

文章编号:1000-582X(2007)01-0142-05

水体中 TN/TP 与藻类产生周期及产生量的关系

罗固源, 康 康, 朱 亮

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400030)

摘 要:通过室内模拟的方法研究了用自来水作为试验水,当 TN/TP 在 25:1~4:1 的范围变化时,藻类的产生周期及产生量的变化情况.试验设置了 25:1,20:1,15:1,12:1,10:1,4:1 6 个比值.为了探讨温度对藻类产生的影响,分别在夏季和冬季做了对比试验.结果表明:当 TN/TP 在 25:1~12:1 的范围时,藻类的产生周期随 TN/TP 的减少而缩短,产生量随着 TN/TP 的减少而增加.在 TN/TP 为 12:1 时藻类的产生周期最短,产生量最多.而 TN/TP 从 12:1~10:1 时,藻类的产生周期却随 TN/TP 的减少而增加,产生量随 TN/TP 的减少而减少.在 TN/TP 为 4:1 时,没有产生藻类.季节对藻类的产生影响比较大.在夏季,藻类的产生周期较短,生产量较多;在冬季,藻类的产生周期较长,生产量相对较少.

关键词:藻类;TN/TP;季节;产生周期;藻浓度

中图分类号:X502

文献标识码:A

水体富营养化是指在人类活动的影响下,生物所需的氮、磷等营养物质大量进入湖泊、河口、海湾等缓流水体后,在光照和其他环境条件适宜的情况下,导致某些特征性藻类(主要是蓝藻、绿藻等)及其他浮游生物的异常增殖,致使水体透明度下降、溶解氧降低、水质变坏、鱼类及其他生物大量死亡的现象.水体富营养化引起的危害很多,而水体富营养化现象在世界各地均日趋严重,已成为人类所面临的严重的水环境问题之一.

丹麦著名生态学家 Jorgensen 指出浮游藻类的生长是富营养化的关键过程^[1].因此着重研究氮、磷负荷与浮游藻类生产力的相互作用和关系,是揭示水体富营养化形成机理的主要途径.根据对藻类化学成分进行的分析研究,Stumm 提出了藻类的“经验分子式”为 $C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P$.这就是说:临界的氮磷比按元素计应为 16:1,按质量计应为 712:1.从理论上讲,如果氮磷比小于该比值,氮将限制藻类的增长;如果氮磷比大于该比值,则可认为磷是藻类增长的限制因素.在实际应用中,藻类增长所需的氮磷均为可溶性的 NO_3^- 、 NH_4^+ 或 PO_4^{3-} ,按照“经验分子式”计算出来的比值并不实际.一般认为,当氮磷质量比大于 10

时,磷可以考虑为藻类增长的限制因素^[2],就全球范围来说在气候潮湿的地区藻类增长趋于磷限制.

文中着重就富营养化形成过程中,水体 TN/TP 与藻类产生周期及产生量的关系进行试验分析,希望能够为富营养化水体藻类控制提供理论依据.

1 试验方法

试验通过在清水中加入 N、P 和 COD 物质,经一定时间培养后观察藻类的产生并测定一定时间内的藻产生量.

2 试验装置

试验装置,如图 1 所示.

试验采用 6 个容积均为 12 L 的透明容器.为保证空气流通和避免空气中杂物进入,每个容器上方都有一个布满小孔的盖子.用玻璃棒定时搅拌.搅拌可促进藻类的生长繁殖,作用如下^[3]:1)通过搅拌增加水和空气的接触面,以补充由于藻类光合作用对 CO_2 的消耗;2)帮助沉淀的藻类细胞上浮而获得光照;3)防止水表面产生菌膜.

影响水体富营养化的形成因素有很多,如 N、P 浓

• 收稿日期:2006-08-17

基金项目:重庆市科委重点攻关项目(CSTC2006AB7020).

作者简介:罗固源(1944-),男,重庆大学教授,博士生导师,主要从事水污染控制理论与技术的研究.

E-mail:gyluo@cqu.edu.cn

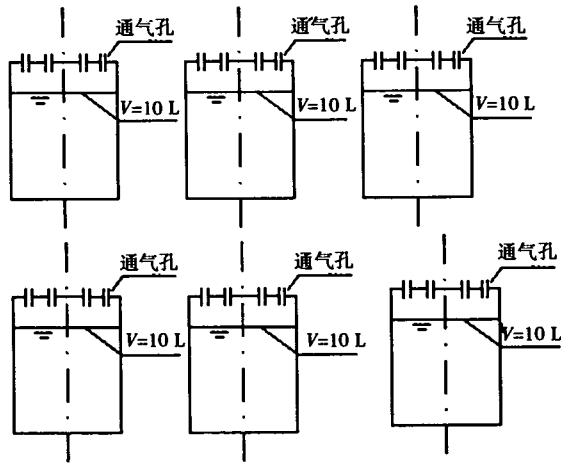


图1 不同 TN/TP 产生藻类的试验装置

度、温度, pH 值等, 试验在固定其它因素的情况下, 只考虑 TN/TP 和温度的影响. 对温度的影响, 只考虑了夏季和冬季的季节温度.

3 试验水质及分析方法

3.1 试验水质

试验选用了经过静置自然曝气一段时间后的自来水(以除去其中的大部分余氯)作为试验水. 参照文献[4]的报道和研究小组从云南滇池取回的富营养化水样中剩余的 TN、TP、COD 分别为 7.59 mg/L、0.28 mg/L 和 162 mg/L, 设定试验中 TN 的浓度为 10 mg/L. 将 TN/TP 设在了 25:1 ~ 4:1 的范围内, 分别按 TN/TP 为 25:1, 20:1, 15:1, 12:1, 10:1, 4:1 进行试验. 试验水中 TN、TP 的浓度由加入 NH_4Cl 和 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的量来控制, COD 则由加入一定量的葡萄糖来控制. 试验中每组试验水量都为固定的 10 L. 每组试验的水质如表 1 所示.

在试验中, 随着藻类的生成和一些其它因素, TN、

TP 及 COD 会有一定程度的降低. 因此在试验过程中定期加入一定量的 NH_4Cl 和 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 以及葡萄糖以补充消耗掉的 N、P 和 COD, 使 TN/TP 一直维持在设定的比值上, 同时也满足微生物对食料的需求.

表 1 各组试验水质

分 组	1	2	3	4	5	6
TN/TP	25:1	20:1	15:1	12:1	10:1	4:1
TN/mg · L ⁻¹	10.00	10.01	10.05	9.96	10.08	9.99
TP/mg · L ⁻¹	0.40	0.50	0.67	0.83	1.01	2.50
COD _{Cr} /mg/L ⁻¹	186	185	184	193	190	182
pH	7.32	7.29	7.18	7.20	7.27	7.47

3.2 测定方法

1) 藻类的产生: 在试验过程中, 采用了镜检方法判定藻类的产生. 在水体出现乳白色絮状体后(夏季一般在 10 ~ 14 d 左右, 冬季一般在 40 ~ 45 d 左右), 每隔一天抽取水样镜检, 观察有无藻类. 在水中出现第一个小黑点时, 每隔 12 h 抽取水样镜检, 观察有无藻类的产生. 在镜检前, 对抽取的水样做了预处理^[5]即先在试验原水中加入鲁歌式液藻类固定剂(4 g 碘和 6 g 碘化钾溶于 100 mL 水), 其量按照每 100 mL 试验原水对应 1.5 mL 藻类固定液的比例加入, 然后放置 1 d, 弃去上层清液, 将下层液体混合均匀后, 通过镜检看有无藻类的存在. 在显微镜下观察, 发现绿中带微红色, 即认为藻类产生.

2) 藻浓度的测定: 对藻浓度的测定采用重量法. 其方法具体是: 藻类产生后, 让其爆发性地繁殖 2 d, 将水样混合均匀, 然后快速的抽取一定量的水样用已知重量的定量滤纸进行过滤, 过滤完后, 将滤纸至 105 °C 烘至平衡, 最后称干重即可计算出 1 L 水样中藻类的浓度.

3.3 分析方法

试验测试分析方法和仪器如表 2 所示.

表 2 各项指标的分析方法

指 标	方 法	仪器名称
TN/mg · L ⁻¹	过硫酸钾氧化—紫外分光光度法	紫外分光光度计 52
T P/mg · L ⁻¹	过硫酸钾消解—钼锑抗分光光度法	721 可见分光光度计
COD/mg · L ⁻¹	重铬酸钾 + 浓硫酸 + 硫酸汞消解—仪器法	HACH - COD 测定仪(美)
pH	便携式 pH 计法	PHS - 3C 型精密 pH 计
藻浓度/mg · L ⁻¹	重量法	电子分析天平 AEL - 200, 烘箱
藻种类的观察	鲁歌式液固定法—镜检法	电子显微镜

4 试验结果与分析

水体富营养化的形成有众多的影响因素, 除了 N、P 浓度的影响外, 温度的影响也比较大. 一般说来, 在

夏季比较容易发生富营养化现象, 而在冬季水体富营养化的发生则较为缓慢. 试验在夏季(6 ~ 9 月, 27 ~ 35 °C) 和冬季(10 ~ 12 月, 8 ~ 14 °C) 分别做了同样的试验. 在试验中, 从把 N、P 和 COD 物质加入清水起,

到出现藻类物质的时间定义为“藻类的产生周期”.把藻类爆发性的繁殖2 d后由重量法测得的藻类总量定义为“藻浓度”(即“产生量”).试验结果如表3和图2、图3所示.

表3 不同季节下藻类的产生周期和藻浓度

试验组	1	2	3	4	5	6
TN/TP	25:1	20:1	15:1	12:1	10:1	4:1
夏季 藻类产生周期/d	34	31	29	24	26	未产生
藻浓度/mg·L ⁻¹	657.0	665.0	672.0	725.0	676.0	0
冬季 藻类产生周期/d	79	72	68	62	64	未产生
藻浓度/mg·L ⁻¹	527.0	549.0	568.0	615.0	572.0	0

从表3可以看出不同试验组在夏季和冬季产生藻类所需的时间以及藻类的产生量.对表3中的数据进一步分析,可得到图2和图3.

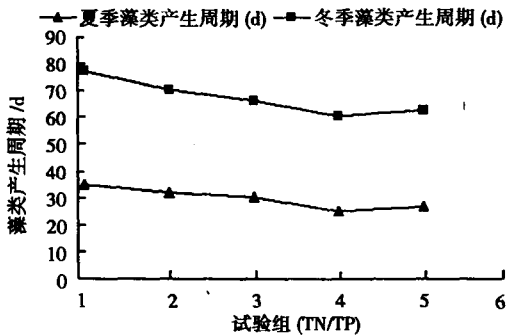


图2 不同试验组藻类的产生周期

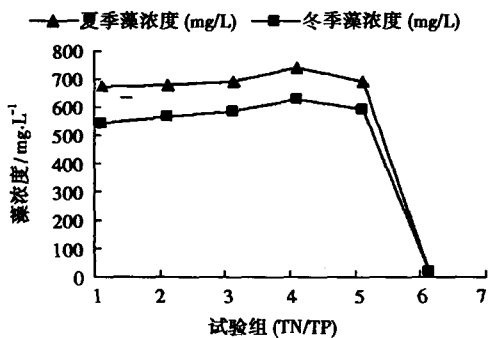


图3 不同试验组的藻浓度

图2显示,藻类的产生周期受季节的影响而有所不同,夏季短,冬季长.在TN/TP为25:1~12:1的范围内,藻类的产生周期随TN/TP的减少而缩短;在TN/TP为12:1时藻类的产生周期最短.而TN/TP从12:1~10:1时,藻类的产生周期却随TN/TP的减少而增加.

图3显示,藻类的产生量受季节的影响而有所不同,夏季多,冬季少.在TN/TP为25:1~12:1的范围内,藻类的产生量随着TN/TP的减少而增加;在TN/TP为12:1时藻类的产生量最大.而TN/TP从12:1~10:1时,藻类的产生量却随TN/TP的减少而减少.在TN/TP为4:1时,藻类的生长受限,没有产生藻类,因此藻浓度为0 mg/L.

综合分析,出现以上结果的原因是当TN/TP为25:1~10:1时,这样的营养比有利于藻类的生长,水体处于富营养化状态.同时,利贝格最小值定律(Leibig law of the minimum)指出^[6]:植物生长取决于外界提供它的所需养料中数量最少的一种.由此认为,磷是控制湖泊藻类生长的主要因素.环境因素造成磷浓度的变化会通过藻类生物量表现出来:当环境中供给的磷总量受到限制时,则水体中的磷浓度降低影响藻类的生物量;相反,当环境中连续不断地增加磷的供给时,藻类便大量迅速地繁殖^[8].试验中,在TN固定的情况下,TN/TP比值越小,说明TP的浓度越大,因此在其他背景条件相同的情况下,随着TN/TP比值的减少,藻类的繁殖就越快,即产生周期越短,产生量越多.从理论上讲,在TN/TP为25:1~10:1的范围内,应该是在TN/TP为10:1时,藻类的产生周期最短,产生量最大.但从实际的数据和图表分析来看,不管是在夏季还是冬季,在TN/TP为12:1时,产生周期和产生量都出现了峰值:产生周期出现了最小值,产生量出现了最大值.这一试验结果与日本湖沼学者合田健提出的“当湖水总氮与总磷的浓度比为12:1~13:1时,最适宜于藻类增殖”^[9]的观点相一致.

从镜检证实,试验中产生的藻类是发生富营养化的代表型藻类,如常见的蓝藻中的铜绿微囊藻,银灰平裂藻以及绿藻门中的纤细月芽藻,双对栅藻,团藻,小丛藻等.见图4-图9.

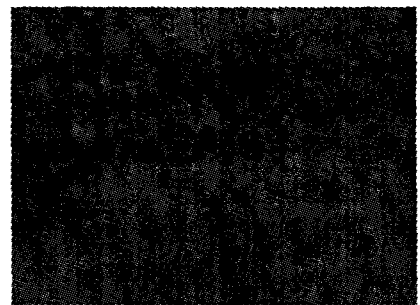


图4 铜绿微囊藻(蓝藻门)

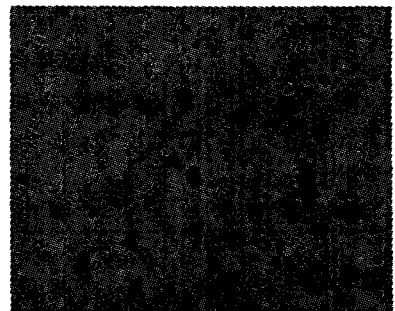


图5 银灰平裂藻(蓝藻门)



图6 双对栅藻(绿藻门)

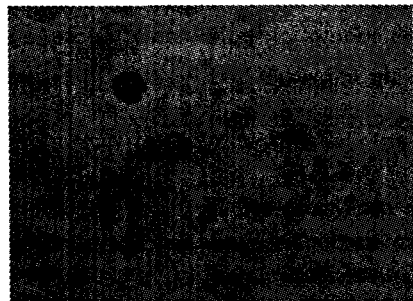


图7 美丽团藻(绿藻门)



图8 小丛藻(绿藻门)



图9 纤细月牙藻(绿藻门)

5 结论

1)用自来水做试验水,在TN为10 mg/L的情况下,当N和P的加入达到一定比例时可以发生富营养化现象;当TN/TP在25:1~12:1的范围时,藻类的产生周期随TN/TP的减少而缩短,产生量随着TN/TP的减少而增加.在TN/TP为12:1时藻类的产生周期最短,产生量最多.而TN/TP从12:1~10:1时,藻类的产生周期却随TN/TP的减少而增加,产生量随TN/TP的减少而减少.在TN/TP为4:1时,藻类的生长受限,因此没有产生藻类.

2)在清水中,由于N和P的影响,产生藻类的周期大约为24~79 d.季节对藻类的产生影响比较大.一般说来,在夏季(27~35℃),藻类的产生周期较短,大约在24~34 d,且藻类产生量较多;在冬季(8~14℃),藻类的产生周期比较长,大约在62~79 d,藻类的产生量相对较少.

参考文献:

- [1] JORGENSEN. Application of ecology in environmental management [M]. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1983.
- [2] 宋立荣,许厚泽,赵其国,等. 长江流域洪涝灾害与科学对策[M]. 北京:科学出版社,1999:313-317.
- [3] 叶素兰. 单细胞藻类培养技术要点浅析[J]. 齐鲁渔业, 2004,21(2):43-44.
- [4] 刘培桐. 环境学概论(2版)[M]. 北京:高等教育出版社,2000:91-92.
- [5] 国家环保局. 水和废水监测分析方法(4版)[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997:466-467.
- [6] JOHNS J R, BACHMANN R W. Prediction of phosphorus and chlorophyll levels in lakes [J]. Water Pollut. Control Fed,1976(8):19.
- [7] 饶群,芮孝芳. 富营养化机理及数学模拟研究进展[J]. 水利,2001,21(2):15-19,24.

Relationship Between the Period and Quantity of Algae Production and TN/TP in Water

LUO Gu-yuan, KANG Kang, ZHU Liang

(College of Urban Construction and Environment Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The authors reasearch the period and quantity of algae production by using tap water as experimental water at the time when TN/T Pchanges form 25:1 to 4:1 in laboratory experiments. The experimental sett six ratios: 25:1, 20:1, 15:1, 12:1, 10:1, 4:1. They explore the effects of temperature on the production of algae by doing the same experiment in summer and winter. The results show that when TN/TP changes within the range of 25:1 ~ 12:1, the period of algae production reduces and quantity of algae production increases with TN/TP reduces. The ratio of TN/TP suitable for algae to breed is 12:1. With TN/TP changes within the range of 12:1 ~ 10:1, the period of algae production increases and quantity of algae production reduces with TN/TP redwtion. When TN/TP is 4:1, there is no algae. Seasons have great influences on the production of algae. In summer, the period of algae production is short and the quantity is large. While in winter, the period is longer and the quantity is smaller respectively.

Key words: algae; TN/TP; season; the period of algae production; the concentration of algae.

(编辑 陈移峰)

(上接第 141 页)

Luminous Efficiencies of Common Light Sources of Road Lighting in Mesopic Lighting Level

HU Ying-kui^{1,2}, CHEN Zhong-lin¹, LIU Ying-ying¹

(1. College of Architecture and Urban Planning;

2. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: It is inappropriate to define the luminous efficiencies of light sources based on the photopic luminous efficiency function $V(\lambda)$ in road lighting application, because road lighting is under mesopic level. In order to define the luminous efficiencies in mesopic level of common light sources of road lighting, and provide advices for designers to choose lighting sources properly, and for road lighting design to save energy, this paper studies light characteristics of two common light sources of road lighting, high pressure sodium lamp and metal halide lamp (dysprosium lamp), calculates the luminous efficiencies of these two light sources under mesopic level, analyzes luminous efficiencies' changing rules with the change of background lighting level of these two light sources under mesopic level. The conclusion is that light level of road lighting should be considered when choosing light sources.

Key words: mesopic vision; road lighting; high pressure sodium lamp; metal halide lamp; luminous efficiency

(编辑 陈移峰)