

澳门4个典型湿地的浮游动物群落特征

陈 骞¹, 何伟添², 刘 阳¹, 黄建荣¹

(1. 中山大学生命科学院, 广州 510275; 2. 澳门生态学会, 澳门 999078)

摘要:于2012年12月(冬季)、2013年3月(春季)、6月(夏季)和9月(秋季)对澳门4个典型湿地的浮游动物进行了调查,包括其种类组成、密度、优势种以及生物多样性等。结果表明,浮游动物有110种,各采样点浮游动物种类组成均以原生动物和轮虫为主;种类数总体呈现出夏季>秋季>春季>冬季;在空间分布上,筷子基湾>望德圣母湾>莲花大桥滩涂>南湾湖。浮游动物密度在时间分布上,冬季>春季>秋季>夏季,在空间分布上,筷子基湾>莲花大桥滩涂>望德圣母湾>南湾湖。球形急游虫(*Strombidium globosaneum*)、银灰膜袋虫(*Cyclidium glaucoma*)、针棘匣壳虫(*Centropyxis aculeate*)、淡水筒壳虫(*Tintinnidium fluviatile*)、角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis*)、疣毛轮虫(*Synchaeta* sp.)、右突新镖水蚤(*Neodiaptomus schmackeri*)和桡足类无节幼体是最主要的优势种;浮游动物组成具有明显的热带水体区系特征。

关键词:浮游动物;群落结构;湿地;澳门

中图分类号:Q145 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2014)06-0024-07

湿地是介于陆地和水域之间独特的生态系统,其生物群落由水生和陆生种类组成,物质循环、能量流动和物种迁移与演变活跃,具有较高的生态多样性、物种多样性和生物生产力(咎启杰等,2013)。澳门湿地是国际候鸟迁徙路线中一个必经的中途站,也是世界珍稀濒危鸟类黑脸琵鹭(*Platalea minor*)重要的越冬场所(陈俊勤等,2004)。近年来,陆续有学者对澳门湿地水质、浮游植物、填海区湿地生物群落结构和海岸带生态系统特征等方面进行了研究(李秀玉,2005;梁华,2007;何伟添,2008;李秋华等,2009);但对其湿地浮游动物群落结构的系统研究未见报道。本文对澳门湿地浮游动物的种类组成、密度和生态分布进行了研究,分析了其群落结构多样性特征、时空变化规律及生态动力学特点,旨在为了解澳门湿地的水生生物资源现状和水环境生物监测提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 采样时间和地点

采样时间为2012年12月(冬季)、2013年3月

(春季)、6月(夏季)和9月(秋季)。共设筷子基湾(22°12'29.13"N;113°32'30.19"E)、望德圣母湾(22°9'7.82"N;113°33'47.06"E)、莲花大桥滩涂(22°8'29.93";113°33'6.88"E)和南湾湖(22°11'21.08"N;113°32'19.72"E)4个采样点。筷子基为半封闭型的海湾,水体与外海交换较差,南湾湖为人工填海围成的海湾,望德圣母湾为小型淡水湖泊,莲花大桥滩涂红树林优势种为白骨壤(*Aricenia marina*)和老鼠勒(*Acanthus ilicifolius*)。

1.2 调查方法

原生动物样品采集:在各采样点水面下0.5 m用有机玻璃采水器采水2 L,用5%甲醛固定24 h以上,在实验室浓缩沉淀至50 mL。后生浮游动物样品采集:使用13号浮游生物网过滤水体50 L,样品用5%甲醛固定。样品的分类、鉴定、计数和统计参考相关文献(王家辑,1961;蒋燮治和堵南山,1979;沈嘉瑞,1979;沈韞芬,1990;章宗涉和黄祥飞,1990;束蕴芳和韩茂森,1993;Fernand,2003;张武昌和赵楠,2010)。

1.3 数据处理

采用Berger-Parker指数计算浮游动物的优势种和优势度,公式如下: $Y = N_{\max}/N_T$;式中, Y 为优势度, $N_{\max}$ 为优势种群数量, N_T 为全部种的种群数量。 $Y>0.02$ 时为优势种。使用PRIMER v 6.0软件包进行单变量分析,包括Margalef物种丰富度指数(d)、Shannon-Wiener多样性指数(H)和Pielou均匀性指数(J)。

收稿日期:2014-06-08

基金项目:澳门生态学基金和广东省自然科学基金博士启动项目(2010330004203984)。

通讯作者:黄建荣,1970年生,男,副教授,主要从事水生生物学研究。E-mail:lsshjr@mail.sysu.edu.cn

作者简介:陈骞,1990年生,男,在读研究生,主要从事动物学研究。E-mail:chenqian900722@126.com

2 结果与分析

2.1 透明度、水温和盐度

筷子基、南湾湖和莲花大桥滩涂水体盐度受雨季和地表径流的影响较大,在春、夏季丰水季节,盐

度较低;在秋、冬季枯水季节,盐度较高。望德圣母湾湖为淡水湖,盐度为零。筷子基和南湾湖水体透明度较高;莲花大桥滩涂水体多数时候比较混浊,透明度较低。各个采样点水体透明度在夏季最高,4个湿地的水温、盐度和透明度测定数据详见表1。

表1 各采样点水温、盐度和透明度

Tab.1 Variations of environmental parameters at each sampling site

测定 指标	筷子基				南湾湖				望德圣母湾湖				莲花大桥滩涂			
	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋
透明度/cm	60	62	100	70	80	75	130	90	25	-	60	-	25	15	63	20
盐度	5	3	2	5	10	11	5	8	0	0	0	0	10	5	4	4
温度/℃	24	22	26	27	23	23	26	27	24	24	25	27	23	23	26	27

注:“-”表示由于水太浅,不能测量。
Note:“-” means no data for water transparency because the water is too shallow to be measured.

2.2 浮游动物种类组成与季节变化

共鉴定出浮游动物110种(类),以原生动物种类最多,有54种;轮虫次之,37种;桡足类9种;枝角类6种;另有浮游幼虫4类。各个采样点中,以筷子基湾检测到的浮游动物种类最多,为65种,望德圣母湾次之,有57种,莲花大桥滩涂共检测55种,南湾湖最少,只检测到浮游动物种类44种。各采样点的原生动物和轮虫种类数均要高于其它浮游动物类群(图1)。

现为冬季>春季>秋季>夏季;在空间分布上表现为筷子基湾>莲花大桥滩涂>望德圣母湾>南湾湖(图3)。

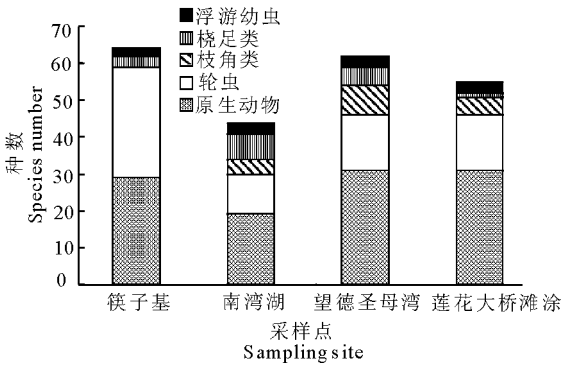


图1 澳门湿地各采样点浮游动物的种类组成
Fig.1 Population composition of zooplankton in each investigated wetland

各个采样点浮游动物种类数随季节变化明显,最多种类数出现在夏季的望德圣母湾采样点(41种),最低种类数出现在秋季的望德圣母湾、筷子基和南湾湖,均只采集到13种(图2)。总体而言,各个采样点浮游动物种类数呈现出夏季>秋季>春季>冬季,在空间分布上表现为筷子基湾>望德圣母湾>莲花大桥滩涂>南湾湖。

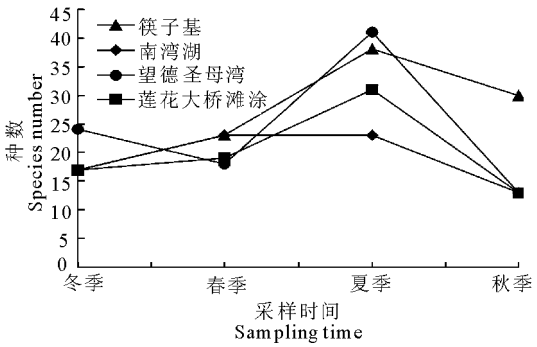


图2 浮游动物种类数的季节变化
Fig.2 Seasonal dynamics of species number for zooplankton in each sampling site

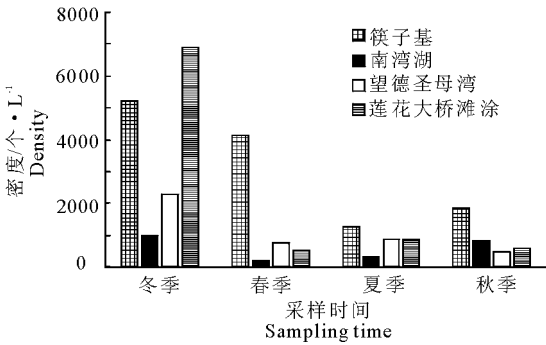


图3 浮游动物密度的季节变化
Fig.3 Seasonal dynamics of zooplankton density

在澳门湿地周年采样中,原生动物纤毛虫数量在各采样点占绝对优势。后生浮游动物中,轮虫和桡足类占优势,枝角类和浮游幼虫在各个采样点数量较少或没有采集到(表2)。

2.3 浮游动物密度

澳门湿地浮游动物密度季节变化明显,总体表

表2 各采样点浮游动物平均密度
Tab.2 Average density of zooplankton in each sampling site

浮游动物	不同采样点的密度/个·L ⁻¹			
	筷子基	南湾湖	望德圣母湾	莲花大桥滩涂
肉足虫	18	56	413	12
纤毛虫	3053	400	686	2068
轮虫	21.48	39.03	39.82	21.91
枝角类	—	0.43	2.29	0.12
桡足类	17.73	79.18	80.63	87.80
浮游幼虫	0.80	12.32	0.90	5.02
合 计	3111.01	586.96	1222.64	2194.85

2.4 浮游动物优势种组成及其演替

各采样点浮游动物优势种(类群)季节演替明显。在筷子基原生动物中,球形急游虫(*Strombidium globosaneum*)为冬季第一优势种,而银灰膜袋虫(*Cyclidium glaucoma*)在春、夏季为第一优势度;在秋季,缘毛类游泳体密度最高。一些耐污性的轮虫如角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis*)和尾突臂尾

轮虫(*Brachionus caudatus*)在周年调查中均保持较高的密度(表3)。

在南湾湖,冬季原生动物优势种由贪婪铃壳虫(*Codonella rapa*)和弯叶拟铃虫(*Tintinnopsis lobiancoi*)组成;球形急游虫在春、夏和秋季是优势种;红色中缢虫(*Mesodinium rubrum*)在秋季大量出现。后生浮游动物中,桡足类无节幼体在春、秋和冬季的密度均为最高,右突新镖水蚤(*Neodiaptomus schmackeri*)在夏季是第一优势种,壶状臂尾轮虫(*Brachionus urceus*)在夏、秋季密度较高,为优势种(表4)。

望德圣母湾为小型淡水湖泊,原生动物中,针棘匣壳虫(*Centropyxis aculeate*)在春、夏季密度较高,为优势种,球形急游虫(*Strombidium globosaneum*) 在春、夏和秋季均为优势种。后生浮游动物中,囊形单趾轮虫(*Monostyla bulla*)是夏季第一优势种,温中剑水蚤(*Mesocyclops thermocyclopoides*)是冬季第一优势种(表5)。

表3 筷子基浮游动物优势种组成及优势度
Tab.3 Dominance index for each dominant species of zooplankton in Fai Chi Kei

浮游动物	优 势 种	不同季节的优势度			
		冬	春	夏	秋
原生动物	珍珠映毛虫 <i>Cinetochilum margaritaceum</i>	0.079			
	贪婪铃壳虫 <i>Codonella rapa</i>	0.148			
	银灰膜袋虫 <i>Cyclidium glaucoma</i>		0.551	0.429	
	网纹虫 <i>Favella</i> sp.				0.062
	球形急游虫 <i>Strombidium globosaneum</i>	0.296	0.136	0.250	
	百乐拟铃虫 <i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.246			
	筒壳虫 <i>Tintinnus</i> sp.				0.168
	尾毛虫 <i>Urotricha</i> sp.		0.105		
后生浮游动物	缘毛类游泳体				0.708
	晶囊轮虫 <i>Asplanchna</i> sp.		0.091		
	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	0.182		0.105	0.282
	尾突臂尾轮虫 <i>Brachionus caudatus</i>	0.182			0.128
	壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>	0.182			
	卵形彩胃轮虫 <i>Chromogaster testudo</i>				0.106
	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>		0.061		
	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>				0.117
	疣毛轮虫 <i>Synchaeta</i> sp.		0.455		
	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.227			
	桡足类无节幼体		0.212	0.730	

在莲花大桥滩涂,原生动物中球形急游虫(*Strombidium globosaneum*)在各次采样中均为第一优势种;后生动物中,桡足类无节幼体在各次采样中均为第一优势类群,右突新镖水蚤(*Neodiaptomus schmackeri*)在冬、春季为优势种,贝类面盘幼虫在夏、秋和冬季均为优势种(表6)。

2.5 浮游动物群落多样性的时空分布

各采样点中,后生浮游动物群落丰富度指数(*d*)以夏季相对较高,冬季较低;香农-威纳指数(*H*)以春季相对较高,秋季较低;均匀度指数(*J*)以春季相对较高,夏季较低。总体而言,各采样点的后生浮游动物群落多样性指数均较低(表7)。

表 4 南湾湖浮游动物优势种及优势度

Tab.4 Dominance index for each dominant species of zooplankton in Nan Vam Lake

浮游动物	优 势 种	不同季节的优势度			
		冬	春	夏	秋
原生动物	贪婪铃壳虫 <i>Codonella rapa</i>	0.468			
	弯叶拟铃虫 <i>Tintinnopsis lobiancoi</i>	0.313			
	球形急游虫 <i>Strombidium globosaneum</i>		0.278	0.250	0.169
	针棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeate</i>		0.167		
	淡水筒壳虫 <i>Tintinnidium fluviatile</i>			0.250	
	弯凸表壳虫 <i>Arcella gibbosa</i>			0.208	
	红色中缢虫 <i>Mesodinium rubrum</i>				0.704
后生浮游动物	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>		0.066		
	晶囊轮虫 <i>Asplanchna</i> sp.		0.127		
	壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>			0.215	0.407
	右突新镖水蚤 <i>Neodiaptomus schmackeri</i>			0.309	
	华哲水蚤 <i>Sinocalanus</i> sp.			0.141	
	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.149			
	蔓足类藤壶幼体	0.068	0.127		
	贝类的面盘幼虫	0.068			0.076

表 5 望德圣母湾浮游动物优势种及优势度

Tab.5 Dominance index for each dominant species of zooplankton in Wang de Notre Dame Bay

浮游动物	优 势 种	不同季节的优势度			
		冬	春	夏	秋
原生动物	变形虫 <i>Amoebae</i> sp.			0.178	
	裂口虫 <i>Amphileptidae</i> sp.				0.065
	针棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeate</i>		0.337	0.111	
	尾草履虫 <i>Paramecium caudatum</i>	0.193			
	球形急游虫 <i>Strombidium globosaneum</i>		0.325	0.111	0.597
	拟铃壳虫 <i>Tintinnopsis</i> sp.		0.120		
	淡水筒壳虫 <i>Tintinnidium fluviatile</i>				0.193
后生浮游动物	晶囊轮虫 <i>Asplanchna</i> sp.		0.115		
	囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i>	0.099		0.443	
	十指平甲轮虫 <i>Platyias militaris</i>	0.041			
	钩指复镖水蚤 <i>Allodiaptomus specillodactulus</i>				0.119
	温中剑水蚤 <i>Mesocyclops thermocyclopoides</i>	0.397	0.115		
	近亲拟剑水蚤 <i>Paracyclops affinis</i>				0.143

表 6 莲花大桥滩涂浮游动物优势种及优势度

Tab.6 Dominance index for each dominant species of zooplankton in Lotus Flower Bridge

浮游动物	优 势 种	不同季节的优势度			
		冬	春	夏	秋
原生动物	球形急游虫 <i>Strombidium globosaneum</i>	0.339	0.370	0.323	0.220
	双环栉毛虫 <i>Didinium masuium</i>		0.222		
	简单薄铃虫 <i>Leprotintinnus simplex</i>		0.148		
	贪婪铃壳虫 <i>Codonella rapa</i>	0.302			
	触角拟铃虫 <i>Tintinnopsis tentaculata</i>				0.195
	陀螺侠盗虫 <i>Sreobilidium velox</i>				0.146
	筒壳虫 <i>Tintinnus</i> sp.				0.220
	拟铃壳虫 <i>Tintinnopsis</i> sp.			0.167	
	百乐拟铃虫 <i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.189			
后生浮游动物	晶囊轮虫 <i>Asplanchna</i> sp.		0.103		
	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>			0.157	
	桡足类无节幼体	0.565	0.383	0.551	0.517
	右突新镖水蚤 <i>Neodiaptomus schmackeri</i>	0.332	0.159		
	贝类面盘幼虫	0.068		0.111	0.173
	蔓足类藤壶幼体	0.068			

表7 各采样点后生浮游动物群落的生物多样性指数
Tab.7 Diversity indices of metazoan zooplankton in each sampling site

样点	季节	d	H	J
筷子基	冬	2.265	1.906	0.916
	春	2.574	1.711	0.743
	夏	2.988	1.162	0.402
	秋	4.201	2.399	0.765
南湾湖	冬	1.832	1.633	0.681
	春	2.739	1.636	0.604
	夏	2.366	1.975	0.712
	秋	1.396	1.163	0.505
望德圣母湾	冬	2.156	1.449	0.535
	春	1.269	1.432	0.736
	夏	3.506	1.279	0.397
	秋	0.976	0.859	0.480
莲花大桥滩涂	冬	1.491	1.096	0.499
	春	1.994	1.839	0.697
	夏	2.39	1.516	0.560
	秋	1.782	1.480	0.761

3 讨论

3.1 浮游动物群落的区系特征

浮游动物是水域生态系统食物链中的重要环节,其种类和数量的变化直接或间接对初级生产者和营养级更高的消费者产生影响,在水生生态系统中起着承上启下作用(McNaught, 1975; 王新华等, 2008)。原生动物多数种类呈世界性分布,而轮虫、枝角类和桡足类等后生浮游动物则有明显的地理分布模式(沈韞芬, 1990; 李连春等, 2010)。本次调查中,所采集到的原生动物既有淡水常见种类,如针棘匣壳虫(*Centropyxis aculeata*)、双刺毛板壳虫(*Coleps bicuspis*)、双环栉毛虫(*Didinium masuium*)和珍珠映毛虫(*Cinetochilum margaritaceum*),也有近岸海水常见种,如钟形网纹虫(*Favella campanula*)、弯叶拟铃虫(*Tintinnopsis lobiancoi*)、贪婪铃壳虫(*Codonella rapa*)和尖底拟铃虫(*Tintinnopsis acuminata*)等,红色中缢虫(*Mesodinium rubrum*)为世界性海洋赤潮广布种。在热带和亚热带地区水体,腔轮属(*Lecane*)、臂尾轮属(*Brachionus*)和异尾轮属(*Trichocerca*)是种类最多的3个属,龟甲轮属(*Keratella*)、叶轮属(*Notholca*)和疣毛轮属(*Synchaeta*)也有所分布(林秋齐等, 2005)。本次调查所采集的37种轮虫中,同样是以臂尾轮属种类最多(10种),腔轮属次之(5种),龟甲轮属(*Keratella*)和疣毛轮属(*Synchaeta*)在筷子基和南湾湖水体是优势种,其它如前节晶囊轮虫、盘镜轮虫、疣毛轮属和针簇多肢轮虫等广布性或暖水性种类也有采集到。在热带

地区,枝角类种类组成以秀体溞属(*Diaphanosoma*)、裸腹溞属(*Moina*)、尖额蚤(*Alona*)、象鼻溞属(*Bosmina*)和网纹溞属(*Ceriodaphnia*)等相对较小的种类为主(Dumont, 1994; Knrovchinsky, 2006)。本次调查采集到枝角类6种,其中模糊秀体溞(*Diaphanosoma dubia*)和长额象鼻溞(*Bosmina longirostris*)为热带习见种类,短尾秀体溞(*Diaphanosoma brachyurum*)是热带水体中的优势种类(王晓辉等, 2009)。本次调查检出的桡足类组成较为简单,以暖水性和广温性为主,如温中剑水蚤(*Mesocyclops thermocyclopoides*)、透明温剑水蚤(*Thermocyclops hyalinus*)和湖泊美丽猛水蚤(*Nitocra lacustris*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、短枝角猛水蚤(*Cletocamptus feei*)和右突新镖水蚤(*Neodiantomus schmackeri*)为咸淡水常见种类。因此,澳门湿地的浮游动物组成具有明显的热带水体区系特征。

3.2 澳门湿地浮游动物群落结构的空間分布特征

在河口滩涂湿地,浮游动物群落结构与水体动力学有关。在丰水期,由于降水量的增加导致海水浮游动物随着潮汐进入河口,增加了浮游动物的多样性。在枯水期,由于河口水体理化环境趋于稳定,虽然浮游动物多样性有下降的趋势,但其密度反而有增大的趋势(杨宇峰等, 2006)。本次调查中,莲花大桥滩涂浮游动物密度在冬季(枯水期)达到最高值,而多样性指数和种类数则在夏季(丰水期)达到最大值。作为咸淡水交汇区,盐度变化较大,因此一些广盐性种类在该采样点有所分布,如中华哲水蚤;同时,由于潮间带有丰富的底栖生物,因此在本次调查的夏、秋季,一些底栖动物的浮游幼虫作为阶段性的浮游动物在莲花大桥滩涂大量出现;此外,筷子基轮虫种类数和密度相对较高,而桡足类和枝角类则相对较低,浮游动物群落结构呈现小型化趋势。筷子基水体富营养化程度相对较高,浮游植物以蓝绿藻占优势(李秋华等, 2009),这不利于个体相对较大的浮游动物摄食,小型浮游动物如轮虫则能获得较大的竞争优势;由于筷子基水体中罗非鱼、鲮、黄鳍鲷和海鲢等杂食性鱼类较多,这些鱼类对个体相对较大的浮游动物有选择性捕食偏好,因此浮游植物饵料生物的上行效应以及鱼类摄食的下行效应是导致小型轮虫成为筷子基水体优势种的重要原因(郑小燕等, 2009)。有研究表明,在清洁型水体中,浮游动物种类数多,但密度低(陈光荣等, 2008);南湾湖水质较好,富营养化程度较低,浮游植物密度较小(李秋华等, 2009)。本次调查的4个采样点中,

南湾湖浮游动物密度在春、夏和冬季同样表现为最低,在秋季只是高于望德圣母湾,而生物多样性指数相对较高;在望德圣母湾,枝角类种类和数量相对其他采样点高。望德圣母湾为淡水湖泊,大部分湖面被浮水植物和挺水植物覆盖,因此适宜枝角类生存。

3.3 后生浮游动物优势种(类群)组成

水体环境及营养水平的不同,导致其浮游动物优势种的组成不同。在贫营养的水体中,大型哲水蚤和枝角类占优势,而在富营养的水体中,则由较小的剑水蚤和轮虫占优势(McNaught, 1975; Sladeck, 1983; Blancher, 1984)。如在富营养化的惠州西湖,各子湖主要优势种均为多肢轮虫属和臂尾轮虫属等富营养水体指示种(陈光荣等, 2008)。在珠海大境山水库中,轮虫的密度低于桡足类(王晓辉等, 2009)。澳门湿地具有典型的热带-亚热带水域的生态特征,温度季节性波动不明显(李秋华等, 2009),但其浮游动物优势种(类群)组成同样受水环境、营养水平和季节变化的影响。如在筷子基,臂尾轮虫属在秋、冬季的优势度较为明显,疣毛轮虫(*Synchaeta* sp.)在春季成为最重要的优势种,夏季桡足类无节幼体的优势度最大,筷子基水体的富营养程度相对较高(何伟添, 2008; 李秋华等, 2009),因此后生浮游动物优势类群主要以耐污性的轮虫占优势。在南湾湖,大型桡足类占优势,桡足类无节幼体整年密度均很高,后生小型浮游动物中只有壶状臂尾轮虫在秋季枯水季节大量出现,表明南湾湖营养程度不高。望德圣母湾为淡水小型湖泊,剑水蚤在各次调查中均维持着较高的密度,后生小型浮游动物中囊形单趾轮虫在夏季为第一优势种,表明该水体有富营养化趋势。

参考文献

陈光荣,钟萍,张修峰,等. 2008. 惠州西湖浮游动物及其与水质的关系[J]. 湖泊科学, 20(3): 351-356.

陈俊勤,陈桂珠,何伟添. 2004. 粤澳湿地[R]. 澳门生态学会.

何伟添. 2008. 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.

蒋楚治,堵南山. 1979. 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.

李连春,廖文波,黄建荣,等. 2010. 一座热带城市型水库浮游动物群落结构的特征[J]. 南方水产, 6(6): 32-40.

李秋华,何伟添,陈椽. 2009. 澳门湿地浮游植物群落特征

[J]. 植物生态学报, 33(4): 689-691.

李秀玉. 2008. 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.

梁华. 2007. 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.

林秋奇,赵帅营,韩博平. 2005. 广东省水库轮虫分布特征[J]. 生态学报, 25(5): 1123-1131.

沈嘉瑞. 1979. 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.

沈韞芬. 1990. 微型生物监测新技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社.

束蕴芳,韩茂森. 1993. 中国海洋浮游生物图谱[M]. 北京:海洋出版社.

王家辑. 1961. 中国淡水轮虫志[M]. 北京:科学出版社.

王晓辉,望甜,林秋奇,等. 2009. 华南地区典型抽水型水库后生浮游动物群落的种类组成与结构[J]. 生态学报, 29(1): 456-465.

王新华,王宏鹏,纪炳纯. 2008. 大黄堡湿地自然保护区浮游动物研究与水环境评价[J]. 南开大学学报:自然科学版, 41(1): 84-91.

杨宇峰,王庆,陈菊芳,等. 2006. 河口浮游动物生态学研究进展[J]. 生态学报, 26(2): 576-585.

咎启杰,谭风仪,李喻春,等. 2013. 滨海湿地生态系统修复技术研究-以深圳湾为例[M]. 北京:海洋出版社.

张武昌,赵楠. 2010. 中国海洋浮游桡足类图谱[M]. 北京:科学出版社.

章宗涉,黄祥飞. 1990. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京:科学出版社.

郑小燕,王丽卿,张瑞雷,等. 2009. 淀山湖浮游动物的群落结构及动态[J]. 动物学杂志, 44(5): 78-85.

Blancher E C. 1984. Zooplankton-trophic state relationships in some north and central Florida lakes[J]. Hydrobiologia, 109: 251-253.

Dumont H J. 1994. On the diversity of the Cladocera in the trophics[J]. Hydrobiologia, 272: 27-38.

Fernando C H. 2003. A guide to tropical freshwater zooplankton[J]. African Journal of Aquatic Science, 28: 87-88.

Korovchinsky N M. 2006. The cladocera (crustacean: Branchiopoda) as a relict group[J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 147: 109-124.

McNaught D C. 1975. A hypothesis to explain the succession from calanoids to cladocetes during eutrophication[J]. Verh internat Verein Limnol, 19: 724-731.

Sladeck V. 1983. Rotifera as indicators of water quality[J]. Hydrobiologia, 100: 169-201.

(责任编辑 万月华)

Characteristics of the Zooplankton Communities in Four Typical Wetlands of Macao

CHEN Qian¹, HE Wei-tian², LIU Yang¹, HUANG Jian-rong¹

(1. School of Life Science, Sun-Yat Sen University, Guangzhou 510275, P. R. China;

2. Macao Ecological Society, Macao 999078, P. R. China)

Abstract: The wetlands of Macao are important stopover sites for international migratory birds and also the wintering habitat for the black-faced spoonbill, a rare and endangered bird species. Research on wetland water quality and phytoplankton community structure in reclaimed wetlands, as well as the characteristics of the coastal zone ecosystem, has been reported, but a study on the zooplankton community structure of the wetlands has not been reported. We examined zooplankton species composition, density, dominant species and species diversity in four typical wetlands in Macao. The investigation was carried out in December 2012 (winter), March 2013 (spring), June 2013 (summer) and September 2013 (autumn) and the community structure of the zooplankton was analyzed. Protozoan samples were collected from the water column 0.5 m below the surface water using a water sampler. 2 L of water were taken from each sample site, fixed with 5% formalin and concentrated to 50 mL by settling for 24 hours. Metazoan zooplankton samples were taken by passing 50 L water through plankton net (No. 13) and preserved with 5% formalin. A total of 110 zooplankton species were identified, along with the dominant population of Protozoa and Rotifera at each sampling site. The number of zooplankton species showed the general tendency of summer > autumn > spring > winter and spatial variation of species number among the four wetlands following the order Fai Chi Kei > Wang de Notre Dame Bay > Lotus Flower Bridge > Nan Vam Lake. The spatial-temporal variations of the zooplankton density were shown as follows: winter > spring > autumn > summer and Fai Chi Kei > Lotus Flower Bridge > Wang de Notre Dame Bay > Nan Vam Lake. *Strombidium globosaneum*, *Cyclidium glaucoma*, *Centropyxis aculeate*, *Tintinnidium fluviatile*, *Brachionus angularis*, *Synchaeta* sp. and *Neodiaptomus schmackeri* were the most dominant species and the zooplankton community in wetlands of Macao reflected obvious properties of tropical aquatic fauna.

Key words: zooplankton; community characteristics; wetland; Macao