

春、秋季武湖浮游动物群落特征及其与环境因子的关系

吴利¹, 冯伟松², 张堂林², 余育和²

(1. 合肥师范学院生命科学系, 安徽合肥 230061; 2. 中国科学院水生生物研究所, 湖北武汉 430072)

摘要:2007年和2008年春(5月)、秋(11月)季对武湖浮游动物进行了4次调查,共检出浮游动物133种,其中原生动物61种,轮虫63种,枝角类6种,桡足类3种。浮游动物物种数春季较多,2007年和2008年分别为86种和85种;秋季较少,分别为73种和72种。2007年春季浮游动物总丰度最高,为49605个/L;2007年秋季和2008年春季、秋季浮游动物总丰度较低;原生动物和轮虫的丰度是武湖浮游动物丰度的主体。浮游动物丰度和环境因子的典型对应分析(CCA)表明,叶绿素a、总磷、总氮、化学需氧量、溶解氧、水温和透明度是与武湖浮游动物群落相关性较强的环境因子($P < 0.05$),且相关性较强的环境因子在各季节是不同的,表明武湖浮游动物群落结构的季节变化与水体营养状况密切相关。

关键词:浮游动物;群落结构;环境因子;武湖

中图分类号:Q178.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2011)02-0031-07

浮游动物(zooplankton)是水域生态系统中重要的生物组成部分,其在物质转化、能量流动和信息传递等生态过程中起着至关重要的作用(郭沛涌等, 2003)。浮游动物多样性是水域生态系统服务功能的重要评价指标之一,其种类组成和现存量的变动能及时准确地反映水域生态环境质量的优劣(Tavernini et al, 2005; 纪焕红等, 2006; 姜作发等, 2006; Echaniz et al, 2006)。此外,浮游动物可作为养殖水体中滤食性鱼类的主要饵料来源,其生物量的大小与合适程度在淡水滤食性鱼类的养殖中具有重要的意义,根据浮游动物的多样性变化和生物量变化规律,合理放养鱼类不仅能够使生物资源得到可持续利用、维持水域生态平衡,而且能够增加水产品产量,提高水产经济效益。因此,对水域中浮游动物的调查研究具有重要的生态意义和经济意义。

武湖($N30^{\circ}47' \sim 30^{\circ}50'$, $E114^{\circ}28' \sim 114^{\circ}33'$)位于长江中游江汉平原东部边缘的武汉市黄陂区境内,地处中亚热带,湖区气候温和。湖区面积2000 hm^2 ,西、北侧为丘状平原,有人工次生林、灌丛和农田;东侧为水稻田,南侧为精养鱼池,南侧大闸通江。枯水季平均水深0.5 m,丰水季平均水深3.5 m(夏文凯等, 2007)。该湖以渔业养殖为主,兼有蓄洪和灌溉等功能。

本文调查研究了春、秋季武湖浮游动物的物种多样性和现存量的动态变化,并探究了武湖浮游动物群落结构特征与水质的关系,旨在为武湖水环境评价与保护、渔业资源合理利用和可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样点设置及采样时间

本研究在武湖设置5个站点,见图1。于2007年和2008年春、秋季进行标本采集,并同时采集测定环境因子的水样。

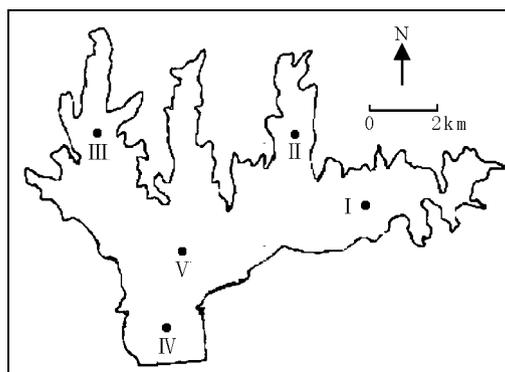


图1 武湖浮游动物采样点

Fig. 1 Sampling points stations of zooplankton in Lake Wuhu

1.2 标本采集与观察

1.2.1 定性标本 标本以25号浮游生物网(孔径64 μm)在上层水体呈“ ∞ ”字形捞取3~5 min,并将滤取的标本放入标本瓶中,加4%的甲醛溶液固定。参照蒋燮治和堵南山(1979)、沈韞芬等(1990)、施

收稿日期:2010-09-26 收修改稿日期:2010-12-21

基金项目:国家“973”计划(2007CB109205)资助。

通讯作者:冯伟松。E-mail: fengweisong@ihb.ac.cn

作者简介:吴利,1980年生,女,博士,讲师,主要研究方向为浮游生物生态学。E-mail: wuli090121@126.com

之新等(1999)、王家楫(1961)和中国科学院动物研究所甲壳动物研究组(1979)的描述,在100~1000倍 Zeiss Axioplav 2 imaging 显微镜下鉴定浮游动物种类。

1.2.2 定量标本

1.2.2.1 原生动物和轮虫 用2.5 L的Patalas有机玻璃采水器采集。每个标本根据采样点的深度自表层而下每隔0.5 m或1 m采集混合水样1 L,并当场用鲁哥氏液固定(终浓度为4%)。标本带回实验室沉淀48 h后浓缩定容至30 mL,然后吸取0.1 mL(计数原生动物)或1 mL(计数轮虫)的浓缩液注入计数框中,在10×20的放大倍数下计数2次,取其平均值,然后按下式换算单位体积中原生动物或轮虫的个体数量:

$$N = (V_s \times n) / (V \times V_a)$$

式中: N 为1 L水中浮游动物的个体数(个/L); V 为采样体积(L); V_s 为沉淀体积(mL); V_a 为计算体积(mL); n 为计数所得的个体数。

1.2.2.2 甲壳动物 用2.5 L的Patalas有机玻璃采水器采集。每个标本根据采样点的深度自表层而下每隔0.5 m或1 m采集混合水样,每个采样点采集水样20 L。水样经25号浮游生物网过滤收集甲壳动物,收集的标本用4%的甲醛溶液固定。浓缩的标本带回实验室后用于全部计数。

1.3 环境因子的测定

反映水体水质状况变化趋势的常规环境因子包括叶绿素a(Chl. a)、总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量(COD)、溶解氧(DO)、水温(WT)、水深(WD)和透明度(Trans),其测定方法参考黄祥飞(2000)的文献描述。

1.4 数据处理

运用典型对应分析(canonical correspondence analysis, CCA)探讨浮游动物群落物种组成与环境因

子的关系,此分析在CANOCO 4.5软件中实现。

2 结果与分析

2.1 环境因子分析

4次调查的环境因子结果见表1。2007年春季叶绿素a和总磷含量较高,2007年和2008年秋季总氮含量较高,2008年春季和2008年秋季化学需氧量较高,2007年和2008年春季温度较高,2008年春季溶解氧最低,而透明度最高。依据OECD单营养叶绿素a和总磷指标的评判标准(OECD,1982),2008年春季为中营养水平,2007年春、秋季和2008年秋季均为富营养水平。

2.2 浮游动物的种类组成

本次调查共鉴定出浮游动物133种,其中原生动物61种,占浮游动物总物种数的46%;轮虫63种,占47%;枝角类6种,占5%;桡足类3种,占2%。总体来说,原生动物和轮虫是武湖浮游动物主要组成部分,枝角类和桡足类种类较少。就每个季节而言,2007和2008年春季浮游动物物种数较多,分别为86种和85种;秋季物种数较少,分别为73种和72种。就各类群而言,2007和2008年春季轮虫种类数最多,秋季原生动物种类数最多,见表2。浮游动物优势种类分别为卵形鳞孔藻(*Lepocinclis ovum*)、尾裸藻(*Euglena caudata*)、棒形裸藻(*E. clavata*)、尖尾裸藻(*E. oxyuris*)、旋回侠盗虫(*Strobilidium gyrans*)、裂痕龟纹轮虫(*Anuraeopsis fissa*)、长三肢轮虫(*Filinia longiseta*)、长肢多肢轮虫(*Polyarthra dolichoptera*)、针簇多肢轮虫(*P. trigla*)、暗小异尾轮虫(*Trichocerca pusilla*)、猪吻轮虫(*Dicranophorus* sp.)、螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*)、长肢秀体溞(*Diaphanosoma leuchtenbergianum*)和长额象鼻溞(*Bosmina longirostris*),这些优势种大多为富营养化水体的指示种类。

表1 武湖环境因子调查结果

Tab.1 Investigating results of environmental factors in Lake Wuhu

环境因子	2007年春季		2007年秋季		2008年春季		2008年秋季	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
叶绿素a/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	24.35	18.20	12.79	2.13	2.78	1.70	20.88	4.52
总氮/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.81	0.48	1.44	0.21	0.51	0.25	1.66	0.09
总磷/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	79.0	33.9	62.0	21.0	15.0	7.3	68.4	34.9
化学需氧量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2.04	0.16	0.32	0.11	6.74	0.62	5.80	0.15
溶解氧/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	9.54	1.94	9.70	0.71	6.18	0.66	9.31	0.44
水温/ $^{\circ}\text{C}$	30.40	0.50	16.36	0.39	26.70	0.48	14.32	0.18
水深/cm	123	16	201	13	152	15	244	23
透明度/cm	71	36	55	13	80	27	47	12

表2 武湖浮游动物不同类群的种类数及百分比

Tab.2 Species number and percentage of zooplankton taxa in Lake Wuhu

采样时间	原生动物		轮虫		枝角类		桡足类		种数
	种数	比例/%	种数	比例/%	种数	比例/%	种数	比例/%	
2007年春季	39	45.0	43	50.0	1	1.0	3	4.0	86
2007年秋季	37	51.0	30	41.0	3	4.0	3	4.0	73
2008年春季	33	39.0	46	54.0	3	3.5	3	3.5	85
2008年秋季	36	50.0	30	42.0	3	4.0	3	4.0	72

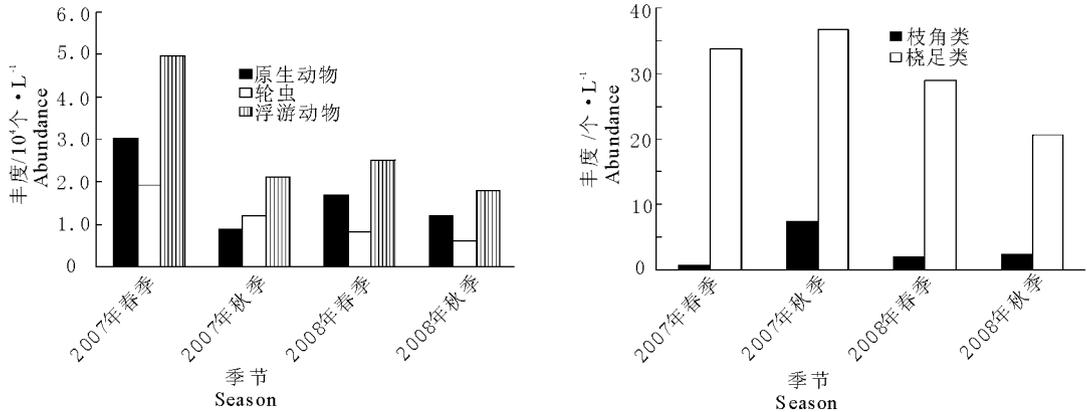


图2 武湖浮游动物丰度及季节变化

Fig.2 Seasonal variations of the abundance of zooplankton in Lake Wuhu

2.3 浮游动物丰度及季节变化

浮游动物丰度及季节变化见图2。2007年春季浮游动物总丰度最高,为49 605个/L,2007年秋季、2008年春季和2008年秋季浮游动物总丰度较低,分别为21 042、25 170和18 002个/L。就各类群而言,2007年春季原生动物和轮虫丰度均最高,分别为30 315和19 255个/L,2007年秋季、2008年春季和2008年秋季原生动物和轮虫丰度较低;2007年秋季枝角类和桡足类丰度最高。原生动物和轮虫的丰度是武湖浮游动物丰度的主体。

2.4 浮游动物群落结构与环境因子的关系

在CCA排序图中,环境因子用带有箭头的线段表示,连线的长短表示站点或浮游生物种类分布与该环境因子关系的大小,箭头连线与排序轴的夹角表示该环境因子与排序轴相关性的大小,箭头所指的方向表示该环境因子的变化趋势。分析时,可以作出某一种类(或站点)与环境因子连线的垂直线,垂直线与环境因子连线交点离箭头越近,表示该种(或站点)与该类生境因子的正相关性越大,处于另一端的则表示与该类环境因子具有的负相关性越大。

通过前选法(Forward selection)和蒙特卡罗检验(Monte Carlo Permutation Test),排除贡献小的因子,发现叶绿素a、总磷、总氮、化学需氧量、溶解氧、水温和透明度等7个理化参数是与武湖浮游动物群

落相关性较强的环境因子($P < 0.05$)。CCA分析结果表明前三轴的特征值分别为0.45、0.32和0.23,并且前三轴的累计值占特征值总和的61.8%,表明这三轴集中了近2/3的环境因子对浮游动物分布格局影响的信息。7种因子对CCA各轴的贡献存在显著差异,其中叶绿素a与第一轴和第二轴呈显著负相关($r = -0.55$ 和 $r = -0.62$),总磷和溶解氧与第二轴呈显著负相关($r = -0.47$ 和 $r = -0.61$),化学需氧量和透明度与第二轴呈显著正相关($r = 0.78$ 和 $r = 0.58$),总氮和水温分别与第三轴呈显著正相关($r = 0.73$)和负相关($r = -0.70$),见表3。

表3 典型对应分析(CCA)结果

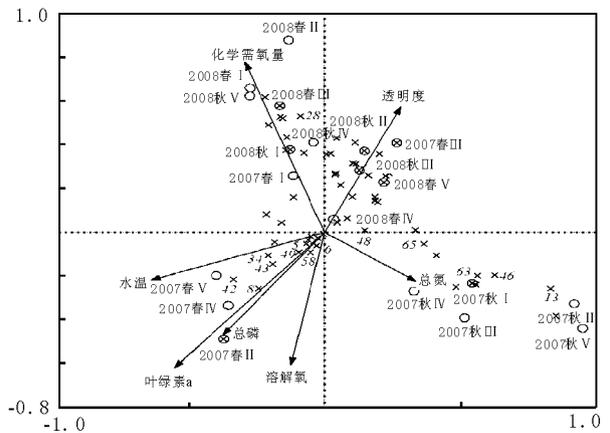
Tab.3 Results of the canonical correspondence analysis (CCA)

项目	第一轴	第二轴	第三轴	
叶绿素 a/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	-0.55	-0.62	0.36	
总磷/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	-0.37	-0.47	0.15	
总氮/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.34	-0.23	0.73	
化学需氧量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	-0.29	0.78	0.06	
溶解氧/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	-0.12	-0.61	0.46	
水温/ $^{\circ}\text{C}$	-0.64	-0.22	-0.70	
透明度/ cm	0.28	0.58	-0.43	
特征值	0.45	0.32	0.23	
属种—环境相关性	0.96	0.97	0.96	
累计方差	属种数据	14.8	25.5	34.8
百分比	属种—环境关系	26.2	45.3	61.8

CCA分析表明与浮游动物群落结构相关性较

强的环境因子在各季节是不同的。2007年春季II站、IV站和V站分布在第三象限,说明2007年春季II站、IV站和V站浮游动物的分布主要受叶绿素a、总磷、溶解氧和水温的影响,并且与它们呈正相关;2007年秋季5个站点分布在第四象限,并与总氮呈显著正相关,2008年春季和2008年秋季5个站点及2007年春季I站和III站分布在第一和第二象限,与化学需氧量和透明度呈显著正相关(图3)。

图3还反映了67种浮游动物分布与7种环境因子之间的关系,排序图上显示出了各种浮游动物生境要求有明显的差异,特别是14种优势种中除旋回狭盗虫(*Strobilidium gyrans*)外,其他13种优势种均分布在第三和第四象限,并且这些优势种与叶绿素a、总磷和总氮呈显著正相关;位于第一和第二象限的浮游动物与叶绿素a、总磷和总氮呈显著负相关,并且部分种类如具角角甲藻(*Ceratium cornutum*)、马索隐藻(*Cryptomonas marssonii*)、群集锥囊



○代表武湖20个采样站点;×代表浮游动物的种类,序号1~67代表武湖出现的生物种类,具体见表4。

图3 武湖浮游动物与环境因子关系的CCA二维排序

○ indicated 20 stations in Lake Wuhu; × indicated zooplankton species, species 1 - 67 were as the same as those listed in table 3.

Fig.3 CCA dimensional ordination plot revealing relationship of zooplankton and environmental factors in Lake Wuhu

表4 武湖浮游动物种类名录

Tab.4 Appendix list of zooplankton in Lake Wuhu

序号	种类	序号	种类
1	具角角甲藻 <i>Ceratium cornutum</i>	35	前节晶囊轮虫 <i>Asplachna priodonta</i>
2	马索隐藻 <i>Cryptomonas marssonii</i>	36	晶囊轮虫 <i>Asplachna</i> sp.
3	群集锥囊藻 <i>Dinobryon sociale</i>	37	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>
4	圆筒锥囊藻 <i>D. cylindricum</i>	38	剪形臂尾轮虫 <i>B. forficula</i>
5	尾裸藻 <i>Euglena caudata</i>	39	卵形彩胃轮虫 <i>Chromogaster ovalis</i>
6	棒形裸藻 <i>E. clavata</i>	40	钩状狭甲轮虫 <i>Colurella uncinata</i>
7	光明裸藻 <i>E. lucens</i>	41	独角聚花轮虫 <i>Conochilus unicornis</i>
8	尖尾裸藻 <i>E. oxyuris</i>	42	猪吻轮虫 <i>Dicranophorus</i> sp.
9	鱼形裸藻 <i>E. pisciformis</i>	43	长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i>
10	裸藻 <i>Euglena</i> sp. 1	44	小三肢轮虫 <i>F. minuta</i>
11	裸藻 <i>Euglena</i> sp. 2	45	奇异六腕轮虫 <i>Hexarthra mira</i>
12	裸藻 <i>Euglena</i> sp. 3	46	螺旋龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>
13	卵形鳞孔藻 <i>Lepocinclis ovum</i>	47	囊形单趾轮虫 <i>Monostyla bulla</i>
14	楯形多甲藻 <i>Peridinium umbonatum</i>	48	长肢多肢轮虫 <i>Polyarthra dolichoptera</i>
15	长尾扁裸藻 <i>Phacus longicauda</i>	49	针簇多肢轮虫 <i>P. trigla</i>
16	宽扁裸藻 <i>P. pleuronectae</i>	50	广布多肢轮虫 <i>P. vulgaris</i>
17	扭曲扁裸藻 <i>P. tortus</i>	51	轮虫 <i>Rotifera</i>
18	扁裸藻 <i>Phacus</i> sp.	52	轮虫 <i>Rotifera</i>
19	缶形陀螺藻 <i>Strombomonas urceolata</i>	53	裂足轮虫 <i>Schizocerca diversicornis</i>
20	叉口砂壳虫 <i>Diffugia gramen</i>	54	疣毛轮虫 <i>Synchaeta</i> sp.
21	砺静水砂壳虫 <i>D. hydrostatica lithophila</i>	55	盘镜轮虫 <i>Testudinella patina</i>
22	纤毛虫 <i>Ciliate</i>	56	圆筒异尾轮虫 <i>Trichocerca cylindrica</i>
23	纤毛虫 <i>Ciliate</i>	57	纵长异尾轮虫 <i>T. elongata</i>
24	单环栉毛虫 <i>Didinium balbianii</i>	58	暗小异尾轮虫 <i>T. pusilla</i>
25	巨长颈虫 <i>Dileptus cygans</i>	59	等刺异尾轮虫 <i>T. similis</i>
26	累枝虫 <i>Epistylis</i> sp.	60	尖额溞 <i>Alona</i> sp.
27	大弹跳虫 <i>Halteria gradinella</i>	61	筒弧象鼻溞 <i>Bosmina coregoni</i>
28	旋回狭盗虫 <i>Strobilidium gyrans</i>	62	颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>
29	淡水筒壳虫 <i>Tintinnidium fluviatile</i>	63	长额象鼻溞 <i>B. longirostris</i>
30	管形似铃壳虫 <i>Tintinnopsis tutuiformis</i>	64	卵形盘肠溞 <i>Chydorus ovalis</i>
31	王氏似铃壳虫 <i>T. wangi</i>	65	长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>
32	钟形钟虫 <i>Vorticella campanula</i>	66	剑水蚤 <i>Cyclopoida</i>
33	钟虫 <i>Vorticella</i> sp.	67	哲水蚤 <i>Calanida</i>
34	裂痕龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>		

藻 (*Dinobryon sociale*)、圆筒锥囊藻 (*D. cylindricum*)、叉口砂壳虫 (*Diffugia gramen*) 等喜生活于洁净水体。

3 讨论

浮游动物作为世界性分布的生物,由于其个体小、结构简单、生活世代短和群落结构对水环境变化反应灵敏等特点,被广泛应用于水质监测。通常浮游动物种类增多、种群密度降低,表明水体污染程度较小,水质较好;反之,种类减少、种群密度特别是少数优势种群密度升高,则表示水体污染的程度较大,水质较差。武湖各季节浮游动物群落结构的差异,直观反映了各季节水体水质的差异。4次调查中,2007年春季营养水平最高,水质较差,浮游动物总丰度、原生动物丰度和轮虫丰度也均为最高,2007年秋季、2008年春季和2008年秋季营养水平相对较低,浮游动物总丰度、原生动物丰度和轮虫丰度也均较低。

原生动物和轮虫是武湖浮游动物物种数和丰度的主要组成部分,而枝角类和桡足类的种类数和丰度较少。武湖的鱼类区系组成中,放养的经济鱼类已成为绝对优势种群,其中鲢鳙产量占总产量的64%~73%(夏文凯,2007)。鲢、鳙是2种重要滤食性鱼类,一般以浮游生物为食的滤食性鱼类对湖泊中浮游动物的个体大小和形状有所选择,通常首先选择大型浮游动物(刘敏等,2010)。杨宇峰和黄祥飞(1992)运用围圈的方法研究了武汉东湖鲢鳙对浮游动物群落结构的影响,研究表明在鲢鳙混养的围圈中,原生动物和小型轮虫的数量较多,而甲壳动物和大型轮虫较少;在无鲢鳙的围圈中,原生动物和小型轮虫的数量较少,而甲壳动物和大型轮虫较多。本研究中鲢鳙是武湖主要放养鱼类,原生动物和轮虫种类数较多,丰度较高,而枝角类和桡足类种类数较少,丰度较低,其原因可能是鲢鳙对枝角类和桡足类的选择性捕食力度更大,从而有助于原生动物和轮虫的发展,使其种类数较多、丰度较高。

本研究中,武湖2008年春季的营养水平明显低于2007年春、秋季和2008年秋季,经综合分析,原因如下:①2007年前武湖渔业技术模式主要通过大量使用化肥和粪肥的方式提高水体生物生产力,以增加白鲢产量。研究表明,放养或引入浮游动物食性鱼类,会大大降低浮游动物的数量,特别是那些大型植食性浮游动物的数量(Brooks and Dodson, 1965; Luecke et al, 1990),从而减轻了其对浮游植

物的牧食压力,使浮游植物数量增加,甚至可能引发藻类水华,导致水体富营养化(Shapiro & Wright, 1984; Luecke et al, 1990; 阮景荣等, 1995a; 1995b)。因此,武湖2007年春季和2007年秋季水质营养水平较高;②武湖2008年开展河蟹养殖,在6-8月向湖中投放大量酒糟,同时河蟹会破坏水草,影响营养盐的吸收,故2008年秋季营养水平明显高于2008年春季;③武湖秋季水位较春季明显上升,武湖共有3个较大的入水口,且上游均为农田,夏季降雨量大,大量的营养盐进入湖中,导致秋季湖水营养水平升高。

大量研究表明浮游动物物种组成和个体丰度与影响湖泊营养状态的总氮、总磷和叶绿素a含量密切相关(Druvietis et al, 1998; Wang et al, 2004; Sousa et al, 2008; Yu et al, 2008)。本研究中,2007年春季叶绿素a和总磷含量较高,而2007年春季II站、IV站和V站浮游动物的分布与叶绿素a和总磷呈显著正相关,2007年秋季总氮含量较高,其5个站点浮游动物均与总氮呈显著正相关。水温是影响浮游动物生长、发育、群落组成和数量变化等极为重要的环境因子,是影响浮游动物水平分布的一个重要因素(Dumont, 1983; Dussart et al, 1984; Sommer, 1989; 陈光荣等, 2008)。本研究中,2007年和2008年春季温度呈较高值,CCA分析结果表明水温与这2个季节浮游动物群落结构的相关性较强。化学需氧量是一种常用的评价水体污染程度的综合性指标,化学需氧量越大,说明水体受有机物污染越严重。2008年春季和2008年秋季化学需氧量较高,CCA分析表明此2个季节浮游动物的分布与化学需氧量呈显著正相关。在分层的水库,透明度是影响轮虫分布的重要因子(王庆等, 2010),武湖为浅水湖泊,不存在分层现象,在本研究中2008年春季轮虫的种类数最高,而此季节的5个站点浮游动物的分布主要受透明度的影响,其原因有待于进一步分析。

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.
- 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[J]. 生态学报, 23(5): 892-900.
- 黄祥飞. 2000. 湖泊生态调查观测与分析[M]. 北京:中国标准出版社.
- 纪焕红,叶属峰,刘星. 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[J]. 生物多样性, 14(3): 206-215.
- 蒋燮治, 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.
- 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[J]. 东北林业大学学报, 34(4): 64-66.
- 刘敏, 徐敏娴, 许迪亮, 等. 2010. 鲢、鳙非经典生物操纵作用的研究进展与应用现状[J]. 水生态学杂志, 3(3): 99-103.
- 阮景荣, 戎克文, 王少梅. 1995a. 微型生态系统中鲢、鳙下行影响的实验研究——1. 浮游生物群落和初级生产力[J]. 湖泊科学, 7(3): 226-234.
- 阮景荣, 戎克文, 王少梅. 1995b. 微型生态系统中鲢、鳙下行影响的实验研究——2. 营养物水平[J]. 湖泊科学, 7(4): 334-340.
- 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 1990. 微型生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 施之新, 王全喜, 谢树莲, 等. 1999. 中国淡水藻志: 第6卷: 裸藻门:[M]. 北京: 科学出版社.
- 王家楫. 1961. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社.
- 王庆, 刘丽君, 杨宇峰. 2010. 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, 30(13): 3385-3395.
- 夏文凯. 2007. 武湖渔业资源及鱼类放养模式的研究[D]. 南昌: 南昌大学.
- 夏文凯, 吴小平, 刘家寿, 等. 2007. 武湖的渔业资源及渔业利用初步意见[J]. 水利渔业, 27(6): 38-40.
- 杨宇峰, 黄祥飞. 1992. 鲢鳙对浮游动物群落结构的影响[J]. 湖泊科学, 4(3): 78-86.
- 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组. 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.
- Brooks J L, Dodson S I. 1965. Predation, body size, and composition of plankton[J]. Science, 150: 28-35.
- Druvietis I, Springe G, Urtane L, et al. 1998. Evaluation of plankton communities in small highly humic bog lakes in Latvia[J]. Environment International, 24: 595-602.
- Dumont H J. 1983. Biogeography of rotifers[J]. Hydrobiologia, 104: 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 [J]. Hydrobiologia, 113: 77-91.
- Echaniz SA, Vignatti AM, José de PS, et al. 2006. Zooplankton seasonal abundance of south American saline shallow lakes[J]. International Review of Hydrobiology, 91(1): 86-100.
- Luecke C, Vanni M J, Magnuson J J, et al. 1990. Seasonal regulation of Daphnia populations by planktivorous fish: implications for the spring clear-water phase [J]. Limnology and Oceanography, 35: 1718-1733.
- Shapiro J, Wright D I. 1984. Lake restoration by biomanipulation: Round Lake, Minnesota, the first two years [J]. Freshwater Biology, 14: 371-383.
- Sommer U. 1989. Plankton Ecology, succession in plankton communities [M]. Berlin: Springer-Verlag.
- Sousa W, Attayde J L, Rocha E Da S, et al. 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil [J]. Journal of Plankton Research, 30(6): 699-708.
- Tavernini S, Mura G, Rossetti G. 2005. Factors Influencing the seasonal phenology and composition of zooplankton communities in mountain temporary pools [J]. International Review of Hydrobiology, 90(4): 358-375.
- Wang J, Xie P, Takamura N, et al. 2004. The picophytoplankton in three Chinese lakes of different trophic status and its relationship to fish populations [J]. Journal of Freshwater Ecology, 19: 285-293.
- Yu Y H, Yan Y Q, Feng W S. 2008. Spatiotemporal heterogeneity of plankton communities in Lake Donghu as revealed by PCR-DGGE and its relation to biotic and abiotic factors [J]. FEMS Microbiology Ecology, 63: 328-333.

(责任编辑 杨春艳)

Characteristics of Zooplankton Community and Its Relation to Environmental Factors in Lake Wuhu in Spring and Autumn

WU Li¹, FENG Wei-song², ZHANG Tang-lin², YU Yu-he²

- (1. Department of Life Sciences, Hefei Normal University, Hefei 230061, China;
2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: Investigations of zooplankton were carried out during four surveys in Lake Wuhu in spring (May) and autumn (November) of 2007 and 2008. Totally, 133 species of zooplankton including 61 species of protozoa, 63 species of rotifers, 6 species of cladocerans and 3 species of copepods were found. The number of zooplankton species in spring (86 and 85, respectively) was higher than in autumn (73 and 72, respectively). The density of zooplankton was the highest in spring of 2007 (49 605 ind./L) while the low density of zooplankton occurred in autumn of 2007, spring and autumn of 2008; and the protozoa and rotifer were predominated. Relationship between zooplankton community characteristics and water quality parameters were analyzed by canonical correspondence analysis (CCA). The analysis showed that temperature, transparency and the concentrations of Chl a, TP, TN, COD and DO were strongly correlated with the zooplankton community. The parameters that demonstrated a strong correlation to the zooplankton community differed among seasons, suggesting that the seasonal variations of zooplankton community structure were related closely to the water trophic status.

Key words: zooplankton; community structure; environmental factors; Lake Wuhu