

doi 10.3969/j.issn.1008-9632.2010.06.076

淡水藻类在监测水质和净化污水中的应用

刘晓江¹, 施心路^{1,3}, 齐桂兰², 刘桂杰¹, 赵元君^{1,3}, 吴 姝¹

(1 动物适应与进化杭州市重点实验室 杭州师范大学, 杭州 310036 2 聊城大学生命科学学院, 山东 聊城 252059 3 淡水生态与生物技术国家重点实验室 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘 要:淡水藻类作为水体中的初级生产者,分布广泛,适应性强,在水生生态系统食物链中占据着十分重要的地位,在水质监测中起着关键的作用。通过对藻类生长与水环境之间的相互关系进行简要的概述,探讨了 pH 值和氮磷对淡水藻类的生长的影响,以及淡水藻类的生长对外界环境的影响。藻类不但应用于水质监测,而且还能去除水体中的氮、磷等营养物质和其它有机物,对自然水域中的污水有良好的净化作用。重点论述淡水藻类在水质监测和污水净化中的作用以及利用淡水藻类来处理污水的方法。并提出了保护水资源的相关建议,为综合监测和治理水环境提供一定的理论依据和支持。

关键词:淡水藻类;水质监测;污水净化

中图分类号: Q949.2

文献标识码: A

文章编号: 1008-9632(2010)06-0076-03

Application of freshwater algae in monitoring water quality and sewage purification

LU Xiao-jiang¹, SHI Xin-lu^{1,3}, QI Gui-lan², LIU Gui-jie¹, ZHAO Yuan-jun^{1,3}, WU Shu¹

(1 Hangzhou Key Laboratory for Animal Adaptation and Evolution, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036
2 School of Life Science, Liaocheng University, Liaocheng 252059 3 State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract As a primary producer in water, freshwater algae are widely distributed and adaptable. They have a very important position in food chain of aquatic ecosystems and water quality monitoring. A brief overview about the relationship between algae growth and water environment was given in this paper. The impacts of the pH, C/N on the growth of freshwater algae and the growth of freshwater algae on the outside environment were discussed. Freshwater algae are applied not only to monitor water quality, but also to remove water of nitrogen, phosphorus and other nutrients and organic matter in wastewater with a good effect for sewage purification. Focuses on the role of the freshwater algae in the water quality monitoring and sewage purification emphasized. The methods of using freshwater algae to treat sewage were introduced. Some recommendations to protect water resources were put forward.

Keywords freshwater algae; water quality monitoring; sewage purification

淡水资源短缺已成为人们普遍关注的社会问题,而造成水资源匮乏的一个重要原因就是水污染。随着人类活动的加剧,工业废水、生活污水和含氮磷等营养元素的农业退水大量进入水体而导致水体富营养化,使藻类尤其是一些浮游藻类大量繁殖,形成水华或赤

潮,给渔业和人类生产生活造成严重影响。总的来说水体富营养化就是由于人类活动的不断加剧,过量的氮磷等营养物流入水体,导致了大量营养盐在水体中累积,并最终影响水体的生态系统的现象^[1-2]。而这一切都与藻类有关,随着生物监测技术的发展,藻类在

收稿日期: 2009-10-13 修回日期: 2009-11-26

项目基金: 国家自然科学基金(30670222, 31071880); 浙江省自然科学基金(Y3100128); 杭州市重点实验室基金(2010033T05); 重庆市动物生物学重点实验室部分资助项目(Na 0901)

作者简介: 刘晓江(1983-),男,汉族,硕士,主要从事水生生物学方面研究, E-mail: xiaojiangli@163.com;

通讯作者: 施心路(1955-),男,汉族,教授,硕士生导师, E-mail: shixl@163.com

生物监测中的作用日益受到人们的重视。因此研究藻类有着及其重要的生态意义。

1 pH 值对淡水藻类生长的影响

水体 pH 值是一个重要的生态因子,与藻类生长关系密切。不同藻类有一定的 pH 适应范围,即使同一属的两种藻,在不同 pH 值下,其生长也可能有很大差别。因此 pH 值对于浮游植物的种类组成以及分布有着重要的影响。许海等^[3]研究发现,水体 pH 值主要从两方面对藻类产生影响,一方面通过影响碳酸盐平衡系统及不同形态无机碳分配关系来影响藻类的生长。另一方面可改变环境酸碱度,进而影响藻类的生长繁殖速度和种类演替。例如,碱性环境有利于藻类光合作用,因为碱性系统易捕获大气中的 CO_2 ^[4],因而较高的生产力往往出现在碱性水体中^[5]。但酸性太强或碱性太强都会对藻细胞产生伤害,只有在适宜的酸碱度范围内,藻细胞才能正常生长繁殖;各种藻类生长都有它适合的 pH 值范围。但在目前试验条件下还没有办法区分藻类对 pH 值的反应究竟是由于受到酸碱伤害还是因为改变了碳酸盐平衡系统。

2 不同氮磷比对淡水藻类生长的影响

氮磷营养盐在藻类生长过程中是重要的影响因子,氮磷比是水生生态系统中的关键因子。Redfield 定律认为,藻类细胞组成的原子比率 C:N:P=106:16:1,如果氮磷比超过 16:1,磷被认为是限制性因素;反之,当氮磷比小于 10:1 时,氮通常被考虑为限制性因素;而当氮磷比在 10~20 之间时,限制性因素则变得不确定^[6]。此规律一般适合海洋及湖泊等淡水中浮游植物的生长^[7]。但由于藻类对氮、磷吸收率的不同,氮磷比对藻类生长的影响并不表现在一个确定值上,也不能用该比例来确定一个特定水环境中影响藻类生长的限制性因素,而应结合氮、磷质量浓度与氮磷比进行综合考虑^[8]。但就氮或磷哪种营养元素作为浮游植物生长的限制因子,目前尚没有统一的结论。

3 淡水藻类的生长对外界环境的影响

3.1 水体藻类的大量繁殖,往往产生大量有害藻类,使养殖水体中藻毒素增加,造成水体质量恶化,影响鱼的生长,甚至引起鱼中毒死亡,影响池塘养殖经济效益。如水网藻,微囊藻,甲藻等。

3.2 藻类生长与水体 pH 值关系密切,藻类光合作用影响 CO_2 缓冲体系,从而影响水体 pH 值。水体的 pH 值主要决定于碳酸平衡体系中 CO_2 、 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 之间的对比关系。但是当藻类进行光合作用消耗无机碳而破坏了碳酸平衡时,pH 值就会升高,当无机碳减少到一定程度时,pH 值则恒定在一个最大值。因此藻类

的生长对水环境 pH 值的影响很大,所以我们可以通

过调节水体的 pH 值来控制藻类^[3]。
3.3 藻类还有改善水质的作用,俗话说“养鱼先养水”,良好的水质是养殖成功的一个要素。藻类是水体的初级生产力者,水中溶解氧的 85% 都来源于藻类^[9]。通过向水体供氧,增加水体的溶解氧,以改善水质。同时藻类还具有清除过氧化氢的系统,因此深入研究藻类产生及清除 H_2O_2 的机制并将其引入到实际环境的治理有着积极的意义和应用价值^[10]。

4 淡水藻类在水质监测及污水净化中的应用

4.1 淡水藻类在水质监测中的作用

以藻类作为指示生物来监测水质,不但不会造成二次污染,而且方便、快捷、可信度高。具有综合性、富集性、灵敏性、可行性和长期性等优点^[11]。指示生物是指环境中对某些物质(包括环境污染物)能产生各种反应信息而被用来监测和评价环境质量现状和变化的生物。应用指示生物法对水质的监测评价方法,已具悠久的历史。早在 1908 年, Kolkwitz 和 Marsson 就将藻类用于水环境质量监测,提出了指示河流有机污染的污水生物系统,为不同的有机污染带指出了不同的“指示生物”。根据不同水体中指示生物种类的变化,便可得知该水体的水质状况。科学工作者在这方面做了大量研究,张茹春等^[12]就以藻类为指示生物,运用指示生物法和污染指数对北京怀沙河、怀九河水质进行了分析和评价。徐立等^[13]通过探讨浮游藻类发生发展规律,测定藻细胞总数,分类来监测汉江饮用水水源的水质。周谐等^[14]也曾对三峡库区重庆段水质进行过监测,通过对浮游藻类种类、种群密度和生物量的调查和分析,实现了对该地区的监测目的。隋战鹰^[15]根据浮游藻类种群特征评价了珠江水域广州段水质。张志兵等对西湖浮游藻类的组成和分布进行分析后,判断西湖水质较整治前明显改善。施心路等通过浮游藻类的群落变动状况对东北地区一人工湖水质进行了评价。张颖等通过对浮游藻类群落的分析得出浮游藻类群落的种类组成和优势种的检测结果与综合营养状态的评价结果是一致的。从而进一步说明了藻类监测的可靠性、科学性与实际应用价值。

4.2 淡水藻类与污水净化

藻类因具有耐污性强,对温度和光强的适应范围广,沉降性好且易于培养等特点而在污水处理中得到广泛研究和应用。由此,一种新兴的污水处理技术——藻类生物技术诞生了,下面简单介绍以下 4 种运用藻类生物技术来处理污水的方法。

4.2.1 氧化塘工艺 氧化塘是一种和自然水体自净

极其相近的污水处理法。塘内有机污染物由好气性细菌进行氧化分解,而细菌生存所需要的氧,主要由藻类的光合作用提供。也有通过池塘表面再曝气和机械通气方法提供溶氧。根据氧的来源和氧气情况,氧化塘大致分为 4 类:厌气氧化塘、兼性氧化塘、通气氧化塘和好气氧化塘。

4 2 2 活性藻技术 活性藻污水处理技术始于 20 世纪 70 年代初期,该技术从污水中去除有机废物和氮、磷营养的基本原理是依据藻菌共生代谢。藻类是光无机型营养菌,能从光和无机碳获得能量,并释放足够的氧分解营养物。藻类大量繁殖所吸收的营养正是污水处理系统中应予去除的。利用活性藻技术处理污水,不需要任何化学物品,在特定受控条件下,藻类对许多营养物发生作用,从而达到去除的目的。

4 2 3 着生丝状藻类 20 世纪 90 年代中期,人们开始尝试应用着生丝状藻类去除污水中的过剩氮、磷营养,使退化的水域环境得以恢复,并形成良性循环。尽管该项技术目前尚处于探索和研究阶段,但初步结果显示,着生丝状藻类在调节水域生态系统的平衡,降低水体的营养水平,增加水体透明度,提高湖泊的自净能力和防止蓝藻水华的暴发等方面完全能够起到水生高等植物的作用。

4 2 4 藻类固定化技术。此技术是细胞固定化技术中的一部分,始于 20 世纪 80 年代。目前藻类固定化技术主要有吸附法和包埋法。吸附法主要依据静电、表面张力和粘附力的作用在微生物和载体之间形成生物膜的方法进行吸附,但吸附法可固定细胞有限,固定的细胞易脱落。包埋法是将微生物细胞截留在水不溶性的凝胶聚合物的网络空间中,细胞和载体间没有束缚,对微生物活性影响小,颗粒强度高,适用于大多数藻类的固定化,是目前应用最广泛的藻类固定化方法。

4 3 淡水藻类在污水净化中的作用

藻类不但应用于水质监测,而且还能在去除水体中的氮、磷等营养物质和污水中的有机物,净化污水中起重要作用。利用藻类进行污水处理,不但节约成本,而且可操作性强,对污水有良好的处理效果。

4 3 1 去除氮、磷等营养物质

藻类是自养型生物,以光能作为能源,利用氮、磷等营养物质合成复杂的有机质,因此藻类可降低水体中氮、磷含量。利用藻类处理污水可以克服传统污水处理方法易引起二次污染、潜在营养物质丢失、资源不完全利用等弊端,在去除污水中的氮、磷方面已引起广泛关注。梁霞等在研究周丛藻类水质处理系统时发

现,此系统不但简便易行,还能较好的去除水体中的氮、磷污染物,增加水体 DO 浓度。邢丽贞等在研究中也验证了藻类对氮磷去除的有效性。

4 3 2 去除重金属

藻类具有吸收污水中重金属的能力,利用藻类处理被重金属污染的水体具有高效、低耗、环保等特点。藻类本身通过离子交换可以吸收富集水中的重金属。利用藻类可以综合反应重金属污染状况,以实现重金属污染的长期在线监测。

4 3 3 去除污水中的有机物

近年来,鉴于藻类对有机污染物的敏感性,水生藻类不仅可用于有机污染物的毒性评价和监测,而且亦用于对水环境中有机污染物的处理。藻类既可以利用有机物,又可以有效富集、降解包括农药、烷烃、偶氮染料、淀粉、酚类、邻苯二甲酸酯及金属有机污染物等多种有机化合物。对污染物的去除能力明显增强,大大提高了污水处理系统的处理效率与出水水质。

5 结语

作为水生生态系统初级生产者的藻类在水质监测评价和污水处理方面比传统的理化方法更优越,可敏感、有效的觉察外界环境的改变,更综合直观的反应污染物对水环境的影响,有效地去除污水中的有害物质,净化水质。虽然藻类作为理想的监测生物具有不可替代的作用,但由于水质情况复杂,水生生态系统多样,藻类监测方法和污水处理技术还存在一定的缺陷,因此必须将其和传统的处理方法结合起来,扬长避短,改善处理效果,为了有效控制和治理水环境污染,我们必须加强对水域环境的综合监测和保护,有效控制和杜绝各种污染源的肆意排放,尽力降低水域中的营养浓度,从而达到遏制水体质量继续恶化的目的,从而有效的保护水资源。

参考文献:

- [1] M c c o m b A J Eutrophic shallow estuaries and lagoons[M]. Boca Raton FL: CRC Press 1995 126- 127
- [2] Livingston R J Eutrophication processes in coastal systems origin and succession of plankton blooms and effects on secondary production in gulf coast estuaries[M]. Boca Raton, FL: CRC Press 2002 145- 147
- [3] 许海,刘兆普,袁兰,等. pH 对几种淡水藻类生长的影响[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(1): 27- 30
- [4] Inhoff J E, Sahl H G, Soliman G S H, et al The Wadi natum: chemical composition and microbial mass developments in alkaline brines of eutrophic desert lakes[J]. Gemicrob J 1979 1: 219- 234

(下转 86 页)

展,尤其是单个基因对麦角固醇合成的调控已经比较清楚,但是各个基因之间的协同作用则还需要更深入的研究。麦角固醇合成途径及其基因调控的研究将通过基因工程手段获得高产麦角固醇菌株提供理论指导,也为合理的设计培养基以及优化培养条件提供依据。同时,麦角固醇可作用为抗真菌药物的靶点,通过抑制麦角固醇的生物合成,从而达到抑制真菌的目的,因此,麦角固醇生物合成途径和基因调控的逐步清晰,将对抗真菌药物设计具有非常重要的影响作用。

参考文献:

[1] Lee N D, Skaggs B, Kirsch D R, et al. Cloning of the late genes in the ergosterol biosynthetic pathway of *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Lipid* 1995, 30(3): 221-226

[2] Meyer S, Szkopinska A, Karsta E, et al. Farnesyl diphosphate synthase activity affects ergosterol level and proliferation of yeast *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Cell Biology International* 2004, 28: 193-197.

[3] Revankar S G, Fu J, Rinaki M G, et al. Cloning and characterization of the lanosterol 14 α -demethylase (ERG11) gene in *Cryptococcus neoformans* [J]. *Biochemical and Biophysical Research Communication* 2004, 324: 719-728

[4] Damet S, Bard M, Rahier A. Functional identification of sterol 4 α -methyl oxidase cDNAs from *Arabidopsis thaliana* by complementation of a yeast erg25 mutant lacking sterol 4 α -methyl oxidation [J]. *FEBS Letters* 2001, 508: 39-43

[5] Albertini C, Leroux P. A *Botrytis cinerea* putative 3-ketoreductase gene (ERG27) that is homologous to the mammalian 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 7 gene (17 β -HSD7) [J]. *European Journal of Plant Pathology* 2004, 110: 723-733.

[6] Kennedy M A, Johnson T A, Lees D N, et al. Cloning and sequencing of the *Candida albicans* C-4 sterol methyl oxidase Gene (ERG25) and expression of an ERG25 conditional lethal mutation in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Lipids* 2000, 35(3): 257-262

[7] Mo C Q, Valachovic M, Bard M. The ERG28-encoded protein Erg28p, interacts with both the sterol C-4 demethylation enzyme

complex as well as the late biosynthetic protein the C-24 sterol methyltransferase (Erg6p) [J]. *Biochimica et Biophysica Acta* 2004, 1686: 30-36

[8] Rene G O, A thenstaedt K, Hrastnik C, et al. Flux of sterol intermediates in a yeast strain deleted of the lanosterol C-14 demethylase Erg11p [J]. *Biochimica et Biophysica Acta* 2005, 1735: 111-118

[9] Tanura K, Gu Y Q, Wang Q, et al. A hap1 mutation in a laboratory strain of *Saccharomyces cerevisiae* results in decreased expression of ergosterol content compared to sake yeast [J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 2004, 98(3): 159-166

[10] He X P, Zhang B R, Tan H R. Overexpression of a sterol C-24 (28) reductase increase ergosterol production in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Biotechnology Letters* 2003, 25: 773-778.

[11] Ven M, Stahl U, Lang C. Combined overexpression of genes of the ergosterol biosynthetic pathway leads to accumulation of sterols in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *FEMS Yeast Research* 2003, 4(1): 87-95

[12] 何秀萍, 郭雪娜, 张博润, 等. 甾醇酰转移酶基因高表达对酵母菌麦角甾醇合成的影响 [J]. *微生物学报*, 2004, 44(1): 67-71

[13] He X P, Guo X N, Liu N, et al. Ergosterol production from molasses by genetically modified [J]. *Appl Microbiol Biotechnol* 2007, 75: 55-60.

[14] Tanaka H, Hashimoto H, Aoyama Y, et al. Effects of elevated expression of the CYP51 (P45014DM) gene on the sterol contents of *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Journal of fermentation and Biotechnology* 1995, 79(1): 64-66.

[15] 蔡鹏丽, 何秀萍, 刘楠, 等. 固醇 C-22 去饱和酶高表达对酵母细胞麦角甾醇合成的影响 [J]. *微生物学报*, 2007, 47(2): 274-279

[16] Mo C, Mills P, A thenstaedt K, et al. In yeast sterol biosynthesis the 3-ketoreductase protein (Erg27p) is required for oxidosqualene cyclase (Erg7p) activity [J]. *Biochimica et Biophysica Acta* 2003, 1633: 68-74.

[17] Bhuiyan M S A, Eckstein J, Barbuch R, et al. Synthetically lethal interactions involving loss of the yeast ERG24 the sterol C-14 reductase gene [J]. *Lipid* 2007, 42: 69-76

(上接 78 页)

[5] Melack J M. Photosynthetic activity of phytoplankton in tropical African soda lakes [J]. *Hydrobiologia* 1981, 81: 71-85.

[6] Li R X, Zhu M Y, Chen S, et al. Responses of phytoplankton on phosphate enrichment in mesocosms [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2001, 21(4): 603-607

[7] Schanz F, Juon H. Two different methods of evaluating nutrient limitation of periphyton bioassays using water from the river Rhine and eight of its tributaries [J]. *Hydrobiologia* 1983, 102: 187-195.

[8] 丰茂武, 吴云海, 冯仕训, 等. 不同氮磷比对藻类生长的影响 [J]. *生态环境*, 2008, 17(5): 1759-1763

[9] 韩仕群, 张振华, 严少华. 国内外利用藻类技术处理废水、净化水体研究现状 [J]. *农业环境与发展*, 2000, 17(1): 13-16

[10] 郑金秀, 彭祺, 张甲耀, 等. 藻类产生及清除过氧化氢的研究 [J]. *微生物学杂志*, 2006, 26(6): 80-84.

[11] 王丙莲, 杨艳, 张利群, 等. 水质监测中藻类植物的应用研究进展 [J]. *山东科学*, 2007, 20(1): 54-58.

[12] 张茹春, 赵建成, 曹珍. 北京怀沙河、怀九河污染指示藻类水质评价 [J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(35): 11593-11595

[13] 徐立, 徐顺清, 孙芳, 等. 汉江武汉段浮游藻类动态监测与水质评价 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(11): 1349-1350

[14] 周谐, 郑坚, 黄书铭, 等. 三峡库区重庆段浮游藻类调查及水质评价 [J]. *中国环境监测*, 2006, 22(4): 70-73

[15] 隋战鹰. 用浮游藻类种群法评价珠江水域广州段水质 [J]. *环境科学动态*, 2005, 3: 36-38