

武汉东湖主要养殖水域的浮游甲壳动物群落分析

杨宇峰^{1, 2}, 黄祥飞²

(1. 青岛海洋大学海洋生命学院, 青岛 266003; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要:报道了 1994~1996 年武汉东湖水果湖、郭郑湖、汤林湖和后湖 4 个主要鱼类养殖水域甲壳动物群落结构变化的调查结果。其目的旨在比较 4 个湖区甲壳动物群落结构的差异, 探讨甲壳动物群落变化与鱼类养殖、水生植物及水体富营养化间的关系。结果表明, 在东湖 I、II 站, 类平均密度明显低于 III、IV 站 ($P < 0.05$), 而近邻剑水蚤在 3 个周年里一直占据桡足类的优势地位。III 站从 1995 年, IV 站从 1996 年起, 近邻剑水蚤均取代了广布中剑水蚤成为桡足类的第一优势种。甲壳动物的体长频度分布表明: 在 3 个研究年中, 11~12 月份和 1~4 月份体长大于 1mm 的甲壳动物频度均显著高于 5~10 月份。体长大于 1mm 的枝角类个体数以 III、IV 站较多, 而大于 1mm 的桡足类则以 I、II 站较多。

关键词:甲壳动物; 鱼类; 比较生态; 东湖

Community Analysis of Crustacean Zooplankton in Main Culture Areas of Lake Donghu, Wuhan

YANG Yu-Feng, HUANG Xiang-Fei (1. College of Marine Life Sciences, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003; 2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(3): 318~325.

Abstract: Comparative studies on community structure of crustacean zooplankton were examined by a three-year (1994~1996) field investigations in 4 main culture areas: Shuiguohu, Guozhenghu, Tanglinhu and Houhu in Lake Donghu. The aim of the present study is to compare difference in community structure of crustacean zooplankton at 4 culture areas, and to evaluate effects of changes in environmental factors such as fish yield, macrophytes and eutrophication on crustacean zooplankton community. Results showed densities of *Daphnia* at Stations I and II were markedly lowerly than those at Stations III and IV ($p < 0.05$). *Cyclops vicinus* was predominant copepod at Stations I and II during 1994~1996. *C. vicinus* replaced *M. leuckarti* in 1995 (Station III), and in 1996 (Station IV) to become the dominant copepod. Size-frequency distributions showed the frequency of crustaceans (> 1 mm) were higher during January-April and November-December than during May ~ October at the 4 sampling stations in the 3 research years. Frequency of cladoceran individuals (> 1 mm) were higher at Stations III and IV than that at Stations I and II; frequency of copepods (> 1 mm) is higher at Stations I and II than that at Stations III and IV.

Key words: crustacean zooplankton; fish; comparative ecology; Lake Donghu

文章编号: 1000-0933(2002)03-0318-08 中图分类号: Q958 文献标识码: A

武汉东湖是长江中下游一个典型的中型浅水城郊湖泊。自 20 世纪 50 年代以来, 东湖沿岸及汇水区

基金项目: 中国科学院重大资助项目(KJ85-06); 中国科学院东湖生态实验站资助项目

承谢平研究员、王建女士和戴莽先生分别提供 1995 年甲壳动物数量、Chl-a 和水化学数据, 谨致谢忱。

收稿日期: 2000-03-29; 修订日期: 2001-11-18

作者简介: 杨宇峰(1963~), 男, 湖南临澧县人, 博士, 研究员。主要从事浮游动物生态学和环境生态学研究。E-mail: yyf

@mail.ouqd.edu.cn

内,人口急剧增加,工业废水和生活污水大量排入东湖,导致水质恶化,富营养化状况日趋严重。到 20 世纪 60 年代末期,为便于渔业管理,人为分割湖区,致使各湖区渔产量和营养水平均出现了很大差异。60 年代的渔获量在 160t 和 360.5t 之间波动,产量为 50~112.5kg/hm²。70 年代,中国科学院水生生物研究所与东湖渔场合作,在水果湖和郭郑湖区进行渔产量增产试验,使两湖区渔产量由 1971 年 124.5 上升到 1996 年的 1083.8kg/hm²[1,2],而汤林湖和后湖的鱼产量一直较低,至 1994~1996 年,产量仍在 500 kg/hm²以下。东湖主养鱼种是鲢鳙鱼,两者占总渔获物的 83%~97%,此外还有草鱼、青鱼、团头鲂等。在营养水平上,水果湖区和郭郑湖区由于沿岸人口众多,污水排入总量高,营养物浓度高;而汤林湖和后湖区的水质相对较好。由于这种差异的存在,作为湖泊生态系中重要组分的浮游甲壳动物对这种变化如何响这是值得关注的生态学问题。尽管有关东湖浮游动物的研究报道较多,但大多数研究水域都局限在水果湖区和郭郑湖区[2~4],对渔产量较低的汤林湖区和后湖区的浮游动物少有报道,更缺乏对上述 4 个湖区的专题比较研究。本研究的目的旨在比较 4 个湖区浮游甲壳动物群落结构的差异,并探讨甲壳动物群落改变与鱼类养殖和富营养化等因子间的关系。

1 材料和方法

甲壳动物样品采自武汉东湖 I, II, III, IV 站(图 1),调查时间为 1994~1996 年。采样频度为每月一次。在 4 个采样站中, I 站位于湖湾,有大量污水排入,属高度富营养化的水果湖区。II 站位于郭郑湖区湖心,由于大量营养物质的扩散,氮、磷等营养物浓度也很高。III 站和 IV 站分别位于沿岸人口密度较低,污水排入较少,并有少量水草残存的汤林湖和水草群丛分布较多的后湖区。4 个采样站的主要湖沼学特征见表 1。

在 I, III 和 IV 站,分 4 个采水层次(0m, 1m, 2m, 3m 或 2.5m, 不同年份水位变化略有不同),用 2.5L 的采水器共采集 20L 水样,再经孔径为 64μm 的浮游生物网过滤。II 站则分 5 个采水层次(0m, 1m, 2m, 3m, 4m)共采水样 25L。样品被保存在 5% 福尔马林溶液里,带回实验室后全部计数,桡足类无节幼体取小样计数。生物量(湿重)按体长体重回归方程求得[3]。无节幼体每个按 0.003mg 计算。

表 1 东湖 I、II、III、IV 站主要湖沼学特征

Table 1 Main limnological characteristics at stations I, II, III, IV in Lake Donghu

	站 Station			
	IV	I	II	III
水深范围 ^① (m) (1988~1996)	2.5~3.2	3.9~5.0	2.8~3.7	3.0~3.9
底泥深度 ^② (cm) (1994~1996)	15~35	> 35	> 35	> 35
TN(mg/L) (1995)	7.04	3.07	2.00	1.99
TP(mg/L) (1995)	0.794	0.402	0.239	0.214
透明度 ^③ (cm) (1995)	64.67	84.58	115.42	107.92
Chl-a(μg/L) (1995~1996)	55.92	34.59	8.68	9.24
鱼产量 ^④ (kg/hm ²) (1994~1996)	>1000	>1000	<500	<250

① Water depth, ② Sediment mud, ③ Transparency, ④ Fish yield

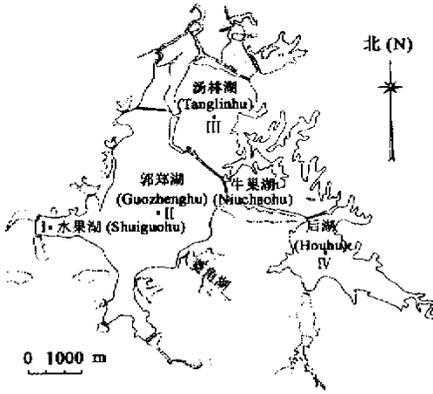


图 1 东湖采样站(·)分布图

Fig. 1 Distribution of the sampling stations (·) in Lake Donghu

2 结果

2.1 甲壳动物的主要种类

经初步鉴定,东湖 I、II、III、IV 站甲壳动物种类组成基本相同。主要枝角类有:短尾壳体 (*Diphanosoma* 万方数据),微型裸腹 (*Moina micrura*),此外还有透明 (*Daphnia hyalina*),隆线一亚种 (*D. carinata* -ssp),蚤状 (*D. pulex*),透明薄皮 (*Leptodora kindti*),象鼻 (*Bosmina*),网纹 (*Cerio-*

daphnia)和尖额 (Alona)。桡足类的优势种类为冬春季的近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus*)和夏秋季的广布中剑水蚤(*Mesocyclops leuckarti*)。此外还有台湾温剑水蚤(*Thermocyclops taihokuensis*),球状许水蚤(*Schmackeria forbesi*),汤匙华哲水蚤(*Sinocalanus dorrii*),特异荡镖水蚤(*Neurodiaptomus incongruens*),右突新镖水蚤(*Neodiaptomus schmackeri*)等。

2.2 甲壳动物数量

图2为1994~1996年枝角类在东湖I、II、III、IV站的数量季节变动。在I、II站,枝角类在1~4月份和11~12月份的数量较少(但II站1996年1~3月份数量较多);在5~10月份较多(1996年除外)。如在东湖I站最高峰值在3个年度均在5月份出现,1994、1995、1996年度密度分别为49.5、39.95和25.4 ind/L。高峰期的主要种类为微型裸腹和短尾秀体。在III、IV站,1~4月份的枝角类密度较I、II站高,主要是的数量较多。1994~1996年东湖I、II、III、IV站类数量的调查结果表明,除了1996年3月份II站类密度较高(为34.2 ind/L)外,III、IV站的类数量均明显高于I、II站。如1995年4月份III站类密度为52.55 ind/L,1995年3月份IV站类密度高达88.5 ind/L。对1994~1996年I、II、III、IV站类数量平均,其密度分别为 $0.59 \pm 0.21, 1.91 \pm 1.00, 7.20 \pm 1.92, 10.68 \pm 3.41$ ind/L。统计结果显示,I与III、I与IV、II与III、II与IV站类数量有显著差异($p < 0.05$)。

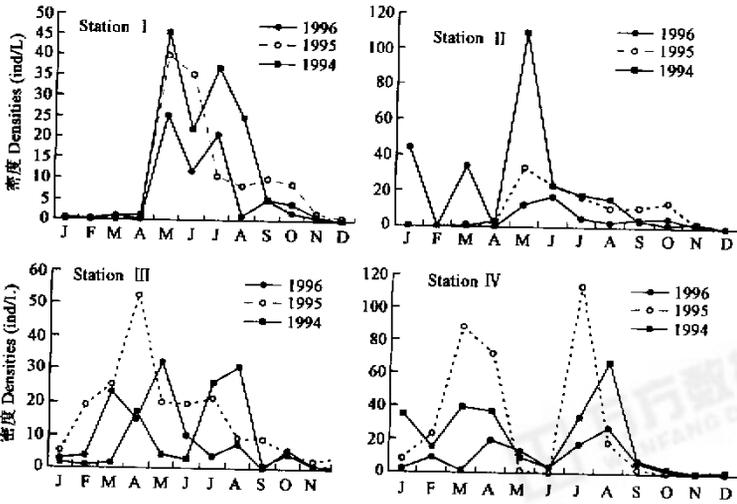


图2 1994~1996年东湖I、II、III和IV站枝角类数量的季节变动

Fig.2 Seasonal changes in densities of cladocerans at Stations I, II, III and IV in Lake Donghu during 1994~1996

图3为桡足类(不含无节幼体)在1994~1996年的数量变动。I、II、III、IV站桡足类的平均密度分别为 $8.85 \pm 1.41, 12.78 \pm 1.62, 5.84 \pm 0.67$ 和 11.23 ± 1.95 ind/L。4个站中,III站桡足类平均密度最低。统计结果显示,I与III站,II与III站,III与IV站间桡足类数量有显著差异($p < 0.05$)。从3个年度桡足类的统计结果看:I、II站均以冬春季出现的近邻剑水蚤为第一优势种;III站在1994年以广布中剑水蚤为第一优势种,1995~1996年其优势地位被近邻剑水蚤取代;IV站在1994~1995以广布中剑水蚤占优势,1996年则以近邻剑水蚤为第一优势种。如1995年IV站的广布中剑水蚤和近邻剑水蚤(均不含无节幼体)年均密度分别为6.37和1.48 ind/L。如果将无节幼体计算在内,则分别为21.72和8.00 ind/L。

将1994~1996年I、II、III、IV站无节幼体的数量平均,它们分别占桡足类总数量的81.64、82.53、81.30和70.56%。4个采样站中,无节幼体的平均密度以II站最高(60.36 ind/L),I站次之(39.36 ind/L)。

L), IV 站再次(26.92 ind/L), III 站最低(25.39 ind/L)。

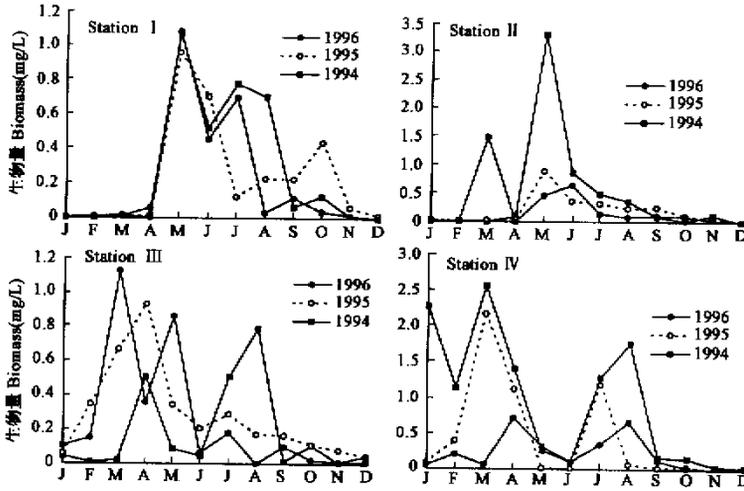


图 3 1994~1996 年东湖 I, II, III, IV 站桡足类(无节幼体除外)数量的季节变动

Fig. 3 Seasonal changes in densities of copepods (nauplii excluded) at Stations I, II, III, IV in Lake Donghu during 1994~1996

2.3 甲壳动物的生物量

图 4 为 1994~1996 年东湖 4 个采样站上枝角类生物量的季节变动。在 I, II 站,冬季生物量较低,高峰期多在春夏季出现。如东湖 I 站 1996 年 12 月枝角类生物量仅 0.001 mg/L,高峰期在 3 个年度均出现在 5 月份,1994、1995、1996 年分别为 1.066、0.956、1.081mg/L。在 II 站,除了 1996 年高峰期出现在 3 月份(1.488mg/L)外,1994~1995 年均出现在 5 月份,其值分别为 3.304 和 0.895mg/L。

1996 年 3 月,东湖 III 站枝角类生物量达到最高峰值(1.126mg/L),1995 年的高峰期也出现在 3 月份(0.66mg/L),而 1994 年高峰期则出现在 8 月份(0.786mg/L)。东湖 IV 站的生物量在 1996 年的最高峰值在 4 月份(0.718mg/L),1995 年最高峰值出现在 3 月份(2.163mg/L),次高峰在 7 月份(1.177mg/L),1994 年最高峰值也生发在 3 月份(2.552mg/L),次高峰在 1 月份(2.266mg/L)。对 1994~1996 年枝角类生物量平均,以 IV 站最高(0.522mg/L),其次为 II 站(0.303mg/L),I、III 站最低(均为 0.24mg/L)。

图 5 为 1994~1996 年东湖 I, II, III, IV 站桡足类(无节幼体除外)生物量的季节变动。2 个采样站上桡足类生物量以 12~4 月份较高,而 5~10 月份较低。如 I 站 1996 年 12~4 月份的总生物

量表 2 1994~1996 年东湖 I、II、III、IV 站甲壳动物(无节幼体除外)在 11~4 月份和 5~10 月份体长(大于 1mm 和大于 1.4mm) 频度分布比较

Table 2 Comparison of size-frequency distributions (>1mm and >1.4mm) of crustacean zooplankton (nauplii excluded) at Stations I, II, III and IV in Lake Donghu during November-April and May-October of 1994~1996

	枝角类 ^①		桡足类 ^②	
	11~4 月	5~10 月	11~4 月	5~10 月
I 站 >1mm 频度 ^③	0.2121	0.1591	0.6451	0.2581
I 站 >1.4mm 频度	0.0478	0.0450	0.2903	0.0230
统计量 ^④	145	289	217	217
II 站 >1mm 频度	0.3604	0.1822	0.6914	0.2259
II 站 >1.4mm 频度	0.0746	0.0455	0.2895	0.0130
统计量	161	373	418	385
III 站 >1mm 频度	0.3364	0.1956	0.4160	0.1655
III 站 >1.4mm 频度	0.1198	0.0526	0.1481	0.0106
统计量	217	285	392	284
IV 站 >1mm 频度	0.5118	0.1981	0.5337	0.2184
IV 站 >1.4mm 频度	0.1719	0.0396	0.2264	0.0216
统计量	256	328	371	371

①Cladocerans, ②Copepods, ③Frequency, ④No. measured

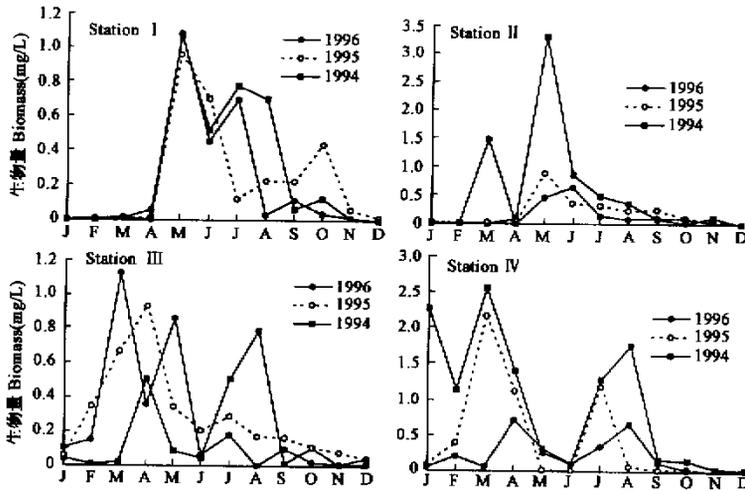


图4 1994~1996年东湖I, II, III, IV站枝角类生物量的季节变动

Fig. 4 Seasonal changes in biomass of cladocerans at Stations I, II, III, IV in Lake Donghu during 1994~1996

量为 4.514 mg/L, 占全年总生物量(5.144 mg/L) 的 88.27%。III 站和 IV 站桡足类的生物量仍以 12~4 月份较高。在 4 个采样站中, III 站桡足类的生物量最低, 1994, 1995 和 1996 年的平均生物量分别为 0.093, 0.159 和 0.092 mg/L。对 4 个采样站 1994~1996 年 3 个周年的桡足类生物量平均, II 站最高(0.414 mg/L), I 站次之(0.356 mg/L), IV 站再次(0.304 mg/L), III 站最低(0.115 mg/L)。

2.4 甲壳动物的体长频度分布

通过逐月随机测量 1994~1996 年 11~4 月份和 5~10 月份甲壳动物(无节幼体除外)的体长, 获得了东湖 I、II、III、IV 站甲壳动物的体长频度分布。在东湖 I、II、III、IV 站, 无论是枝角类还是桡足类, 在 11~4 月份大于 1mm 的体长频度均高于 5~10 月份的体长频度(表 2)。

统计结果显示: 3 个年度 11~4 月份与 5~10 月份比较, 体长 > 1mm 的枝角类和桡足类在上述两个时段均有显著差异($p < 0.05$)

I、II、III、IV 站比较, 11~4 月份枝角类大于 1mm 的体长频度以 IV 站最高(0.5118), I 站最低(0.2121); 5~10 月份的体长频度分布结果与此相似, 但无统计上的差异。11~4 月份, 桡足类大于 1mm 的体长频度以 I、II 站较高, 分别为 0.6451 和 0.6914; III、IV 站较低, 分别为 0.4160 和 0.5337。5~10 月份的情况与 11~4 月份相似。总的说来, 大于 1mm 的枝角类个体以 III、IV 站较多, 而大于 1mm 的桡足类则以 I、II 站较多。

在 I、II 站, > 1.4mm 的枝角类在 11~4 月份和 5~10 月份频度都较低, 且相差不大。但大于 1.4mm 的桡足类在 11~4 月份的频度均明显高于 5~10 月(表 2)。在 I、II 站前者分别是后者的 12.6 和 22.3 倍。

在 III 站, 大于 1.4mm 的枝角类在 11~4 月份和 5~10 月份的频度分别为 0.1198 和 0.0526, 前者是后者 2.3 倍。大于 1.4mm 的桡足类的频度在 11~4 月份和 5~10 月份分别为 0.1481 和 0.0106, 前者是后者的 14 倍。

在 IV 站, 大于 1.4mm 的枝角类在 11~4 月份和 5~10 月份的频度分别为 0.1719 和 0.0396, 前者是后者的 4.3 倍。大于 1.4mm 的桡足类在 11~4 月份和 5~6 月份的频度分别为 0.2264 和 0.0216, 前者是后者的 10.5 倍。

方差数据

综上所述, 东湖 I、II、III、IV 站大于 1.4mm 的甲壳动物频度, I、II 站枝角类在 11~4 月份和 5~10

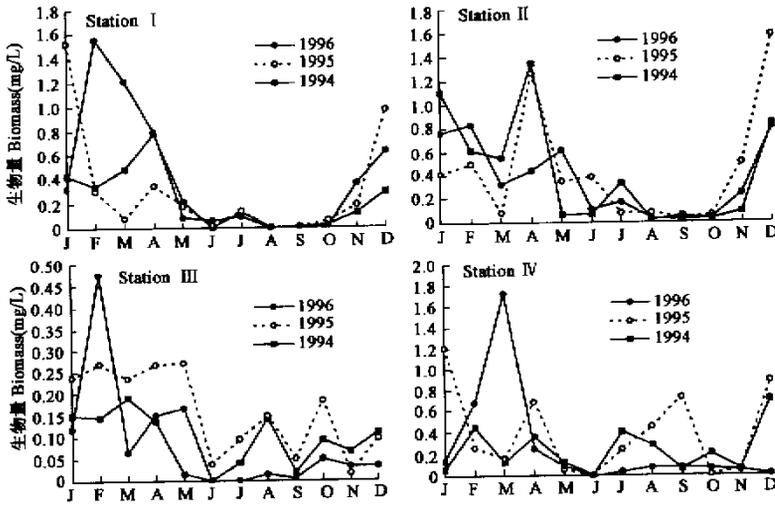


图 5 1994~1996 年东湖 I, II, III, IV 站桡足类(无节幼体除外)生物量的季节变动

Fig. 5 Seasonal changes in biomass of copepods (nauplii excluded) at Stations I, II, III, IV in Lake Donghu during 1994~1996.

月份几乎没有差异,在 III、IV 站则以 11~4 月份较高;而桡足类在 4 个采样站上均是 11~4 月份明显高于 5~10 月份。

3 讨论

3.1 东湖浮游甲壳动物优势种类改变与环境因子的相互关系

20 世纪 60 年代到 90 年代,东湖生态系已发生了巨大变化;在青山港通长江处修建调节闸,使东湖由通江湖泊变为“封闭湖泊”;由于商业性渔业发展,东湖渔场每年向湖内投放大量鱼种,使该湖由天然湖泊转变为养殖湖泊。60 年代后期,由于渔业发展和湖区建设的需要,将东湖分割为相对独立的郭郑湖、汤林湖、后湖、庙湖、牛巢湖以及数十个小湖湾。目前,占全湖面积 40% 的郭郑湖(包括水果湖区和郭郑湖区)是东湖纳污,旅游和养鱼的主要湖区,它承担了从杜家桥,水果湖和茶叶港 3 个污水口入湖的污水量。在大湖改小湖以前,由于湖面宽阔,流入郭郑湖的大量污水较容易扩散到其它湖区,湖泊分割后,致使稀释净化与扩散大大削弱,加速了郭郑湖的富营养化,使郭郑湖成为富营养化最严重的湖区^[1,5]。近 10 多年来,少数适于肥水的甲壳动物,如微型裸腹、短尾秀体和近邻剑水蚤得到充分发展,均已成为东湖占优势地位的甲壳动物。而在 80 年代中期以前, I, II 站枝角类的优势种却是透明和隆线一亚种。优势种演替发生如此大的变化,这与鱼产量的不断升高和水质变差等因素密切相关。

裸腹多习居于池塘,水坑等小型富营养化水域。由于它体型较小,根据大小效率假说^[6],受到来自鲢鳙的摄食压力较透明、隆线一亚种等大型枝角类低。近几年来,在水果湖茶叶港,每年夏秋季微型裸腹种群常出现爆发性生殖,在近 1000m 长、50m 宽的超富营养水域,形成许多肉眼可见的“红虫”区。由于茶叶港流向水果湖湖湾,且和 I 站距离最近,裸腹随水流扩散至东湖。因而, I 站裸腹的种群密度最高,且取代了 1987 年以前的优势种透明和隆线一亚种成为优势枝角类。短尾秀体是一种体型较小,白色透明而又行动敏捷的种类,它容易逃避捕食者的袭击^[7]。据作者的 actual 观测,短尾秀体的最大游泳速度为 2.00cm/s,是游泳速度最快的枝角类。另外,在食性上,它单独依靠有机碎屑便可生长发育。在武汉东湖,有机碎屑在夏季数据存量较高,这为短尾秀体种群发展提供了充足的食物条件。因此,尽管东湖水果湖和郭郑湖区鲢鳙鱼产量高,但短尾秀体种群仍维持相当规模并占据优势枝角类的位置。近邻剑水蚤为

冬春季出现的种类,由于鲢鳙在此期间的摄食强度减弱^[8],使该种群发展成为可能。加上该桡足类适应性强,适于肥水生境。由于东湖污染日趋严重,近邻剑水蚤的种群得到发展,从1990年开始,已取广布中剑水蚤成为东湖 I、II 站桡足类的第一优势种^[2,4]。至1995和1996年,这种剑水蚤也分别成为了 III、IV 站桡足类的第一优势种。广布中剑水蚤的优势地位被近邻剑水蚤取代,可能是因为前者属夏秋季种类,正处在鲢鳙生长的旺盛期^[8],且随着鲢鳙产量的逐年上升,鱼类对它的摄食强度增大,致使该种群发展受到限制。此外,由于近邻剑水蚤可捕食广布中剑水蚤,特别是对其后期桡足幼体和成体有较强的抑制作用^[9],但由于广布中剑水蚤的高峰期在夏秋季,在时间上和冬春季占优势的近邻剑水蚤错开,削弱了近邻剑水蚤的捕食效果,加上广布中剑水蚤食性广泛^[10,11],因此,其种群还维持相当的规模,仍为东湖优势桡足类之一。

3.2 东湖主要养殖水域甲壳动物群落分析

渔业是我国内陆水体中重要的人类经济活动。20世纪60年代,东湖的渔产量尚低,产量在120 kg/hm²以下。进入70年代,由于采取一系列措施,使东湖渔产量逐年升高。特别是东湖 I、II 站所在的水果湖区和郭郑湖区,鲢鳙产量很高,1994~1996年平均产量在1000 kg/hm²以上; III 站所在的汤林湖区,据估计在500 kg/hm²以下; IV 站所在后湖湖区,1994,1995和1996年鱼产量分别只有140,234,88 kg/hm²。鲢鳙对浮游动物,特别是甲壳动物的群落结构改变有重要影响。作者曾通过对东湖鲢鳙鱼种(体重200~1000 g, 鲢鳙各5尾)肠内含物分析,发现这两种鱼肠内均有、裸腹、及桡足类成体等浮游动物的碎片。这说明鲢鳙均能摄食甲壳动物。黄祥飞等指出:东湖大量放养鲢鳙,必将对浮游动物产生巨大压迫,大型枝角类首当其冲^[3]。由于汤林湖、后湖的鱼产量远低于水果湖和郭郑湖区的鱼产量,鲢鳙对甲壳动物的摄食压力在 III、IV 站较低,因而、桡足类(不含无节幼体)的数量在 III、IV 站要高于 I、II 站,导致 I、II 站和 III、IV 站的蚤类密度有显著差异。

甲壳动物的体长频度表明,在鲢鳙快速生长的5~10月份,体长>1mm的枝角类和桡足类的频度均低于11~4月份,且有明显差异。这说明鲢鳙在夏秋季节可能比冬春季摄食了更多的大型甲壳动物。研究期内,体长大于1mm的枝角类个体数以 III、IV 站较多,而大于1mm的桡足类则以 I、II 站较多。可能的原因是鲢鳙在摄食大型甲壳动物时,首先选择的是枝角类,而不是桡足类^[2~4]。

从1994~1996年3个年度对 I、II、III、IV 站所在的4个主要养殖水域甲壳动物的比较研究结果看,IV 站类的数量和生物量最高,除了鲢鳙在该站所在的湖区产量最低,鱼类对 的摄食压力低是一个重要原因外,还可能与后湖有较多的水生植物群丛分布有关。因为水生植被不但能净化水体和美化环境,同时还为 类等大型浮游动物提供隐蔽场所,减轻鱼类对浮游动物的摄食压力^[12]。因此,东湖应采取减少鲢鳙放养密度和恢复水生植被等生物调控措施,以减轻对大型枝角类—— 的摄食压力,使 类密度维持在较高水平,增强它对藻类的过滤能力,抑制浮游植物等小型生物的发展,从而提高水体透明度,改善水质。

参考文献

- [1] Liu J K(刘建康). Lakes of the middle and lower basins of the Changjiang River with special reference to their fishery utilization. In: Liu J K(刘建康) ed. *Ecological Studies of Lake Donghu* (II)(in Chinese). Beijing: Science Press, 1995. 1~25.
- [2] Yang Y F(杨宇峰), Huang X F(黄祥飞), Liu J K(刘建康). Long-term changes in on crustacean zooplankton and water quality in a shallow eutrophic Chinese lake densely stocked with fish. *Hydrobiologia*, 1999, **391**: 195~203.
- [3] Huang X F(黄祥飞), Chen X M(陈雪梅), Wu Z T(伍焯田), et al. Studies on changes in abundance and biomass of zooplankton in Lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiol. Sinica*(in Chinese)(水生生物学集刊), 1984, **8**: 345~358.
- [4] Yang Y F(杨宇峰), Chen X M(陈雪梅), Huang X F(黄祥飞). Ecological changes of copepods in Lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiol. Sinica* (in Chinese)(水生生物学报), 1994, **18**: 334~340.
- [5] Jao C(万芳数据) Zhang Z S(章宗涉). Ecological changes of phytoplankton in Lake Donghu, Wuhan, during 1956~1975 and the eutrophication problem. *Acta Hydrobiol. Sinica* (in Chinese)(水生生物学集刊), 1980, **7**: 1

~17.

- [6] Brooks J L, Dodson S D. Predation, body size and composition of the plankton. *Science*, 1965, **150**: 28~35.
- [7] Drenner R W, Vinyard G L, Gophen M, *et al.* Feeding behavior of the cichlid *Sarotherodon galilaeus*: Selective predation on Lake Kinneret zooplankton. *Hydrobiologia*, 1982, **87**: 17~20.
- [8] Liu H Q (刘伙泉), Xie H G (谢洪高), Huang G T (黄根田), *et al.* On the scales annuli formation of silver and bighead carps in Lake Donghu, with special reference to the problem of rational size of "seedlings" at the time of stocking. *J Fisheries of China* (in Chinese)(水产学报), 1982, **6**(2): 129~138.
- [9] Einsle U. Long-term changes in planktonic associations of crustaceans in Lake Constance and adjacent water and their effects on competitive situations. *Hydrobiologia*, 1983, **106**: 127~134.
- [10] Fryer G. The food of some freshwater cyclopoid copepods and its ecological significance. *J Anim Ecol.*, 1957, **26**: 263~286.
- [11] Gophen M. Food and feeding habits of *Mesocyclops leuckarti* (Claus) in Lake Kinneret (Israel). *Freshwat Biol.*, 1977, **7**: 513~518.
- [12] Schriver P, Bogestrand J, Jeppesen E, *et al.* Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-phytoplankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake. *Freshwat Biol.*, 1995, **33**: 255~270.

