

水库水质监测中藻类密度与叶绿素a相关性分析

陈 奇, 林永辉, 林永祥, 郑芝芳, 毕佛春, 黄华国

广电计量检测(福州)有限公司, 福建 福州

收稿日期: 2022年11月25日; 录用日期: 2022年12月18日; 发布日期: 2022年12月26日

摘 要

分别在2022年6月下旬至2022年10月中旬对水库进行藻类密度与叶绿素a的调查, 讨论分析藻类密度与叶绿素a的动态变化以及二者之间的关联性, 并进行蓝藻水华的风险评估。作者检测了水质监测中藻类密度与叶绿素a的含量, 结果显示叶绿素a与藻密度的变化趋势并不一致, 藻密度具有明显的季节变化, 且存在蓝藻水华风险。

关键词

藻类密度, 叶绿素a, 蓝藻水华, 相关性分析

Correlation Analysis between Algae Density and Chlorophyll a in Reservoir Water Quality Monitoring

Qi Chen, Yonghui Lin, Yongxiang Lin, Zhifang Zheng, Fochun Bi, Huaguo Huang

Guangdian Measurement and Testing (Fuzhou) Co., Ltd., Fuzhou Fujian

Received: Nov. 25th, 2022; accepted: Dec. 18th, 2022; published: Dec. 26th, 2022

Abstract

The algae density and chlorophyll a were investigated in a reservoir from late June 2022 to mid-October 2022, and the dynamic changes of algae density and chlorophyll a and the correlation between them were discussed and analyzed, and the risk assessment of cyanobacteria bloom was conducted. The results show that the variation trend of chlorophyll a and chlorophyll a density is

not consistent. The chlorophyll a density has obvious seasonal variation, and there is a risk of cyanobacteria bloom.

Keywords

Algal Density, Chlorophyll a, Cyanobacteria Bloom, Correlation Analysis

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着社会经济的发展,水资源消耗成倍增加,水体富营养化等水体污染日趋严重,已成为制约经济进一步发展,威胁人民群众身体健康的主要环境问题之一。浮游植物是水生生态系统的重要组成部分,其群落结构和生物多样性能够对环境的变化做出反馈,并在调节水生态平衡方面发挥着重要作用。藻密度最能直接反应水体中浮游植物的数量和水华爆发的程度[1],藻类监测就是通过调查水体中藻类的种类、数量以及种群特征来判断污染水质的好坏以及污染情况。叶绿素 a 是表征浮游植物生物量的常用指标之一[2],所有藻类均含有叶绿素 a,叶绿素 a 含量的高低与水体藻类的种类、数量等密切相关,也与水环境质量有关[3]。郭劲松等研究了三峡小江回水去叶绿素 a 与主要藻类的关系,发现叶绿素 a $\leq 5 \mu\text{g/L}$ 时,绿藻、硅藻与叶绿素 a 呈显著正相关关系,当 $5 \mu\text{g/L} < \text{叶绿素 a} \leq 19 \mu\text{g/L}$ 时,仅有蓝藻与叶绿素 a 呈显著正相关关系,叶绿素 a 大于 $19 \mu\text{g/L}$ 时,仅有甲藻与叶绿素 a 呈显著正相关关系[4]。王伟等分析了华南沿海地区 12 座小型水库叶绿素 a 含量与环境因子的关系,发现叶绿素 a 与总磷有显著相关,与总氮呈正相关关系[5]。近年来,叶绿素 a 在水体富营养化评价中发挥着显著作用[6]。

水华的发生主要源于水体富集了过多的氮、磷等营养物质,是水体富营养化的一种表现形式[7]。构成水华的浮游生物种类很多,在淡水中大多数为蓝藻。绝大部分的水华蓝藻都会产生次生代谢产物—微囊藻毒素。当蓝藻大量生长改变水体的理化环境,当水体中的营养盐被蓝藻耗尽,蓝藻大量死亡,被细菌分解过程中仍然可以释放藻毒素,最终将导致水生生态系统的崩溃[8]。

本文通过对水华水体的监测,数据分析,以期找到藻类发生过程中指标数据之间的关联性。

2. 材料与方法

2.1. 采样点设置与采样时间

根据水库的水质特定,选取藻类生长变化明显、具有代表性的点位,一共在水库入水口、库心、出水口处设置 3 个点位,进行连续监测,监测指标包括叶绿素 a 浓度、浮游植物种类和密度。采样时间从 2022 年 6 月下旬至 10 月下旬,每旬采样一次,并在现场记录水文、气候等状况。

2.2. 采样方法

叶绿素 a 水样的采样方法按照《水质 叶绿素 a 的测定 分光光度法》(HJ 897-2017)的规定要求,在各监测点位分别采集 1000 mL 水样,加入 1 mL 1%碳酸镁悬浊液,避光冷藏保存,并立即送至实验室进行分析检测。

2.3. 藻密度与叶绿素 a 的测定

藻密度水样根据《水质 浮游植物的测定 显微镜计数法-0.1 mL 计数框》(HJ 1216-2021)要求,用采水器采集不少于 500 mL 水样,加入 5~10 mL 鲁格氏液,并立即送至实验室进行种类鉴定及计数。

叶绿素 a 测定:用 0.45 μm 玻璃纤维滤膜过滤一定体积的水样后将滤膜放入 10 mL 离心管中,加入 90%丙酮 10 mL,充分振荡,放置 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱冷藏提取 24 h,然后离心(4000 r/min, 10 min),取上清液于 1 cm 比色皿中比色,以 90%丙酮溶液作参比,用分光光度计分别测定 750、663、645、630 nm 处的吸光度,计算得出叶绿素 a 含量。

藻密度的测定:将采集的藻类水样充分摇匀,取 0.1 mL 于计数框中,在 10 \times 40 倍显微镜下进行种类鉴定及计数。采用行格法,逐一观察计数框中第 2、5、8 行,分类计数每个小方格内所有藻类,并记录每个小方格的分类结果。

2.4. 微囊藻毒素检测

水样的处理:将 1000 mL 经 0.45 μm 乙酸纤维素滤膜过滤的水样,注入 SPE 固相萃取装置中,使水样滤液流经预先活化的 C_{18} 固相萃取小柱进行富集,完成后一次用淋洗液淋洗 C_{18} 固相萃取小柱,再用 10 mL 洗脱液洗脱微囊藻毒素。保留富集后的水样,再次富集和洗脱。将两次洗脱液混合,在 40 $^{\circ}\text{C}$ 下用氮吹浓缩至干,用 1 mL 甲醇分两次溶解浓缩至干的物质,用涡旋混合器充分混合 1 min,吸管取出后,氮气流吹干,加 50%甲醇溶液定容至 100 μL 。

色谱分析条件:色谱柱温度为 40 $^{\circ}\text{C}$;流动相为甲醇与磷酸盐缓冲液按体积比(57:43)混合;流速为 1 mL/min;检测波长为紫外可见光检测器波长 238 nm。用进样器分别取 10 μL 标准系列溶液和试样注入高效液相色谱仪中,在上述色谱条件下测定响应峰面积,确定水样中微囊藻毒素的含量。

3. 结果与讨论

3.1. 叶绿素 a 与藻密度的变化情况

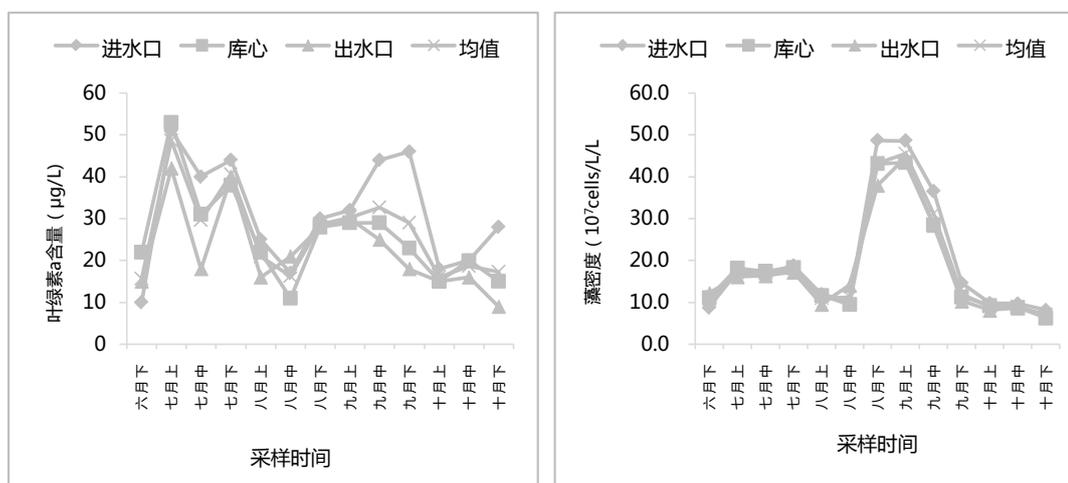


Figure 1. Changes of chlorophyll a content and algal density with time

图 1. 叶绿素 a 含量和藻密度随时间变化情况

由图 1 可以看出叶绿素 a 含量不仅表现出明显的月度变化,变化范围在 16 $\mu\text{g/L}$ ~49 $\mu\text{g/L}$,最高值出现在七月上旬,在六月下、八月中、十月上均出现了低值,季节变化较为复杂,呈无规律变化。

根据监测结果显示,藻密度的变化趋势呈单峰型,自六月下旬至八月中旬,藻密度略有起伏,但变化不大,从8月下旬,藻密度直线上升,在八月末至九月处出现峰值,后开始逐渐下降,如图2所示。6月末到八月中藻密度值较低,9月份出现最高值,可能与水温有关,8月出现极端高温天气,水温也逐渐升高,藻类进入指数增长期,但藻密度值与其繁殖高发期具有一定时滞性,所以藻密度在8月末9月初出现最高值。

3.2. 蓝藻水华

对蓝藻水华程度进行分级,是开展环境管理和污染防治的有效手段。根据李颖等[9]的对蓝藻水华的分级标准,蓝藻密度达到 1.5×10^7 cell/L 以上时,为轻度的水华现象,但尚不足以称为水华爆发,当藻密度达到 1.0×10^8 cell/L 以上时,水体会产生明显蓝藻漂浮带,形成蓝藻水华,并以此作为5级标准。据此评估,本次监测调查的结果显示,在7月、8月、9月,均发生了蓝藻水华,且水华程度较为严重。

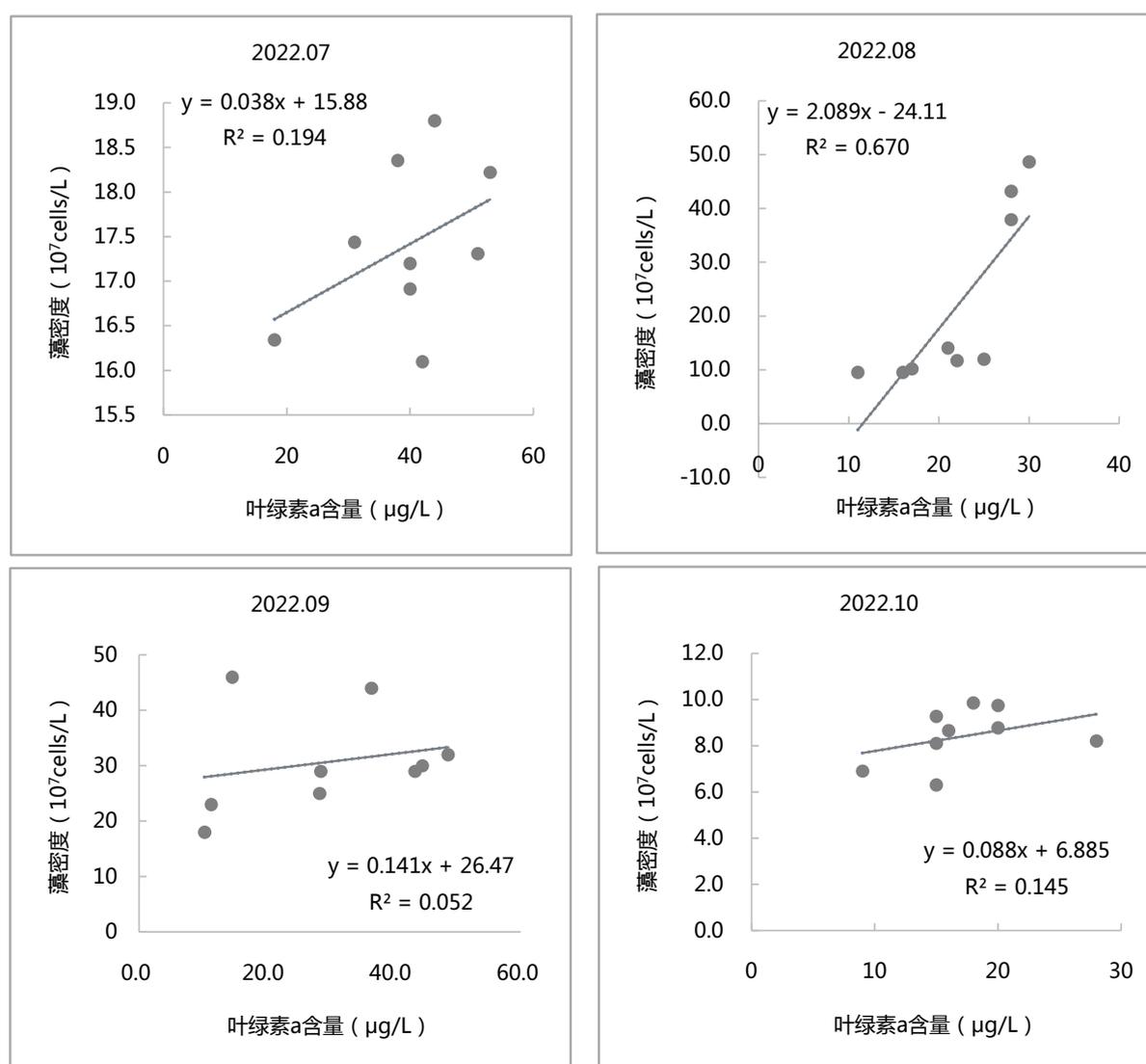


Figure 2. Correlation analysis between algae density and chlorophyll a in 2022.07~2022.10

图2. 2022.07~2022.10 藻密度与叶绿素 a 的相关性分析

3.3. 叶绿素 a 与藻密度的相关性分析

在天然水体中, 环境状况复杂多样, 叶绿素 a 与藻密度之间的相关性也呈多样性。根据藻密度和叶绿素 a 的监测结果显示, 对两者进行相关性分析, 结果表明, 叶绿素 a 与藻密度无明显相关性, 如图 2, 这可能是由于各个时间上在浮游植物群落结构不同, 并且不同种类的浮游植物细胞大小具有明显差异, 每个细胞叶绿素 a 的含量不同, 导致藻密度和叶绿素 a 变化趋势不一致[10]。罗宜富等[11]研究了阿哈尔水库叶绿素 a 与藻类的关系表明叶绿素 a 仅与甲藻有显著的相关关系与其他组门类无显著相关关系。但也有研究表明, 当藻密度相对较低时, 优势藻种发生明显更替的情况下, 叶绿素 a 与藻密度可能相关或不相关[12] [13] [14] [15]。具体原因有待进一步研究。

3.4. 微囊藻毒素的分析结果

对采集到的样品进行藻毒素分析, 采用高效液相色谱法检测微囊藻毒素, 该方法的检出限为 0.1 $\mu\text{g/L}$ 。结果表明, 所有分析的藻类样品中微囊藻毒素均未检出(图 3), 说明水体中分布的藻类产毒量低于检测方法的检出限。

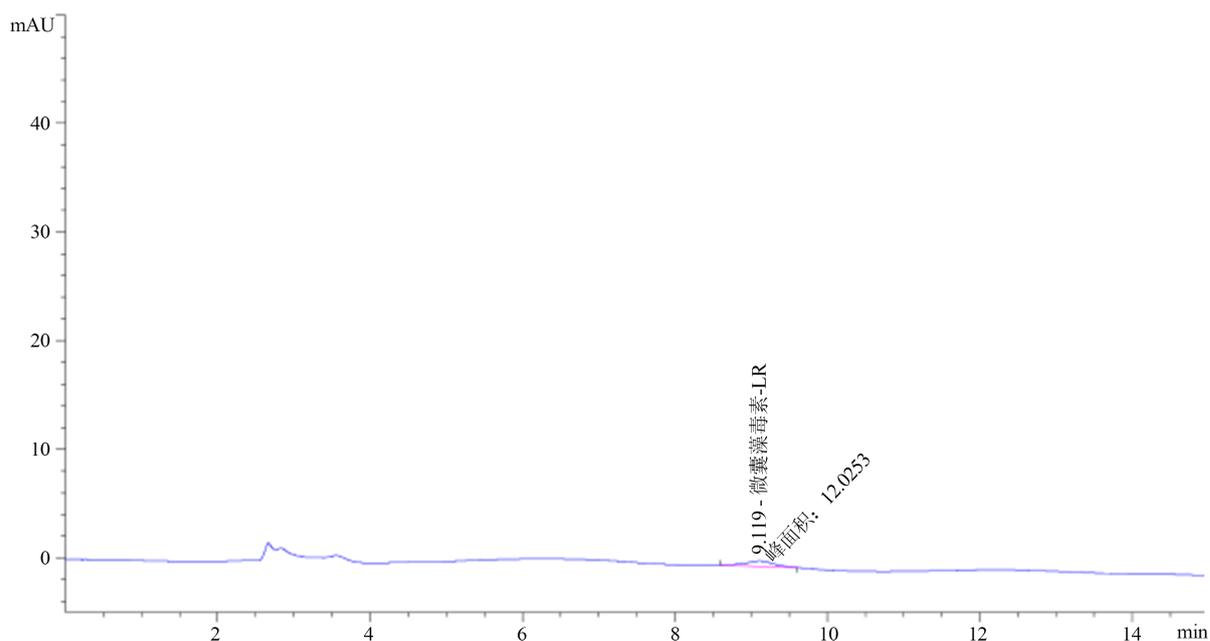


Figure 3. High performance liquid chromatography of microcystin analysis results

图 3. 微囊藻毒素分析结果高效液相色谱图

4. 结论

对水库监测结果显示, 叶绿素 a 与藻密度对变化趋势并不一致, 未发现二者有线性相关关系。这可能与浮游植物种类组成有关, 研究期间, 蓝藻门丰度最高, 但占绝对优势的假鱼腥藻和拟柱胞藻这种小型丝状藻种, 其单个藻细胞生物量较低, 对叶绿素 a 含量的贡献不大[16]。同时, 也应当注意, 在监测都大多数月份中都显示水体都存在蓝藻水华情况, 应加强水库对浮游植物的监测, 以对蓝藻水华风险进行预警。

对微囊藻毒素的分析结果显示, 水库分布的藻类产生的毒素较低, 低于方法检出限, 但对藻毒素的安全风险不能因此而忽视。应加强对水库周边流域进行合理规划, 有效减少外源性营养盐入库, 减少水

体滞留, 促进水库水体的流动, 多方面管理控制水质, 保障水库供水的安全。

参考文献

- [1] 于海燕, 周斌, 胡尊英, 等. 生物监测中叶绿素 a 浓度与藻类密度的关联性研究[J]. 中国环境监测, 2009, 25(6): 40-43.
- [2] 金相灿. 中国湖泊环境(第一册) [M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
- [3] 虞锐鹏, 何思奇, 钮伟明, 等. 2010 年度太湖水域藻密度和叶绿素时空分布特征的研究[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集(2011). 北京: 中国环境科学出版社, 2011: 367-371.
- [4] 王伟, 顾继平, 韩博平. 华南沿海地区小型水库叶绿素 a 浓度的影响因子分析[J]. 应用与环境生物学报, 2019, 15(1): 64-71.
- [5] 郭劲松, 陈园, 李哲, 等. 三峡小江回水区叶绿素 a 季节变化及其同主要藻类的相互关系[J]. 环境科学, 2011, 32(4): 976-981.
- [6] 高玉荣. 北京四海浮游藻类叶绿素含量与水体营养水平对研究[J]. 水生生物学报, 1992, 16(3): 237-244.
- [7] Home, A.J. and Goldman, C.R. (1994) Limnology. 2nd Edition, McGraw Hill Inc., New York.
- [8] 高政权, 孟春晓. 淡水水体中蓝藻水华研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 7597-7598.
- [9] 李颖, 施择, 张榆霞, 等. 关于用藻密度对蓝藻水华程度进行分级评价的方法和应用[J]. 环境与可持续发展, 2014(2): 67-68.
- [10] 张觉民. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [11] 罗宜富, 李磊, 李秋华, 等. 阿哈尔水库叶绿素 a 时空分布特征及其藻类、环境因子的关系[J]. 环境科学, 2017, 38(10): 4151-4159.
- [12] 朱志诚, 何苗, 汤峰, 等. 原水监测中叶绿素 a 与藻类相关性[J]. 净水技术, 2021, 40(s2): 11-14, 70.
- [13] 杜胜蓝, 黄岁梁, 臧常娟, 等. 浮游植物现存量表征间相关性研究 II: 叶绿素 a 与藻密度[J]. 水资源与水工程学报, 2011, 22(2): 44-49.
- [14] 赵慧, 马景刚, 潘华, 等. 东昌湖叶绿素 a 和藻密度监测及微囊藻毒素分析[J]. 农业与技术, 2014, 32(4): 169-171.
- [15] 刘波, 崔莉凤, 刘载文. 北京市城区地表水体叶绿素 a 与藻密度相关性研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(8): 29-33.
- [16] 李磊, 李秋华, 焦树林, 等. 小关水库夏季浮游植物功能群对富营养化特征的相应[J]. 环境科学, 2015, 36(12): 4436-4443.