

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.01.010

崂山水库浮游植物的季节变化及水体营养状态

王艳玲,曹正梅,刘 峰

(青岛市环境监测中心站,山东 青岛 266003)

摘要 :为掌握崂山水库水质状况,2008 年对崂山水库水体理化指标、浮游植物群落结构和细胞密度进行了监测。监测结果为:共检出浮游植物 7 门 45 属 62 种,其中种类最多的是绿藻和硅藻,分别占总种数的 48.39% 和 27.42%。浮游植物群落结构季节变化明显,3 月份硅藻种类最多,7 月、8 月和 10 月绿藻种类最多。库区优势种为鱼腥藻(*Anabaena* Bory.)、实球藻(*Pandorina morum* Bory.)、隐藻(*Cryptomonas* Ehr.)、小环藻(*Cyclotella* Kütz.)。水库浮游植物的四季平均细胞密度为 12.8×10^5 个/L,8 月份最高,达到 40.5×10^5 个/L。叶绿素 a 的质量浓度年均值为 7.05 mg/m^3 ,综合营养状态指数为 50.6。总体来看,水库水体已经呈现中营养向轻度富营养化转化的趋势。

关键词 崂山水库;浮游植物;季节变化;营养状态

中图分类号:X824 文献标识码:B 文章编号:1004-6933(2011)01-0042-04

Seasonal variation of phytoplankton and analysis of nutritional status in Laoshan reservoir

WANG Yan-ling, CAO Zheng-mei, LIU Feng

(Qingdao Environmental Protection and Monitoring Center Station, Qingdao 266003, China)

Abstract :To understand the Laoshan Reservoir's water quality, the physical and chemical indicators, phytoplankton community structure and cell density of the reservoir in 2008 were monitored. The results showed that total 62 species (7 phylum and 45 genus) phytoplankton samples were detected. The majority of them were green algae and diatom that amounted to 48.39% and 27.4% of total species respectively. The seasonal variation of phytoplankton community structure was significant. The diatom sat at the primary position in March, and the green algae was the most in July, August and October. The dominant species were *Anabaena* Bory., *Pandorina morum* Bory., *Cryptomonas* Ehr., and *Cyclotella* Kütz. The average number of phytoplankton per liter in water was 12.8×10^5 and the highest value was 40.5×10^5 appeared in August. The mass concentration of Chlorophyll a was 7.05 mg/m^3 . The value of synthetical nutrition state index was 50.6. The water body of the reservoir showed the tendency of transformation from mesotrophication to light eutrophication.

Key words : Laoshan reservoir; phytoplankton; seasonal change; nutritional status

崂山水库位于崂山风景区内,是青岛市重要的饮用水水源地。该水库始建于 1958 年,四周环山,中成盆底,总库容为 6 044 万 m^3 ,设计取水量 2 737.5 万 m^3 ,至 2003 年崂山水库累计向青岛供水 10 多亿 m^3 ,为青岛的经济建设、人民生活发挥了巨大的作用。但是随着崂山区城市规模的不断扩大、

经济的快速发展、旅游业的开发,崂山水库库区水体受到一定程度的污染。青岛市环境监测中心站的监测资料显示,“十五”期间水库水体 TN 曾出现过超标现象。

目前国内对水库水体的化学指标监测、水生态方面的监测工作已有较多开展^[1-4],但是崂山水库作

为一座中型水库,其水生生物和水生生态方面的研究资料却不多见。为掌握崂山水库浮游植物群落结构的季节变化,全面摸清水库水质状况,2008年3月、7月、8月和10月笔者对库区水体的浮游植物群落结构、细胞密度进行了调查研究,于2008年1—12月份对水库的水体化学指标进行了监测,以期从多方面较为客观地评价水库水质现状。

1 材料和方法

1.1 采样时间及样点分布

分别于2008年3月、7月、8月和10月在崂山水库的入口、中心、出口对浮游植物进行采样,化学指标监测为每月1次。采样位置见图1。

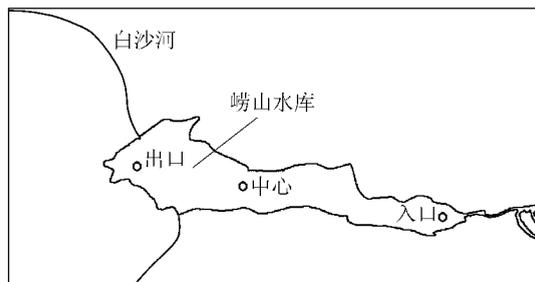


图1 崂山水库采样点位置示意图

1.2 水质监测项目

监测项目包括水温、透明度(SD)、pH值、DO、NH₃-N、TN、TP、COD_{Mn}、Chl-a、浮游植物组成和密度,共11项。上述项目的测定方法参照文献[5],Chl-a的测定参照文献[6]。

1.3 浮游植物定量调查方法

浮游植物的定性采样,采用25号浮游生物网,在水面下0.5m处作“∞”形循环缓慢拖动约3min,然后装入试样瓶中,用Lugal's碘液固定,另采一样做活体观察。浮游植物的定量采样用采水器在水面下1m处定量采集样品1L,用Lugal's碘液固定后,静置48h,浓缩至30mL,取0.1mL进行镜检计数。浮游植物分类按照相关文献[7-9]进行。

1.4 营养状态指数测定公式

1.4.1 综合营养状态指数计算公式

水库富营养化评价采用国家环境监测总站制定的《湖泊(水库)富营养化评价方法和分级技术规范》,评价体系中参数为Chl-a、TP、TN、SD和COD_{Mn}共5项指数。

$$TLI = \sum_{j=1}^m W_j TLI_j$$

式中:TLI为综合营养状态指数;W_j为第j种参数的营养状态指数的相关权重;TLI_j为代表第j种参数的营养状态指数。

以Chl-a为基准参数,则第j种参数的归一化的相关权重计算公式为:

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}$$

式中:r_{ij}为1种参数与基准参数Chl-a的相关系数;m为参数的个数。

中国湖泊(水库)的Chl-a与其他参数之间的相关关系r_{ij}及r_{ij}²见表1。

表1 湖泊(水库)部分参数与Chl-a的相关系数

参数	r _{ij}	r _{ij} ²
Chl-a	1	1
TP	0.84	0.7056
TN	0.82	0.6724
SD	-0.83	0.6889
COD _{Mn}	0.83	0.6889

1.4.2 各项目营养状态指数计算公式

$$(1) TLI_{Chl-a} = 10(2.5 + 1.086 \ln(\rho(\text{Chl-a})))$$

$$(2) TLI_{TP} = 10(9.436 + 1.624 \ln(\rho(\text{TP})))$$

$$(3) TLI_{TN} = 10(5.453 + 1.694 \ln(\rho(\text{TN})))$$

$$(4) TLI_{SD} = 10(5.118 - 1.94 \ln(h(\text{SD})))$$

$$(5) TLI_{COD_{Mn}} = 10(0.109 + 2.661 \ln(\rho(\text{COD}_{Mn})))$$

式中:ρ(Chl-a)单位为mg/m³,h(SD)为m,其他参数均为mg/L。

1.4.3 湖泊营养状态分级

采用0~100对湖泊富营养状态进行分级,详见表2。

表2 水体富营养化水平分级标准

TLI	营养状态	TLI	营养状态
< 30	贫营养	60 ~ 70	中度富营养
30 ~ 50	中营养	> 70	重度富营养
50 ~ 60	轻度富营养		

1.5 浮游植物的生物学评价

一般情况下,当浮游植物细胞密度w < 3 × 10⁵个/L,ρ(Chl-a) < 4 mg/m³时,认为是贫营养;w = (3 ~ 10) × 10⁵个/L,ρ(Chl-a)为4 ~ 10 mg/m³时,认为是中营养;w > 10 × 10⁵个/L,ρ(Chl-a) > 10 mg/m³时,认为是富营养化状态^[10-11]。

2 结果与分析

2.1 崂山水库浮游植物群落结构

2008年,在崂山水库共检出浮游植物7门,45属,62种,其中蓝藻门9种,绿藻门30种,硅藻门17种,隐藻门2种,金藻门1种,裸藻门2种,甲藻门1种,其中绿藻和硅藻种类最多(图2),分别占总种数的48.39%、27.42%。7月份浮游植物种类最多,为41种;其次为8月份和10月份,分别为35种、33种;

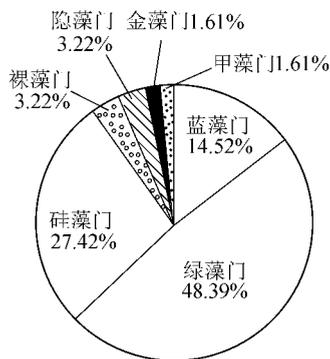


图2 崂山水库浮游植物种类组成

浮游植物群落结构的季节变化明显(图3)3月份硅藻种类最多,7月、8月和10月绿藻种类最多(见图3)。浮游植物的优势种也随季节不同而不同3月份,硅藻门的小环藻为主要优势种;7月份,绿藻门的实球藻、隐藻门的隐藻为主要优势种;8月份,蓝藻门的鱼腥藻和小胶鞘藻为主要优势种;10月份,蓝藻门的藻细胞依然占多数,以鱼腥藻为主要优势种。浮游植物的季节变化与水温有密切关系,也与水体的营养状况密切相关。参照文献[12]中有关指示性藻类的论述并结合实地调查,发现崂山水库7月、8月优势藻种中,实球藻、隐藻、鱼腥藻均是中污水体的指示种,显示崂山水库夏季有机污染处于中等水平。

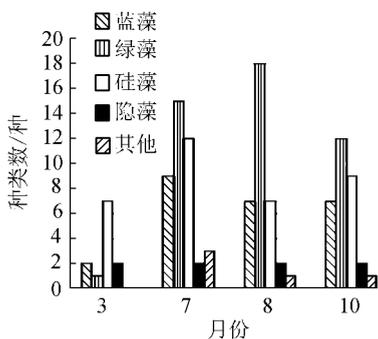


图3 崂山水库浮游植物群落结构季节变化

2.2 浮游植物群落结构特征与水质的关系

不同的水生环境中有不同的浮游植物群落存在,并对水环境产生一定影响。据有关资料显示[13-14]蓝藻门占70%以上,耐污种大量出现时水体为多污带;蓝藻门占60%左右,藻类总数较多,水体为 α -中污带;硅藻及绿藻为优势种,各占30%左右水体为 β -中污带;硅藻门为优势种,占60%以上水体为寡污带。对崂山水库浮游植物种类的统计结果显示(表3)崂山水库入口、中心和出口均是绿藻所占比例最高,其次为硅藻,为绿藻-硅藻型,水体为 β -中污带。

位置	总种数	浮游植物各门所占比例/%							
		蓝藻	绿藻	硅藻	隐藻	裸藻	甲藻	金藻	黄藻
入口	52	17.31	46.15	25.00	3.85	3.85	1.92	1.92	0
中心	49	18.37	40.82	30.61	4.08	4.08	2.04	0	0
出口	36	19.44	47.22	27.78	5.56	0	0	0	0

2.3 各项物理化学指标及营养状态指数

2008年的监测结果显示,除总氮外,崂山水库各项监测指标均达到GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准要求。

崂山水库 $\rho(\text{Chl-a})$ 为0.55~21.4 mg/m³,入口、中心、出口 $\rho(\text{Chl-a})$ 年均值分别为7.18 mg/m³、7.94 mg/m³、6.02 mg/m³。 $\rho(\text{Chl-a})$ 是反映水库富营养化的一项重要指标[15],按照 $\rho(\text{Chl-a})$ 与湖泊富营养化关系的分型标准,水库水体处于中营养水平。从季节变化来看,8、9月份库区水体中 $\rho(\text{Chl-a})$ 分别为14.83 mg/m³、14.64 mg/m³,显示该时段水体处于富营养水平,从现场监测来看,8、9月份水库出口区域岸边可见蓝藻颗粒;其他月份水库水体处于中营养或贫营养。

2008年崂山水库TLI为50.6,略大于50,处于轻度富营养水平。各分项营养状态指数依次为:TLI_{Chl-a} = 44.3; TLI_{TP} = 45.0; TLI_{TN} = 71.9; TLI_{SD} = 67.6; TLI_{COD_{Mn}} = 27.9,由此可见,水体中TN和SD两项指标对TLI贡献率相对较大,其次为TP和Chl-a, COD_{Mn}的贡献率最小。

2.4 崂山水库浮游植物细胞密度的变化

2008年崂山水库浮游植物细胞密度w年均值为12.8 × 10⁵ 个/L,季节变化明显(表4),其中8月份水体中浮游植物细胞密度最高,达到405万个/L,其次为7月和10月份,分别为63.65万个/L和36.51万个/L,而3月份仅为7.15万个/L。在各门中,硅藻在3月份生长旺盛,数量最高,绿藻在7月份生长旺盛,数量最高,蓝藻在8月份生长旺盛,数量最高,其余各门藻类在数量上不占优势。从浮游植物细胞密度与水体的关系来看,8月份水库水体已经达到富营养水平,7月份和10月份水库水体处于中营养水平,3月份水库水体处于贫营养。总的来看,水库水体已经呈现中营养向富营养转化的趋势。

表4 崂山水库浮游植物细胞密度的季节变化

月份	万个/L							合计
	蓝藻门	绿藻门	硅藻门	隐藻门	裸藻门	其他门		
3	1.25	0.14	4.27	1.49	0	0	7.15	
7	7.88	32.04	5.72	15.90	2.11	0	63.65	
8	391.35	3.41	7.11	2.59	0.58	0	405.04	
10	29.88	2.64	0.82	3.17	0	0	36.51	
平均	107.59	9.56	4.48	5.79	0.67	0	128.09	

3 结 语

通过对以上结果分析,2008年崂山水库水体整体状况良好,但在8月、9月水体出现轻度富营养化,Chl-a和浮游植物细胞密度均较高,达到轻度富营养化的标准。其原因估计是崂山水库四面环山,中成盆地,水库周边有很多耕种的土地和农家餐馆。化肥、农药等农业面源污染物和生活污水随着降水进入水库对库区水体产生了一定不良影响。

青岛市政府对崂山水库的水质保护非常重视,2009年崂山水库上游污水治理工程被列为市、区两级政府为民办实事的重点工程之一,总投资2.07亿元,2010年底竣工完成。届时,上游区域内的38个村庄2.3万居民的污水直排现象将得到根治。在加强治污的同时,建议在崂山水库附近的种植业全面推广有机肥,防止因氮磷超标可能引起的水库水体的富营养化,另一方面建议水库进行无饵料养殖,在不投饵的情况下,养殖对水体净化有益的鳙鱼、鲢鱼等。鳙鱼、鲢鱼可对硅藻门的直链藻、针杆藻,蓝藻门的鱼腥藻、微囊藻,绿藻门的衣藻、小球藻和隐藻门的蓝隐藻等起抑制作用^[16-17]。

参考文献:

[1] 戴绍军,秦智,张思聪,等.哈尔滨二龙山水库浮游植物及水体污染状况的研究[J].植物研究,2001,21(4):624-629.

[2] 杜桂森,王建厅,武殿伟,等.密云水库的浮游植物群落结构与密度[J].植物生态学报,2001,25(4):501-504.

[3] 张哲海,梅卓华,孙洁梅,等.玄武湖蓝藻水华成因探讨[J].环境监测管理与技术,2006(3):11-14.

[4] 黄美丽.南靖南五水库水质调查[J].环境监测管理与技术,2004(4):26-28.

[5] 中国标准出版社.水质分析方法国家标准汇编[G].北京:中国标准出版社,1996.

[6] 金相灿,屠清瑛.湖泊富营养化调查规范[M].北京:中国环境科学出版社,1990.

[7] 胡鸿钧,李尧英,魏印心,等.中国淡水藻类[M].上海:上海科学技术出版社,1979.

[8] 韩茂森,孙明霞,胡维兴,等.淡水浮游生物图谱[M].北京:农业出版社,1978.

[9] 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法[M].北京:科学出版社,1991.

[10] 《水生生物监测手册》编委会.水生生物监测手册[M].南京:东南大学出版社,1993.

[11] 顾丁锡,舒金华.湖泊水污染预测及其防治规划方法[M].北京:中国环境科学出版社,1988.

[12] B·福迪.藻类学[M].上海:上海科学技术出版社,1980.

[13] 詹玉涛.釜溪河浮游植物分布及其与水质污染的相关性研究[J].中国环境科学,1991,11(1):29-33.

[14] 郭佩涌,林育真,李玉仙.东平湖浮游植物与水质评价[J].海洋湖沼通报,1997(4):37-42.

[15] 周亮进,由文辉.福建省山仔水库富营养化特征[J].水资源保护,2008,24(2):26-29.

[16] 周根娣,周忠贤,方志发,等.非投饵网箱鲢鱼、鳙鱼对藻类的遏制效果[J].上海农业学报,2005,21(2):94-95.

[17] 王洪起.于桥水库的水质保护与渔业生产[J].湖泊科学,1995,7(4):379-384.

(收稿日期 2009-11-30 编辑 高渭文)

(上接第37页)

[10] GUO J S, WANG C Y, FANG F et al. Applicability study of CRI treating sewage in the Three-Gorges Reservoir region[J]. Environmental Science, 2006, 27(11):2327-2332.

[11] 马鸣超,姜昕一,刘菲,等.污水人工快速渗滤系统中氨氧化菌16S rDNA的DGGE分析[J].高校地质学报,2007,13(4):688-693.

[12] 李丽,陆兆华,王昊,等.新型混合填料人工快渗系统处理污染河水的试验研究[J].中国给水排水,2007,23(11):86-89.

[13] ZHENG Yan-xia, FENG Shao-yuan, ZHAO Xu-yang. Simulation study on constructed rapid infiltration for treatment of surface wastewater in town[J]. IFIP International Federation for Information Processing, 2008, 259:851-858.

[14] JIANG X, MA M C, LI J, ZHONG Z S. Molecular ecology of anammox bacteria in constructed rapid infiltration system[J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(4):573-577.

[15] ZHENG Y, FENG S, LIU P. The effect of water temperature

and HRT on constructed rapid infiltration treatment of slightly-polluted surface water[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2008, 28(12):2509-2513.

[16] FENG S Y, ZHENG Y X, TANG Z J, et al. Experimental study on purification of slightly-polluted surface water by constructed rapid infiltration system[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007, 38(4):422-426.

[17] 牟新民,黄培鸿,张金炳,等.人工快速渗滤系统处理深圳市茅洲河水的试验研究[J].应用基础与工程科学学报,2003,11(4):370-377.

[18] 张金炳,黄培鸿,杨小毛,等.东莞华兴电器厂生活污水人工快速渗滤处理系统[J].环境工程,2003,21(6):32-35.

[19] 王家玲.环境微生物学基础[M].北京:高等教育出版社,2004.

(收稿日期 2009-12-13 编辑 高渭文)