

沙河水库浮游植物季节变化特征

马 玲, 纪海婷, 吴荣荣, 庄 敏, 贾文慧

(江苏省水文水资源勘测局常州分局, 江苏 常州 213022)

摘要: 为了解沙河水库浮游植物群落季节变化特征, 于 2020 年对沙河水库浮游植物和水质进行调查监测, 分析了浮游植物的种类组成、密度、优势种群及季节性变化, 并结合水质, 运用多样性指数、均匀度指数和物种丰富度指数进行综合评价。

关键词: 浮游植物; 群落结构; 多样性; 均匀度; 沙河水库

中图分类号: X524

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2022)01-0019-04

Seasonal variation characteristics of phytoplankton in Shahe Reservoir

MALing, JI Haiting, WU Rongrong, ZHUANG Min, JIA Wenhui

(Sub-Bureau of Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Changzhou 213022, China)

Abstract: In order to understand the seasonal variation characteristics of phytoplankton community in Shahe Reservoir, phytoplankton and water quality in Shahe Reservoir were investigated and monitored in 2020, and the species composition, density, dominant species and seasonal variation of phytoplankton were analyzed. Combined with water quality, the diversity index, evenness index and species richness index were used to evaluate the water quality.

Key words: phytoplankton; community structure; diversity index; evenness index; Shahe Reservoir

浮游植物作为水域重要的初级生产者, 是水生生物的重要组分, 是整个水生态系统物质循环和能量流动的基础, 水生态系统健康与否的重要生物指示, 也是预测水环境发展趋势的重要依据。浮游植物对环境变量的响应问题已引起世界范围内的研究和关注, 浮游植物种类组成、数量分布等生态学特征是水生生态系统的重要研究内容, 水环境因子直接影响浮游植物的种群或群落结构特征, 通过研究浮游植物群落结构的季节变化可以客观反映出水体质量的变化规律^[1]。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

沙河水库位于溧阳市南部低山丘陵区, 属太湖流域南溪水系, 是一座以防洪、供水、灌溉为主, 结合涵养水源、生态保护, 兼顾水产养殖的大(二)型

水库, 是江苏省第一批核准的集中式饮用水水源地。

沙河水库集水面积 148.5 km², 汛限制水位 21.00 m(吴淞高程), 总库容 1.09 亿 m³, 兴利库容 0.4635 亿 m³, 死库容 0.1335 亿 m³。沙河水库始建于 1958 年, 1961 年初步建成, 后经 1964 年、1972 年、1981 年 3 次较大规模续建。2008—2011 年进行除险加固后, 沙河水库达到 100 年一遇设计、2000 年一遇校核的防洪标准。

沙河水库上游主要入库河道有杨村河、杨庄涧河、平桥涧河、横塘涧河、徐家园涧河、中田涧河, 下游主要出库排水河(渠)道有沙溪河、沙河水库溢洪河、中干渠、西干渠、东干渠。

1.2 采样点设置

从 2020 年 1 月开始, 每月上旬采样一次, 全年共采集 12 次。采样点设置在库区取水口附近、容易

收稿日期: 2021-07-29

作者简介: 马玲(1984—), 女, 工程师, 主要从事水质监测工作。E-mail: 516277533@qq.com

捞取藻类处。

1.3 样品采集及鉴定

浮游植物样品选用直立式有机玻璃取样器沿表层以下 0.5 m 处定量采集,所取水样采用棕色硬质玻璃瓶避光密封保存,一部分水样(1L)加鲁哥试剂固定,带回室内沉淀 48 h,采用虹吸法除去上清液,再移至 100 mL 烧杯中静置沉淀 48 h,最后浓缩至 10 mL,装在试管瓶中做好标签记号,避光冷藏保存。采用浮游植物计数框(0.1 mL)计数,充分摇匀,取 0.1 mL 样品置于计数框内,在 10×40 倍显微镜下镜检分类、计数。密度计算公式如下:

$$M = (mS \times 10^4) / sn$$

式中: M 为生物密度,cells/L; m 为计数的个数; S 为计数框面积, μm^2 ; n 为计数的视野数量; s 为显微镜的单个视野面积, μm^2 。

浮游植物鉴定参照《中国淡水藻类》^[2]和万深浮游植物鉴定软件。另一部分水样用于总氮、总磷、氨氮等指标的分析测试,方法依据相应的国家标准方法和国家环境保护总局《水与废水监测分析方法(第四版)》^[3-4],现场监测选用美国哈希 HQ40D 型现场多功能水质测定仪、塞氏圆盘,项目涉及水温、溶解氧、pH 值、透明度(SD)等指标。

1.4 数据处理与分析

生物方面:浮游植物多样性指数是描述生物群落结构的重要参数,反映了组成生物群落的种类与其个数的函数关系,是水体理化性质及生物等多种生态因子综合反映的结果。在清洁或良好环境中,生物种类多样,物种丰富度高,种间个体数分布较均匀;在环境恶化或污染条件下,敏感种类消失、耐污种类发展,种类单纯,但数量可能很大,物种丰富度低,种间个体数分布欠均匀,见表 1。评价应用较普遍的是香农-威纳(H' , Shannon-Wiener index)多样性指数、Pielou 均匀度指数(J , Pielou)、Margalef 物种丰富度指数(D , Margalef)和优势度指数(Y)^[5-6]。

计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$P_i = N_i / N$$

$$J = H' / \log_2 S$$

$$D = (S - 1) / \ln$$

$$Y = n_i / N \times f_i \quad (1)$$

式中: H' 为物种多样性指数; J 为群落均匀度; D 为物种丰富度指数; N_i 为站位中第 i 种的个数; N 为站

位中浮游藻类总个数; S 为站位中浮游藻类总种数; f_i 为第 i 种藻类在各样点出现的频率。本文将优势度 $Y > 0.02$ 的藻类定为优势种。

表 1 浮游植物多样性指数、均匀度指数、丰富度指数与水环境状况的关系

污染程度	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数
重度污染	0~1	0~0.3	0~2
中度污染	1~2	0.3~0.5	2~3
轻度污染	2~3	0.5~0.8	3~4
微或无污染	>3	>0.8	>4

水质方面:通过对 TP、TN、Chl-a、COD_{Mn} 和透明度(SD)项目的评价,按照 SL 395 的相关规定,计算水库营养状态指数,见表 2。

2 结果分析

2.1 浮游植物种类组成、优势种及季节变化

2.1.1 种类组成及季节变化

沙河水库共检出浮游植物 7 门 49 属 68 种,其中蓝藻门 13 属 17 种,占总种数的 25.0%;绿藻门 15 属 20 种,占 29.5%;硅藻门 13 属 19 种,占 27.9%;甲藻门 1 属 1 种,占 1.5%;金藻门 2 属 2 种,占 2.9%;隐藻门 2 属 3 种,占 4.4%;裸藻门 3 属 6 种,占 8.8%。沙河水库浮游植物的物种组成和丰富度季节差异显著。浮游植物总种数以绿藻、硅藻为主,春季(3 月份)最高,为 30 种;夏、冬季(6 月份、12 月份)较少,为 17 种。其中 11 月份绿藻种类最多,为 13 种;8 月份蓝藻种类最多,为 10 种;3 月份硅藻种类最多,为 10 种。2020 年沙河水库各月的浮游植物物种数组成分布,见图 1。

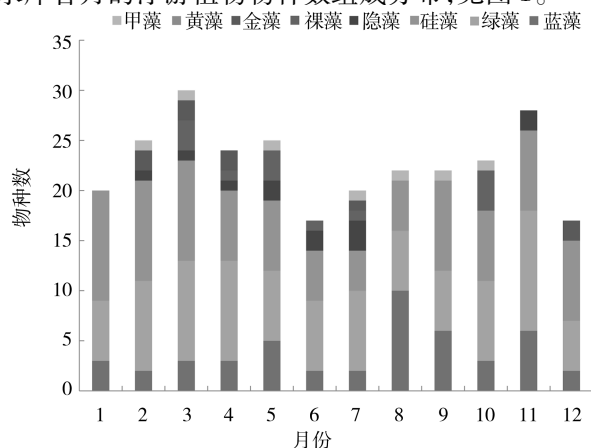


图 1 2020 年沙河水库各月的浮游植物物种数组成

表 2 湖泊(水库)营养状态评价标准及分级方法

营养状态分级	评价项目 赋值 En	$\rho(\text{TP})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Chl}-a)/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SD/m
贫营养 $0 \leq \text{EI} \leq 20$	10	0.001	0.02	0.0005	0.15	10
	20	0.004	0.05	0.001	0.4	5.0
中营养 $20 < \text{EI} \leq 50$	30	0.010	0.10	0.002	1.0	3.0
	40	0.025	0.30	0.004	2.0	1.5
	50	0.05	0.50	0.010	4.0	1.0
轻度营养 $50 < \text{EI} \leq 60$	60	0.10	1.0	0.026	8.0	0.5
富营养	70	0.20	2.0	0.064	10	0.4
	80	0.60	6.0	0.16	25	0.3
	90	0.90	9.0	0.40	40	0.2
重度富营养 $80 < \text{EI} \leq 100$	100	1.3	16.0	1.0	60	0.12

2.1.2 密度及优势种

沙河水库浮游植物密度季度性差异也较为明显,夏季藻密度最大、春秋季节次之、冬季最小。由图 2 ~ 3 可知,沙河水库总藻密度在 1 ~ 1 165 万个/L 之间,其中 8 月份最高,达 1 165 万个/L,1—2 月份密度仅 1.0 万个/L。种类组成均呈现冬、春两季硅藻门占优势,夏、秋两季蓝藻门占优势。蓝藻门密度 8 月份最高,达 1 051.7 万个/L,占当月总藻密度的 90.3%,1—2 月份最低,各月份均值为 345.74 万个/L;各月份硅藻门密度介于 0.78 ~ 327.3 万个/L,均值为 125.18 万个/L,硅藻门密度 4 月份急剧升高,占比从 39.4% 骤升至 87.3%,并在 6 月份达到峰值;蓝藻门密度 5 月份急剧升高,8 月份达到峰值;绿藻门仅在秋、冬两季占比较高,2 月份最高可达 34.7%;金藻门密度 2—3 月份占比较高,分别为 22.1%、30.2%。

初春水温较低,太阳照射较弱,适合喜低温的硅藻生长,此时硅藻占藻类种数的 46.0%,随着温度逐渐升高至春末,蓝藻种数占比逐渐升高至 43.6%,绿藻、甲藻、裸藻、隐藻、金藻皆有出现,但比例很小。春季水库的优势种为广缘小环藻,硅藻门的短小曲壳藻、金藻门的华美色金藻、绿藻门的狭形纤维藻等种类占比也较大。春末夏初裸藻出现较多,进入夏季后,水温逐渐升高,6 月份之后硅藻数量急剧减少,蓝藻比例逐渐升高,成为优势种

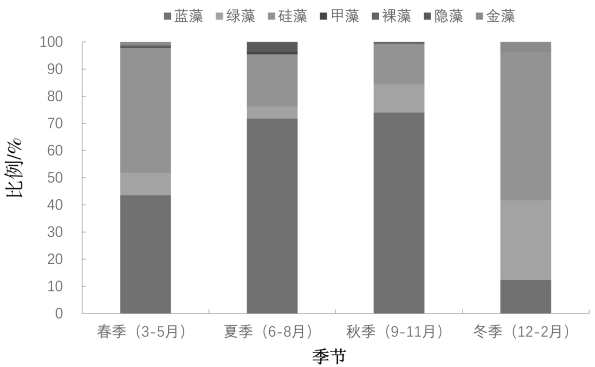


图 2 2020 年沙河水库各季度浮游植物密度占比

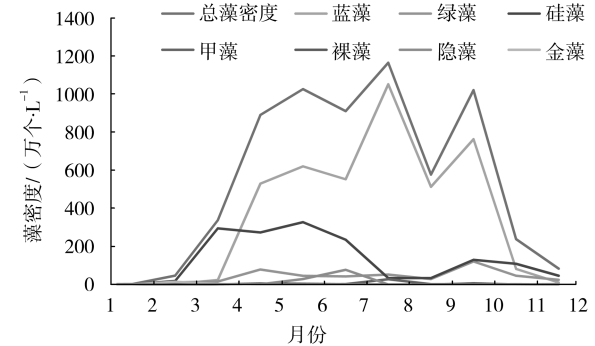


图 3 2020 年沙河水库各月份浮游植物密度

群。夏季蓝藻种数占比高达 71.73%,而硅藻锐减至 19.21%。秋季蓝藻所占比例仍较高,绿藻比例逐渐增长。冬季水温较低,水体中藻类数量较少,种类以硅藻为主^[7]。

一般认为,硅藻型的浮游植物群落是水质污染

较轻水体的典型特征,而蓝藻型则意味着水质富营养化程度较高。可见,沙河水库冬季水质好于其余 3 个季节。

沙河水库的优势种为湖泊伪鱼腥藻,优势度高达 43.3%。另外,蓝藻门的拟柱胞藻(优势度 13.6%),硅藻门的短小曲壳藻(优势度 10.4%)、双头针杆藻(优势度 10.0%)、广缘小环藻(优势度 6.6%),绿藻门的狭形纤维藻(优势度 3.6%)、卷曲纤维藻(优势度 2.2%),隐藻门的尖尾蓝隐藻(优势度 1.2%),金藻门的华美色金藻(优势度 1.1%),甲藻门的拟多甲藻(优势度 0.5%)占比也较高。

总体上,沙河水库的浮游植物种类较为丰富,作为集中式饮用水水源地,夏秋季水体蓝藻较多,虽未形成水华,但应引起足够重视。

2.2 多样性指数、均匀指数和丰富度指数

沙河水库 Shannon - Wiener 多样性指数、群落均匀度指数和丰富度指数基本保持一致。全年来看,沙河水库物种多样性、丰富度高,均匀度稍欠均匀。冬春季(1—3 月份、11—12 月份)水体相对较清洁或良好,浮游植物种类多样,物种丰富度高,种间个体数分布较均匀;4—10 月份水体环境改变或受到污染,浮游植物种类单纯,个别优势种数量很大,物种丰富度低,种间个体数分布欠均匀,见表 3。

表 3 各月 Shannon - Wiener 多样性指数、群落均匀度指数和丰富度指数

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
多样性指数	3.64	3.84	3.81	2.33	1.98	1.69	1.83	1.36	1.62	1.61	3.53	3.52	2.56
均匀度指数	0.48	0.44	0.40	0.20	0.17	0.15	0.16	0.11	0.15	0.14	0.36	0.43	0.27
丰富度指数	3.59	3.92	4.40	2.89	2.99	2.00	2.42	2.55	2.78	2.71	4.03	2.83	3.09

2.3 水质结果分析

根据 TP、TN、Chl-a、COD_{Mn} 和透明度(SD) 数据计算出沙河水库 2020 年 1—12 月份营养状态指数介于 50.3 ~ 52.9(图 4),年内变化幅度较小,营养状态指数年均值为 51.0,属轻度富营养。

3 结 语

根据沙河水库浮游植物和水质调查结果,分析了浮游植物的群落组成和变化特征,运用 Shannon - Wiener 多样性指数、群落均匀度指数和丰富度指数进行了水质综合评价。结论如下:

(1)沙河水库浮游植物以蓝藻、绿藻和硅藻三大门类为主。三门藻类种数占总种数的 83.6%。

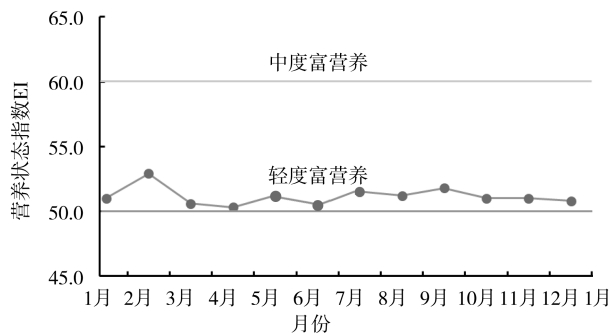


图 4 2020 年沙河水库营养状态指数逐月变化情况

浮游植物种类季节变化明显,春季种数最多,夏季相对较少。夏秋季蓝藻门为优势种群,冬春季硅藻门为优势种群。浮游植物物种组成的季节性变化,受水环境因素影响,不同季节水体的光照、温度、溶解氧和营养盐等均有差异。

(2)沙河水库属轻度富营养,浮游植物多样性指数和物种丰富度指数较高,沙河水库水体相对清洁、生态环境良好,个别月份可能存在轻污染。

参考文献:

- [1] 张琦,傅园园,黄河仙,等. 东洞庭湖浮游藻类优势种群对主要水环境因子的生态适应性[J]. 广西科学, 2016, 23(2):145-149.
- [2] 胡鸿钧,魏印心. 中国淡水藻类:系统、分类及生态[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [3] 国家环境保护总局. 水与废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [4] 李媛,范天瑜,吴青文. 武汉东湖浮游藻类的季节性变化特征[C]//中国环境科学学会学术年会论文集, 2013:6892-6896.
- [5] 胡忠军,莫丹玫,周小玉,等. 千岛湖浮游植物群落结构时空分布及其与环境因子的关系[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(5):46-54.
- [6] 葛伟,张婷,牛志春,等. 蟒蛇河水域浮游植物调查与水生态评价[J]. 环境监测管理与技术, 2015, 27(4):35-39, 60.
- [7] 丁陇云. 黑河金盆水库浮游藻类群落季节性变化特征研究[J]. 河南科学, 2013, 31(2):189-192.