 40 种、轮虫 32 种、纤毛虫 23 种、枝角类和浮游幼虫各 7 种(类)、肉足虫 5 种、毛颚动物腔肠动物各 1 种; 2 区的主要优势类群均为纤毛虫、轮虫和桡足类。一区和二区共鉴定到 16 种轮虫污染指示种(表 1)。

表 1 2013—2021 年澳门路氹城生态保护区浮游动物污染指示种及其污染指示等级

保护区	污染指示种	污染指示等级	保护区	污染指示种	污染指示等级
一区	月形腔轮虫(<i>Lecane luna</i>)	o-β	二区	月形腔轮虫(<i>Lecane luna</i>)	o-β
	舞跃无柄轮虫(<i>Ascomorpha saltans</i>)	o		螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)	β-o
	曲腿龟甲轮虫(<i>Keratella valga</i>)	o-β		曲腿龟甲轮虫(<i>K. valga</i>)	o-β
	壶状臂尾轮虫(<i>Brachionus urceus</i>)	β-α		壶状臂尾轮虫(<i>Brachionus urceus</i>)	β-α
	镰形臂尾轮虫(<i>B. forcalus</i>)	β		镰形臂尾轮虫(<i>B. forcalus</i>)	β
	蒲达臂尾轮虫(<i>B. budapestiensis</i>)	β		角突臂尾轮虫(<i>B. angularis</i>)	o-α
	角突臂尾轮虫(<i>B. angularis</i>)	o-α		萼花臂尾轮虫(<i>B. calyciflorus</i>)	β-α
	剪形臂尾轮虫(<i>B. forficula</i>)	β		前节晶囊轮虫(<i>Asplanchna priodonta</i>)	β
	萼花臂尾轮虫(<i>B. calyciflorus</i>)	β-α		梳状疣毛轮虫(<i>Synchaeta pectinata</i>)	o-β
	前节晶囊轮虫(<i>Asplanchna priodonta</i>)	β		长足疣毛轮虫(<i>S. oblonga</i>)	β
	盖氏晶囊轮虫(<i>A. girodi</i>)	o-β		圆筒异尾轮虫(<i>Trichocoerca cylindrica</i>)	o
	梳状疣毛轮虫(<i>Synchaeta pectinata</i>)	o-β			
	长足疣毛轮虫(<i>S. oblonga</i>)	β			
	沟痕泡轮虫(<i>Pompholyx sulcata</i>)	β			

o 寡污型; o-β 寡污到 β 中污型; β-o β 中污型到寡污型; β β 中污型; β-α β-α 中污型。

保护区浮游动物总物种数年际变化见表 2。一区浮游动物物种数为 25~58, 2014 年物种数最多, 2020 年和 2021 年物种数最少; 二区物种数为 18~39, 2013 年物种数最多, 2020 年物种数最少。除 2017 年外, 其余年份中一区物种数比二区的多。

2 个区域总物种数年际变化趋势有一定的相似性, 2 个区域总物种数呈波浪式下降的年际变化趋势, 且各年份皆以桡足类、浮游幼虫、纤毛虫为优势类群。使用 K-W 检验区域间各期物种数的差异, 区域间物种数有显著差异($\chi^2=5.477, P=0.019$)。

表 2 2013—2021 年澳门路氹城生态保护区浮游动物的物种数

区域	物种数									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
一区	49	58	38	40	28	36	34	25	25	
二区	39	33	30	37	28	32	33	18	24	

3.2 保护区浮游动物丰度及其占比的变化

澳门路氹城生态保护区浮游动物总丰度变化情况见图 1。经统计, 一区浮游动物总丰度为 6.00~240.33 ind/L, 均值为(59.27±58.39) ind/L, 2014 年 11 月的丰度最高, 2021 年 7 月的丰度最低。调查期间, 一区浮游幼虫丰度占比最大, 为 67.07%; 其

次是轮虫, 占比为 11.95%; 再次是桡足类, 为 11.40%。二区浮游动物总丰度为 3.00~62.58 ind/L, 平均丰度为(19.20±16.82) ind/L, 2013 年 4 月丰度最高, 2021 年 7 月丰度最低。调查期间, 二区浮游幼虫丰度占比最高, 为 56.10%; 其次是桡足类, 为 23.19%; 再次是轮虫, 为 12.57%。

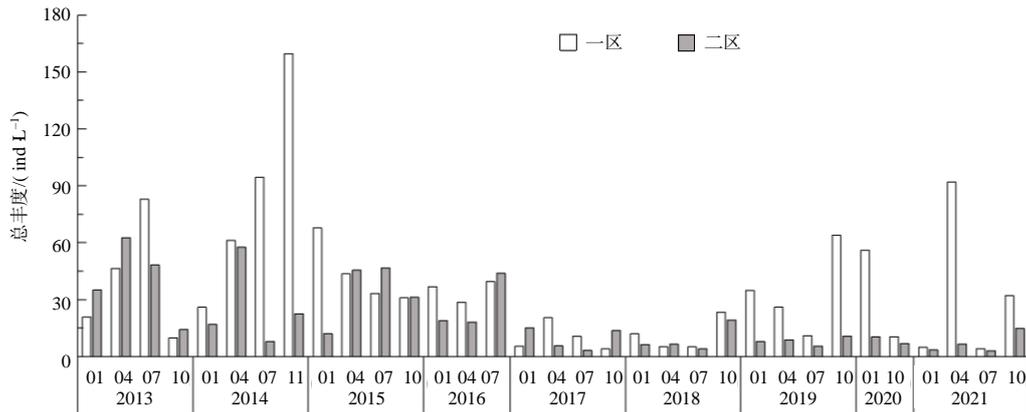


图 1 2013—2021 年澳门路氹城生态保护区浮游动物月季总丰度

Fig.1 Monthly seasonal changes in total zooplankton abundance in Cotai Ecological Reserve, Macao, 2013-2021

一区和二区浮游动物总丰度有显著差异 ($\chi^2=13.642, P<0.001$)。浮游动物各类群丰度占比的波动较大, 2013—2016 年均以轮虫和浮游幼虫为主, 2017—2021 年则以浮游幼虫和桡足类为主。此外, 2013—2016 年, 一区和二区的浮游动物丰度季节间的波动较大; 2017—2021 年, 一区和二区的浮游动物丰度季节间的波动较小(图 1)。

一区和二区浮游动物丰度的年度变化见图 2。结果表明, 一区浮游动物丰度在 2013—2017 年波动较大, 其中一区浮游动物丰度在 2013—2014 年激增, 在 2014—2017 年间骤降, 但在 2017—2021 年一区浮游动物丰度波动较为平缓; 二区浮游动物丰度年度变化相对于一区较为平缓。此外, 一区各年度总丰度大于二区的。

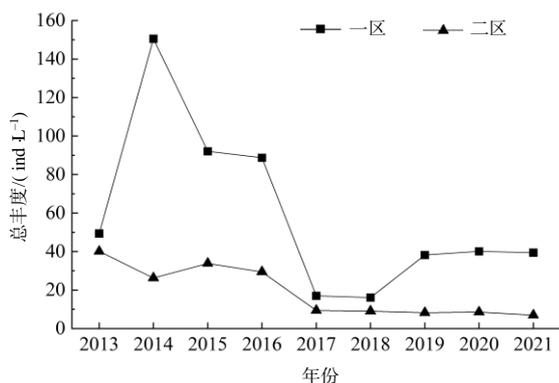


图 2 2013—2021 年澳门路氹城生态保护区浮游动物总丰度

Fig. 2 Interannual variation in total zooplankton abundance in Cotai Ecological Reserve, Macao, 2013-2021

3.3 保护区浮游动物群落结构聚类

相似性分析表明, 浮游动物群落结构存在显著的区域差异($P=0.007$)。基于浮游动物丰度分别对一

区和二区浮游动物群落组成进行聚类及非度量多维标度分析(NMDS), 结果如图 3、图 4 所示。一区和二区 33 个调查月份月均可分为 1 组和 2 组: 1 组以 2013—2016 年的调查数据为主, 2 组以 2017—2021 年的调查数据为主。一区和二区聚类 NMDS 压力系数分别为 0.189 7 和 0.194 6(图 4), 均在 0.15~0.20, 表明分组具有一定的解释意义。一区 2013—2016 年与 2017—2021 年浮游动物丰度有极显著差异($P=0.001$), 二区 2013—2016 年与 2017—2021 年浮游动物丰度也有极显著差异($P=0.001$)。说明澳门路氹城生态保护区浮游动物群落结构存在年际差异。

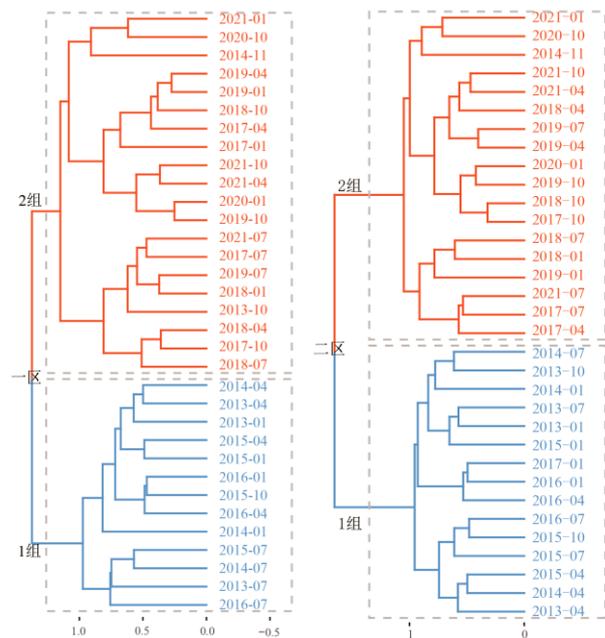


图 3 基于保护区各月份浮游动物丰度的聚类

Fig.3 Cluster analysis based on zooplankton abundance monitored monthly in Cotai Ecological Reserve, Macao

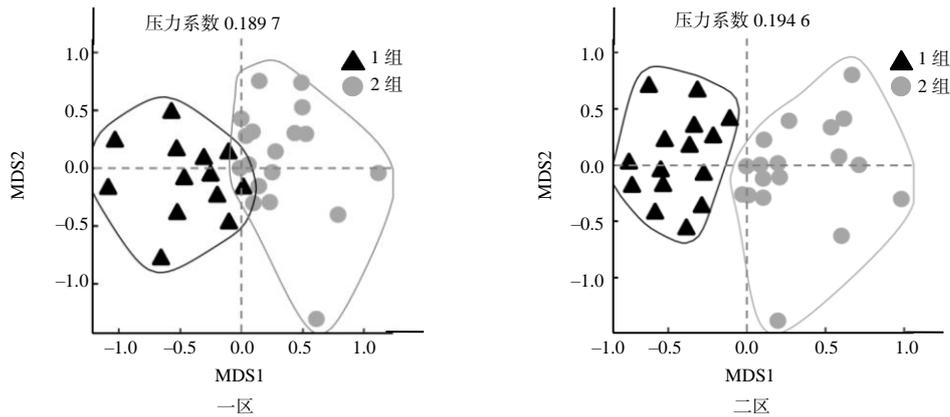


图4 基于保护区各月份浮游动物丰度 NMDS 排序

Fig. 4 NMDS ordination map based on zooplankton abundance monitored monthly in Cotai Ecological Reserve, Macao

3.4 保护区浮游动物的优势种

根据聚类和非度量多维标度分析结果,分别对一区和二区各时间段进行优势种(不含浮游幼虫)分析,优势种名录列于表3。一区共有7种优势种,2013—2016年轮虫为优势种,2017—2021年桡足

类和纤毛虫为优势种;二区共有5种优势种,2017—2021年优势种为桡足类,2013—2016年优势种为轮虫。保护区浮游动物优势种有明显的更替,更替率为100%。

表3 澳门路氹城生态保护区浮游动物优势种及其优势度

Table 3 Dominant zooplankton species and their dominance in Cotai Ecological Reserve, Macau

保护区	时间段	优势种(优势度)
一区	2013—2016	壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i> (0.102), 角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i> (0.034), 前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i> (0.039), 疣毛轮虫 <i>Synchaeta</i> sp.(0.027)
	2017—2021	触角拟铃虫 <i>Tintinnopsis tentaculata</i> (0.033), 小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i> (0.036), 亚强真哲水蚤 <i>Eucalanus subcrassus</i> (0.031)
二区	2013—2016	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i> (0.031), 壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i> (0.021)
	2017—2021	分叉小猛水蚤 <i>Tisbe furcata</i> (0.031), 小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i> (0.127), 亚强真哲水蚤 <i>Eucalanus subcrassus</i> (0.037)

3.5 保护区浮游动物的生物多样性

一区和二区浮游动物的生物多样性指数列于表4。用K-W检验生物多样性的区域差异,可知二

区的物种丰富度指数 $D(\chi^2=4.781)$ 、均匀度指数 $J'(\chi^2=19.519)$ 、香农-威纳多样性指数 $H'(\chi^2=13.784)$ 显著大于一区的,说明二区生态环境优于一区的。

表4 澳门路氹城生态保护区各区浮游动物生物多样性指数

Table 4 Zooplankton biodiversity index in two zones of Cotai Ecological Reserve, Macau

统计值	丰富度指数(D)		均匀度指数(J')		香农-威纳多样性指数(H')	
	一区	二区	一区	二区	一区	二区
最大值	6.35	8.85	0.80	0.94	2.08	2.54
均值	4.06	5.03	0.53	0.73	1.41	1.82
最小值	2.19	1.92	0.24	0.40	0.69	1.02
P	0.029		<0.001		<0.001	

根据聚类和非度量多维标度分析结果,分别对一区和二区浮游动物生物多样性指数进行年份间差异分析,结果列于表5。一区2013—2016年的平均物种丰富度指数(D)和平均均匀度指数(J')小于2017—2021年的,2013—2016年和2017—2021

年的平均香农-威纳多样性指数(H')相近;二区2013—2016年的平均物种丰富度指数(D)、平均均匀度指数(J')、平均香农-威纳多样性指数(H')小于2017—2021年的。综上,说明保护区生物多样性指数有增高趋势。

表 5 澳门路氹城生态保护区各时间段浮游动物的生物多样性指数

区域	统计值	丰富度指数(<i>D</i>)		均匀度指数(<i>J'</i>)		多样性指数(<i>H'</i>)	
		2013—2016	2017—2021	2013—2016	2017—2021	2013—2016	2017—2021
一区	最大值	4.58	6.35	0.70	0.80	2.08	1.86
	均值	3.73	4.27	0.50	0.55	1.42	1.40
	最小值	2.56	2.19	0.24	0.28	0.69	0.75
	<i>P</i>	0.377		0.418		0.971	
二区	最大值	6.42	8.85	0.86	0.94	2.26	2.54
	均值	4.02	5.87	0.62	0.82	1.60	2.01
	最小值	2.18	1.92	0.40	0.65	1.02	1.42
	<i>P</i>	0.003		<0.001		0.001	

4 结论与讨论

本研究结果表明, 2013—2016 年澳门路氹城生态保护区二区浮游动物的优势类群是轮虫类和浮游幼虫, 轮虫在保护区二区占据重要位置, 与何伟添^[12]、陈騫等^[13]的报道相似, 但 2017—2021 年浮游动物的优势类群为桡足类和浮游幼虫, 与 2013—2016 年的不一致, 说明二区浮游动物群落结构在 2017—2021 年发生了较大的变化, 2017 年是比较重要的时间节点。

本次调查发现, 一区和二区的浮游动物群落结构在区域上存在显著差异。李秀玉^[14]曾在 2002—2003 年对澳门湿地保护区水质进行调查, 发现一区和二区间浮游动物存在较大的区域差异。含泥沙量高、流速较大的水域不利于浮游动物的生长和繁殖^[15], 一区属于湖泊, 二区十字门水道位于珠江径流, 相对二区来说, 一区水体流速较缓, 更适合浮游动物的生长和繁殖。两区所处环境不同, 使两区浮游动物群落结构有显著的区域差异。两区的区域差异主要体现在, 一区物种数和丰度显著高于二区的, 一区浮游动物丰度年际变化波动较大, 二区浮游动物丰度年际变化较为平缓, 且一区各项生物多样性指数均值显著小于二区的。李秀玉^[14]还发现一区各项生物多样性指数均值显著小于二区的。说明一区浮游动物群落结构稳定性比二区的差, 群落结构单一, 反映出一区的生态环境更加敏感、脆弱, 二区生态环境优于一区的。

调查结果显示, 保护区一区和二区浮游动物群落物种数和丰度表现出相似的年际变化特征, 且浮游动物群落结构发生了一次较大变化, 2013—2016 年保护区优势类群为轮虫和浮游幼虫, 但 2017—

2021 年优势类群变为桡足类和浮游幼虫。

浮游动物对水质有较高敏感度, 其变化可以反映出水体环境的状况^[16-18], 相比理化监测手段更能体现出水体的长期状态, 不同种类的浮游动物可以指示水体不同污染程度^[19]。本研究结果表明, 有 16 种轮虫为污染指示种, β 中污型占比 37.5%。结合优势种分析, 发现 9 种优势种中有 4 种为污染指示种, 且均为 2013—2016 年的优势种, 2017—2021 年优势种变为非污染指示种的桡足类, 说明保护区水体污染减轻。通过保护区浮游动物的生物多样性可以判断水体污染程度^[20], 如蔡国俊等^[21]和林海等^[18]研究发现浮游动物多样性指数与水体污染程度呈负相关, 水体污染严重时生物多样性指数降低。从生物多样性指数年份变化趋势来看, 一区和二区在 2017—2021 年的生物多样性指数基本大于 2013—2016 年的, 说明澳门路氹城生态保护区水体污染有所减轻。

参考文献:

- [1] 张翠萍, 谢健, 王平, 等. 基于生态环境现状的澳门习惯水域影响分析[J]. 海洋技术学报, 2017, 36(3): 79-83.
- [2] 梁华. 澳门路氹填海区湿地生物群落结构的动态变化及物种多样性研究[D]. 广州: 暨南大学, 2007.
- [3] 梁海含. 澳门路氹填海区湿地水质和芦苇氮磷的时空变化[D]. 广州: 暨南大学, 2006.
- [4] SLÁDEČEK V. Rotifers as indicators of water quality[J]. Hydrobiologia, 1983, 100(1): 169-201.
- [5] SHANNON C E. A mathematical theory of communication[J]. The Bell System Technical Journal, 1948, 27(3): 623-656.
- [6] MARGALEF R. Information theory in ecology[J]. International Journal of General Systems, 1958, 3:

- 36-71.
- [7] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131-144.
- [8] LAMPITT R S, WISHNER K F, TURLEY C M, et al. Marine snow studies in the Northeast Atlantic Ocean: distribution, composition and role as a food source for migrating plankton[J]. *Marine Biology*, 1993, 116(4): 689-702.
- [9] 宋晨, 孟周, 王晓波, 等. 2019—2020年夏季舟山海域浮游动物优势种生态位及其生态分化[J]. *海洋学报*, 2022, 44(10): 127-139.
- [10] 叶文建, 杜萍, 寿鹿, 等. 舟山海域大中型浮游动物群落时空变化及受控要素[J]. *生态学报*, 2021, 41(1): 254-267.
- [11] 张孝民, 申瑞婷, 李少文, 等. 2010—2019年莱州湾夏季蟹类群落年际变化及其影响因子[J]. *中国水产科学*, 2022, 29(4): 596-607.
- [12] 何伟添. 澳门海岸湿地生态系统的特征及变化趋势研究[D]. 广州: 暨南大学, 2008.
- [13] 陈骞, 何伟添, 刘阳, 等. 澳门4个典型湿地的浮游动物群落特征[J]. *水生态学杂志*, 2014, 35(6): 24-30.
- [14] 李秀玉. 2002—2003年度澳门湿地保护区水体水质调查与分析[D]. 广州: 暨南大学, 2006.
- [15] 白海锋, 赵乃锡, 殷旭旺, 等. 渭河流域浮游动物的群落结构及其与环境因子的关系[J]. *大连海洋大学学报*, 2014, 29(3): 260-266.
- [16] 杨位迪, 郑连明, 李伟巍, 等. 长江口邻近海域夏季大中型浮游动物物种多样性、年际变化及其影响因素[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2018, 57(4): 517-525.
- [17] 时永强, 孙松, 李超伦, 等. 初夏南黄海浮游动物功能群丰度年际变化[J]. *海洋与湖沼*, 2016, 47(1): 1-8.
- [18] 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, 39(20): 7583-7591.
- [19] 徐雪, 姚文佳, 邢雨辉, 等. 苏州工业园区湖泊后生浮游动物群落结构及影响因子[J]. *生态学报*, 2021, 41(10): 4023-4035.
- [20] 徐齐鑫. 浅谈生物技术在水环境监测中的应用[J]. *科技与创新*, 2019(24): 158-159.
- [21] 蔡国俊, 周晨, 林艳红, 等. 贵州草海高原湿地浮游动物群落结构与水质评价[J]. *生态环境学报*, 2016, 25(2): 279-285.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维

(上接第693页)

- [6] 吴金平, 张静柏, 郭凤领, 等. 阳荷新病害: 叶枯病原菌鉴定[J]. *中国植保导刊*, 2014, 34(7): 18-20.
- [7] 蒋晶晶, 杜蕙, 陈爱昌, 等. 甘肃省党参菌核病原菌鉴定及其生物学特性研究[J]. *草业学报*, 2022, 31(12): 181-190.
- [8] 苑广伟, 姜峰, 孙玉红, 等. 草莓根腐病原真菌的分离纯化及 ITS 分子鉴定[J]. *现代农业科技*, 2021(5): 103-107.
- [9] 徐丹丹, 乔方, 刘敏, 等. 黄晶果采后主要病原菌的分离与鉴定[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(11): 94-101.
- [10] 张德珍, 李鹏昌, 陈晓霞, 等. 山东省小麦根腐病原菌的分离鉴定[J]. *植物保护学报*, 2016, 43(2): 233-240.
- [11] 卢文洁, 尹桂芳, 王艳青, 等. 云南省荞麦茎枯病原菌鉴定及其生物学特性研究[J]. *西南农业学报*, 2022, 35(11): 2564-2570.
- [12] 胡雨萌, 曹彩霞, 吕莉珍, 等. 兰州百合鳞片气培腐烂病原菌的分离与鉴定[J]. *湖北农业科学*, 2022, 61(18): 84-87.
- [13] 邢珏珺, 许毓钊, 苏钰彤, 等. 广东花生果腐病原菌鉴定及药剂筛选试验[J]. *广东农业科学*, 2022, 49(8): 73-80.
- [14] 盖晓彤, 卢灿华, 卢艳霞, 等. 云南省烟草镰刀菌根腐病原菌鉴定[J]. *中国烟草学报*, 2023, 29(3): 74-83.
- [15] 孔琼, 郑亚美, 杨石有. 铁皮石斛根腐病原尖孢镰刀菌生物学特性及其有效杀菌剂筛选[J]. *东北农业科学*, 2022, 47(3): 108-112.
- [16] 文增叶, 李定华, 代梦瑶, 等. 三七根腐病原菌尖孢镰刀菌的生物学特性分析[J]. *中药材*, 2019, 42(9): 1978-1984.
- [17] 陈文乐. 福建省三明地区非洲菊根腐病原菌生物学特性与杀菌剂田间筛选[J]. *中国农学通报*, 2023, 39(28): 107-111.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维