

我国水环境生物学研究进展

王 德 铭

(中国科学院水生生物研究所 武昌 430072)

提要 本文回顾了我国水环境生物学近年来的进展。全文分四部分：水污染生物监测；水污染生物治理；水生生态毒理学及对今后研究工作的建议。

关键词 水环境生物学 生物监测 生物治理 生态毒理学 水生大型植物

近年来我国水环境生物学的研究工作不论在广度或深度上都有了迅速的进展，预示着这门环境科学和水科学的分支学科将在水资源保护工作中发挥一定作用。

一、水污染生物监测

在水污染的生物监测方面，我国不但用细菌、霉菌的种类和数量变化来监测水环境污染状况^[1]，而且还利用细菌的发光特性和微生物的酶活性以及几种微生物膜制备的电极来进行水质生物监测。后者用于生化需氧量的监测，与标准法比较相关性较好，并且连续稳定地工作其寿命可达20天以上。调查研究表明，浮游动植物数量和种类的变动也可用来监测水质污染^[2,3]，室内外的试验均证明应用聚氨酯泡沫塑料块法可进行原生动物群落级的生物监测。还有用纤毛虫—梨形四膜虫对重金属和微量元素的反应，作为毒理学指标的报导，并发现直链烷基苯磺酸盐及五氯酚钠对梨形四膜虫的线粒体内外膜和脊膜产生影响，使结构变得松弛，趋向瓦解状态，严重时成为空壳状。在元素周期表内稀有元素的主族元素对梨形四膜虫的营养和毒性研究中，发现同族元素中共营养作用从上而下减弱，毒性作用则由上而下增加，同一周期内其营养作用从左至右减弱，而毒性作用由左至右增加，这一规律的发现对今后的环境监测和治理是非常有参考价值的。还建立了污水环境中原生动物的数据库，该库在IBM-PC/XT微机实现，以全部汉字方式进行人机对话与输出，共包括污水环境中原生动物702种，涉及32个目，88个科，284个属，程序采用模块结构，系统以“菜单”提问方式运行，这将有助于快速、准确地综合分析污水环境中原生动物群落的结构变异，对水环境污染程度作出可靠的评价^[4]。藻类的“指示种类”也应用到河、湖受有机污染的监测^[5~8]，报导最多的是裸藻、颤藻、衣藻、栅藻、小球藻、菱形藻、舟形藻和毛枝藻等，还应用了藻类群落的种类组成和优势种群的变化来评价水污染。对藻类的现存量用作监测水污染的有个体数或细胞数、湿重、干重、去灰分重、叶绿素、三磷酸腺苷及脱氧核糖核酸碳等。有人作了比较，认为以细胞数求得的半数影响浓度最小，是最敏感的参数，而以干重求得的半数影响浓度最大，并认为用光密度和活体荧光的测定代替细胞数是不恰当的，叶绿素是较敏感的指标，三磷酸腺苷作参数估算的半数影响浓度最精确。此外，还有应用藻类种类商、硅藻指数、藻类污染指数、污生指数、污染评价价值、营养状态指数以及各类多样性指数进行监测和评价的^[9, 10]。

本文于1991年3月4日收到，1991年6月18日收到修改稿。

在底栖生物方面,有应用海洋软体动物的种类多样性、种类丰度、种类均度和种类优势度评价各种沉积物的多样性,还有人提出淡水有肺螺是一类较好的监测和试验生物,以及对底栖生物运用多种生物指数的计算^[11]来进行监测和评价的。应用鲑及鳙鱼外周血有核红细胞微核率^[12](还有结合 Ames 试验的),可测定新研制的农药致突变作用。还有用姊妹染色体互换频率及微核发生率等来分析研究地面饮用水的致突变性及潜在致癌危险性的。我国还在华东、华中及西南等地区广泛开展了鲑鱼、鳙鱼、金鱼、鲤鱼、草鱼、青鳉、斑马鱼及泥鳅等各种鱼类的急性、亚急性和慢性毒性试验,有的还进行了生物浓缩、胚胎发育以及回避试验。在监测指标方面,还发展了鱼脑胆碱酯酶、鱼血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶以及鱼组织三磷酸腺苷酶活力测定等方法,有的在实际应用中,为水污染的生物监测和评价提供了科学依据^[13]。还有报导认为蚕豆根尖细胞及海胆幼虫是淡、海水监测的良好材料。此外,还有应用生物体内残留量进行监测^[14,15]。

二、水污染生物治理

在水污染的生物净化和生物治理方面,我国进行了制药废水、印染废水、造纸黑液、化肥废水、制革废水、高浓度皂化污水以及其它有机废水单一或混合菌种及废水处理的新工艺试验。还开展了降解苯酚、邻苯二甲酸酯类化合物、菲、 γ 和 β -六六六、多氯联苯的微生物及某些细菌质粒的研究。各种活性污泥法处理废水的研究均有开展,还有缺氧/好氧及厌氧、缺氧/好氧系统试验,大大提高了城市污水的生物脱氧效果。采用三相流化床-生物接触氧化串联的全好氧生化流程处理抗菌素有机废水,两级串联厌氧消化-臭氧氧化工艺、生物酸化-还原-氧化法分别处理高浓度土霉素毒性废液及硝基苯废水都取得良好效果。还有采用气动厌氧流化床处理高浓度有机废水、厌氧附着膜膨胀床工艺中温处理啤酒废水也取得一定进展。在土地处理、生物滤池及生物转盘法处理污水方面也取得了不少经验^[16]。污水稳定塘或氧化塘近年来有很大发展,1985年全国只有40余座稳定塘用于处理污水,但到1990年全国已有100余座建成运转,特别是国家“七五”重点科技攻关项目中,在华南、西南、华中、华北和东北等地区建立了9个中试基地,通过数年的运转试验,总结出污水稳定塘去除污染物的效果,选定了工艺设计参数,探讨了运行技术措施,取得了一批成果,有的已达到国际先进水平。如综合全国稳定塘中试基地复合塘系统的试验,提出了复合塘系统出水水质的数学模型:

$$C_e = 16.3C_0 \cdot 0.7 \cdot R^{-0.44} T^{-0.08}$$

式中 C_e 为复合塘系统出水五日生化需氧量浓度 (mg/l); C_0 为复合氧化塘进水五日生化需氧量浓度 (mg/l); R 为水力停留时间 (d), T 为平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)。此模型适用于复合塘系统出水五日生化需氧量浓度的预测。同时还将大量研究成果汇编成《城市污水稳定塘设计手册》,详细论述了稳定塘分类及特点,处理过程的机理及影响因素,规划与可行性预处理设施的设计,各类稳定塘的工艺设计,组合与系统优化,计算机辅助设计,技术经济分析以及运行管理等。这是一本国内外有关稳定塘设计技术的最新、最全面的资料汇编。

此外,在高等水生植物净化污水方面也取得进展,一部分试验是结合污水稳定塘系统进行的。有的试验发现凤眼莲对阳离子、活性、直接、还原和酸性等染料有显著脱色作用。凤眼莲的根、叶片、叶柄的匀浆对酚的降解过程都遵循一级反应的规律。植物体细胞中的酶是

使酚降解的主要原因之一, 微粒体、线粒体氧化酚的能力很强。应用凤眼莲生态系统治理某市一条富营养化河道, 发现凤眼莲根系向水体分泌化合物, 产生异种剋生作用, 能伤害和消除藻类, 使水体变清。还有多种高等水生植物如空心莲子草、大藻、茭笋、芦苇及浮萍等被用作净化污水试验, 均取得一定效果。

三、水生态毒理学

在水生态毒理学方面也开展了一些工作, 但显得分散和零星。有一些关于微宇宙和中宇宙试验的报导, 但还存在可比性差、试验不易重复及实验数据应用到实际的水环境中去时有差距等问题。看来实验方法的标准化和规范化, 实为当务之急, 只有解决了这个问题, 才能提高水生态毒理学试验数据的准确性、试验重复性, 增加资料的可比性, 便于全国各地实验人员的操作。美国议会于1988年9月通过一项提案, 否定一直被广泛采用的半数致死剂量(LD₅₀)急性毒性试验测试产品的安全度, 认为它是不正确的、错误的和不需要的。这一问题值得我国的环境科学家重视和深思。

四、今后任务

面对水污染和水生态破坏的现状, 展望未来, 水环境生物学家有着繁重的任务, 建议开展以下研究:

1. 石油化工、化工(包括染料)、焦化、造纸、农药废水生物治理的研究。
2. 城市污水高效、低耗生物处理技术, 以及城市污水除磷脱氮、污水回用、污泥的处理和利用、污水厌氧处理技术的研究。
3. 污水稳定塘系统强化技术和越冬运行技术, 以及稳定塘处理后出水中藻类控制和去除技术的研究。
4. 污水土地处理—环境生物学工程组合系统的研究。
5. 污水排江、排海的生态影响、生态结构指标体系的研究。
6. 江、湖、水库和近海污染生物监测及饮用水源中痕量有机污染物致癌、致畸、致突变作用生物测试的研究。
7. 中宇宙或中生态系统及微宇宙或微生态系统试验研究。
8. 混合毒物对水生生物的多重毒性试验及其数学模型的研究。
9. 濒危、珍稀水生生物保护和水生生物自然保护区的设计、建设和管理及水生生物多样性保护的研究。
10. 跨区域污染物及水环境生态学问题的研究。
11. 水陆交界带生态脆弱区恢复发展和优化利用技术的研究。
12. 水环境信息系统生态学研究。
13. 水环境经济与水生生态系统协调发展及评价体系的研究。
14. 典型水环境生态区划示范的研究。

参 考 文 献

- [1] 彭盛梅等, 水源水物理化学性状的微生物学效应, 中国环境科学, 1989, (5)
- [2] 金琼贝等, 电厂温排水对浮游动物的影响, 环境科学学报, 1989, (2)
- [3] 张青学、俞敏娟, 铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 水华毒性及毒素的研究, 环境科学学报, 1989, ()
- [4] 卞小宇等, 关于建立污水环境中原生物数据库的研究, 水生生物学报, 1989, (1)
- [5] 王德铭等, 酸雨对水生生物影响的研究, 生态学报, 1989, (1)
- [6] 姜熙罗、王书海, 松花江沿岸渔民头发、血液及尿中汞水平的分析, 中国环境科学, 1989, (2)
- [7] 战培荣、卢晏生, 松花江哈尔滨段冰封期制糖废水污染区微生物调查及水质评价初报, 环境科学, 1989, (4)
- [8] 马正学等, 重金属化合物对上海四膜虫生长抑制的效应和形态变化的初步分析, 中国环境科学, 1989, (5)
- [9] Wang Deming, General situation and prospects of studies on biomonitoring in China, The Central Electric Press, 1985: 74~81
- [10] Wang Deming, Yu Shuwen, Advances of studies on biomonitoring of water pollution in China, *J. Environ. Sci.*, 1989, 1 (2)
- [11] 王爱珍, 利用底栖动物对綦江河进行污染评价, 重庆环境科学, 1989, (3)
- [12] 许世琼等, 一种新的水质原位监测系统——鲫鱼外周细胞率异常研究, 中国环境科学, 1989, (2)
- [13] Adams, W. J., et al., Aquatic toxicology and hazard assessment: 10th vol., Am. Soc. Test. Mater., 1988: 642
- [14] 戴树桂等, 天津港口甲基锡化合物的研究, 中国环境科学, 1989, (3)
- [15] 蒋衍, 辽宁近海域贝类镉-137的含量及其浓缩系数的估算, 环境科学, 1989, (5)
- [16] 徐亚同, 废水生物处理的运行和管理, 华东师范大学出版社, 1989: 1~227

Advances and Further Research Works of Aquatic Environmental Biology in China

Wang Deming

(*Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract: The progress of scientific research work of aquatic environmental biology in recent years in China has been summarised in this paper, which includes biomonitoring and biotreatment of water pollution, aquatic ecotoxicology and further research works.

Key words: aquatic environmental biology; biomonitoring; biological treatment; ecotoxicology; aquatic microphyte.