

文章编号: 1000-6524(2001)04-0533-03

# 金属元素调控在水华治理中的作用初探

王宁<sup>1</sup>, 朱俊<sup>1</sup>, 冯俊明<sup>1</sup>, 张强<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州贵阳 550002; 2. 广西东山建材厂, 广西贵港 537100)

**摘要:** 对湖泊和河流等水体的富营养化及水华的形成机理、临界发生条件、治理等做了简要介绍。针对近年来兴起的生物控制治理水华的技术, 结合抗菌技术的研究成果, 探讨通过对湖泊水体中的微量元素, 特别是抗菌金属元素的调控来治理水华的新技术的可能性。

**关键词:** 抗菌金属元素; 水华; 水生生态; 微生物

**中图分类号:** X524      **文献标识码:** A

湖泊和河流等水体富营养化问题以及水华的形成机理与治理研究, 一直是环境保护中的热点问题。从根本上说, 富营养化的治理必须通过削减污染物排放量、使各种污染源达标排放来实现。但是在治理水华这种特殊的现象时, 可以通过对水华发生的临界因素进行研究, 找出其控制因素, 选择其中最便利可行的方式进行治理, 以降低治理成本。本文简单介绍水华的起因和研究现状, 并根据近年来抗菌技术方面的研究成果, 提出通过对湖泊水体中的微量元素, 特别是抗菌金属元素的调控来治理水华的新思路。

## 1 水体的富营养化问题

在湖沼学中, 富营养化的原意是指湖泊按贫营养湖→中营养湖→富营养湖→沼泽→森林的生态系干式过渡演化历程中的一种长时间内不可逆的自然现象, 目前通常指由于人类活动引起的湖泊中氮、磷等营养盐浓度异常升高的现象。富营养化湖泊的治理是目前环境治理中的一个热点问题<sup>[1]</sup>。这不仅是由于导致水体富营养化的氮、磷等营养物质的来源广泛, 还因为去除水体中营养物质的难度很大。目前尚无任何单一的生物学、化学和物理措施能彻底去除废水中的氮、磷营养物质, 通常的二级生化处理方法, 也只能去除30%~50%的氮和磷。水生生态系统一旦被破坏, 在短时间内是很难恢复的。

滇池、太湖、巢湖是我国受污染最严重的淡水湖泊, 其中又以滇池首当其冲。滇池水质从80年代后期开始逐步恶化, 1998年至今连续3年都是劣5类水质, 由于水体中总氮、总磷含量以及高锰酸盐等指数严重超标, 70%以上的水体处于重富营养化状态, 几乎丧失了作为水的各种使用功能。特别是近年来发生的蓝藻水华现象更是严重影响了景观<sup>[2]</sup>。滇池污染治理是我国投资最大的湖泊治理工程, 到目前已经投入了近40亿元资金, 但是由于城市生活污水、农田废水和农药化肥残液等进入湖泊后造成的污染没有得到有效治理, 水质恶化的趋势并没有得到遏制。因此, 除了采用传统的技术方法外, 还必须寻找新技术和新思路。

## 2 水华的产生及治理

水华是湖泊富营养化的典型特征之一, 它是水体中浮游生物爆发性繁殖使水面呈现蓝色、红色、棕色、

收稿日期: 2001-05-07; 修订日期: 2001-10-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(4902004); 贵州省工业攻关资助项目(黔科合工字1999-1062号)

作者简介: 王宁(1964-), 男, 副研究员, 无机非金属材料专业, 从事环境材料研究。

乳白色等异常水色的现象,与海洋中的“赤潮”并称为污染水环境的两大灾害。水华发生时,由于藻类的大量繁殖和腐烂,导致水味腥臭,降低水的透明度,影响水体中的氧溶解,向水体中释放有毒物质,造成水生生态严重恶化。因此,湖泊富营养化治理中最紧迫的任务之一是水华的治理。

水华的发生,不仅需要充足的营养和适宜的物理化学条件,同时还受到水体中有关微生物种类等因素的综合影响,只要其中一个临界因素不满足,水华就不能发生。目前对于水华发生的临界因素和机理还不十分清楚,通常认为,水体中氮、磷含量,温度,微生物种类,光照条件以及风和风浪强度均可以影响水华的发生。

水华的治理技术主要有削减氮、磷等污染物总量,机械除藻,生物除藻等多种方式。近年发展起来的生物操纵治理湖泊营养化和水华的方法是一种较经济有效的方法。武汉市东湖的微囊藻消失已有14年,就与东湖放养鲢鱼和鳙鱼等“食藻鱼”有关。通过循环放养和重复养殖,可以调控湖泊中生物之间的食物链关系,降低藻类现有量,再通过成鱼捕捞,取走水体中的营养物质,从而达到减轻湖泊污染负荷、改善水质、治理水华的目的。2000年该项技术又在巢湖通过试验,取得较好的效果。

利用微生物治理水华也是生物治理的一个有效方法<sup>[9]</sup>。1998年以前,华南植物园人工湖的污染情况一直比较严重,蓝藻水华频繁发生,湖水散发恶臭。1998年8月起由中山大学投放有效微生物菌群,彻底抑制了蓝藻的生长和水华的发生,湖水景观明显改善。但是此类技术存在的一个主要难题是投放的微生物在水体中不能形成自然群落,需要不断投放才能维持治理效果。

### 3 金属元素在水华治理中的作用

抗菌技术与抗菌材料是20世纪80年代开始形成的技术<sup>[9]</sup>,目前在与人类生存环境的相关领域中已经得到了广泛的应用。抗菌剂中的金属离子型无机抗菌剂是通过银、铜、锌等抗菌金属元素产生作用的。在湖泊水体中,也大量存在这种元素。因此它们对于水体中的微生物必然产生一定的影响。通过探讨它们的作用,可能为水华的治理找到一种有效的方法。

#### 3.1 金属元素对微生物体的作用

金属元素对生物体的影响可分为必需元素和非必需元素两种情况<sup>[7]</sup>。对于非必需元素,当浓度低于一定值时,金属含量对生物体生长没有影响。但当其高于某一值时,生物体的生长量将下降直到死亡。而对于必需元素,则有一个最适宜的生长浓度范围,过高或过低的金属浓度都将会对生物体的生长量带来不利影响。据报道,土壤中Cu、Cd、Pb、Zn、As、Hg等重金属的浓度,与土壤微生物的数量呈高度负相关。无机铅( $Pb^{2+}$ )可以抑制海藻的光合作用和蓝细菌固氮,还抑制真菌的孢子萌发和菌丝生长。受锌严重污染的土壤其细菌、放线菌、真菌总数大为减少。砷,特别是三价砷明显对土壤固氮菌(大豆根瘤菌、固褐固氮菌等)、解磷细菌(枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌等)及纤维素分解菌(木霉等)等微生物有抑制作用。

蓝藻在其生长、繁殖过程中不仅需要C、H、O、N、P等大量元素,Fe、Mn、Cu、Zn等元素也是其生长必需的微量元素,尽管需要的量较少,但它们在维持细胞正常的生理、生化功能上起着至关重要的作用。如铜离子浓度很小范围内的变化就会明显影响藻类的光合作用能力;当铜离子浓度过低时,由于质体蓝素合成受阻导致植物光合作用能力降低;当铜离子浓度过高时,则导致铜中毒。研究表明,Co、Ni、Cu、Zn等金属离子在其浓度大于 $10^{-4}$ 浓度时即可明显地影响光能由藻胆体向叶绿素的传递,从而降低藻类细胞的光合作用效率,进而影响细胞的分裂和生长<sup>[8]</sup>。

#### 3.2 抗菌微量元素的水生生态调控技术思路

采用抗菌金属元素治理水华的基本技术思路是通过微量元素的调控,改变水体中微量元素的绝对含量及其相对比值,造成对形成水华的微生物生长的负面效应,并使该负面效应持续叠加和累积,导致整个微生物生长繁殖系统从量的改变到质的变化,进而控制水华的发生。此项技术的研究内容包括对湖泊的生态系统进行调查,了解水华发生的微生物种类,以及水体中抗菌金属元素的种类、含量及分布,并对于抗菌金属元素的影响进行研究,从中筛选出特征的几种抗菌元素,在此基础上制订出湖泊水体中微量元素的

调控方案。

在对滇池蓝藻水华治理的研究中发现, 通过投放有效微生物群, 能以很低的成本有效地抑制蓝藻的生长, 使湖水透明度提高, 消除恶臭, 明显改善湖水景观。但是由于投放的微生物群不能形成自然生态, 必须在间隔一段时间后重新投放, 以致成本太高, 限制了这项技术的使用。云南是我国有色金属王国, 其各种金属元素的背景值很高, 其水体中高含量的金属元素可能对微生物的生长繁殖不利, 使其不能形成自然群落。如果进一步的研究能证明这种假设, 则可以通过对微量元素的调控, 形成适宜投放微生物群落生长的环境, 使其能自我生长繁殖, 治理蓝藻水华。

## 4 讨 论

抗菌技术是近期才开始应用的, 而金属离子型的抗菌剂使用的环境安全性问题, 虽然目前还没有资料可参考, 但它们的使用可能会带来环境问题。尤其是应用在湖泊水华治理方面, 还必须经过更多的研究论证。如果可行, 则不仅可以为水华治理找到一个成本低廉、操作性强的方法, 同时也可以研究金属离子型无机抗菌剂长期、大规模使用的环境安全性问题。需指出采用抗菌金属元素调控水生生态的方法来治理湖泊的富营养化问题, 只能达到控制水华发生的效果。要想从根本上解决湖泊的富营养化问题, 还必须从减少或者截断外部营养物质的输入、减少内源性营养物质负荷着手。

参考文献:

- [1] 彭近新, 陈慧君. 水质富营养化与防治[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988: 46~48.
- [2] 刘丽萍. 滇池水华特征及成因分析[J]. 环境科学研究, 1999, 12(5): 36~37.
- [3] 合田健. 水环境指标[M]. 中国环境科学出版社, 1989: 249~344.
- [4] 刘建康, 谢平. 揭开武汉东湖蓝藻水华消失之谜[J]. 长江流域资源与环境, 1999, 8(3): 312~319.
- [5] 韦朝海, 肖美兰. 水生生态调控及水污染治理中微生物的应用[J]. 应用基础与工程学科学报, 1999, 7(4): 352~359.
- [6] 王宁, 陶红, 李博文. 无机抗菌剂的研究应用现状与矿物材料开发[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1999, 118(1): 61~65.
- [7] 不破敬一郎. 生物体与重金属[M]. 中国环境科学出版社, 1985.
- [8] 李建宏, 曾昭琪. Co、Ni、Cu、Zn 离子对蓝藻藻胆体光谱影响研究[J]. 南京大学学报(自然科学), 1997, 33(4): 639~643.

## The Function of Metal in Prevention of Algal Bloom

WANG Ning<sup>1</sup>, ZHU Jun<sup>1</sup>, FENG Jun-ming<sup>1</sup> and ZHANG Qiang<sup>2</sup>

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2 Guangxi Dongshan Building Material Factory, Guiyang 537100, China)

**Abstract** The mechanism and prevention of eutrophication and algal bloom have been briefly introduced. The critical happen condition for algal bloom has been discussed. Based on the antibacterial technology, the possibilities of controlling algal bloom by adjusting the metal content especially antibacterial metal content in the water has been discussed.

**Key word:** antibacterial metal; algal bloom; water ecology; microbe