

含磷洗衣粉对太湖藻类生长繁殖的影响*

黄文钰¹ 高光¹ 舒金华¹ 于忠华¹ 周修炜²

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2: 江苏省无锡市环境科学研究所, 无锡 214023)

提 要 以过滤后的太湖水样为基本试液, 分别加入不同数量磷和含磷洗衣粉及太湖的优势种藻类, 观察和测定各试样中藻类生长繁殖的变化. 结果显示, 含磷洗衣粉对太湖微囊藻的生长有一定的促进作用, 其中对含磷浓度较低湖水中藻类的影响尤为明显.

关键词 太湖 藻类 洗衣粉 磷

分类号 X524 P343.3

国内外大量研究资料证实^[1-3], 湖泊水域中磷负荷量的增加, 是造成富营养化的重要原因之一. 目前太湖水域平均磷浓度已达 0.1mg/L, 氮磷比值在 25 以上, 显示出磷为影响该湖藻类大量繁殖的重要因子. 当前我国居民使用的洗衣粉中, 大多含有 17%左右的三聚磷酸钠^[4], 是湖泊水域中磷的重要来源之一. 为了全面落实太湖水污染的治理任务, 江苏省浙江省等有关政府部门, 已从 1999 年 1 月 1 日起, 在太湖流域地区实施了禁用含磷洗衣粉的措施^[5]. 初步测算, 该措施全面落实以后, 可削减太湖磷负荷量的 14%左右^[6]. 这对改善太湖水质^[7-12], 应当是一个有利的因素. 但含磷洗衣粉对太湖藻类生长的直接影响如何, “禁磷”能否达到预期的效果, 是当前各级政府部门、新闻媒体和人民群众所关注的问题. 为此, 本研究在实验室内进行了含磷洗衣粉对太湖藻类生长影响的模拟试验, 以期为太湖水污染治理和国家洗衣粉禁磷政策的制定提供科学依据.

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 洗衣粉 太湖地区实施“禁磷”措施前, 湖区居民使用的洗衣粉有加佳、白猫、雕牌、汰渍、奥妙等 10 多种, 其中以加佳牌所占的市场份额最大^[6], 故本次试验中, 选择加佳牌洗衣粉作为添加剂. 经测定, 该品牌洗衣粉含磷量为 5.01% (含磷量系指 PO_4^{3-} 态的磷).

1.1.2 试验藻种 太湖水域中藻类大量繁殖期间, 均以微囊藻为优势种^[13], 故试验中特地选择微囊藻作为研究对象.

1.2 试验方法

为了使试验结果尽可能地接近太湖水域的实际情况, 本次试验取太湖湖心水样, 经 0.45 μ 滤膜过滤 (主要是去除水体中颗粒物等对试验的影响), 作为培养基的基础试液, 分别加入

* 国家自然科学基金 (40071076)、中国科学院知识创新 (KZCX2-311、KZCX1-SW12) 共同资助.

2002-08-15 收稿; 2003-07-07 收修改稿. 黄文钰, 男, 1964 生, 副研究员.

不同磷浓度的标准液和不同分量的含磷洗衣粉,组合成表 1 所示的 9 个试验样本.

表 1 试验分组*

Tab.1 Experimental grouping

样品编号	试液本底磷浓度 (mg/L)	磷的添加量 (mg/L)	含磷洗衣粉的添加量 (mg/L)
1	0.025	0	0
2	0.025	0.025	0
3	0.025	0.050	0
4	0.025	0	0.5
5	0.025	0	1.0
6	0.050	0	0.5
7	0.050	0	1.0
8	0.075	0	0.5

* 样本中磷浓度除 1 号样本为实测值外,其余均为计算值.文中所提及的磷浓度均为可溶性磷 (PO_4^{3-}).

1.3 培养基的配制

以经过 0.45μ 滤膜过滤后的太湖湖心水样为基础试液,分别装入 1-9 号的三角试瓶中(三角试瓶的容积为 1000mL,装入的试液为 500mL),每瓶中分别加入预先经饥饿培养的微囊藻种液 2mL(微囊藻种液的浓度为 4.8×10^5 个/mL),然后按表 1 的要求,再分别加入不同分量磷的标准液和含磷洗衣粉,其中洗衣粉的添加量是依据太湖流域地区内洗衣粉用量和太湖多年平均入湖水量的比例关系来确定.

1.4 试验条件

培养箱的温度为 $28^\circ C$,光照强度为 3500-4000 lx,光暗比为 13: 11,培养液的 pH 值为 8.3-8.5,溶解氧为 9.0mg/L 左右,氮磷比值为 25 以上,培养试验的时间为 12d,每天定时搅拌 4-5 次,使本次试验的条件与太湖藻类大量繁殖期内的环境条件大致相同.

1.5 测试时间和分析方法

试验瓶中的藻类和 PO_4^{3-} 每日测定一次,TP、TN、pH、Chl.a 为第 0、3、6、9、12d 各测一次,温度、光照强度在试验期内维持恒定.

试瓶中的藻类采用 Eess 倒置显微镜直接计数法测定, PO_4^{3-} 采用流动注射仪 (Skalar) 进行测定,TP、TN、pH、Chl.a 等均按《湖泊富营养化调查规范》一书中推荐的方法进行测定^[14].

2 试验结果

2.1 添加含磷洗衣粉试样中 Chl.a 浓度具明显上升趋势

根据试验结果整理的不同试样中磷浓度和 Chl.a 浓度的变化值(表 2),结果表明,随着培育试验天数的增加,添加了含磷洗衣粉试样的 Chl.a 浓度,较未添加含磷洗衣粉试样中的 Chl.a 浓度有明显的上升.其中,起始磷浓度为 0.025mg/L 的试样中,加入 0.5mg/L 含磷洗衣粉试样的 Chl.a 最高浓度为 $89.84mg/m^3$,未加含磷洗衣粉试样中 Chl.a 最高浓度为 $41.43 mg/m^3$,前者为后者的 2.2 倍;加入 1.0 mg/L 含磷洗衣粉试样中的 Chl.a 最高浓度为 $134.01mg./m^3$,为未加含磷洗衣粉试样的 3.2 倍,表明含磷洗衣粉对藻类的生长繁殖

有明显的促进作用, 且有加入含磷洗衣粉数量越大, Chl.a 增长数量也越多的趋势.

表 2 不同试样中磷浓度和 Chl.a 浓度的变化

Tab.2 Phosphorus and Chl.a concentrations in differ samples

实验时间 (d)	对照试样磷 浓度 (mg/L)	对照试样 Chl.a 浓度 (mg/m ³)	添加 0.5mg/L 含磷洗衣粉 试样磷浓度 (mg/L)	添加 0.5mg/L 含磷洗衣粉 试样 Chl.a 浓度 (mg/m ³)	添加 1.0 mg/L 含磷洗衣粉 试样磷浓度 (mg/L)	含磷洗衣粉 试样 Chl.a 浓度 (mg/m ³)
0	0.025	6.98	0.050	6.98	0.075	6.98
3	0.024	14.83	0.048	23.39	0.072	42.69
6	0.011	30.69	0.041	89.84	0.034	134.01
9	0.012	41.43	0.028	85.01	0.029	104.63
12	0.016	32.36	0.027	82.31	0.032	96.46

2.2 在起始磷浓度相同的试样中, 藻类的增长速率和 Chl.a 最高浓度也大致相同

根据试验结果整理的不同试样中藻类平均增长速率和 Chl.a 的最高浓度的比较 (表 3 和表 4), 结果显示, 在本底磷浓度为 0.025mg/L 的试样中, 添加 0.5mg/L 的含磷洗衣粉和添加 0.025mg/L 磷的两个试液, 它们的起始磷浓度相同. 经过 12d 的培育后, 两个试样中藻类的增长速率基本相一致 (分别为 0.45 倍/d 和 0.47 倍/d), Chl.a 的最高浓度值也十分接近 (分别为 89.84mg/m³ 和 97.93mg/m³). 同样, 在添加 1.0mg/L 含磷洗衣粉和添加 0.5mg/L 的两个试样中, 藻类的平均增长速率和 Chl.a 最高浓度亦有相类似的结果. 说明含磷洗衣粉促进藻类生长加快的原因, 主要是洗衣粉中含有磷酸盐成分所致.

表 3 不同试样中藻类平均增长速率和 Chl.a 的最高浓度的比较

Tab. 3 The comparison of average growth rate of algae and maximum concentration of Chl.a in difference experimental grouping sample

试验样品名称	试样起始磷浓度 (mg/L)	藻类平均增长速率* (倍/d)	Chl.a 最高浓度 (mg/m ³)
对照试样	0.025	0.39	41.43
添加 0.5mg/L 含磷洗衣粉试样	0.050	0.46	89.84
添加 0.025mg/L 磷的试样	0.050	0.47	97.93
添加 1.0mg/L 含磷洗衣粉试样	0.075	0.51	134.01
添加 0.05mg/L 磷的试样	0.075	0.49	122.76

* 藻类增长速率是以第 2 天藻类的实测数量 (个/mL), 减去第 1 天实测的数量, 除以第 1 天藻类数量所得到的数值. 平均增长速率是试验期内藻类增长速率的平均值.

表 4 不同起始磷浓度试样中藻类增长速率和 Chl .a 最高浓度的比较

Tab.4 The comparison of average growth rate of algae and maximum concentration of Chl.a in difference background phosphate concentration of experimental grouping Sample

试样起始磷浓度 (mg/L)	含磷洗衣粉的 浓度 (mg/L)	藻类 增长速率 (倍/d)	添加洗衣粉后 增长率 (%)	Chl.a 最高浓度 (mg/m ³)	添加洗衣粉后 增长率 (%)
0.025	0	0.39	—	41.43	—
0.025	0.5	0.48	23.07	89.84	116.84
0.025	1.0	0.51	30.76	134.01	223.4
0.061	0	0.45	—	124.09	—
0.061	0.5	0.46	2.20	127.74	3.80
0.061	1.0	0.50	11.10	133.92	7.41
0.075	0	0.49	—	122.76	—
0.080	0.5	0.48	0	124.99	1.81
0.080	1.0	0.49	2.10	127.92	4.20

表 4 的统计结果还显示,在起始磷浓度较低(可溶性磷为 0.025mg/L)的试样中,添加含磷洗衣粉后,藻类的平均增长率和 Chl .a 的最高浓度均有较快的增长,分别增长 23.07%-30.76%和 116.8%-223.5%;在起始磷浓度较高(可溶性磷浓度大于 0.050mg/L)的试样中,添加了同样数量的含磷洗衣粉后,藻类的平均增长速率和 Chl .a 最高浓度的增长速率十分缓慢,仅分别增加了 0-11.1%和 1.8%-7.1%,表明含磷洗衣粉对磷浓度较低水域中藻类的影响较大,对磷浓度较高水域中藻类的影响则不明显。

3 结语

本试验以 AGP 试验为基础方法,选用太湖地区有代表的洗涤剂——加佳洗衣粉为添加材料,以太湖水域中的优势藻类——微囊藻为研究对象,在实验室内模拟太湖藻类大量繁殖期内的水温、光照、pH 值、营养盐等环境条件,就含磷洗衣粉对太湖藻生长繁殖的影响进行了初步研究,结果显示:

①在太湖水样中,加入不同数量的含磷洗衣粉后,试样中的藻类数量和 Chl .a 的最高浓度,均有不同程度的增加趋势,加入含磷洗衣粉数量越多,藻类增加的数量也越大,表明含磷洗衣粉对太湖藻类的生长有明显的促进作用。

②在起始磷浓度较低的试验中,加入一定数量的含磷洗衣粉后,藻类的增长速率和 Chl .a 的浓度均有较大幅度的增长,在起始磷浓度较高的试样中,加入一定数量的含磷洗衣粉后,藻类的平均增长速率和 Chl .a 的浓度的增加幅度甚微,表明含磷洗衣粉对磷浓度较低水域中藻类生长的影响较大,对磷浓度较高水域的影响不明显。

③本试验数据为室内模拟试验的结果,对太湖水污染防治和国家“禁磷”政策的制订有一定的参考意义,但室内条件与太湖水域的实际情况仍有一定的差异.在经费和技术条件的允许下,应深入地开展洗衣粉对太湖水域生态系统影响的现场试验,以期获得更加富有成效的成果。

参 考 文 献

- 1 彭近新, 陈慧君. 水质富营养化与防治. 北京. 中国环境科学出版社. 1988: 46-58
- 2 舒金华等. 我国主要湖泊富营养化程度评价. 海洋与湖沼, 1993, 24 (6)
- 3 舒金华, 黄文钰, 高锡芸等. 发达国家禁用(限用)含磷洗涤剂措施. 湖泊科学, 1998, 10 (1): 90-95
- 4 计石祥. 含磷洗涤剂仍是我国近齐洗涤剂的主要品种. 日用化学品科学, 1998 (1)
- 5 江苏省人大常委会. 江苏省湖水污染防治条例. 新华日报, 1996-06-15
- 6 黄文钰, 舒金华, 高 光等. 太湖洗衣粉“禁磷”措施消减磷负荷量研究. 湖泊科学, 2001, 13 (4)
- 7 秦伯强. 太湖水环境面临的主要问题、研究动态与初步进展. 湖泊科学, 1998, 10 (4): 1-9
- 8 黄宣伟. 对太湖今后研究工作的意见. 湖泊科学, 1997, 9 (3): 275-278
- 9 诸 敏. 太湖水质变化趋势及其保护对策. 湖泊科学, 1996, 8 (2): 133-138
- 10 李文朝. 太湖湖体综合治理对策的探讨. 湖泊科学, 1996, 8 (4): 289-296
- 11 范成新. 太湖水体生态环境历史演变. 湖泊科学, 1996, 8 (4): 297-304
- 12 杨清心. 东太湖水生植被的生态功能及调节. 湖泊科学, 1998, 10 (1): 67-72
- 13 陈宇炜等. 西太湖夏季藻类种间关系的初步研究. 湖泊科学, 1998, 10 (4): 35-40
- 14 金相灿等. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 178-215

The Effect of Phosphorus in Detergents on Algae Growth in Taihu Lake

HUANG Wenyu¹, GAO Guang¹, SHU Jinhua¹, YU Zhonghua¹ & ZHOU Xuwei²

(1: Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P.R. China;

2: Wuxi Institute of Environmental Science, Wuxi 214023, P.R. China)

Abstract

In laboratory, by using the water from Taihu Lake after filtrated as background experimental sample, and the experimental environmental condition simulate to the algae growth quickly status of Taihu Lake. In the background experimental sample the phosphates, detergent and dominance algae were used, then the algae growth for 12 days were surveyed. The algae growth results show that the phosphorus in detergents has a significant effect on algae growth in some degree. Especially, when the phosphate concentration less then 0.08mg/L, the phosphate in detergents are the main factor affecting the algae growth.

Keywords: Taihu Lake; algae; detergent; phosphorus;