

氮、磷等环境因子对太湖微囊藻与水华鱼腥藻生长的影响

王亚超¹, 徐恒省¹, 王国祥², 李继影¹, 刘孟宇¹, 孙艳¹, 景明¹

(1. 苏州市环境监测中心站, 江苏 苏州 215004; 2. 南京师范大学, 江苏 南京 210046)

摘要: 为探索太湖主要水华藻类(微囊藻与水华鱼腥藻)在多种环境因子作用下的生长变化机理, 在实验室内对部分水华藻类(微囊藻、鱼腥藻)进行分离培养, 研究氮、磷、温度等环境因子对水华藻类生长增殖的影响。研究表明, 高水温(30℃)是微囊藻的最适生长温度; 随着氮、磷浓度的提高, 微囊藻的生长速率加快; 低磷是鱼腥藻生长的限制因子。同时, 通过野外测定的各项指标发现, 当藻类密度较低时, 其与总氮、总磷呈正相关。

关键词: 太湖; 微囊藻; 鱼腥藻; 蓝藻水华

中图分类号: X835

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2013)-01-0007-04

The Impact of Nitrogen, Phosphorus and other Environmental Factors on Microcystis and Anabaena Growth in Taihu Lake

WANG Ya-chao¹, XU Heng-sheng¹, WANG Guo-xiang², LI Ji-ying¹, LIU Meng-yu¹, SUN Yan¹, JING Ming¹

(1. Suzhou Environmental Monitoring Central Station, Suzhou, Jiangsu 215004, China; 2. Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210046, China)

ABSTRACT: Taihu Lake in Suzhou is the main source of water. In order to explore the mechanism of Microcystis and Anabaena growth under a variety of environmental factors, isolated and cultured Microcystis and Anabaena in lab. Studied the impact of nitrogen, phosphate, temperature and other environmental factors on the growth of Microcystis and Anabaena. Research shows that, high water temperature(30℃) is the optimum growth temperature for Microcystis. With the increase of concentration of nitrogen and phosphorus, Microcystis growth rate improves. Low phosphorus concentration limits the growth of Anabaena. At the same time, we found that, in the wild, when algae density is low, the algal density is positively correlated with the total nitrogen and total phosphorus.

KEY WORDS: Taihu Lake; Microcystis; Anabaena; Cyanobacteria Bloom

藻类水华在世界范围的分布正在不断对饮用水安全造成严重威胁。为探索太湖主要水华藻类在多种环境因子作用下的生长变化机理, 笔者将大量藻类密度数据与氮、磷等环境因子数据作相关性分析, 并在实验室内对部分水华藻类(微囊藻、鱼腥藻)进行分离培养, 研究氮、磷及温度等环境因子对水华藻类生长增殖的影响。

1 研究方法

1.1 藻株分离

通过对2009年太湖不同湖区的鱼腥藻和微囊藻进行监测, 发现太湖的优势蓝藻随着时间和采样湖区有显著变化。时间序列上, 春季以水华鱼腥藻为优势种群, 随着温度的升高, 进入5月份以后转变为以微囊藻为优势种群。微囊藻群落内部随季

节变化的转换模式为: 冬春季节的水华微囊藻, 到夏季转换为铜绿微囊藻和惠氏微囊藻。同一时期, 北部湖湾与南部大湖区的种群结构稍有不同。以鱼腥藻为例, 春季鱼腥藻的优势度在北部湖湾相对高于南部开放大湖区。太湖的优势鱼腥藻为水华鱼腥藻, 优势微囊藻则包括水华微囊藻、铜绿微囊藻、鱼害微囊藻和惠氏微囊藻。选取2009年4月、6月、8月、10月和11月太湖的新鲜藻体样本, 通过显微镜检和毛细管法, 分离得到30株太湖微囊藻和10株鱼腥藻藻株。其中包括优势微囊藻: 水

收稿日期: 2012-03-12

基金项目: 江苏省环境监测科研基金项目(0906)。

作者简介: 王亚超(1981—), 男, 工程师, 硕士, 从事生态环境监测工作。

华微囊藻 18 株,铜绿微囊藻 7 株,鱼害微囊藻 2 株和惠氏微囊藻 2 株。

1.2 生长实验

1.2.1 接种

选取 2 株微囊藻藻株 (HABT10 和 HABT22) 和 1 株鱼腥藻藻株 (HABT43) 进行生长实验。藻种实验前扩大培养 1 周,再饥饿培养 48 h。取一定量的藻以 5 000 r/min 的速度离心 15 min,弃掉上清液,用 15 mg/L 的碳酸氢钠溶液洗涤后离心,重复 3 次,经无菌水稀释后用于接种。微囊藻的起始藻密度为 1.0×10^5 个细胞/mL,鱼腥藻由于分离纯培养过程中藻株黏性较强,起始密度则为 2.5×10^4 个细胞/mL。

1.2.2 培养条件

500 mL 三角瓶中装培养基 100 mL,每组做 3 个平行样。光照强度 3 000 lx 左右,光暗比 12:12,每天手工摇动 4~5 次。每 2 d 取样检测藻密度。

1.2.3 温度实验设定

为了探讨不同微囊藻和鱼腥藻藻株的最适生长温度,使用 BG11 培养基,实验温度分别设定为 4,12,20 和 30℃。

1.2.4 营养盐浓度实验设定

温度设定为 30℃,控制总氮(或总磷)浓度保持不变,且其浓度大到不能成为藻类生长的限制性元素。以 K_2HPO_4 为磷源, $NaNO_3$ 为氮源。磷质量浓度设定为 0.05,0.2,2 和 4 mg/L;氮质量浓度设定为 0.5,2,20 和 40 mg/L。

1.3 藻类密度的测定

笔者使用蓝藻传感器测定水样中的藻类密度。蓝藻传感器测定藻类密度的原理是蓝藻细胞的藻蓝蛋白对荧光具有反应能力,该传感器为了量化荧光,系统检测器通常会使用高敏感光电二极管,通过光学滤镜对探测的光进行过滤。当特定波长的光照射到蓝藻上能促使藻蓝蛋白发出荧光,量化荧光信号以计算藻类密度。

2 结果与分析

2.1 微囊藻生长与氮、磷等环境因子关系

关于微囊藻的生长条件研究已有很多报道,包括温度、营养及 pH 等方面的探讨。笔者通过对从太湖分离得到的两株铜绿微囊藻进行生长实验测定,发现当水温高于 20℃,有利于太湖铜绿微囊藻的生长,其最适生长温度为 30℃,低温($\leq 12^\circ\text{C}$)下

微囊藻则基本停止生长(图 1 和图 2),这也与野外的监测结果一致。陈建中等通过从太湖分离得到的铜绿微囊藻藻株,同样发现其最适生长温度为 25~30℃。这也与前人的研究结果(微囊藻的最适生长温度为 25℃)相一致^[2,3]。

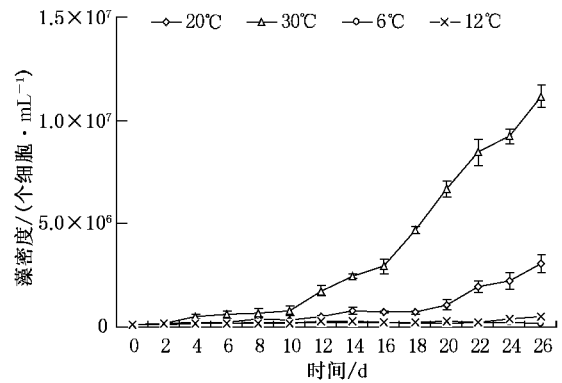


图 1 不同温度下铜绿微囊藻 HABT10 的生长曲线

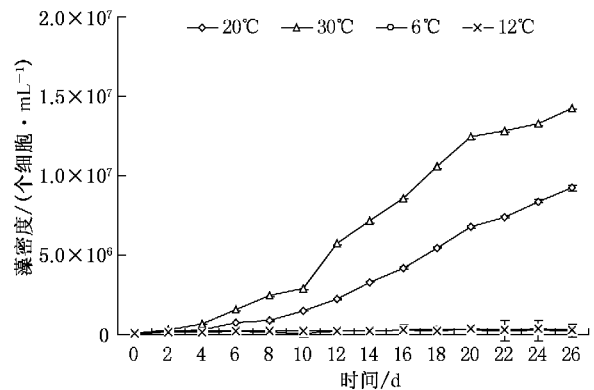


图 2 不同温度下铜绿微囊藻 HABT22 的生长曲线

笔者同时发现太湖微囊藻的生长状况对不同的氮、磷浓度水平的响应不同,较高的氮、磷浓度(磷浓度 ≥ 2 mg/L,氮浓度 ≥ 20 mg/L)明显促进微囊藻的生长,而较低的氮、磷浓度(磷浓度 ≤ 0.05 mg/L,氮浓度 ≤ 0.5 mg/L)则减缓微囊藻的增殖速度(图 3—图 6),这与之前的报道相一致。许海等的研究发现,较高的氮浓度(≥ 2 mg/L)有利于铜绿微囊藻达到最高比增长率,郑朔方等得到铜绿微囊藻最高生长率分别出现在磷质量浓度 4 mg/L 和氮质量浓度 12.8 mg/L 的 BG11 培养基中。通过微宇宙环境下的模拟,梁恒等发现总磷是影响微囊藻生长的显著影响因子^[4]。以上研究表明,太湖超富营养化的营养盐浓度含量有利于微囊藻的过度增殖。

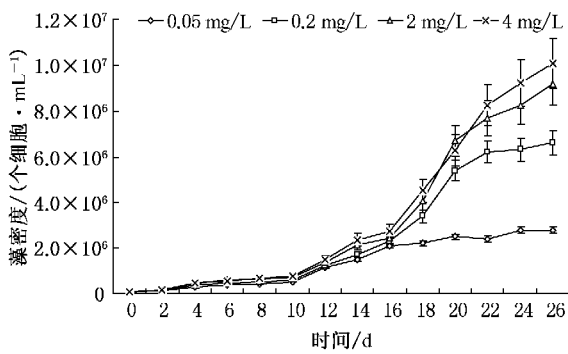


图3 不同磷浓度下铜绿微囊藻 HABT10 的生长曲线

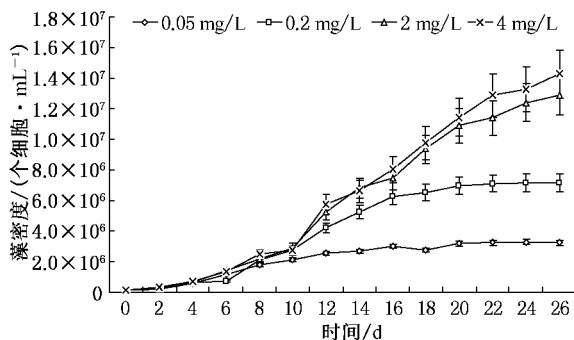


图4 不同磷浓度下铜绿微囊藻 HABT22 的生长曲线

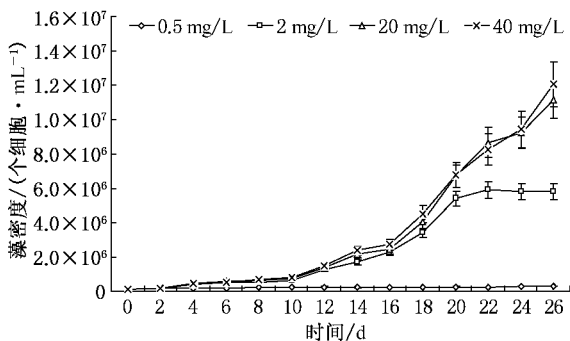


图5 不同氮浓度下铜绿微囊藻 HABT10 的生长曲线

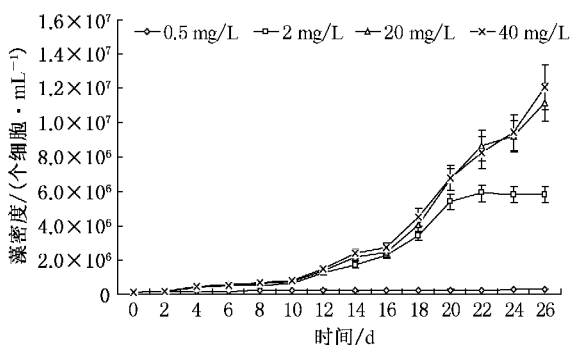


图6 不同氮浓度下铜绿微囊藻 HABT22 的生长曲线

2.2 水华鱼腥藻生长与氮、磷等环境因子关系

笔者发现较高温度适宜鱼腥藻的生长,鱼腥藻在 20℃ 和 30℃ 下的生长速率均较高,相对的低温 ($\leq 12^\circ\text{C}$) 则阻碍水华鱼腥藻生长(图 7)。野外观

察发现,太湖鱼腥藻在 4 月左右占优势,该时期的水温为 20℃ 左右,与实验结果一致。姜霞等通过对浮游植物的周年监测同样发现,春季是鱼腥藻占优势的时期^[5]。

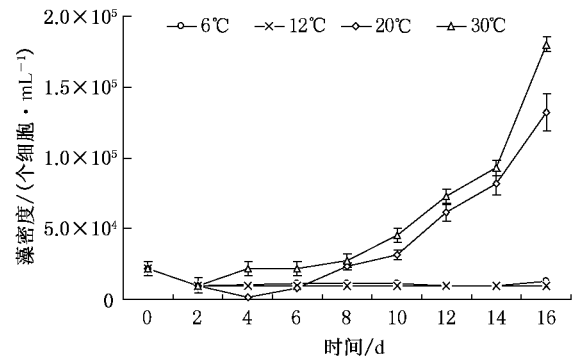


图7 不同温度下水华鱼腥藻 HABT43 的生长曲线

太湖全湖呈富营养化状态,特别湖区则达到超富营养水平。笔者发现鱼腥藻的生长受水体磷浓度变化影响显著,高磷环境有利于鱼腥藻的生长,而低磷环境则抑制鱼腥藻的生长(图 8)。梁恒等发现总磷是影响鱼腥藻生长的显著影响因子^[4]。顾启华等同样发现在鱼腥藻和微囊藻的共培养过程中,高磷浓度有利于鱼腥藻占优,而低磷浓度则有利于微囊藻占优^[6]。常锋毅等通过对洱海螺旋鱼腥藻的纯培养发现,其生长的最佳磷质量浓度为 0.38 mg/L,表明太湖常年的高磷环境有利于鱼腥藻的生长^[7]。同时,鱼腥藻对水环境中氮的浓度要求较低,不同浓度氮对其生长影响没有显著差异(图 9),对螺旋鱼腥藻的研究发现,氨氮和硝酸盐氮质量浓度在 0.05 ~ 10 mg/L 范围内对其生长无显著性差异^[8]。主要是由于鱼腥藻可以通过其自身的异形孢进行固氮作用,在其生长过程中,氮浓度不会成为其生长的限制因子,从而揭示太湖鱼腥藻的限制性因子为磷浓度。

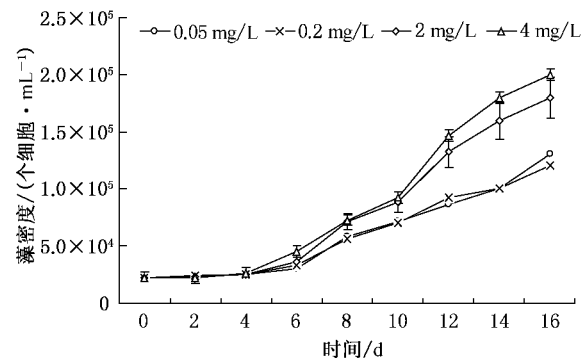


图8 不同磷浓度下水华鱼腥藻 HABT43 的生长曲线

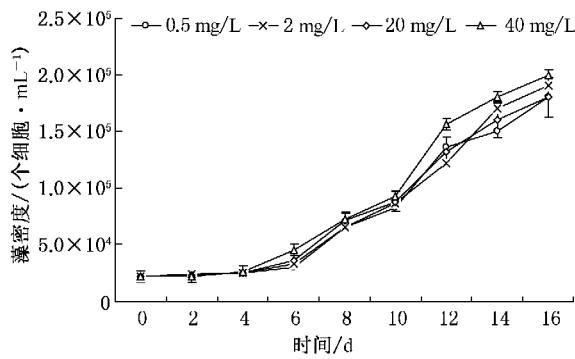


图9 不同氮浓度下水华鱼腥藻 HABT43 的生长曲线

2.3 氮、磷等环境因子在野外对太湖浮游藻类生长的影响

以上研究中,在实验室内探索了氮、磷等环境因子与藻类生长的关系。而在野外,各种环境因素将同时影响藻类生长,机理更为复杂,因此,笔者在野外测定各种环境因子与藻类密度指标,探索其中的关系。

藻类密度是直接反映水体中藻类聚集程度的指标,而浮游藻类的生长受到多种环境因子的制约。大量研究表明,pH、溶解氧、高锰酸盐指数、总磷、总氮是藻类生长和繁殖最主要的影响因素。对2010年3月以来苏州市太湖5个测点的藻类密度进行分级,分别为<300万个细胞/L、300~500万个细胞/L和>500万个细胞/L,对各个级别的藻类密度与当日所监测到的pH、溶解氧、高锰酸盐指数、总磷、总氮进行了相关系数分析[SPSS Statistics 12.0-Pearson相关性(*r*值)],分析结果如表1所示。

表1 太湖5个湖区藻类密度与
环境因子的 Pearson 相关系数

藻密度/ (万个细胞·L ⁻¹)	<i>r</i> 值				
	pH	溶解氧	高锰酸盐指数	总磷	总氮
<300	-0.148	-0.094	0.102	0.232	0.314
300~500	-0.037	-0.083	0.214	0.134	0.102
>500	0.027	-0.063	-0.123	-0.278	-0.112

由表可知,当藻类密度<300万个细胞/L时,藻类密度与pH、溶解氧成负相关,与高锰酸盐指数、总磷、总氮呈正相关,而且与总氮呈显著正相关,这表明在此藻类水平下,总氮是太湖藻类生长的关键因子。当藻类密度处于300~500万个细胞/L时,藻类密度与pH、溶解氧成负相关,相关性减小,与高锰酸盐指数、总磷、总氮成正相关,但是

与总磷、总氮的相关性减小。当藻类密度>500万个细胞/L时,一般为水体中有可见藻类颗粒生长,此时藻类密度与总磷、总氮成负相关。

3 讨论

实验结果表明,高温(30℃)是微囊藻的最适生长温度,这也是微囊藻水华往往在夏季暴发的原因。较高水温(≥20℃)是鱼腥藻适宜的生长温度,太湖鱼腥藻最大生物量常出现在4至5月份,此时的水温正好是20℃左右,与研究结果相一致。随着氮、磷等营养因子浓度的提高,微囊藻的生长速率加快。太湖中,高氮磷水平有利于微囊藻的生长。低磷是影响鱼腥藻生长的限制因子,水体氮浓度不会影响鱼腥藻生长速率。

在野外测定总氮、总磷与藻类密度等各项指标,发现当藻类密度较低时(<300万个细胞/L),藻类密度与总氮、总磷呈正相关,这与实验室内的结果一致。但当藻类密度较高时(>500万个细胞/L),藻类密度与总磷、总氮呈负相关。这表明藻类暴发时,随藻类密度增加,大量氮元素被藻类的增殖所利用,水体中的总氮减少。

[参考文献]

- [1] 陈建中,刘志礼,李晓明,等. 温度、pH和氮、磷含量对铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)生长的影响[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(5): 714-718.
- [2] 郑忠明,白培峰,陆开宏,等. 铜绿微囊藻和四尾栅藻在不同温度下的生长特性及竞争参数计算[J]. 水生生物学报, 2008, 32(5): 720-727.
- [3] 赵颖,张永春. 流动水体下的温度对铜绿微囊藻生长的影响[J]. 污染防治技术, 2008, 21(2): 39-41, 67.
- [4] 梁恒,陈忠林,翟芳术,等. 微宇宙环境下藻类生长与理化因子回归研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2010, 42(6): 841-844.
- [5] 姜霞,王书航,钟立香,等. 巢湖藻类生物量季节性变化特征[J]. 环境科学, 2007, 31(9): 2056-2062.
- [6] 顾启华,赵林,谭欣. 铜绿微囊藻、螺旋鱼腥藻和水华束丝藻竞争优势的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7): 1990-1991, 2031.
- [7] 常锋毅,潘晓洁,康丽娟,等. 洱海螺旋鱼腥藻生长生理特性的初步研究[J]. 水生生物学报, 2009, 33(3): 385-390.
- [8] 李涵,许秋瑾,储昭升,等. 不同形态氮对洋河水库螺旋鱼腥藻和惠氏微囊藻生长的影响[J]. 环境科学研究, 2010, 23(12): 1494-1498.