

乌鳢养殖对浮游动物群落结构的影响

赵超 张洪海* 陈磊 沙未来 舒凤月 张进

曲阜师范大学生命科学学院 曲阜 273165

摘要: 通过对乌鳢 (*Channa argus*) 养殖池塘和对照水体即排水区和南阳湖的比较研究,探讨了乌鳢养殖对浮游动物群落结构的影响。研究表明,乌鳢养殖池塘的浮游动物物种数 24 种,密度 1 032 ind/L,均明显低于周边水体(排水区 64 种,密度 1 995 ind/L;近湖区 65 种,密度 2 569 ind/L),而其生物量达 4.65 mg/L,高于周边水体(排水区 3.10 mg/L,近湖区 2.85 mg/L),这主要是由于养殖池塘浮游动物生物量以枝角类、桡足类和无节幼体等大型浮游动物(95.70%)为主体,原生动物和轮虫所占比例(4.30%)相对较小,而周边水体则以原生动物和轮虫为主体;养殖池塘优势种为大型溞(*Daphnia magna*)和萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*),亦不同于周边水体的优势种;综合分析浮游动物优势种和多样性指数的评价结果,池塘水体呈中度污染,排水区水体呈轻度-中度污染,近南阳湖水域达到了轻度污染水平,这表明乌鳢养殖对周边水体造成了一定程度污染。

关键词: 乌鳢养殖;浮游动物;群落结构;水质

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2014)01-63-08

Effects of Snakehead Culture on Zooplankton Community Structure

ZHAO Chao ZHANG Hong-Hai* CHEN Lei SHA Wei-Lai SHU Feng-Yue ZHANG Jin

College of Life Science, Qufu Normal University, Qufu 273165, China

Abstract: The effects of snakehead (*Channa argus*) culture on zooplankton community structure were studied by the comparative research of snakehead culture pond to surrounding areas including drainage region and Nanyang Lake. The results showed that species number (24 species) and density (1 032 ind/L) of zooplankton in snakehead pond were dramatically lower than those of surrounding areas (the species number was 64 and 65, the density was 1 995 ind/L and 2 569 ind/L in drainage region and near lake region, respectively), while biomass (4.65 mg/L) was significantly higher, which may be attributed to that biomass in snakehead pond was mainly composed of macrozooplankton (95.70%) such as *Cladocera*, *Copepoda* and *Nauplius*, while micro *Protozoa* and *Rotifera* have a lower proportion (4.30%), but they were the main component in surrounding areas. Different from the surrounding areas, the dominant species in pond were *Daphnia magna* and *Brachionus calyciflorus*. Comprehensive analysis of dominant species and diversity index showed that snakehead pond was moderately polluted, drainage region was mildly to moderately polluted, while waters near Nanyang Lake was slightly polluted, which indicated that snakehead culture had resulted in pollution in surrounding areas.

基金项目 国家自然科学基金项目(No. 31172119),国家林业局 948 项目(No. 2012-4-73),国家科技支撑计划项目(No. 2012BAC04B00),山东省自然科学基金项目(No. ZR2011CM009, ZR2010CL014),高等学校博士学科点专项基金项目(No. 20113705110001),教育厅项目(No. J12LF04);

* 通讯作者, E-mail: zhanghonghai67@126.com;

第一作者介绍 赵超,男,硕士研究生;研究方向:保护生物学;E-mail: zc37130@126.com。

收稿日期:2013-05-06,修回日期:2013-07-21

Key words: *Channa argus* culture; Zooplankton; Community structure; Water quality

浮游动物是水域生态系统中的生物组成部分,在物质转化、能量流动及信息传递等生态过程中起着至关重要的作用(郭沛涌等 2003)。浮游动物可作为养殖水体中经济鱼类的重要饵料(刘永进等 2012),亦可通过其种类组成及多样性直接影响和反映水域生态系统的结构与功能(Tavernini et al. 2005, 纪焕红等 2006, 姜作发等 2006, 吴艳芳 2012)。同时,浮游动物不同类群对环境的适应能力具有明显差异,因此其群落结构及优势种的变化可作为水体监测的重要指标,准确反映水域生态环境的质量(刘建康 2002)。

山东省微山县以盛产乌鳢(*Channa argus*)而闻名,素有“中国乌鳢之乡”的美誉,而鲁桥镇又多以鱼塘养殖乌鳢,这种养殖方式虽扩大了养殖规模,提高了单位面积乌鳢产量,但鱼塘为保持较好水质需要定期换水,将养殖污水排向周边水域,对周边环境乃至南四湖水体造成不同程度的影响。然而,过去的研究多集中于乌鳢养殖水质分析(王宇希等 2011),对鱼塘浮游动物群落结构影响的研究未见报道。本文对乌鳢养殖池塘及周边水体的浮游动物群落进行调查,目的是分析乌鳢养殖对水体浮游动物群落结构的影响,研究结果可为南四湖水环境评价与保护、渔业资源可持续利用等提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样点设置 研究区域位于山东省济宁市鲁桥镇,在乌鳢养殖塘和排水区各设置 2 个样点,近南阳湖水域设置 1 个样点,其中排水区和近南阳湖水域样点作为对照。乌鳢养殖塘面积约为 700 m²,水深约 2 m,排水区是鱼塘定期排出养殖污水的区域,排水区水体流向南阳湖。分别于 2012 年 8 月和 11 月进行了 2 次采集。

1.2 标本采集、鉴定与计数

1.2.1 定性标本 以 25 号浮游生物网在水面以下 0.5 m 处作“∞”形缓慢巡回拖动 3 ~ 5 min,将滤取的标本置于采样瓶中,并加入 4% 甲醛溶液固定,进行浮游动物种类鉴定(蒋燮

治等 1979, 沈韞芬等 1990, 韩茂森等 1995, 周凤霞等 2005)。

1.2.2 定量标本 原生动物和轮虫定量标本使用 1 L 的有机玻璃采水器进行采集,采集时取 1 L 水样,并加入鲁哥氏液固定,带回实验室静置沉淀 24 h 后浓缩至 30 ml,对标本中各种原生动物和轮虫进行计数。甲壳动物的定量标本采集时,以 1 L 有机玻璃采水器取 10 L 水,并用 25 号浮游生物网过滤,将滤取的标本置于采样瓶中,加入 4% 甲醛溶液固定,浓缩的标本在实验室进行全部计数。

1.2.3 生物量的计算 按照每个原生动物为 0.000 05 mg、轮虫为 0.001 2 mg、枝角类 0.02 mg、桡足类 0.007 mg、无节幼体 0.003 mg 的鲜质量换算浮游动物的生物量(宋大洋 1994)。

1.3 数据分析

浮游动物优势种根据优势度 Y 值来确定: $Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$ 。 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种(刘光兴等 2007)。Marglef 丰富度指数 $D = (s - 1) / \log_2 N$; 物种多样性的计算采用 Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$; 物种均匀度指数采用 Pielou 均匀度指数公式: $J = \frac{H'}{\log_2 s}$ 。式中, n_i 为第 i 种的个体数目, N 为总浮游动物个体数目, f_i 为某种生物的出现频率, s 为出现生物的总种数, $P_i = n_i / N$ 。 D 值 0 ~ 1 为重污染, 1 ~ 3 为中污染, 大于 3 为轻或无污染; H' 值 0 ~ 1 为重污染, 1 ~ 3 为中污染, 大于 3 为轻或无污染; J 值 0 ~ 0.3 为重污染, 0.3 ~ 0.5 为中污染, 0.5 ~ 0.8 为轻或无污染(沈韞芬等 1990)。

1.4 环境因子测定 采集各点水样并测定环境因子,总氮(total nitrogen, TN)采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法,总磷(total phosphorus, TP)采用过硫酸钾消解钼酸铵分光光度法,叶绿素 a 采用丙酮萃取法(国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会

2002),依据 OECD(1982)的单营养因子评价标准对各水体富营养化程度进行评价。

2 结果与分析

2.1 环境因子分析 环境因子调查结果见表 1,各水体总氮和总磷的变化趋势均为养殖池塘 > 排水区 > 近湖区,叶绿素 a 的变化趋势为排水区 > 养殖池塘 > 近湖区。依据 OECD 富营养化单因子评价标准及总氮和总磷变化趋势,养殖池塘、排水区和近湖区均处于富营养化水平,且呈依次递减趋势。

表 1 环境因子调查结果

Table 1 Investigating results of environmental factors

	总氮 Total nitrogen TN (mg/L)	总磷 Total phosphorus TP (mg/L)	叶绿素 a Chlorophyll a ($\mu\text{g/L}$)
养殖池塘 Aquaculture pond	9.56	0.62	27.03
排水区 Drainage region	9.04	0.37	79.17
近湖区 Near lake region	3.26	0.08	26.21

2.2 浮游动物的种类组成 各水域浮游动物及物种数见图 1 和表 2。近湖区浮游动物物种数最多,共 65 种,包括原生动物 29 种,轮虫

29 种,枝角类 7 种;其次为排水区,共 64 种,包括原生动物 17 种,轮虫 34 种,枝角类 12 种,桡足类 1 种;养殖池塘物种数最少,共 24 种,明显小于其他两水域浮游动物物种数,其中原生动物 4 种,轮虫 10 种,枝角类 8 种,桡足类 2 种。原生动物和轮虫的物种数在不同水域中差异较为明显,养殖池塘其数目明显小于其他水域。

2.3 浮游动物的现存量 在本次调查中,养殖池塘、排水区和近湖区各类群浮游动物的密度和生物量结果见表 3。近湖区的浮游动物密度均值在各类型采集水域中最高,为 2 569 ind/L,而其生物量最低,为 2.85 mg/L,养殖池塘的浮游动物密度均值最低,为 1 032 ind/L,而其生物量最高,为 4.65 mg/L。3 种水域中各样点之间浮游动物的密度和生物量的差异均不显著 ($P > 0.05$)。

养殖池塘无节幼体的密度和生物量所占比例分别最高,为 53.78% 和 34.84%,其次是桡足类,密度和生物量比例分别为 22.38% 和 34.84%,因此在养殖池塘以无节幼体、桡足类等大型浮游动物为主。在排水区轮虫的密度和生物量分别最高,为 80.45% 和 62.26%,原生动物的密度和生物量所占比例也明显上升,而枝角类、桡足类及无节幼体的比例均呈不同程

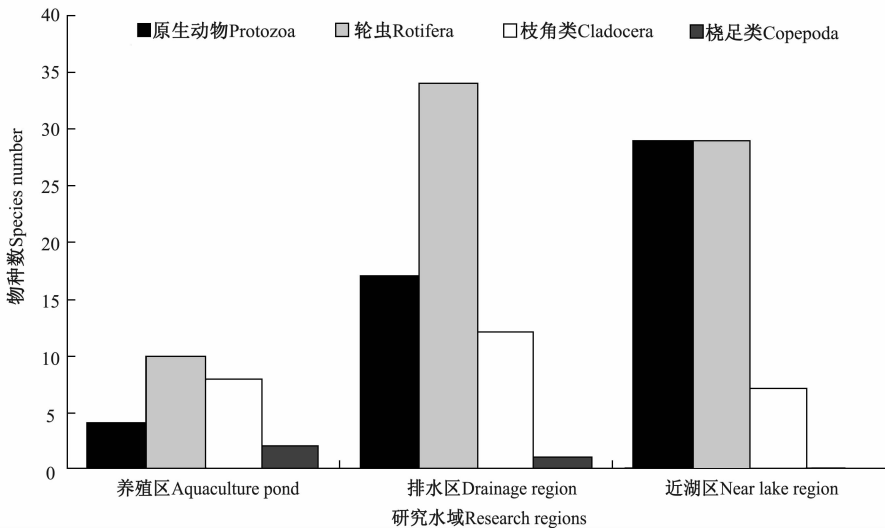


图 1 各类群浮游动物物种数

Fig. 1 Species number of zooplankton taxa

表 2 浮游动物种类名录
Table 2 Appendix list of zooplankton

养殖池塘 Aquaculture pond	排水区 Drainage region	近湖区 Near lake region	养殖池塘 Aquaculture pond	排水区 Drainage region	近湖区 Near lake region
大口表壳虫 <i>Arcella megastoma</i>			钟虫 <i>Vorticella</i> sp.	+	+
普通表壳虫 <i>A. vulgaris</i>		+	裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>		+
针棘匣壳虫 <i>Centropyxis aculeata</i>	+	+	舟形龟纹轮虫 <i>A. navicula</i>	+	+
匣壳虫 <i>Centropyxis</i> sp.	+	+	前节晶囊轮虫 <i>Asplachna priodonta</i>		+
馍状圆壳虫 <i>Cyclopyxis deflandrei</i>		+	晶囊轮虫 <i>Asplachna</i> sp.	+	+
圆壳虫 <i>Cyclopyxis</i> sp.	+		蛭态亚目轮虫一种 <i>Bdelloidea</i>		+
尖顶砂壳虫 <i>Diffugia acuminata</i>		+	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	+	+
小澳砂壳虫 <i>D. australis minor</i>		+	蒲达臂尾轮虫	+	+
褐砂壳虫 <i>D. avellana</i>	+	+	<i>B. budapestiensis</i>		
烦恼砂壳虫 <i>D. difficilis</i>	+	+	萼花臂尾轮虫 <i>B. calyciflorus</i>	+	+
无棘烦恼砂壳虫 <i>D. difficilis eornis</i>		+	花筐臂尾轮虫 <i>B. capsuliflorus</i>		+
橡子砂壳虫 <i>D. glans</i>	+	+	尾突臂尾轮虫 <i>B. caudatus</i>		+
球形叉口砂壳虫 <i>D. gramen globulosa</i>		+	镰形臂尾轮虫 <i>B. falcatus</i>		+
长圆砂壳虫 <i>D. oblonga</i>		+	剪形臂尾轮虫 <i>B. forficula</i>		+
瓶砂壳虫 <i>D. urceolata</i>		+	裂足臂尾轮虫 <i>B. schizocerca</i>		+
砂壳虫 <i>Diffugia</i> sp. 1		+	壶状臂尾轮虫 <i>B. urceus</i>	+	+
砂壳虫 <i>Diffugia</i> sp. 2		+	臂尾轮虫 <i>Brachionus</i> sp. 1		+
砂壳虫 <i>Diffugia</i> sp. 3		+	臂尾轮虫 <i>Brachionus</i> sp. 2		+
团脾眼虫 <i>Askenasia volvox</i>		+	独角聚花轮虫 <i>Conochilus unicornis</i>		+
膜袋虫 <i>Cyclidium</i> sp.	+		猪吻轮虫 <i>Dicranophorus</i> sp.		+
纤毛虫 <i>Ciliate</i>	+		臂三肢轮虫 <i>Filinia brachiata</i>		+
纤毛虫 <i>Ciliate</i>	+		长三肢轮虫 <i>F. longiseta</i>	+	+
单环栉毛虫 <i>Didinium balbianii</i>			三肢轮虫 <i>Filinia</i> sp.		+
长颈虫 <i>Dileptus</i> sp.		+	奇异六腕轮虫 <i>Hexarthra mira</i>		+
漫游虫 <i>Litonotus</i> sp.	+		螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>		+
淡水筒壳虫 <i>Tintinnidium fluviatile</i>		+	矩形龟甲轮虫 <i>K. quadrata</i>		+
杯形似铃壳虫 <i>Tintinnopsis cratera</i>		+	锯齿龟甲轮虫 <i>K. serrulata</i>		+
王氏似铃壳虫 <i>T. wangi</i>	+	+	曲腿龟甲轮虫 <i>K. valaa</i>	+	+
长筒似铃壳虫 <i>T. longus</i>		+	月形腔轮虫 <i>Lecane buna</i>	+	+
管形似铃壳虫 <i>T. tutuiformis</i>		+	囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i>		+
江苏似铃壳虫 <i>T. kiangsuensis</i>		+	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	+	+
钵体似铃壳虫 <i>T. subpistillum</i>		+	转轮虫 <i>Rotaria rotatoria</i>		+
中华似铃壳虫 <i>T. sinensis</i>		+	轮虫 <i>Rotifera</i> sp. 1		+
棕色中华似铃壳虫 <i>T. sinensis var</i>		+	轮虫 <i>Rotifera</i> sp. 2		+
无锡似铃壳虫 <i>T. wusihensis</i>		+	轮虫 <i>Rotifera</i> sp. 3		+
			疣毛轮虫 <i>Synchaeta</i> sp. 1		+
			疣毛轮虫 <i>Synchaeta</i> sp. 2		+
			刺盖异尾轮虫 <i>Trichocerca capucina</i>		+
			冠饰异尾轮虫 <i>T. lophoessa</i>		+
			暗小异尾轮虫 <i>T. pusilla</i>		+
			罗氏异尾轮虫 <i>T. rouseeleti</i>		+
			等刺异尾轮虫 <i>T. similis</i>		+
			异尾轮虫 <i>Trichocerca</i> sp. 1		+
			异尾轮虫 <i>Trichocerca</i> sp. 2		+

续表 2

	养殖池塘 Aquaculture pond	排水区 Drainage region	近湖区 Near lake region		养殖池塘 Aquaculture pond	排水区 Drainage region	近湖区 Near lake region
长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>	+	+	+	小栉溞 <i>Daphnia cristata</i>		+	
颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>			+	透明溞 <i>Daphnia hyalina</i>		+	
美丽网纹溞 <i>Ceriodaphnia pulchella</i>	+			短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>			+
卵形盘肠溞 <i>Chydorus ovalis</i>		+		长肢秀体溞 <i>D. leuchtenbergianum</i>		+	+
隆线溞 <i>Daphnia carinata</i>	+	+		裸腹溞 <i>Moina</i> sp.	+	+	
长刺溞 <i>Daphnia longispina</i>		+		晶莹仙达溞 <i>Sida crystallina</i>	+	+	+
大型溞 <i>Daphnia magna</i>	+	+	+	低额溞 <i>Simocephalus</i> sp. 1	+		
西藏拟溞 <i>Daphniopsis tibetana</i>	+	+		低额溞 <i>Simocephalus</i> sp. 2		+	+
				剑水蚤 1 <i>Cyclopoida</i> 1	+	+	
				剑水蚤 2 <i>Cyclopoida</i> 2	+		

“+”表示该水域出现物种。“+” Indicates the species in this area.

表 3 各类群浮游动物的密度和生物量均值

Table 3 Mean densities and mean biomass of zooplankton taxa

		养殖池塘 Aquaculture pond		排水区 Drainage region		近湖区 Near lake region	
		平均值 Mean	比例 (%) Percentage	平均值 Mean	比例 (%) Percentage	平均值 Mean	比例 (%) Percentage
		原生动物 Protozoa	密度 Density (ind/L)	30	2.91	203	10.18
轮虫 Rotifera	生物量 Biomass (mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.32	0.02	0.70
枝角类 Cladocera	密度 Density (ind/L)	158	15.31	1 605	80.45	2 280	88.75
桡足类 Copepoda	生物量 Biomass (mg/L)	0.19	4.09	1.93	62.26	2.74	96.14
无节幼体 Nauplius	密度 Density (ind/L)	58	5.62	34	1.70	1	0.04
总计 Total	生物量 Biomass (mg/L)	1.16	24.95	0.68	21.94	0.02	0.70
	密度 Density (ind/L)	231	22.38	7	0.35	2	0.08
	生物量 Biomass (mg/L)	1.62	34.84	0.05	1.61	0.02	0.70
	密度 Density (ind/L)	555	53.78	146	7.32	16	0.62
	生物量 Biomass (mg/L)	1.67	35.91	0.43	13.87	0.05	1.75
	密度 Density (ind/L)	1 032		1 995		2 569	
	生物量 Biomass (mg/L)	4.65		3.10		2.85	

度地下降。在近湖区轮虫的密度和生物量比例分别达最大值,为 88.75% 和 96.14%,枝角类、桡足类等大型浮游动物的密度和生物量比例均达最小值。

2.4 优势种 各水域优势种及其密度和比例见表 4,不同水域中浮游动物优势种和优势种群密度各有差异,养殖池塘优势种为大型溞和萼花臂尾轮虫,排水区优势种主要为螺形龟甲轮虫、针簇多肢轮虫、角突臂尾轮虫、王氏似铃壳虫、萼花臂尾轮虫、长三肢轮虫,近湖区优势种为螺形龟甲轮虫,针簇多肢轮虫和暗小异尾轮虫。萼花臂尾轮虫为养殖池塘和排水区的共

有优势种,螺形龟甲轮虫和针簇多肢轮虫为排水区和近湖区的共有优势种。

2.5 浮游动物的多样性分布 三水域浮游动物的 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Marglef 丰富度指数见表 5,各项指数变化趋势均为近湖区 > 排水区 > 养殖池塘,并且排水区和近湖区浮游动物的多样性水平、均匀度水平和丰富度水平均明显高于养殖池塘。根据 Shannon-Wiener 多样性、Pielou 均匀度和 Marglef 丰富度指数对各水体进行综合评价,养殖池塘和排水区水质处于轻度-中度污染,近湖区水质处于轻度污染,水质状况由好到差依次

表 4 优势种的密度及比例

Table 4 Density and percentage of dominant species

	养殖池塘		排水区		近湖区	
	Aquaculture pond		Drainage region		Near lake region	
	密度 (ind/L)	比例 (%)	密度 (ind/L)	比例 (%)	密度 (ind/L)	比例 (%)
	Density	Percentage	Density	Percentage	Density	Percentage
萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	30	2.91	83	4.14	-	-
大型溞 <i>Daphnia magna</i>	36	3.51	-	-	-	-
王氏似铃壳虫 <i>Tintinnopsis wangi</i>	-	-	105	5.27	-	-
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	-	-	285	14.30	-	-
长三支轮虫 <i>Filinia longiseta</i>	-	-	83	4.14	-	-
螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	-	-	480	24.08	580	46.71
针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	-	-	323	16.18	240	18.68
暗小异尾轮虫 <i>Trichocerca pusilla</i>	-	-	-	-	90	7.01

“-”表示该种在该水域不是优势种。“-” Indicates that the species is not the dominant species in this area.

表 5 浮游动物多样性指数、均匀度指数和丰富度指数

Table 5 Diversity index, evenness index and richness index of zooplankton

	多样性指数		均匀度指数		丰富度指数	
	Diversity index		Evenness index		Richness index	
	H'	评价结果	J	评价结果	D	评价结果
		Evaluation result		Evaluation result		Evaluation result
养殖鱼塘 Aquaculture pond	2.39	中污染	0.51	轻污染	1.26	中污染
排水区 Drainage region	3.73	轻污染	0.62	轻污染	2.64	中污染
近湖区 Near lake region	3.93	轻污染	0.65	轻污染	3.69	轻污染

是:近湖区、排水区和养殖池塘。

3 讨论

大量研究表明,鱼类的捕食可以极大地影响浮游动物的群落结构,在鳙 (*Aristichthys nobilis*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 这两种滤食性鱼类的养殖区内,鲢和鳙更倾向于选择桡足类等大型浮游动物,从而有助于原生动物和轮虫的生长,因此在这类养殖水体中原生动物和轮虫是浮游动物群落的主要组成部分(郑小燕等 2009, 吴利等 2011a),这明显不同于本研究中乌鳢养殖池塘浮游动物的群落结构。通过对微山县鲁桥镇乌鳢养殖池塘的浮游动物群落结构调查分析,无节幼体及桡足类等大型浮游动物是鱼塘内浮游动物密度和生物量的主要组成部分,轮虫和原生动物等小型浮游动物所占比例较小。原生动物和轮虫个体较小,发育快,生命周期短,并且对外界环境敏感,受环境的影响相对较大(陈光荣等 2008),在养殖池塘内,人为因素影响较为明显,例如在投放鱼苗前

对鱼塘清淤消毒,并定期对池水用生石灰或硫酸铜进行消毒等(胡雄英等 2007),影响原生动物和轮虫等的生长。大型浮游动物幼体可作为乌鳢幼鱼时期的主要饵料(刘永进等 2012),人为投放大型浮游动物幼体以确保鱼苗饵料充足可能是养殖池塘大型浮游动物比例较高的主要原因,幼鱼生长为成体后改为投放鲜杂鱼等作为乌鳢的主要饲料,使乌鳢对桡足类等大型浮游动物捕食压力减弱,密度和生物量比例明显上升。在排水区和近湖区,人为因素影响较小,其浮游动物群落结构也与养殖池塘有区别,浮游动物主要由原生动物、轮虫组成,这与国内已知对江河、湖泊和水库等中的浮游动物各类群的比例研究结果相一致(杨宇峰等 1994, 谢进金等 2005, 吴利等 2011a, 吴利等 2011b)。

水体富营养化程度的增加导致物种数的降低和耐污性物种密度增加(Dumont 1983, Dussart et al. 1984)。在本研究中,基于环境因子的结果表明,养殖池塘、排水区和近湖区均呈现富营养化,且呈递减趋势,这与许宝红等

(2011)研究的肉食性鱼类养殖水体呈现富营养化结果相一致。基于浮游动物的 Shannon-Wiener 多样性指数, Pielou 均匀度指数和 Marglef 丰富度指数综合评价亦说明这一结果。各水域均出现一些耐污种,如萼花臂尾轮虫、螺形龟甲轮虫、针簇多肢轮虫等,并成为优势种,对水体富营养化具有一定的指示作用(沈韞芬等 1990, 王凤娟等 2006),其中养殖池塘内优势种较少,且优势度较低,表明养殖池塘内富营养化程度相对较低。而通过环境因子及以上三项多样性指数评价结果表明,养殖池塘内富营养化程度最高,与指示种评价结果相反,这与人为影响因素有关,养殖池塘内需要定期换水、消毒,形成优势种的机会较小,但由于乌鳢养殖池塘内残饵和粪便较多,提高了水体氮磷含量,因此富营养化程度最高。排水区和近湖区优势种较多,且螺形龟甲轮虫、针簇多肢轮虫的优势度很高,成为绝对优势种,是水体富营养化的重要表现,这主要与养殖池塘为保持适宜水质需要定期进行换水有关,鱼塘内养殖污水进入排水区和近湖区,使其水体呈现不同程度的富营养化,这一结果与环境因子及多样性指数评价结果一致。乌鳢养殖使水体中大型浮游动物成为浮游动物群落的主体,养殖池塘定期换水将氮磷等含量较高的水体排入排水区并进入南阳湖,使排水区水质状况降低,由于近湖区水体的稀释和污染物的扩散,水质相对较好,但亦造成一定程度的影响,达到轻度污染水平。

致谢 合肥师范学院生命科学系吴利博士在浮游动物的鉴定等方面给予了极大的帮助,在此表示最诚挚的感谢。

参 考 文 献

- Dumont H J. 1983. Biogeography of rotifers. *Hydrobiologia*, 104 (1): 19 - 30.
- Dussart B H, Fernando C H, Matsumura-Tundisi T et al. 1984. A review of systematics, distribution and ecology of tropical freshwater zooplankton. *Hydrobiologia*, 113(1): 77 - 91.
- OECD. 1982. *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.
- Tavernini S, Mura G, Rossetti G. 2005. Factors Influencing the seasonal phenology and composition of zooplankton communities in mountain temporary pools. *International Review of Hydrobiology*, 90(4): 358 - 375.
- 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. *湖泊科学*, 20(3): 351 - 356.
- 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 2002. *水和废水监测分析方法*. 2 版. 北京: 中国环境科学出版社.
- 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 2003. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性. *生态学报*, 23(5): 892 - 900.
- 韩茂森, 束蕴芳. 1995. *中国淡水生物图谱*. 北京: 海洋出版社, 156 - 259.
- 胡雄英, 吴仕根, 毛东山. 2007. 乌鳢池塘高效健康养殖技术. *中国水产*, (3): 23 - 25.
- 纪焕红, 叶属峰, 刘星, 等. 2006. 南麂列岛海洋自然保护区浮游动物的物种组成及其多样性. *生物多样性*, 14(3): 206 - 215.
- 蒋菱治, 堵南山. 1979. *中国动物志: 节肢动物门 甲壳纲 淡水枝角类*. 北京: 科学出版社.
- 姜作发, 唐富江, 董崇智, 等. 2006. 黑龙江水系主要江河浮游动物种群结构特征. *东北林业大学学报*, 34(4): 64 - 66.
- 刘光兴, 陈洪举, 朱延忠, 等. 2007. 三峡工程一期蓄水后长江口及其邻近水域浮游动物的群落结构. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 37(5): 789 - 794.
- 刘建康. 2002. *高级水生生物学*. 北京: 科学出版社, 199.
- 刘永进, 刘运刚. 2012. 池塘标准化养殖乌鳢技术总结. *山东畜牧兽医*, 33(12): 66 - 67.
- 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩. 1990. *微型生物监测新技术*. 北京: 中国建筑工业出版社, 1 - 524.
- 宋大祥. 1994. *西南武陵山地区动物资源和评价*. 北京: 科学出版社.
- 王凤娟, 胡子全, 汤洁, 等. 2006. 用浮游动物评价巢湖东湖区的水质和营养类型. *生态科学*, 25(6): 550 - 553.
- 王宇希, 冯晓宇, 潘彬斌, 等. 2011. 杂交鳊杭鳊 1 号和乌鳢池塘养殖水质对比分析. *现代农业科技*, (1): 327 - 328.
- 吴利, 冯伟松, 张堂林, 等. 2011a. 春、秋季武湖浮游动物群落特征及其与环境因子的关系. *水生态学杂志*, 32(2): 31 - 37.
- 吴利, 冯伟松, 张堂林, 等. 2011b. 湖北省西凉湖浮游动物群落周年动态变化及其与环境因子的关系. *湖泊科学*, 23(4): 619 - 625.
- 吴艳芳. 2012. *上海世博园后滩湿地生态修复后浮游生物群落结构特征的研究*. 上海: 上海海洋大学硕士学位论文,

3-4.

谢进金, 许友勤, 陈寅山, 等. 2005. 晋江流域水质污染与浮游动物四季群落结构的关系. *动物学杂志*, 40(5): 8-13.

许宝红, 肖调义, 金红春, 等. 2011. 利用浮游动物评价不同类型养殖水体营养状况. *淡水渔业*, 41(1): 10-15.

杨宇峰, 黄祥飞. 1994. 武汉东湖浮游动物群落结构的研究. *应用生态学报*, 5(3): 319-324.

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

周凤霞, 陈剑虹. 2005. *淡水微型生物图谱*. 北京: 化学工业出版社, 193-366.

《动物学杂志》第十一届编辑委员会

名誉主编: 马 勇

主 编: 宋延龄

副 主 编: 赵 勇 彭景榭 孙悦华 梁 冰(常务)

编 委: (以姓氏笔画为序)

丁长青 马 勇 马志军 马建章 王德华 计 翔 石树群 孙青原 孙悦华
 刘迺发 许木启 李 明 李保国 李枢强 李新正 张正旺 张春光 张明海
 张树义 张海燕 宋延龄 宋林生 宋昭彬 杨增明 宛新荣 郑光美 赵 勇
 费 梁 钟文勤 桂建芳 夏国良 徐存拴 徐宏发 徐延恭 梁 冰 彭贤锦
 彭景榭 蒋志刚 戴家银 魏辅文

责任编辑: 顾亦农 梁 冰