

三角湖浮游植物群落结构与水质评价

鲁 敏,熊 飞,刘红艳,张繁荣,杨海燕

(江汉大学生命科学学院,武汉 430056)

摘要:2011–2012 年对三角湖浮游植物进行季节性调查,以了解浮游植物群落结构特征及其对水质的指示作用,为污染防治和生态修复提供依据。结果表明,在三角湖共采集浮游植物 94 种(变种),隶属于 8 门、25 科、51 属;其中,绿藻种类最多,约占总种数的 59.6%,其次是硅藻、蓝藻和裸藻,分别占 12.8%、11.7% 和 8.5%,其他门类种类较少。浮游植物细胞密度平均值为 $(102.32 \pm 59.89) \times 10^6$ 个/L;其中,蓝藻密度最大,占浮游植物总丰度的 86.69%,其次是绿藻和硅藻,分别占 7.77% 和 4.91%,其他门类密度较低。浮游植物密度具有明显的季节变化规律,夏季的密度最大,秋季次之,冬季和春季较低。夏季和秋季蓝藻细胞密度占绝对优势,绿藻和硅藻次之,而冬季蓝藻密度下降,硅藻和绿藻占优势,春季蓝藻又重新占据优势。三角湖浮游植物 Margalef 丰富度指数、Shannon-Weaver 多样性指数和 Pielou 均匀度指数平均值分别为 2.75、1.78 和 0.46。Shannon-Weaver 多样性指数和 Pielou 均匀度指数以冬季和春季较高,秋季最低,表明冬季和春季浮游植物群落结构相对复杂,而秋季的群落结构相对简单。综合水质生物学和水体理化指标评价结果,三角湖水体为中–富营养型。

关键词:浮游植物;群落结构;水质评价;三角湖

中图分类号:Q145,X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1674–3075(2014)06–0061–06

浮游植物是水体的初级生产者,在湖泊生态系统物质循环和能量流动中起着重要作用(胡鸿钧和魏印心,2006)。浮游植物的群落结构、丰度及多样性等与湖泊水环境密切相关,能对外界环境变化迅速做出响应(陈宇炜等,2001;万能等,2008;潘继征等,2009)。由于浮游植物分布广泛,对环境变化响应敏感,早在 20 世纪初就被作为江河、湖泊生物监测的指示生物,在水生态系统、水质监测和水污染防治等方面受到广泛关注(刘建康和谢平,1999;孔繁翔和高光,2005;董旭辉等,2006)。目前,浮游植物多样性指数被广泛用来评价水质(王瑜等,2011;朱为菊和王全喜,2011;于洪贤和赵菲,2012)。

随着人类活动的加剧,越来越多的氮、磷等营养盐输入至湖泊水体中,导致藻类过度生长,加速了湖泊的富营养化趋势。特别是一些城市和城郊湖泊,水体富营养化防治形势非常严峻(成小英和李世杰,2006)。湖北省武汉市汉阳地区水网交错,湖泊众多,随着汉阳城市的迅速发展,湖泊水质恶化,富

营养化趋势更加明显。为恢复湖泊水质和生态环境,汉阳地区正在实施“六湖连通”工程,以恢复湖泊之间的连通,再与汉江和长江相连,形成动态水网(郜会彩等,2006)。在“六湖连通”工程中,三角湖处于一个重要的位置,它连接着后官湖和南太子湖,也连接了龙阳湖和南太子湖,工程涉及的 3 条引水线路中的 2 条要通过该湖泊。董元火等(2008)、姜莘红等(2011)分别报道过三角湖的水生植物和底栖动物群落;阮柏野等(2012)曾报道过其沉积物磷含量特征;但关于该湖泊浮游植物的群落结构尚未见报道。项目组通过周年季节性调查,对浮游植物种类组成、丰度和生物多样性等进行了研究,并据此进行了水质评价,以期了解该湖泊浮游植物群落结构特征和营养状态,为湖泊污染防治与生态修复提供依据。

1 材料与方法

1.1 样点设置

三角湖位于武汉市汉阳区,为城郊小型湖泊,湖泊面积约 2.45 km^2 ,平均水深 0.88 m,最大水深 1.86 m(阮柏野等,2012);该区域属亚热带湿润季风气候,雨量充沛,年均气温 16.5°C ,1 月平均气温最低,约 0.4°C ,7–8 月气温最高,月均气温 28.1°C ;年均降雨量 1179.4 mm,其中 5 月降雨最多(李海燕等,2010)。2011 年 7 月(夏季)、10 月(秋季),2012 年 1 月(冬季)、4 月(春季)对三角湖浮游植物

收稿日期:2014–04–15

基金项目:国家自然科学基金(40901037);湖北省教育厅科学研究项目(B2013150);湖北省大学生创新训练计划项目(201311072015);江汉大学学生学术科技项目(2013zd22)。

通讯作者:熊飞,副教授,硕士研究生导师。E-mail: xiongfei@jhun.edu.cn

作者简介:鲁敏,1991 年生,女,本科在读。E-mail: 1099928428@qq.com

进行了采样分析;此外,7月、10月对水体透明度、pH值、电导率、总氮和总磷等理化指标进行了测定。根据湖区特征,共设置10个采样点(图1)。

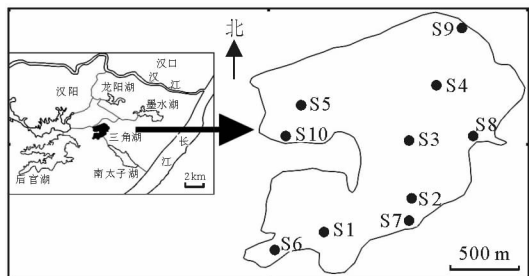


图1 三角湖的位置及采样点分布

Fig. 1 Location of Sanjiao Lake and the sampling sites

1.2 采样与分析

浮游植物定性样品用25号浮游生物网采集,用4%甲醛溶液固定。定量样品用有机玻璃采水器采集水面下0.5m处水样,取1L水样,加入15mL鲁哥氏液固定,在实验室经过48h沉淀后浓缩至50mL保存。镜检时,将浮游植物样品摇匀,取0.1mL样品放入浮游植物计数框内,在显微镜下进行鉴定。浮游植物鉴定参考相关文献(章宗涉和祥飞,1991;胡鸿钧和魏印心,2006)。总氮用碱性过硫酸钾法测定,总磷用过硫酸钾消解钼锑抗比色法测量(国家环境保护总局,2002)。

1.3 浮游植物群落分析

优势种依据优势度(Y)确定:

$$Y = N_i / N \times f_i$$

式中: N_i 为种类 i 的细胞密度, N 为所有浮游植物的细胞密度之和, f_i 为种类 i 在采样点中的出现频率,将 $Y \geq 0.02$ 的种类定为优势种(张婷等,2006;刘雪花等,2012)。

采用Jaccard种类相似性指数(P)分析浮游植物种类组成的季节差异(陈家长等,2009):

$$P = c / (a + b - c)$$

式中: a 、 b 分别为不同季节调查到的浮游植物种类数, c 为2个季节中均调查到的浮游植物种类数。 $P = 0$ 表示完全不相似, $P = 1$ 表示完全相似,0.01~0.25为极度不相似,0.26~0.50为轻度相似,0.51~0.75为中度相似,0.76~0.99为极相似。

采用Margalef丰富度指数(d)(Margalef, 1957)、Shannon-Weaver多样性指数(H')(Shannon & Weaver, 1949)和Pielou均匀度指数(J)(Pielou, 1975)对群落结构和组成特点进行分析。Margalef

指数反映了群落物种的丰富程度,Pielou指数反映了群落中物种间个体均匀分布的程度,Shannon-Weaver指数综合了种丰富性和均匀性两方面的影响,反应了群落结构的复杂程度。计算公式如下:

$$d = (S - 1) / \ln N$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i / N) \ln (n_i / N)$$

$$J = H' / \ln S$$

式中: S 为群落中物种的数目, N 为样方中浮游植物的总细胞密度, n_i 为第 i 种的细胞密度。

1.4 水质评价

根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)(国家环境保护总局和国家质量监督检验检疫总局,2002)对水体总氮与总磷水平进行评价。浮游植物优势种、属和细胞密度评价水质的标准参考相关文献(况琪军等,2005;陈立婧等,2012)。浮游植物多样性指数评价水质标准为: d 为0~1时代表重污染,1~2为严重污染,2~4为中度污染,4~6为轻度污染,大于6为清洁; H' 为0~1时代表重污染,1~3为 β -中污染,大于3为轻污染或无污染; J 为0~0.3时代表重污染,0.3~0.5为中污染,大于0.5为轻污染或无污染(沈韞芬等,1990;刘雪花等,2012)。

2 结果与分析

2.1 种类组成

2011年7月至2012年4月共鉴定出浮游植物94种(含变种),隶属于8门、11纲、16目、25科、51属;其中,蓝藻门7属、11种,绿藻门28属、56种,硅藻门8属、12种,裸藻门4属、8种,隐藻门1属、2种,甲藻门1属、3种,黄藻门1属、1种,金藻门1属、1种。绿藻门种类最多,约占总种数的59.6%,其次是硅藻门、蓝藻门和裸藻门,分别占12.8%、11.7%和8.5%,甲藻门、隐藻门、黄藻门和金藻门种类较少,共占总种数的7.4%。

不同季节浮游植物种类数有一定差异,其中夏季种类最多(59种),冬季最少(43种),春季和秋季分别为50种和48种。不同季节浮游植物的种类相似性指数为0.32~0.50(表1),表明不同季节之间浮游植物的种类组成差异较大,为轻度相似;冬季与秋季浮游植物种类组成差异最大,相似性指数最小(0.32);而冬季与春季的种类组成差异最小,相似性指数最大(0.50)。

表 1 三角湖浮游植物不同季节的种类相似性指数

Tab.1 Species similarity index of phytoplankton in different seasons in Sanjiao Lake

季节	夏	秋	冬	春
夏	1.00	-	-	-
秋	0.41	1.00	-	-
冬	0.34	0.32	1.00	-
春	0.47	0.44	0.50	1.00

2.2 细胞密度

三角湖浮游植物细胞密度平均值为(102.32 ± 59.89) × 10⁶ 个/L,其中蓝藻细胞密度最大,占浮游植物总密度的 86.69%,其次是绿藻和硅藻,分别占 7.77% 和 4.91%,其他 5 个门类的细胞密度较低,

共占 0.63%。

浮游植物细胞密度大小和组成具有明显的季节变化规律(表 2)。夏季密度最大,为(271.72 ± 26.41) × 10⁶ 个/L;秋季次之,为(102.08 ± 10.13) × 10⁶ 个/L;冬季密度最低,为(13.54 ± 1.47) × 10⁶ 个/L。夏季和秋季浮游植物细胞密度组成相似,蓝藻占绝对优势,绿藻和硅藻次之,其他门类的密度很低;而冬季蓝藻细胞密度由夏季和秋季的 90% 以上下降到 12.04%,硅藻细胞密度急剧上升,占浮游植物总密度的 63.30%,绿藻密度也增加到 22.80%。春季蓝藻又重新占据优势,占总密度的 47.01%,硅藻细胞密度下降。

表 2 2011-2012 年三角湖浮游植物细胞密度

Tab.2 Cell density of phytoplankton in Sanjiao Lake (2011-2012)

浮游植物	夏 季		秋 季		冬 季		春 季		平 均	
	密度/ ×10 ⁶ 个 · L ⁻¹	比例/ %	密度/ ×10 ⁶ 个 · L ⁻¹	比例/ %	密度/ ×10 ⁶ 个 · L ⁻¹	比例/ %	密度/ ×10 ⁶ 个 · L ⁻¹	比例/ %	密度/ ×10 ⁶ 个 · L ⁻¹	比例/ %
蓝藻门	248.98 ± 26.86	91.63	93.89 ± 10.10	91.98	1.63 ± 0.38	12.04	10.31 ± 2.25	47.01	88.70 ± 57.33	86.69
绿藻门	16.35 ± 2.38	6.02	6.55 ± 0.50	6.42	3.08 ± 0.42	22.80	5.82 ± 1.08	26.60	7.95 ± 2.90	7.77
硅藻门	5.05 ± 0.75	1.86	1.27 ± 0.11	1.24	8.57 ± 0.96	63.30	5.19 ± 0.76	23.70	5.02 ± 1.49	4.91
裸藻门	0.23 ± 0.07	0.08	0.07 ± 0.02	0.07	0.00 ± 0.00	0.03	0.02 ± 0.01	0.09	0.08 ± 0.05	0.08
隐藻门	1.03 ± 0.22	0.38	0.00 ± 0.00	0.00	0.22 ± 0.04	1.62	0.57 ± 0.22	2.61	0.46 ± 0.23	0.45
甲藻门	0.08 ± 0.03	0.03	0.00 ± 0.00	0.00	0.02 ± 0.01	0.12	0.01 ± 0.01	0.06	0.03 ± 0.02	0.03
黄藻门	0.00 ± 0.00	0.00	0.03 ± 0.04	0.29	0.00 ± 0.00	0.00	0.00 ± 0.00	0.00	0.07 ± 0.07	0.07
金藻门	0.00 ± 0.00	0.00	0.00 ± 0.00	0.00	0.02 ± 0.01	0.14	0.00 ± 0.00	0.00	0.00 ± 0.00	0.00
总计	271.72 ± 26.41	100	102.08 ± 10.13	100	13.54 ± 1.47	100	21.94 ± 3.92	100	102.32 ± 59.89	100

2.3 优势种

三角湖浮游植物优势种主要有微小平裂藻(*Merismopedia tenuissima*)、梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、小席藻(*Phormidium tenue*)、模糊直链藻(*Melosira ambigua*)、四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)和微囊藻(*Microcystis*),其优势度季节变化见图 2。

优势度分别为 0.5867 和 0.8125;此外,小席藻也有一定的优势,优势度分别为 0.0931 和 0.0942。冬季微小平裂藻的优势被硅藻门的梅尼小环藻和模糊直链藻取代,两者的优势度分别为 0.3755 和 0.1791。春季微小平裂藻重新占据第一优势种,优势度为0.4261,梅尼小环藻仍有一定的优势,但较春季有所下降。

2.4 多样性指数

三角湖浮游植物 Margalef 丰富度指数、Shannon-Weaver 多样性指数和 Pielou 均匀度指数平均值分别为 2.75、1.78 和 0.46,不同季节的多样性指数见表 3。Margalef 丰富度指数季节变化幅度不大(2.55 ~ 2.99),夏季物种丰富度相对较高。Shannon-Weaver 多样性指数冬季和春季较高,秋季最低,表明冬季和春季浮游植物群落结构相对复杂,而秋季群落结构相对简单。浮游植物 Pielou 均匀度指数季节变化规律与 Shannon-Weaver 多样性指数变化规律相似,表明冬季和春季浮游植物群落的均匀度较高,秋季最低。

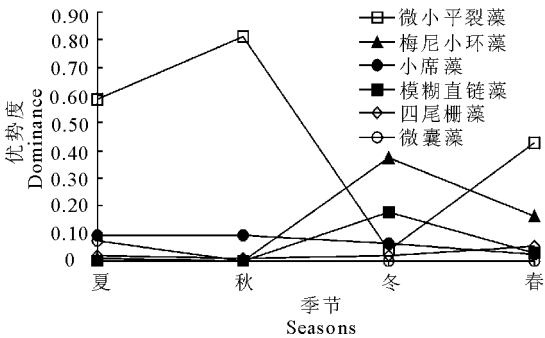


图 2 三角湖浮游植物主要种类优势度的季节变化

Fig.2 Seasonal variation of species dominance in Sanjiao Lake

夏季和秋季蓝藻门的微小平裂藻占绝对优势,

表3 三角湖浮游植物不同季节的生物多样性指数
Tab.3 Biodiversity indices of phytoplankton in Sanjiao Lake in different seasons

多样性指数	夏季	秋季	冬季	春季	平均值
<i>d</i>	2.99	2.55	2.56	2.90	2.75
<i>H'</i>	1.68	0.87	2.29	2.27	1.78
<i>J</i>	0.41	0.23	0.61	0.58	0.46

2.5 水质评价

三角湖水体理化指标见表4。夏、秋季总氮、总磷平均值分别为3.24 mg/L和0.17 mg/L,根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),总氮属于劣V类,总磷属于V类。水质生物学评价结果见表5。

表5 基于浮游植物群落的三角湖水水质生物学评价

Tab.5 Water quality assessment based on phytoplankton community structure in Sanjiao Lake

评价指标	夏季	秋季	冬季	春季	年度评价
优势种	富营养	富营养	中-富营养	中-富营养	中-富营养
细胞密度	极富营养	极富营养	中营养	中营养	极富营养
<i>d</i>	中污染	中污染	中污染	中污染	中污染
<i>H'</i>	中污染	重污染	轻污染	轻污染	中污染
<i>J</i>	中污染	重污染	轻污染	轻污染	中污染

3 讨论

3.1 三角湖浮游植物群落结构特征

本研究表明,三角湖浮游植物群落种类组成以绿藻、硅藻、蓝藻为主,约占浮游植物种类数的84.1%,其他种类相对较少,浮游植物群落为“绿藻+硅藻+蓝藻”型,这与大多数长江中下游富营养化浅水湖泊浮游植物群落结构相似(戎克文,1994;孟顺龙等,2010)。在丰度组成上,长江中下游浅水湖泊多数以绿藻丰度最高,其次是硅藻和蓝藻(戎克文,1994;孟顺龙等,2010);而三角湖以蓝藻丰度最高,其次是绿藻和硅藻,其中蓝藻占了浮游植物细胞密度的86.69%,这与蓝藻门的微小平裂藻优势度比较突出有关。微小平裂藻在不同营养状态的水体中,能以不同的形态存在;在贫营养水体中,其密度一般为4~32个/L,而在富营养水体中为上百个细胞形成的群体(唐汇娟等,2008)。在三角湖中,除冬季外,其他季节微小平裂藻均为第一优势种,以上百个细胞形成的群体存在。

三角湖浮游植物群落具有明显的季节变化规律,夏季的丰度最大,秋季次之,冬季和春季较低。夏季和秋季浮游植物中蓝藻占绝对优势,而冬季蓝藻的细胞密度下降,硅藻和绿藻占优势,春季蓝藻又重新占据优势;这种季节变化规律主要与水温的季节变化有关,是由于蓝藻的季节性生长所致。一般

浮游植物优势种和细胞密度的评价结果显示,夏、秋季为富-极富营养型,冬、春季为中-富营养型。生物多样性指数的评价结果显示,秋季为重污染,夏季为中污染,冬季和春季为轻度-中度污染。综合以上结果,三角湖水水质总体为中-富营养型。

表4 三角湖水体的理化因子

Tab.4 Physical and chemical parameters of water body in Sanjiao Lake

季节	透明度/ m	pH	电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	总氮/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总磷/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
夏	0.40	8.48	362	2.83	0.23
秋	0.36	8.43	376	3.65	0.10
平均	0.38	8.46	369	3.24	0.17

认为,营养盐和温度是影响浮游植物生长的主要因素(龙胜兴等,2012)。随着人类活动的加剧,大量的氮、磷等营养物质排入湖泊水体,导致其含量处于较高。有研究表明,由于武汉市浅水湖泊的高营养盐浓度,总磷及氮磷比不再是蓝藻生长的限制因子(吕晋等,2008)。温度通过控制光合作用的酶促反应或呼吸作用强度,直接影响藻类的增殖,在一定范围内,随着温度的升高,酶活性增强,藻类的代谢速率加快。合适的水温是蓝藻爆发的必要条件(王得玉等,2008);三角湖夏、秋季的温度较高,促进了蓝藻的大量生长;而冬季随着温度降低,蓝藻生长下降;春季水温上升,蓝藻又开始复苏并强势生长。

3.2 三角湖水水质现状评价

2001年的水体理化指标监测结果表明,三角湖为轻度富营养状态(刘耀彬和陈红梅,2003);2007年的调查结果表明,三角湖有茨藻(*Najas marina*)等7种沉水植物分布(董元火等,2008);而本课题组2011-2012年的调查表明,湖中沉水植物已基本消失,这与水体富营养造成的藻类大量繁殖和水体透明度下降有关;三角湖水体透明度仅为0.38 m,其总氮为劣V类,总磷为V类,表明其富营养趋势在进一步加剧。

三角湖浮游植物优势种主要有微小平裂藻、梅尼小环藻、小席藻、模糊直链藻、四尾栅藻和微囊藻;其中,小席藻为富营养重污染型水体的指示种,微

小平裂藻和微囊藻为富营养型水体的指示种,梅尼小环藻和模糊直链藻为中-富营养型水体的指示种,四尾栅藻为中营养型水体的指示种(况琪军等,2005;陈立婧等,2012);这与三角湖目前的营养状态是一致的。生物多样性指数水质评价结果表明,三角湖水体为中度污染;夏、秋季三角湖浮游植物细胞密度大于 100×10^6 个/L,为极富营养状态;而冬、春季浮游植物细胞密度在 $(10 \sim 40) \times 10^6$ 个/L,属于中营养状态(况琪军等,2005);与生物多样性指数的评价结果基本一致。

目前,三角湖富营养化趋势在加剧,浮游植物群落的优势种比较突出,存在爆发蓝藻水华的风险,应采取综合治理措施:(1)严格控制氮、磷等入湖污染物,禁止生活污水等直接排放入湖;(2)禁止开展大规模的水产养殖活动,投饵、施肥、施药等措施均会对水质产生较大的负面影响;(3)采取生态修复措施,恢复沉水植物,促进生态系统的良性循环。

参考文献

- 陈家长,孟顺龙,尤洋,等. 2009. 太湖五里湖浮游植物群落结构特征分析[J]. 生态环境学报,18(4):1358-1367.
- 陈立婧,景钰湘,吴艳芳,等. 2012. 人工滩涂湖泊滴水湖浮游藻类群落特征[J]. 生态学杂志,31(7):1771-1779.
- 陈宇炜,秦伯强,高锡云. 2001. 太湖梅梁湾藻类及相关环境因子逐步回归统计和蓝藻水华的初步预测[J]. 湖泊科学,13(1):63-71.
- 成小英,李世杰. 2006. 长江中下游典型湖泊富营养化演变过程及其特征分析[J]. 科学通报,51(7):848-855.
- 董旭辉,羊向东,王荣. 2006. 长江中下游地区湖泊富营养化的硅藻指示性属种[J]. 中国环境科学,26(5):570-574.
- 董元火,曾长立,吴翠. 2008. 湖北省三角湖水生植物物种多样性研究[J]. 安徽农业科学,36(6):2416-2418.
- 郜会彩,李义天,何用,等. 2006. 改善汉阳湖群水环境的调水方案研究[J]. 水资源保护,22(5):41-44.
- 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. 2002. 地表水环境质量标准(GB3838-2002)[S]. 北京:中国环境科学出版社.
- 国家环境保护总局. 2002. 水和废水监测分析方法(第4版)[M]. 北京:中国环境科学出版社.
- 胡鸿钧,魏印心. 2006. 中国淡水藻类:系统、分类及生态[M]. 北京:科学出版社.
- 姜莘红,崔永德,王海军,等. 2011. 汉阳湖群底栖动物群落及其对环境质量的指示[J]. 长江流域资源与环境,20(5):525-533.
- 孔繁翔,高光. 2005. 大型浅水富营养化湖泊中蓝藻水华形成机理的思考[J]. 生态学报,25(3):589-595.
- 况琪军,马沛明,胡征宇,等. 2005. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J]. 安全与环境学报,5(2):87-91.
- 李海燕,赵锦慧,梁师. 2010. 后官湖地区 NPP 的计算及分析[J]. 安徽农业科学,38(28):15835-15837.
- 刘建康,谢平. 1999. 揭开武汉东湖蓝藻水华消失之谜[J]. 长江流域资源与环境,8(3):312-319.
- 刘雪花,赵秀侠,高攀,等. 2012. 安徽菜子湖浮游植物群落结构的周年变化(2010年)[J]. 湖泊科学,25(5):771-779.
- 孟顺龙,陈家长,胡庚东,等. 2010. 太湖蠡湖浮游植物群落特征及其对水质的评价[J]. 长江流域资源与环境,19(1):30-36.
- 潘继征,熊飞,李文朝,等. 2009. 抚仙湖浮游植物群落结构、分布及其影响因子[J]. 生态学报,29(10):5376-5385.
- 戎克文. 1994. 武汉后湖浮游植物现存量与生产量季节变动的初步研究[J]. 湖泊科学,6(2):151-160.
- 阮柏野,熊飞,刘红艳,等. 2012. 汉阳湖群表层沉积物磷含量分布特征[J]. 水生态学杂志,33(5):1-6.
- 沈镭芬,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.
- 唐江媚,谢平,刘丽,等. 2008. 武汉东湖浮游植物群落结构的时空变化与环境因子的关系[J]. 中山大学学报:自然科学版,47(3):100-104.
- 万能,宋立荣,王若南,等. 2008. 滇池藻类生物量时空分布及其影响因子[J]. 水生生物学报,32(2):184-188.
- 王明翠,刘雪芹,张建辉. 2002. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测,18(5):47-49.
- 王瑜,刘录三,舒俭民,等. 2011. 白洋淀浮游植物群落结构与水质评价[J]. 湖泊科学,23(4):575-580.
- 于洪贤,赵菲. 2012. 扎龙湿地浮游植物群落结构特征与水质评价[J]. 东北林业大学学报,40(11):99-101,119.
- 张婷,李林,宋立荣. 2009. 熊河水库浮游植物群落结构的周年变化[J]. 生态学报,29(6):2971-2979.
- 章宗涉,黄祥飞. 1991. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京:科学出版社.
- Margalef D R. 1957. Information theory in ecology[J]. General Systems, 3:36-37.
- Pielou E C. 1975. Ecological Diversity[M]. New York: Wiley Inter Science.
- Shannon C E, Weaver W J. 1949. The mathematical theory of communication[M]. Urbana and Chicago: University of Illinois Press.

Investigation of Phytoplankton Community Structure and Water Quality in Sanjiao Lake

LU Min, XIONG Fei, LIU Hong-yan, ZHANG Fan-rong, YANG Hai-yan

(School of Life Sciences, Jiangnan University, Wuhan 430056, P. R. China)

Abstract: The community structure of phytoplankton in Sanjiao Lake was investigated and then used in the assessment of water quality. Phytoplankton diversity is widely used as a water quality indicator and the results of this study provide a basis for managing eutrophication and support ecological restoration efforts. The shallow lakes in the Hanyang district of Wuhan are suffering from water quality deterioration and eutrophication. The “Six Lakes Connection Project” has been implemented to restore water quality and the project includes Sanjiao Lake. The social function of lakes in the project is changing from primarily aquacultural to ecological as restoration efforts improve the quality of these stressed urban waters. Sanjiao Lake is a typical small city lake with an area of 2.45 km², average depth of 0.88 m and maximum depth of 1.86 m. Samples were collected at ten sites in July (summer) and October (autumn) of 2011 and January (winter) and April (spring), 2012. Water transparency, pH, conductivity, total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) were measured in July and October. Phytoplankton samples for qualitative analysis were collected with 25 μm plankton nets and fixed in 4% formaldehyde. 1 L samples for quantitative analysis were collected 0.5 m below the surface and concentrated to 50ml after settling 48 h. Phytoplankton was identified using a microscope. A total of 94 species, belonging to 51 genera, 25 families and 8 phyla, were collected. The phytoplankton community was dominated by Chlorophyta, accounting for 59.6% of all species collected, followed by Bacillariophyta (12.8%), Cyanophyta (11.7%) and Euglenophyta (8.5%). The average cell density of phytoplankton was $(102.32 \pm 59.89) \times 10^6$ cells/L and dominated by Cyanophyta (86.69%), followed by Chlorophyta (7.77%) and Bacillariophyta (4.91%); abundance of other phyla were low (0.63%). Cell density of phytoplankton displayed clear seasonal variation, densities are the highest in summer, decline during autumn and are relatively low in the winter and spring. Cyanophyta dominated the phytoplankton community during summer and autumn and the community shifted toward Bacillariophyta and Chlorophyta during winter and spring. The average Margalef index, Shannon-Weaver index and Pielou index of phytoplankton community were 2.75, 1.78 and 0.46, respectively. The Shannon-Weaver and Pielou indices were higher in winter and spring, and the lowest in autumn. When cell density is high (summer, autumn), the phytoplankton community is dominated by Cyanophyta, an indication of eutrophic conditions. During winter and into the spring, cell density is lower and species richness higher. The overall assessment, based on the structure of the phytoplankton community and the values of the water quality parameters, indicates that Sanjiao Lake is mesotrophic-eutrophic.

Key words: phytoplankton; community structure; water quality assessment; Sanjiao Lake