

邵伯湖藻类特征及蓝藻优势种运动规律探讨

刘 平, 吴小伟, 王永东

(江苏省水文水资源勘测局扬州分局, 江苏 扬州 225000)

摘要: 2015 年 5 月~2016 年 5 月对扬州邵伯湖的浮游藻类群落组成与水环境因子进行监测, 运用典范对应分析法(CCA)分析了浮游藻类群落结构与环境因子之间的关系, 运用垂直运动模型分析了蓝藻中的优势藻在水体生态系统中的运动变化规律。结果显示: 邵伯湖群落组成以绿藻、硅藻为主; CCA 分析结果显示氨氮和总磷是影响邵伯湖浮游藻类群落分布的主要环境因子; 蓝藻中的微囊藻是优势藻, 半径大的微囊藻更易运动到水体表面, 在不利水文条件下有形成蓝藻水华的风险。

关键词: 浮游藻类; 典范对应分析; 蓝藻水华; 垂直运动; 邵伯湖

中图分类号: TV871

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 01-0041-04

Research on algae characteristics and movement of dominant cyanobacteria species in Shaobo Lake

LIU Ping, WU Xiaowei, WANG Yongdong

(Yangzhou Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province,
Yangzhou 225000, Jiangsu)

Abstract: The phytoplankton community and water environmental factors in Shaobo Lake in Yangzhou City were investigated from May 2015 to May 2016. The relationship between the variations of phytoplankton and environmental factors was also analyzed by using canonical correspondence analysis (CCA). A vertical migration model was developed in order to study the algae migration in the aquatic ecosystem. The results showed that the phytoplankton community was dominated by cyanobacteria and diatom. According to the result of CCA, Ammonia-N and TP were the main environmental factors influencing the distribution of the phytoplankton community in Shaobo Lake. Microcystis with a large radius could migrate to the water surface more easily. Algal blooms would easily occur under adverse hydrological conditions.

Key words: planktonic algae; Canonical Correspondence Analysis; cyanobacteria bloom; vertical motion; Shaobo Lake

在水体富营养化研究中, 对浮游藻类的调查一直具有重要意义, 国内许多科研人员对不同区域湖泊中的浮游藻类已开展了众多研究^[1-6]。富营养化水体在水温、气温、光照、流速等适宜的外界条件下, 可能形成并爆发蓝藻水华。目前, 从藻类生理和化学过程来研究藻类的运动虽然依旧相当困难, 但

是文献中已有多位学者在实验基础上建立了藻类垂直运动的模型^[7-8], 对预测湖泊藻类水华具有重要的现实意义。

邵伯湖不仅是入江水道的重要调蓄湖泊, 也是扬州市重要的备用水源。其水质营养状况、藻类种群特征以及是否会暴发蓝藻水华成为人们当前关注

收稿日期: 2016-11-04

作者简介: 刘平(1986-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水环境监测工作。

的重要问题。因此,开展邵伯湖浮游藻类调查,分析藻类种群结构变化的影响因子,探讨蓝藻中优势藻种的运动规律,为保护湖泊水环境和饮水安全提供了科学依据。

1 分析方法

采用 CANOCO4.5 进行典范对应分析(CCA),并用 CANODRAW 绘制排序图。分析过程中将浮游藻类数量进行 $\lg(X+1)$ 转换,各环境因子也都进行标准化处理。

藻类运动模型以 Kromkamp-Walsby 模型为基础,选择温度和营养盐为控制藻类生长的主要环境因子,建立微囊藻垂直运动模型。

2 邵伯湖藻类特征分析

2.1 浮游藻类种属构成

2015年5月~2016年5月期间邵伯湖共检出浮游植物8门61属136种。绿藻种类变化显著,2月份绿藻最少;蓝藻在8月份均显著增加,随后逐渐减少,2月份至最低;硅藻和裸藻随季节变化不

大;其他藻类种类及变幅均较小。邵伯湖浮游藻类种类年度变化情况见图1。

绿藻主要由小球藻属、四角藻属、纤维藻属、月牙藻属、卵囊藻属、栅藻属和丝藻属组成;硅藻主要由直链藻属、小环藻属、脆杆藻属和肋缝藻属组成;蓝藻主要由微囊藻、颤藻属、伪鱼腥藻属组成;裸藻主要由鳞孔藻属、扁裸藻属和囊裸藻属组成;隐藻主要由尖尾蓝隐藻和嗜蚀隐藻组成;金藻主要由北方金杯藻组成;黄藻主要由短圆柱单胞藻和小型黄丝藻组成。

2.2 浮游藻类藻细胞密度变化

2015年5月~2016年5月,邵伯湖浮游藻类总藻细胞密度的变化范围在 4.98×10^6 cells/L ~ 6.10×10^6 cells/L。夏季(8月)最多,2月、5月和11月变化趋势平稳。浮游藻类群落不仅总体数量有季节差异,而且各个门类的数量也随季节变动,详见图2。绿藻和硅藻不仅在种类数量上占优势,在细胞密度上也占很大比例。

由图2可知,邵伯湖中绿藻作为优势藻,年度变

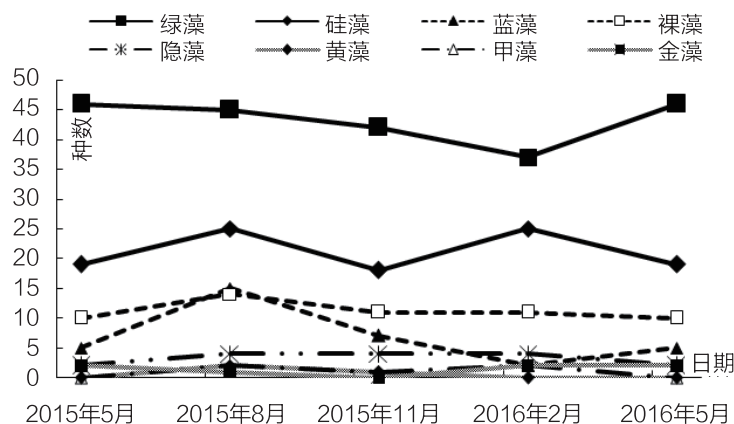


图1 邵伯湖浮游藻类种类年度变化情况

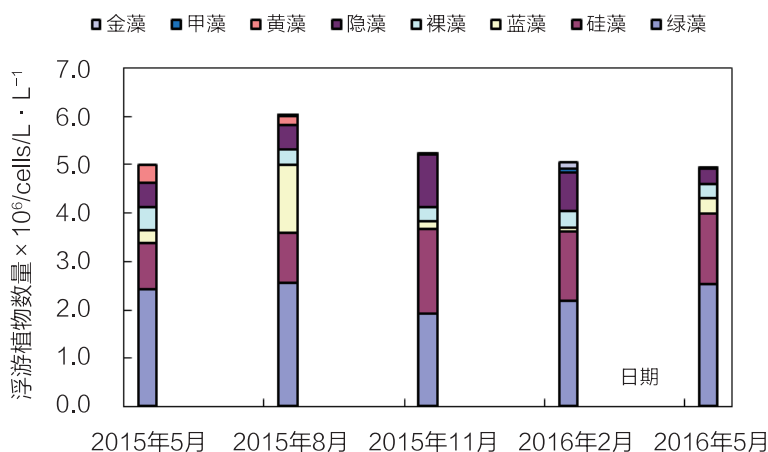


图2 邵伯湖浮游植物数量年度变化情况

化不大; 硅藻细胞密度 11 月份最大, 5 月略低; 蓝藻在 8 月大幅度上升, 其余月份很少; 隐藻在邵伯湖中种类虽不多, 细胞密度仅次于绿藻、硅藻, 11 月份最大, 8 月略少; 黄藻、甲藻和金藻细胞密度较少。

2.3 浮游藻类与水质因子相关性分析

选取了水温 (T)、溶解氧 (DO)、透明度 (SD)、pH、氨氮 (NH₄⁺-N)、高锰酸盐指数 (CODMn)、总氮 (TN)、总磷 (TP), 共 8 个环境因子。采用相关系数法研究浮游植物数量与各项水质理化指标之间的相关关系, 见表 1。

图 3 反映了邵伯湖浮游藻类群落与环境因子间的关系, 排序图中环境因子轴与物种排序轴之间的相关系数为 0.938 和 0.922; 两个物种排序轴近似垂直; 两个环境排序轴间的相关系数都为 0, 说明排序轴与环境因子间线性结合的程度较好的反映了物种与环境之间的关系, 排序结果是可靠的。

从箭头的连线长度可以看出不同的环境因子对浮游藻类都有不同程度的影响。第一排序轴与 pH 和透明度呈负相关, 与其他环境因子呈正相关; 第二排序轴与透明度呈正相关, 与其他环境因子呈负

表 1 邵伯湖浮游植物因子和浮游植物数量的相关性分析

因子	群落	绿藻	硅藻	蓝藻	裸藻	隐藻	黄藻	甲藻	金藻
T	0.732	0.518	-0.389	0.831	-0.105	-0.413	0.437	-0.706	-0.813
DO	0.167	-0.129	-0.416	0.056	0.326	0.273	0.291	0.743	0.586
SD	-0.634	-0.083	0.645	-0.555	-0.362	-0.133	-0.753	-0.014	0.247
pH	-0.241	0.535	-0.592	-0.004	0.792	-0.616	0.743	-0.700	-0.585
NH ₄ ⁺ -N	0.962**	0.142	-0.245	0.846	-0.466	0.101	0.067	0.220	-0.036
CODMn	0.488	0.839	-0.653	0.690	-0.024	-0.713	0.154	0.251	0.244
TN	0.736	0.508	-0.431	0.779	-0.329	-0.310	-0.014	0.450	0.322
TP	0.947*	0.366	-0.580	0.921*	-0.043	-0.130	0.538	-0.143	-0.392

注: * 表示显著相关, P<0.05; ** 表示极显著相关, P<0.01(双尾检验)

邵伯湖浮游植物群落总数量与总磷呈显著正相关, 与氨氮呈极显著相关, 相关系数在 0.01 水平上达 0.962; 蓝藻数量与总磷呈显著正相关, 与水温 and 氨氮呈不太显著的正相关; 其余藻类与环境因子相关关系均不显著。

2.4 浮游藻类和环境因子的 CCA 排序分析

根据浮游藻类出现频度和相对密度, 选取了 19 种 (属) 浮游藻类用于 CCA 分析, 浮游藻类的代码见表 2。

相关。溶解氧与浮游植物群落分布的相关性较小, 氨氮、总磷和 pH 与浮游植物群落的相关性显著。蓝藻中的色球藻属和颤藻属与氨氮正相关; 绿藻中的纤维藻属与透明度正相关。

3 蓝藻优势种运动规律探讨

能够形成水华的藻类最主要的是蓝藻门的种类, 其中最常见的有微囊藻、鱼腥藻、颤藻等。邵伯湖共检出蓝藻 10 属 17 种, 微囊藻属 (29.4%) 所占比

表 2 CCA 分析中浮游藻类种类代码

代码	种类	代码	种类
1	小球藻属 (Chlorella)	11	肋缝藻属 (Frustulia)
2	纤维藻属 (Ankistrodesmus)	12	微囊藻属 (Microcystis)
3	月牙藻属 (Selenastrum)	13	色球藻属 (Chroococcus)
4	卵囊藻属 (Oocystis)	14	颤藻属 (Oscillatoria)
5	栅藻属 (Scenedesmus)	15	鳞孔藻属 (Lepocinclis)
6	丝藻属 (Ulothrix)	16	扁裸藻属 (Phacus)
7	四角藻属 (Tetraëdron)	17	囊裸藻属 (Trachelomonas)
8	直链藻属 (Melosira)	18	蓝隐藻属 (Chroomonas)
9	小环藻属 (Cyclotella)	19	隐藻属 (Cryptomonas)
10	脆杆藻属 (Fragilaria)		

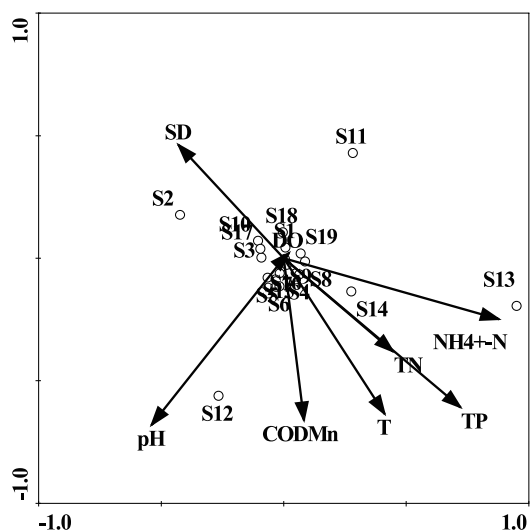


图3 邵伯湖浮游藻类主要属(种)与环境因子的双轴排序图

例最高。微囊藻作为邵伯湖蓝藻的优势种,细胞密度在 $0 \sim 1.12 \times 10^6$ cells/L 之间,8月达高峰值。

本文以 Kromkamp-Walsby 模型为基础,选择温度 and 营养盐为控制微囊藻生长的主要环境因子。以 2015 年 8 月 5 日~2015 年 8 月 15 日的水温、总氮、总磷和水深为条件,模拟了静止条件下不同半径蓝藻的运动规律。结果显示半径大的微囊藻更易运动到水体表面,水温低藻体更容易上浮。适宜的水动力条件,能够驱动藻类运动,但必须以藻类上浮为前提,这样藻类才能在表面积聚。邵伯湖夏季蓄水量大,水体流动性强,不利于蓝藻的大量积聚繁殖;而且夏季炎热多雨,光辐射强,藻类密度偏大,难以上浮至水面。但是若是持续阴天的梅雨季节之后,情况则完全相反,因得不到充足的光辐射,藻类的密度比正常情况要小,密度小的藻体会迅速上浮至水面并长时间停留,此时若碰上不利的水文条件,大量的藻体被输送至岸边区域,容易形成蓝藻水华。

4 结论

邵伯湖共鉴定浮游藻类 8 门 61 属 136 种,细胞丰度变化范围为 $4.98 \sim 6.10 \times 10^6$ cells/L;相关性分析表明蓝藻数量与总磷呈显著正相关,与水温 and 氨氮呈不太显著的正相关;CCA 分析表明影响邵伯湖浮游藻类群落分布的主要环境因子为氨氮和总磷。微囊藻作为邵伯湖蓝藻的优势种,半径大容易运动到水体表面,在不利的水文和气象条件有形成蓝藻水华的风险。

参考文献:

- [1] 顾苏莉,陈方,孙将陵.太湖蓝藻监测及暴发情况分析[J].水资源保护,2011,27(3):28-32.
- [2] 盛东,徐兆安,高怡.太湖湖区“黑水团”成因及危害分析[J].水资源保护,2010,26(3):41-44.
- [3] 李林,朱伟,王婷婷,等.水流对铜绿微囊藻群体形成的影响[J].水科学与水工程(中),2013,6(1):106-116.
- [4] 邓建明,蔡永久,陈宇炜,等.洪湖浮游藻类群落结构及其与环境因子的关系[J].湖泊科学,2010,22(1):70-78.
- [5] 蔡琳琳,朱广伟,朱梦圆,等.蓝藻水华期温度与营养盐对太湖浮游植物生物量的影响[J].水科学与水工程(中),2012,5(4):361-374.
- [6] 陈鸣,陆卫鲜,郁建桥,等.太湖梅梁湾水污染及蓝藻分析计算[J].河海大学学报(自然科学版),2010,38(6):634-638.
- [7] Guven B, Howard A. Identifying the critical parameters of a cyanobacterial growth and movement model by using generalised sensitivity analysis [J]. Ecological Modelling, 2007, 207(1): 11-21.
- [8] 邵军荣,吴时强,孙坚,等.微囊藻垂直运动数值模拟[J].河海大学学报(自然科学版),2012,40(3):252-258.

(责任编辑:华智睿)