

近十年国内外微生物生态学进展

谢淑敏

(中国科学院微生物研究所)

微生物生态学是研究微生物与外界环境关系的科学。微生物生态学的研究虽已有一百多年的历史,但近年来,由于环境污染日益严重,微生物在污染环境与保护环境中的作用愈显重要,从而微生物生态学更加受到重视。

目前国外微生物生态学的研究,特别是在污染环境微生物生态学、异常环境微生物生态学等方面进展很快。但从总体来说,这些研究仍然处于初期阶段。微生物生态学如何能真实反映客观世界,其基础理论和研究方法以及实验技术尚待完善。1970年国际微生物生态学委员会(International Commission of Microbial Ecology)成立。1977年8月在新西兰举行了有30个国家,404位科学家参加的第一次国际微生物生态学会会议,并准备1980年在英国伦敦举行第二次会议。从国家来说,微生物生态学的发展也是不平衡的。日本、美国等对生态学的研究十分重视,因而也重视微生物生态学的研究。1972年,日本就举行了第一次微生物生态学会会议。从研究水平看来,国外微生物生态学可以概括总结为六个水平:即群体水平,细胞水平,分子生物学水平,分子遗传学水平,人工模拟微生物生态系统水平,生态系统分析和数学模拟自然界微生物生态系统水平。每一个水平都在前一个水平的基础上提高,研究问题的理论也逐步深入。研究对象从宏观深入到微观,又从微观

螺旋上升到说明更复杂的,成为网络结构的宏观复合系统。这种螺旋上升的研究思维代表了当前微生物生态学研究的一种趋势。微生物生态学的这六个研究水平的发展也是不平衡的,例如在异常环境微生物生态学的研究中,分子生物学、分子遗传学发展得比较快而且深入。

国内对微生物生态学的研究还很薄弱,虽在土壤、石油微生物生态方面做过一些工作,但工作零星,没有形成体系,而且中断了十多年。目前,污水、海洋、湖泊、土壤、草原、菌根等微生物生态的研究,刚开始做一些工作,但在工作手段方面也比较落后,与国际先进水平相比,有很大差距,有待急起直追。1977年我国已参加联合国科教文组织制定的“人与生物圈”(Man and Biosphere,简称MAB)研究计划。现已着手研究的有长白山森林生态系统定位站土壤微生物生态、黄渤海石油污染区微生物生态、重金属污染物在微生物生态系统中的迁移、转化规律等方面的研究。这些工作将有助于我国微生物生态学研究的发展。

国外微生物生态学着重研究污染环境微生物生态学,异常环境下微生物生态学,海洋微生物生态学,土壤微生物生态学,水处理微生物生态学,水污染微生物生物化学生态学,宇宙微生物生态学以及微生物生态学现代方法论等方面内容。



年,科学出版社。

[8] 环境污染综合评价研究——以大阪府为实例,北京市环境保护研究所译文,1976年5月。

[9] Nemerow, N. L., *Scientific Stream Pollution Analysis* 1974

[10] 唐永鑫,环境科学 2, 71(1979)。

本文着重介绍污染环境微生物生态学、水处理微生物生态学、异常环境微生物生态学和微生物生态学现代方法论。

一、污染环境微生物生态学

国际微生物生态学委员会把污染环境微生物生态学作为主要研究项目,是微生物生态学研究的重点。它首先着重有关微生物污染环境及微生物修复环境的研究,其次研究微生物生态学本身。研究微生物降解有机和无机污染物质的能力、自净能力和代谢机制,为保护和修复环境提出措施及理论根据。微生物降解毒物的能力很强,按照微生物必然性(microbiological infallibility)的假说,只要找到合适的微生物和诱导物,给予适当的环境和营养条件,所有的有机化合物则可被微生物降解。由此可见,微生物在保护环境、修复环境中所起的重要作用以及研究微生物生态学的重要性。污染环境微生物生态学还研究对人类健康有着重要危害的重金属污染物,研究它的存在形式,迁移途径及转化规律,其中尤其着重研究汞在水体、底泥微生物生态系统中及水生生物食物链中的转化、富集规律。这方面的工作,目前国外开展的较多,研究细致而且系统。瑞典对这个领域的研究做出了卓越贡献。在1967—1974的年中,瑞典科学家 Westöb, Jenson, Gernelöv 等集中研究了水环境中汞化合物的分布、迁移和生物转化。美国、日本也做了一定水平的工作。美国 A. M. Chakrabarty (1976)^[1] 利用质体转导技术,得到具有高度抗汞质体(MER 质体, MER plasmid)的恶臭假单胞菌株(*Pseudomonas putida*),可在50—70 γ /毫升的氯化汞中生长,大于普通菌株耐汞量的25—30倍。美国1975年还用耐汞假单胞菌(*Pseudomonas* sp.)制成工程用的菌床(Bacterial bed)处理含汞废水,已取得专利^[2]。污染环境微生物生态学还研究污染物质对微生物生态系统结构和功能长期和短期的影响,研

究微生物生态系因受到污染物质的破坏而间接造成对湖泊、河流、海洋等生产力的影响,研究水体污染指示菌(如沙门氏杆菌、大肠杆菌等)在水质控制及水质评价中的作用及其规律性。污染环境微生物生态学还研究污染物质对微生物生态系统影响的模拟试验,以及研究应用数学方法和电子计算机技术对微生物生态系统进行系统分析,以期达到建立一个数学模式来模仿这个系统,为预测预报污染提出依据。应用数学模型来研究污染生态学,看来这是目前发展的趋势。

在研究污染环境的同时,也要研究本底微生物生态,研究未污染环境中微生物群落、结构、功能、动态及间接生产力。这可作为判断污染环境微生物生态系发生变化的基础和标准,又为调查微生物物种,开发微生物资源提供科学资料。

由于人为活动的结果,许多物种受到威胁。许多对人们有益的物种和变种可能正在灭绝。动、植物物种的灭绝容易被人们察觉,日益受到人们的关注,而微生物物种的存在与否则不易引起人们的注意。微生物物种和动、植物物种一样,具有基因的多样性,它的灭绝也是不可能代替或重建的。MAB在“自然区及其所含基因材料的保护”研究课题中,就提出了要保护动、植物物种和微生物物种。保护区和天然岛屿受到的污染少,是保存各种动、植物和微生物物种的基因库(gene pool),保存了有关的多种基因,是研究微生物生态系本底、功能、调查微生物物种天然资源的好场所。

对于物种,包括微生物物种的调查和保存,MAB非常重视,主张采用有关基因源(包括基因库)的储存、登记、查寻的一切现代化技术。

二、水处理微生物生态学

研究水处理构筑物中微生物群落的结构和功能,便于控制和提高其处理效果。

水处理有好气及厌气处理之分,而一般着重研究好气处理的微生物生态。研究表面曝气池,生物转盘,生物滤池等水处理构筑物以及氧化塘的好气微生物种类,菌群及其功能。其中以活性污泥法生态学研究的最多、最集中。现重点介绍如下:

1. 菌胶团形成的理论: 主要提出下列几种理论: (1) 认为菌胶团形成菌如动胶菌属 (*Zoogloea*) 细菌分泌胶状物质形成荚膜而成。(2) McKinney (1962) 认为与细胞膜之间的排斥力有关。当营养不足时,细菌处于低能量水平,失去了相互吸引能力而成。(3) Crabtree (1965) 认为菌胶团细菌分裂时,胞外多- β -羟基-丁酸和酯结合形成颗粒状物质,为积聚后形成,而 Tezuka (1969), Angelbek (1969) 对此持有异议。(4) Tenney (1965) 认为是由于细菌处于静止期以及进行内呼吸分泌多糖和聚氨酸的原因。(5) Friedma (1968, 1969) 用冰冻法作电子显微镜观察,观察到菌胶团细菌细胞之间有纤维状聚合物彼此联结,可用纤维素分解酶分解纤维使菌胶团散开。Mülder (1971) 也报导菌胶团形成菌的细胞间有小纤维。(6) Peter (1970) 认为是由于高分子阳离子电解质所引起。(7) Tezuka (1969) 认为钙、镁离子的存在对菌胶团的形成有利。这些理论都尚待继续研究。

Pike (1975) 综述了两个以上作者报导的菌胶团形成菌: 假单胞菌 (属) *Pseudomonas*, 动胶菌 (属) *Zoogloea*, 球衣菌 (属) *Sphaerotilus*, 无色细菌 (属) *Achromobacter*, 亚硝化单胞菌 (属) *Nitrosomonas*, 黄杆菌 (属) *Flavobacterium*, 芽胞杆菌 (属) *Bacillus*, 节细菌 (属) *Arthrobacter*, 蛭弧菌 (属) *Bdellovibrio*, 大肠菌类 *Coliform bacteria*。

2. 活性污泥膨胀: 用活污泥处理污水时, 污泥膨胀是一严重问题。膨胀可由丝状菌引起, 也可以由其它原因造成。園欣彌 (1974)^[3] 认为用活性污泥处理工业废水时, 所遇到的污泥膨胀几乎都是由丝状菌引起的。已报导

的膨胀菌有球衣菌 (属), 芽胞杆菌 (属) 诺卡氏菌 (属) *Nocardia*, 贝阿托氏菌 (属) *Beggiatoa*, 发硫菌 (属) *thiothrix*, 亮发菌 (属) *Leucothrix*, 白地霉 *Geotrichum candidum*, 大肠杆菌 *Escherichia coli* 等等 (Pike 1971, van Veen 1973), 此外还发现有少量酵母。其中球衣细菌是有名的膨胀菌。Pipes (1967) 研究了丝状菌的生长和生理, 综述了活性污泥的膨胀问题, 讨论了膨胀机理和条件。

关于丝状膨胀的机理有下列假说 (園欣彌, 1974)^[3]: (1) A/V 假说, 丝状细菌的比表面积 (生物体的表面积 A/生物体的体积 V) 比菌胶团大; (2) 脂肪性活性污泥假说; (3) 选择性毒性假说; (4) 原生动物假说; (5) 细菌之间的平衡假说等等。这些假说都尚待继续研究。

3. 活性污泥细菌: Pike 等 (1971, 1972) 综述了活性污泥中已报导过的主要菌类, 假单胞菌 (属), 动胶菌 (属), 球衣菌 (属), 固氮细菌 (属) *Azotobacter*, 丛毛单胞菌 (属) *Comamonas*, 亚硝化单胞菌 (属), 色杆菌 (属) *Chromobacterium*, 无色细菌属, 黄杆菌 (属), 产气大肠细菌 (*Coli-aerogenes bacteria*), 微球菌 (属) *micrococcus*, 葡萄球菌 (属) *staphylococcus*, 芽胞杆菌 (属), 节细菌 (属), 棒状杆菌 (属) *Corynebacterium*, 诺卡氏菌 (属), 分枝杆菌 (属) *mycobacterium*, 蛭弧菌 (属)。

关于活性污泥中细菌的研究方法也有很多报导 (Pike 1972^[4], Williams 1971^[5], Gayford 1970^[6], Davcy 1970^[7], Lighthard 1969, Yin 1968, Prakasam 1967)。

4. 活性污泥生态系数学模拟研究: 根据 Michaelis-Menten 的动力学理论, 在污水处理构筑物中, 当处理条件达到稳定时所有的微生物群系都应达到动态平衡而具有常数值, 所以活性污泥是处于动态平衡的生态系。Curds 1974^[8], 1973a^[9], b^[10], 1971a^[11], b^[12] 用电子计算机技术及数学模拟研究活性污泥生态系中的生物生长过程, 提出了菌胶团形

成菌、游离细菌、原生动物等质量平衡方程式,但尚未能用于生产。

5. 当前菌胶团菌研究中的问题讨论: 在菌胶团菌研究中,有人认为菌胶团形成菌本身就是降解毒物的菌。例如认为生枝动胶菌 *Zoogloea ramigera* 即是典型的菌胶团形成菌,又具有降解毒物的能力。但有的学者持相反的见解。例如 Yoshitaka Tago 1975^[13]在用酚驯化三个月的活性污泥中,分离出一个典型的菌胶团,它是由两株菌组成,一株只形成絮状物,一株具有降解酚的能力,因此他假设菌胶团形成菌需要和游离细菌相结合,才能成为典型的、具有分解毒物能力的絮状物。问题的讨论尚在继续。

三、异常环境下微生物生态学

异常环境包括高盐环境、高、低温环境、高酸、碱环境、高压环境、还有其它的特殊环境如火山地、沙漠、地下的嫌气环境、原子炉等高放射环境等。研究内容有两个大方面:一是研究微生物物种生态;二是研究微生物适应极端恶劣环境的机理。异常环境下的微生物具有抵抗和适应恶劣环境很强的能力。例如嗜碱芽胞杆菌 (*Bacillus alkalophilus*) 能在 pH 11 生长;嗜热放线菌 (*Thermoactinomyces thermophilus*) 能在 85℃ 生长;嗜热脂肪芽胞杆菌 (*Bacillus stearothermophilus*) 能在 75℃ 生长;嗜酸的氧化硫硫杆菌 (*Thiobacillus thiooxidans*) 能在 pH 1.0—1.5 生长;好低温的嗜冷菌能在南极不冻湖 -18℃ 生长;嗜盐的盐制品盐杆菌 (*Halobacterium salinarium*) 可以在高达 20—30% NaCl 水中生长;耐高压的深海假单胞菌 (*Pseudomonas bathycetes*) 能在 1000 个大气压、3℃ 时生长。又如,耐酸嗜热的硫化裂片菌 (*Sulfolobus*) 能在 85℃ 转化元素硫成为硫酸。

研究微生物为什么能适应异常恶劣环境的机理,是当前微生物生态学研究很重要的一个内容,也是当前微生物生态学中发展

快、研究十分深入的领域。近年来,研究工作都在分子水平上进行,着重研究和生物适应有密切相关的蛋白质、核酸、酶、细胞膜等题目,着重了解微生物能在异常环境下生活下去的分子机理 (molecular mechanism)。这方面研究工作受到的重视程度还反映在国际会议上。1970, 1972, 1974 年共三次召开了关于异常环境下微生物适应机能的国际会议 (Extreme Environments Mechanisms of Microbial Adaptation)。

四、微生物生态学方法论

研究微生物生态学,由于微生物微观的特点,在研究方法上就存在着一定的困难及特殊性。高等动、植物每每可以利用其形态指示其生物作用,而对于形态单纯的微生物来说就很难。又如高等动、植物与环境的相互作用比较清楚,而对微生物来说则很困难,因为往往是将微生物在试管和培养皿内得出的有关增殖和机能的知识移到自然界,这里就存在着技术上和理论上的问题。例如平板计数,因培养基、方法等不同不能算出自然界存在的真正微生物数目,用直接镜检法检出的全细胞数,难于判断出活细胞与死细胞,另外丝状菌的计算也很困难。微生物之间的相互作用和共存作用,不是实验室单独求出的各个单一微生物值的总和,不是简单的机能的集合体。微生物生态系是许多机能统一组织起来的有生命的机体等等。因此探索微生物纯培养条件使其近似自然界,纯培养单菌株的微生物性质与自然条件混合状态下的微生物性质的异同,微生物种间的相互作用,微生物与高等动、植物之间的相互关系,微生物的采集与识别方法,确立典型纯培养法以外的生态检索方法,微生物特性与所在环境分析等等研究方法已是微生物生态学研究必须首先要解决的问题。1972 年日本举行的第一次微生物生态学会议,同年在瑞典举行的国际微生物生态学会议都是以探讨方法论为中

心议题。

在现代方法论的探讨中,人们对微生物因其种的纯一性,世代短等优点用来研究生态学(包括动、植物生态)基础理论问题,如种群动态等,认为微生物是理想的试验材料。

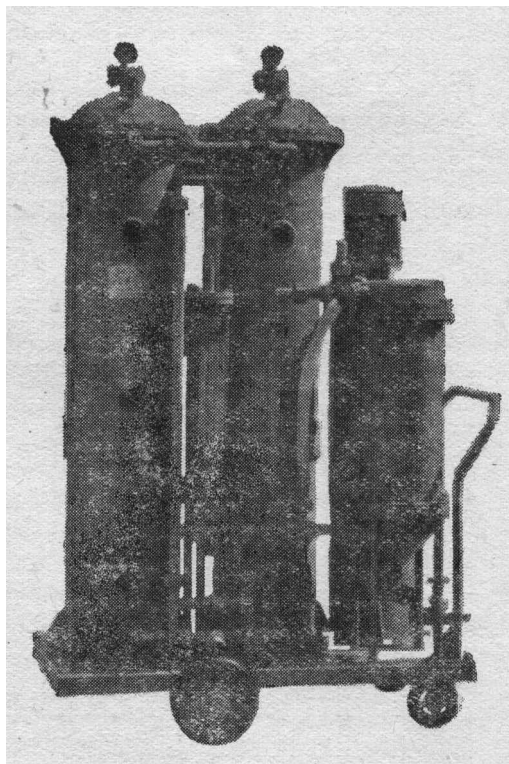
生态系的主要机制是绿色植物摄取太阳能,通过光合作用转化为化学能,并进行分配以维系生态系统的功能结构,是生产者。动物进行着能量与物质的分配,是消费者。微生物分解死亡的有机物质,将其还原为无机元素,重新被植物利用,是分解者。这样就构成了自然界生态系统中的物质循环。其中微生物起了重要的作用。

在我国,植物、动物、昆虫生态学的研究有了一定的基础和水平,并且已有一支队伍。而微生物生态学的研究则差距较大。因此填补微生物生态学的空白,发展我国微生物生

态学,这是生态学研究中的当务之急,应当引起有关方面的重视。

参 考 文 献

- [1] Chakrabarty, A. M., *Industrial Research*, **18** (1), 45—50 (1976).
- [2] U. S. Patent, 3,923,597 (1975).
- [3] 園欣彌,ケミカルエンジンニヤリノグ, **7**, 37—41 (1974).
- [4] Pike, E. B., *J. Appl. Bacteriol.*, **35** (2), 309 (1972).
- [5] Williams, A. R., *Effluent Water Tr. J.*, **11** (2), 83 (1971).
- [6] Gayford, C. G., *J. Appl. Bacteriol.*, **33** (2), 342 (1970).
- [7] Davey, K. W., *Water Wastes Treatment Jour.* **13** (2), 44 (1970).
- [8] Curds, C. R., *Water Res.*, **8** (10), 769 (1974).
- [9] Curds, C. R., *ibid*, **7** (9), 1269 (1973).
- [10] Curds, C. R., *ibid*, **7** (10), 1439 (1973).
- [11] Curds, C. R., *ibid*, **5** (10), 793 (1971).
- [12] Curds, C. R., *ibid*, **5** (11), 1049 (1971).
- [13] Tago, Y., *Jour. Gen. Appl. Microbiol.*, **21** (1), 41 (1975).



JSQ-80.80A型多功能净水器

设计单位: 西北建筑设计院、上海光明电镀厂、沙洲过滤设备制造厂

制造单位: 江苏省沙洲过滤设备厂

主要用途: 处理电镀铜、镍、铬、锌等废水

主要技术性能 经济效果

- 1 该设备每小时处理废水1—1.5吨;
2. 经处理后的水质达到回用的标准,并回收有价值的重金属原料;
3. 具有占地小,投资省,上马快,灵活性高,多种用途等特点。

实行三包 代办托运 欢迎订购

厂址: 江苏 沙洲 电话: 139.140