

文章编号:1005-8737(2000)02-0090-03

·综述·

海水养殖环境生物修复技术研究展望

Outlook for bioremediation researches on marine aquacultural environment

李秋芬,袁有宪

(中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

LI Qiu-fen, YUAN You-xian

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

关键词:生物修复;生物降解;有机污染物;海水养殖;环境

Key words: bioremediation; biodegradation; organic pollutant; mariculture; environment

中图分类号: S949

文献标识码: A

自80年代开始,对虾养殖、贝类养殖及浅海网箱养殖先后兴起,几乎遍及沿海所有可开发的滩涂和海湾,使我国成为世界养殖产量第一的水产大国。由于养殖方式以投饵为主,残饵、粪便及生物残骸堆积在养殖池底或近海滩涂,使得养殖水域有机污染不断加重,环境质量逐年恶化。袁有宪^[1]曾计算,生产1 t对虾水中可残留粗蛋白1.3 t,说明对虾养殖业的污染主要是有机氮污染。

袁有宪等^①对我国黄渤海沿岸重要对虾养殖区进行的环境质量调查结果表明,黄渤海对虾养殖区部分虾池水体的COD指标超过国家二类,甚至三类海水水质标准,池底有机污染严重,个别区域难以满足对虾养殖需要,更不能满足苗种生产的需要。虾池中的有机污染物主要来自对虾的残饵,部分来自工业及生活排污。根据袁有宪等^[2]的评价模式,认为黄渤海区对虾养殖池底质已受到较严重的有机污染。据报道^[3]日本也有类似情况发生,具有30年发展历史的日本沿海网箱养殖业,也受到了来自底质环境有机污染的困扰。因此,研究快速消除养殖环境中有机污染的方法,以尽快恢复和优化养殖环境,对我国海水养殖业健康发展以及滩涂和浅海资源的可持续利用具有重要的理论和现实意义。

1 生物修复原理

自然水体的自净过程主要是微生物的作用。水中的异

养微生物靠分解有机物作为碳源和能源而生活,有机物可在微生物特别是细菌产生的各种酶的作用下,经过好氧或厌氧过程(图1),发生一系列化学反应^[4],被逐步降解,最后转化成无机元素(矿化)而被植物吸收利用(图2)。人们将微生物降解有机污染而消除污染和净化环境的过程称之为生物修复(Bioremediation)或生物恢复(Biorestitution)^[5,6]。

由于细菌生命周期短、繁殖速度快,因此降解有机物的速度要比其它生物快上万倍^[7]。已有实验证明细菌降解水中植物残骸的作用大于真菌,尤其在后期起到主导作用^[8]。人们早就认识到细菌在分解有机物方面的巨大威力,已通过人为增菌、筛选、驯化的方法,将菌种投放到被污染环境中进行原位生物修复(*In-situ* bioremediation),或将污染物集中起来进行异位生物修复(*Ex-situ* bioremediation)。前者主要应用于水域、耕地的环境恢复,后者主要应用于工业和生活废水的处理。

2 生物修复的应用

生物修复的应用历史悠久,但真正大范围的应用还是在80年代以后。原位生物修复的成功实例有:美国环保局在阿拉斯加石油泄漏中应用生物修复技术,在短时间内消除了污染^[8,9,10];密执安 Grating 空军基地柴油储罐破裂造成深层土壤和地下水污染,通过生物修复很快恢复正常^[11]。异位生物修复的实例颇多,应用相当广泛,可用于降解苯及其衍生物^[12]、含氯有机物^[13]、木质素^[14]、EDTA^[15]、制药废水^[16,17]、印染废水^[18]、湖泊沉积物中的有机物^[19]及其它难降解有机物^[20]。有关降解菌种、所涉及的酶系、降解机理、降解所用的反应器和工艺流程等均有详细报道。由于废水的微生物处理具有投资少,无二次污染的优点,越来越引起各国的重视,包括处理方法、工艺设备的研究,以及降解机理

收稿日期:1998-02-06

基金项目:国家自然科学基金(39670581)和国家高科技研究发展计划(819-02-07)资助项目

作者简介:李秋芬(1969-),女,中国水产科学研究院黄海水产研究所助理研究员。

①袁有宪,等.黄渤海对虾养殖环境研究(成果鉴定材料),中国水产科学研究院黄海水产研究所,1997.

的研究。仅以生物修复为名称的期刊就有几种,如《生物降解》(Biodegradation)、《修复》(Remediation)、《生物修复领域》(Bioremediation Field)等^[21]。

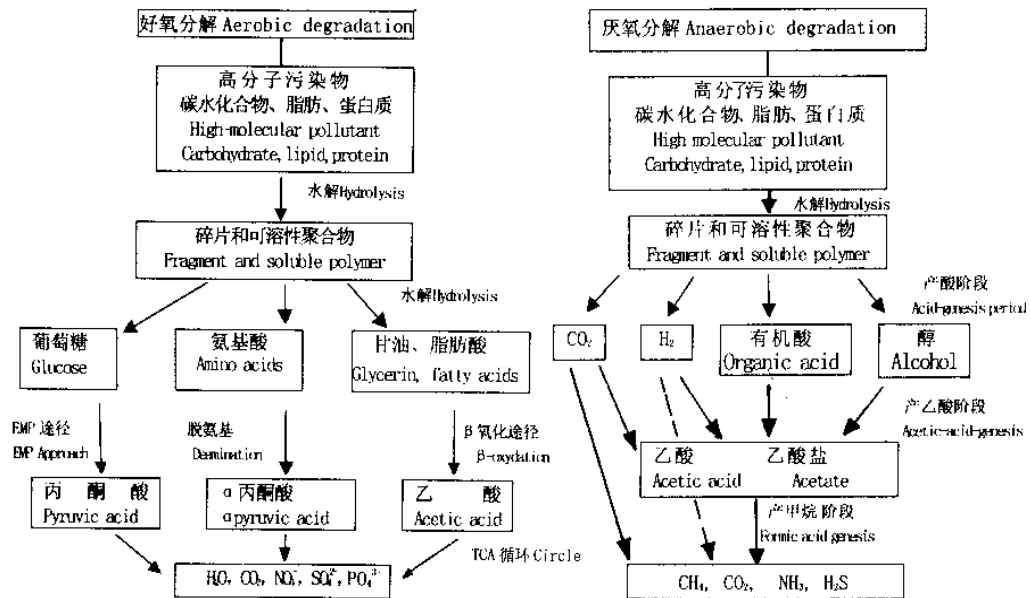


图 1 微生物降解有机物的基本过程

Fig.1 A course of degradation of organic materials by microbe

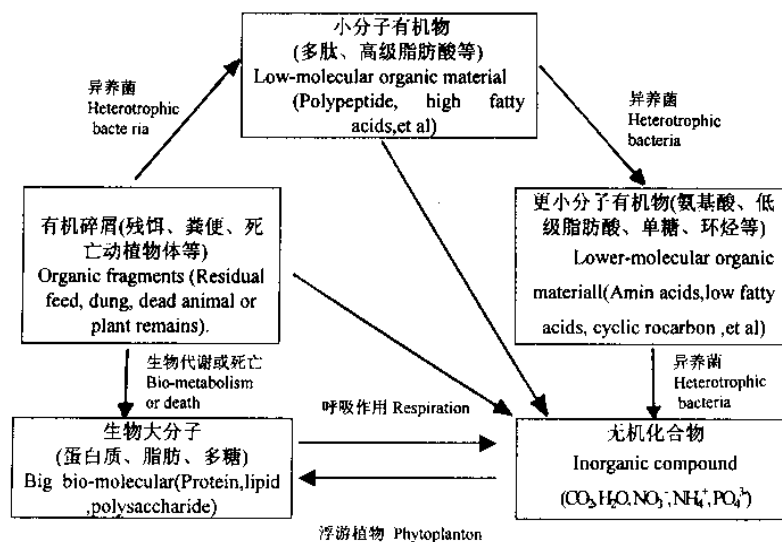


图 2 水体中营养物质循环示意图

Fig.2 Circle of nutritive materials in water

随着现代生物技术的快速发展,传统的微生物学与现代生物技术有机结合,大大提高了降解效力,扩大了降解范围。生物学家利用基因工程把不同的降解基因移植到同一菌株中,创造出了具有多种降解功能的超级微生物。1970 年美国的 Chakrabarty^[12]以铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)

作为受体,将恶臭假单胞菌(*P. putida*)等携带的各种质粒转入其中,构成了带有多种质粒的“超级细菌”,用于处理海上溢油。它具有降解直链脂肪烃、芳烃、萜烃及多环芳烃的能力,自然条件下需降解 1 年的浮油,用“超级细菌”只需几个小时即可去除。1983 年瑞士的 Kulla 通过质粒接合获得了

具有降解 2 种染料的新菌株^[17]。国内已用光合细菌与酵母融合子处理味精废水^[23]取得了良好效果。

3 海水养殖环境生物修复的研究现状

海水养殖环境的有机污染问题已开始引起各国科学家的高度重视,正在致力于探索其治理方法。日本报道了利用快速繁殖的多毛类(*Captella* sp)来消除养殖池底有机污染的研究^[3],在小规模淡水养殖的循环水处理中使用了固定化生物膜。而利用微生物降解原理处理海水养殖废水并进行环境生物修复的研究报道迄今尚不多见。国外有几家公司生产水质净化菌剂(粉)如“Probiotics”(Enviro-Reps International L. C.)、Epicin(加拿大 Epicore 网络公司)等。1995 年以来已有初步开展此类研究的报道,但论文数量极少^[24]。国内曾有应用光合细菌(红螺菌科)改善水质的报道^[25],称其可消除水中有机物,但对池底有机物降解的作用受到限制。袁有宪等已在国内率先提出对海水养殖环境进行生物修复,即应用微生物降解技术消除养殖水体底泥中有机污染物的思路,并已承担了该领域的国家自然科学基金资助项目、国家九五攻关项目和国家海洋高技术发展计划项目,已取得了良好的进展。目前,已从虾池底质中分离、筛选出近 10 株虾池有机物降解菌。初步实验表明,在短时间内,可降解虾池底部有机物 80% 以上,显示出良好的应用前景。

4 前景展望

有关海水养殖环境生物修复技术的研究,国内外刚刚起步,研究报道尚少。该技术可使被污染、已退化的生态环境得到生物修复,从而加快解决海水养殖环境问题的步伐,促进养殖业的可持续发展。倘若借助现代生物技术,构建高效的基因工程菌,用以高效快速降解海水养殖环境中的有机污染物,会使这一技术更加完善。我国作为养殖大国,拥有 1 300 多平方公里滩涂和浅海养殖区,特别是对虾养殖池多数年久,污染严重,采取机械清池、化学治理手段,既需要大量人力物力,问题又难以彻底解决。因此,应尽快开展虾池等海水养殖环境生物修复方法和原理的基础研究,同时研究大规模菌种生产工艺和设备。这项技术的成功和推广应用可推动海水养殖业健康发展,使海岸国土资源得到有效利用,并使我国在此领域的研究走在世界前列。

参考文献:

- [1] 袁有宪. 增殖水域污染与赤潮研究现状及发展方向[A]. 第六届中日韩水产科研人员研讨会论文集[C]. 韩国,釜山:1995.
- [2] Yuan Youxian, et al. Studies on sediment environment of shrimp culture ponds II. Relationship between TOC, TP, TN and pH in pond bottom and pond age [A]. Book of Abstracts, '98 Aquaculture, World Aquaculture Society[C]. Las Vegas, USA: 1998.
- [3] 堤裕昭,等. 鱼类养殖场直下堆积したヘドロ(有机汚泥)のイゴカイによる浄化の試み[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1993, 59(8): 1343-1347.
- [4] 罗志腾,等. 水污染控制微生物学[M]. 北京:北京科学技术出版社,1988.
- [5] Madsen E L. Determining in situ biodegradation: Facts and Challenges[J]. Environ Sci Technol. 1991, 25(10): 1663-1672.
- [6] Tomas A E. The basics of bioremediation[J]. Pollution Engineering, 1994, 26(6): 46-47.
- [7] 许光辉,等. 微生物生态学[M]. 南京:东南大学出版社,1991.
- [8] Sandhya G, et al. Relative contributions of bacteria and fungi to water hyacinth decomposition[J]. Aquatic Botany, 1992, 43: 1-15.
- [9] Prichard P H, et al. EPA's Alaska oil spill bioremediation project [J]. Environ Sci Technol. 1991, 25(3): 372-379.
- [10] Prichard P H, et al. Oil spill bioremediation: experience, lessons and results from the Exxon Valdez oil spill in Alaska [J]. Biodegradation, 1992, 3(2-3): 315-335.
- [11] Hicks B N, et al. Bioremediation: A natural solution[J]. Pollution Engineering, 1993, 25(2): 30-33.
- [12] John H L, et al. Biodegradation of bisphenol A and other bisphenols by a gram-negative aerobic bacterium[J]. Appl Environ Microbiol, 1992, 58(6): 1823-1831.
- [13] 傅旭庆,等. 生物处理含氯代脂肪烃废水的研究进展[J]. 环境科学, 1994, 15(3): 84-87.
- [14] Fett W F, et al. Screening of nonfilamentous bacteria for production of utin-degrading enzymes[J]. Appl Environ Microbiol, 1992, 58(7): 2123-2130.
- [15] Belly R T, et al. Degradation of ethylene diamine tetra acetic acid by microbial populations from an aerated lagoon[J]. Appl Microbiol, 1975, 29(6): 787-794.
- [16] 王蕾,等. 固定化细胞厌氧好氧工艺处理四环素结晶母液的实验研究[J]. 环境科学, 1994, 16(1): 29-31.
- [17] 罗国维,等. 投菌生物接触氧化法处理洁霉素废水的机理研究[J]. 环境科学, 1994, 15(6): 20-22.
- [18] 王增夫,等. 利用生物工程治理印染废水[J]. 中国环境科学, 1996, 16(4): 12-18.
- [19] Drabkova V G, et al. Bacterial decomposition of organic matter in lacustrine sediments[J]. Hydrobiologia, 1983, 103: 99-102.
- [20] Edwards E A, et al. Anaerobic degradation of toluene and xylene by aquifer microorganisms under sulfate-reducing conditions [J]. Appl Environ Microbiol, 1992, 58(3): 794-800.
- [21] 张甲耀,等. 生物修复技术研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 1996, 2(2): 193-199.
- [22] 翁稣颖,等. 环境微生物学[A]. 北京:科学出版社,1985.
- [23] 程树培,等. 光合细菌与酵母跨界融合(杂合)子发醇味精废水研究. 环境科学学报, 1996, 16(1): 66-73.
- [24] Saman P, et al. Microorganism for waste water treatment of marine shrimp. Sia-Pacific Marine Biotechnology Conference[J]. Shimizu Japan. 1995.
- [25] 于伟君,等. 光合细菌在对虾养殖中应用的初步试验[J]. 水产科学, 1991, 10(1): 16-18.