

环境微生物学

翁稣颖 戚蓓静 史家樑 编著
徐亚同 顾祖宜 周芭文



环境微生物学

俞毓颖 戚蓓静 史家樑 编著
徐亚同 顾祖宜 周芭文

科学出版社

1985

内 容 简 介

本书以微生物生态学为基础,就微生物在生物地球化学循环中的地位 and 作用、环境中各种污染物的微生物降解及其生态学意义、微生物菌群间的相互关系及环境对它们的影响、废水生物学处理的微生物学原理和具体应用等问题作了系统而详尽的阐述。

全书共七章,第一章绪言;第二章微生物在生物圈内生物地球化学变化中的作用;第三章污染环境下的微生物生态学;第四章水体的富营养化;第五章微生物群落生态学;第六章废水生物学处理的微生物学原理;第七章微生物与空气污染的关系。

本书内容系统全面,图文并茂,所论及的问题既有一定深度,又易于理解,可作为大专院校微生物专业和环境专业的教学参考书,亦可供从事环境保护工作的科技人员参考。

环 境 微 生 物 学

翁稣颖 戚蓓静 史家樾 编著
徐亚同 顾祖宜 周芭文

责任编辑 范淑琴

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年3月第一版 开本:787×1092 1/16

1985年3月第一次印刷 印张:19 3/4

印数:0001—6,650 字数:449,000

统一书号:13031·2839

本社书号:3948·13-9

定价: 4.60 元

序

在自然环境中,微生物担负着有机物质的矿化,使重要的碳、氮、硫、磷等元素得以循环周转,完成生物圈关键性的一环。在人类物质文明生活向前发展中,城市人口集中,油煤原料开采利用,工业品类不断创新,均意外产生环境污染,人们借助微生物降解有机物质的本能,找到了净化环境的有效措施。可以说,没有微生物就没有人类生存的基本环境条件;没有微生物可供利用,人们就很难免除生活环境的日益恶化。

微生物除了积极的主流作用外,有些也会在一定条件下产生毒素或致病等影响环境质量的副作用。

环境微生物学正是研究这些规律,利用这些规律以解决环境污染问题,恢复和发展美好的生活环境。

华东师范大学副教授翁稣颖等同志积多年来有关这方面的教学经验与研究心得编写成环境微生物学一书,供大专院校师生及科技工作者参考。兹值该门学科在迫切需要下初步形成的今天,该书之出版,不仅是读者所渴望,而且对本学科的发展也会起到促进作用。还希望广大读者对本书提出补充修改意见,以使其更加充实。

简浩然

前 言

从1967年起,我们结合上海地区污水处理的实际,开始从事水处理微生物学的研究。多年来随着环境保护工作的不断发展,水处理微生物学的研究,也受到了人们的广泛重视。在逐渐积累了一定的资料的基础上,我们陆续编写了多种适应大学教学和从事环境科学研究的同志们所需要的水处理微生物学资料及论述,受到了有关方面的很大的关注和鼓励。

随着环境科学的建立,环境微生物学作为环境科学的一个分支,正在污染微生物学研究和水处理微生物学研究的基础上,逐步发展起来,至今还只有十余年的历史,在我国则还是刚刚开始。1979年夏北京师范大学地理系环境学专业为研究生开设的环境学原理课程中,我们参加了其中环境微生物学专题的讲课,1979年秋季,我校第一次开设了环境微生物学选修课,供生物系高年级学生选读,并相应编写了《环境微生物学讲义》(初稿),供学生学习参考。由于我们的水平和经验不足,在教学过程中存在着许多不足之处,但也从这些尝试中取得了不少经验。1980年4月,荷兰微生物学家马尔德教授(E.G.Mulder)来校讲学,系统讲授了环境微生物学。全国环境工程和环境微生物学工作者济济一堂,在我校共同听讲和开展讨论、交流经验,进一步充实了教材内容,并对我们前阶段工作提出了宝贵的意见和建议,这是对我们极大的鼓舞和鞭策。在此基础上,我们决定对讲义初稿进行增订和修改,并拟编写出相应的实验指导书。

现在全书虽已基本定稿,但由于本学科正处在逐渐形成阶段,对于取材、选材和编写等方面,都在不断更新,所以虽然从初稿到定稿花去了一年半的时间,但直到最后,还在进行增补修改,因之全书可能会存在不少问题,我们迫切期待国内外同行专家和老师们给以指导和帮助,我们当虚心接受,并在今后的版次中不断修正,使本书得以逐步充实和完善。我们仅以此书作为对我国环境科学和环境教育事业的发展所作的一点微小的贡献。

负责本书编写的有翁稣颖、戚倍静、史家樛和徐亚同等同志。最后由翁稣颖定稿。

翁稣颖

1981.10. 上海

目 录

序.....	ix
前言.....	xi
第一章 绪论	1
第一节 环境科学与环境微生物学	1
一、环境科学的研究对象	1
二、环境科学的任务	1
三、环境科学与环境微生物学	2
四、环境微生物学的内容	3
第二节 微生物生态学的基本原理	3
一、生物圈及其组成	4
(一) 初级生产者	4
(二) 消费者	4
(三) 分解者	4
二、生态系统的概念	5
三、生态系统中发生的几个重要变化	7
(一) 能量与能量流	7
(二) 食物链和生物放大	7
(三) 元素的氧化-还原循环	10
(四) 元素的迁移循环	11
四、生态学金字塔	11
五、群落及其演替	12
六、微生物对生态系统的重要影响	13
七、生态系统的内平衡与反馈调节机制	13
八、生态系统的管理	14
第三节 学习环境微生物学的意义	15
第二章 微生物在生物圈内生物地球化学变化中的作用	16
第一节 生物圈及其作用	16
一、生物圈的能量来源	16
二、生物圈内的矿化作用	16
三、生物圈中的物质循环	18
第二节 自然环境中微生物的生态学特点	18
一、微环境	18
二、表面环境	20
三、营养	21
四、微生物在自然环境中的生长速度	21
五、影响生态系统的群体水平	22

第三节 土壤的形成和微生物的关系	22
一、土壤的形成	22
二、土壤是微生物的理想定居处	23
第四节 水生环境中微生物的生长特点	24
一、水生环境中占优势的微生物	24
二、初级生产者与食物链	24
第五节 有机物的微生物降解和碳素循环	25
一、有机物降解的重要性	25
二、含碳化合物的主要来源	25
三、碳素循环	25
四、自然水域中的分层变化和碳素循环	27
五、含碳化合物的好氧分解	28
六、含碳化合物的厌氧分解	29
(一) 甲烷形成和沼气发酵	29
(二) 沼气发酵的步骤	30
(三) 沼气发酵中甲烷形成的机制	30
(四) 甲烷细菌的种类	32
(五) 甲烷形成细菌的分离和保存	34
(六) 甲烷形成细菌在瘤胃内的生态学	36
七、甲烷的微生物代谢	37
(一) 甲烷循环	37
(二) 甲烷的氧化	38
第六节 氧循环	42
一、水体中的氧循环	42
二、碳氧循环的偶合	43
(一) 二氧化碳的还原和氧的生成	43
(二) 有机碳化合物的氧化和氧的还原	43
三、生化需氧量(BOD)的概念	43
四、CO ₂ 在大气中的平衡	44
第七节 自然界的氮循环	46
一、氮素的同化作用	46
二、氮素的矿化作用(或称氨化作用)	47
三、硝化作用	47
(一) 硝化作用过程	47
(二) 进行硝化作用的微生物	49
(三) 硝化作用与环境的关系	49
四、反硝化作用	50
(一) 自养反硝化细菌的作用	51
(二) 异养反硝化细菌的作用	51
(三) 反硝化作用发生的生境条件	53
五、硝酸盐的毒性	53
六、亚硝胺的毒性	54

七、固氮作用	54
(一) 生物固氮的效率	55
(二) 各种生态环境中的固氮微生物	55
第八节 微生物在硫素循环中的作用	57
一、生物圈中硫的重要性	57
二、硫转化的四种形式	58
(一) 同化无机硫化物	58
(二) 矿化有机硫化物	58
(三) 还原态无机硫化物的微生物氧化	59
(四) 氧化态无机硫化物的还原	63
(五) 硫化氢对环境的影响	65
三、由微生物形成的其他硫化物	65
第九节 微生物在自然界磷素循环中的作用	66
一、磷在自然界的存在状态	66
二、自然界磷循环中的几个重要作用	66
(一) 有机磷的矿化作用	66
(二) 磷的有效化(可溶化)作用	67
(三) 磷的同化作用	68
三、磷与水体污染	68
第三章 污染环境下的微生物生态学	69
第一节 污染环境下微生物生态学的研究内容	69
第二节 无机污染物的微生物学转化	69
一、铁和锰的转化与酸矿水	69
(一) 铁和锰对生物体的重要作用	69
(二) 微生物对铁、锰转化的重要影响	70
(三) 进行铁、锰氧化的微生物	71
(四) 铁和锰的生物学氧化机制	74
(五) 铁和锰的转化与实践的关系	79
二、汞在自然界的转化与汞中毒	81
(一) 汞存在的形态	81
(二) 汞的甲基化	82
(三) 甲基汞的还原作用(解汞作用)	83
(四) 汞的生物放大	84
(五) 汞的污染源和防治措施	85
三、其他重金属和痕量元素的微生物转化	87
(一) 砷	87
(二) 镉	89
(三) 硒和碲	89
(四) 铅	89
四、无机污染物的检测标准和控制	90
第三节 工业石油微生物学	90
一、碳氢化合物在自然界的分布	91

二、碳氢化合物的人为污染及其危害	91
三、碳氢化合物的微生物降解与实践的关系	91
(一) 石油蛋白的开发研究	92
(二) 微生物在石油勘探中的应用	92
(三) 微生物生长对石油质量的影响	93
(四) 微生物在海面油污治理中的作用	93
四、环境条件对烃氧化微生物活动的影响	94
五、石油微生物的研究方法	96
六、石油污染的生物学控制	96
第四节 微生物形成的污染物	96
一、霉菌产生的有毒污染物	97
二、细菌产生的毒素	101
第五节 有机污染物的生物降解性	101
一、有机污染物生物降解性研究的意义	101
二、有机污染物生物可降解性的特点	102
(一) 多样性	102
(二) 结构与可降解性的相关性	103
(三) 共代谢	104
三、微生物分解有机物质的巨大潜力	105
四、有机物生物可降解性的测定方法	108
(一) 用华氏呼吸仪测定有机物生物降解性的原理和方法	108
(二) 测定有机物生物降解性的其他方法	110
第六节 重要有机污染物的生物降解途径	112
一、生物降解的一些基本反应	112
二、糖类、脂肪、蛋白质的生物降解	113
三、碳氢化合物的生物降解	116
(一) 烷烃类化合物的降解	116
(二) 烯烃类化合物的降解	117
(三) 芳烃类化合物的生物降解	117
四、氰(腈)化合物的降解	120
五、合成洗涤剂的降解	121
六、农药的生物降解	122
(一) 苯氧乙酸的微生物降解	122
(二) 氟乐灵的生物降解	124
(三) DDT 的生物降解	124
第七节 非天然合成有机物降解的可能性	126
一、超级细菌与浮油消除	127
二、高抗汞菌的选育	127
三、抗药性在农药降解中的应用	128
第八节 环境污染的微生物测定	128
一、评价水质的污水生物体系	128
(一) 污水生物带体系	128

(二) 污水优势群落生物体系	129
(三) 根据物质代谢及能量流建立污水生物体系	131
二、利用微生物检测环境中致突变污染物	132
(一) Ames 试验的基本原理	132
(二) 测试步骤	132
(三) Ames 法的检测效果	133
第四章 水体的富营养化	134
第一节 水体富营养化的概念	134
第二节 引起水体富营养化的原因	134
一、富营养化水体中的生物种类及生物结构特征	134
二、藻类生长需要的营养和营养来源	135
(一) 藻类需要的营养成分	135
(二) 藻类的营养来源	136
三、光与温度对藻类生长的影响	138
(一) 光	138
(二) 温度与水的分层现象	138
四、评价水体富营养化的指标	140
(一) 测定水域中光合作用强度与呼吸作用强度之比	140
(二) 藻类生产潜在能力测定	141
(三) 光合作用产氧能力测定(即水中原初产量测定)	142
(四) 其他评价富营养化的方法	142
五、富营养化造成的危害	143
六、水体富营养化的控制措施	143
(一) 加强水体的生态学管理	143
(二) 化学除藻	144
(三) 生物学控制	144
(四) 解层作用(破坏分层现象)	145
(五) 在生化处理过的排放水中进行脱磷、脱氮处理	145
(六) 采收藻类,综合利用	146
第五章 微生物群落生态学	147
第一节 压抑因子对微生物群落的影响	147
一、无机营养引起的压抑现象	147
二、有机基质引起的压抑现象	149
三、毒物的影响	149
(一) 生物浓缩的影响	149
(二) 选择毒性作用的影响	149
(三) 对化学信号或受体的干扰	150
四、热干扰	150
五、放射性物质的影响	151
第二节 微生物群落的多样性和稳定性	151
第三节 生物界的互惠现象	152
一、共栖现象	152

二、原始合作	152
三、共生现象	153
第四节 微生物群落中的拮抗现象	154
一、营养竞争与空间竞争	154
二、抗生素和毒物	154
三、捕食作用	155
(一) 捕食细菌	155
(二) 捕食藻类	156
(三) 捕食病毒	156
第五节 化学信号	157
第六章 废水生物学处理的微生物学原理	159
第一节 废水生物学处理的概况	159
一、废水的性质和来源	159
二、废水处理的方法	160
(一) 物理法	160
(二) 化学法	161
(三) 生物法	161
三、废水的浓度指标和净化度指标	161
(一) BOD (Biochemical Oxygen Demand)——生物化学需氧量	161
(二) COD(Chemical Oxygen Demand)——化学需氧量	163
(三) 悬浮固体——SS(Suspended Solid)	163
(四) 含氮化合物	165
四、废水生物可降解性的测定方法	165
(一) 测定 BOD 与 COD 之比	165
(二) 通过呼吸线的测定来判定废水的可生化性	166
(三) 进行摇床试验及模型试验,直接测定微生物去除有机物的效果	167
(四) 进行微生物培养试验,观察有机物对微生物生长繁殖的影响	167
五、废水生物学处理法的发展概况	167
第二节 废水生物学处理的基本原理	168
一、天然水体的自净现象	168
二、废水生物处理的作用机理	170
第三节 废水生物处理的类型	171
一、活性污泥法	172
(一) 活性污泥法的主要类型及其特点	172
(二) 活性污泥在废水处理中的作用	174
二、生物滤池	175
(一) 洒滴池的结构及作用原理	176
(二) 生物滤池中微生物区系的特点	180
(三) 生物滤池的应用效果	182
(四) 塔式生物滤池和生物转盘	182
三、厌气消化法(即甲烷发酵)	183
四、氧化塘	184

(一) 氧化塘净化污水的原理	185
(二) 氧化塘中的微生物	186
(三) 氧化塘的管理与实践	187
五、废水处理方法的选择	189
第四节 废水生物学处理中的微生物生态学研究	189
一、废水处理微生物生态学研究的重要性	189
二、废水输送系统中的微生物生态特点	190
三、活性污泥中的微生物生态学研究	190
(一) 活性污泥中的菌胶团细菌	191
(二) 活性污泥中的丝状细菌	206
(三) 活性污泥中的真菌	224
(四) 活性污泥中丝状微生物检索	224
(五) 活性污泥中的动物	224
(六) 活性污泥中的藻类	240
(七) 活性污泥中出现的微生物生态演替现象	242
(八) 指示生物及其在活性污泥法处理废水中的应用	244
四、活性污泥的膨胀现象	248
(一) 污泥膨胀的类型	248
(二) 引起活性污泥膨胀的微生物种类	249
(三) 活性污泥膨胀原因的探讨	250
(四) 活性污泥膨胀的控制	253
五、活性污泥代谢的研究	255
(一) 活性污泥中异化活力的研究	255
(二) 活性污泥中同化活力的研究	257
(三) 活性污泥细菌的营养特点	258
(四) 废水处理中微生物脱磷的原理与应用	259
(五) 废水微生物脱氮的原理和应用	269
第五节 与活性污泥法废水处理有关的其他微生物学问题	270
一、营养问题	270
二、污泥驯化-适应选择作用的应用	271
三、非降解性物质的干扰	272
四、废水处理中的消毒问题	272
五、活性污泥的上浮现象	272
(一) 大块污泥上浮	273
(二) 小颗粒污泥上浮	273
(三) 污泥丝状菌膨胀引起的上浮	274
第六节 选育高效菌株处理特定废水	274
一、氰(腈)化合物分解微生物的分离选育与应用	274
二、酚分解微生物的分离和应用	276
三、利用红螺菌科(Rhodospirillaceae)细菌处理高浓度有机废水的原理和应用	276
(一) 光合细菌的分类	277
(二) 光合细菌的形态和大小	277

(三) 光合反应的供氢体和能量获得的方式	277
(四) 光合细菌的营养要求	279
(五) 光合细菌的生态分布	280
(六) 红螺菌科细菌的分离培养	281
(七) 光合细菌净化废水的作用原理	282
(八) 利用光合细菌净化废水的实例	283
第七章 微生物与空气污染	287
第一节 微生物与空气污染的关系	287
第二节 空气污染物及微生物学过程对空气污染的影响	287
一、几种主要的空气污染物	287
二、微生物学过程对空气污染的影响	288
第三节 空气污染对人类的影响	289
第四节 空气污染的生物指示作用	290
一、空气污染对植物的损害	290
二、附生植物对空气污染的指示作用	291
(一) 地衣对空气污染的指示作用	291
(二) 苔藓植物对大气污染的指示作用	293
三、微生物对空气污染的指示作用	293
四、利用微生物指示致癌物的污染	295
参考文献	296
微生物学名索引	299

第一章 绪 论

第一节 环境科学与环境微生物学

一、环境科学的研究对象

环境科学是一门综合性很强的学科，涉及到自然科学和社会科学的广泛领域。它研究的对象是研究人和环境的关系。人类活动尤其是由此而产生的污染物引起了环境质量的变化，这种环境质量的变化又反过来影响人类生存。所以环境科学的重点是研究污染物在环境中的迁移转化规律，以及由此而引起的环境质量的变化和控制与改善的途径。由于人和环境的关系所包含的广泛内容，决定了环境科学的综合性，所以环境科学包括了相当广泛的、由各学科相互渗透所产生的许多新学科，如环境物理学，环境化学，环境地学，环境医学，环境生物学等等。环境微生物学就是在此基础上发展起来的一门新的分支学科(图 1.1)。

二、环境科学的任务

环境科学就世界范围来说，从兴起到形成只有一、二十年的历史，六十年代进行了一些零星的、分散的工作，到了七十年代初，才初步汇集成一门具有广泛领域和丰富内容的学科。

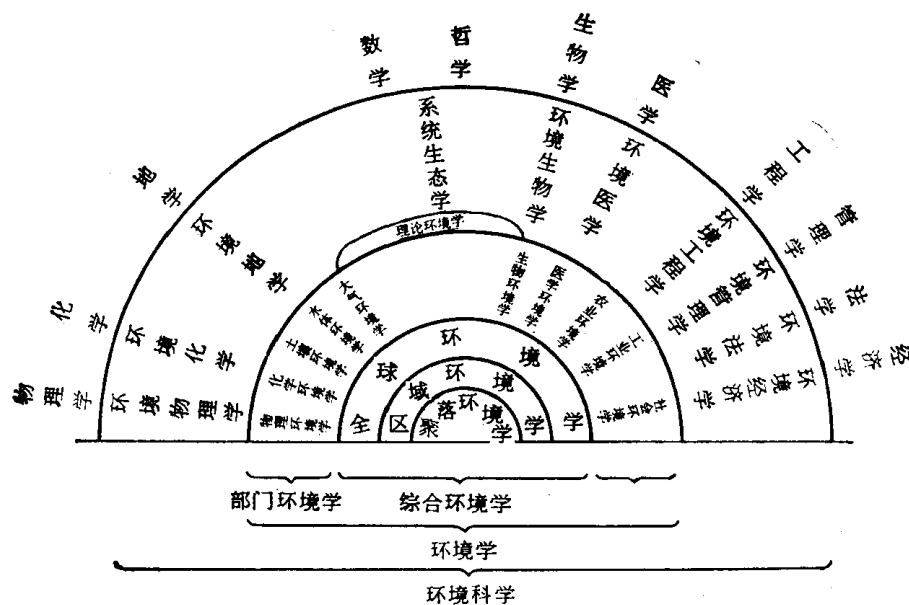


图 1.1 环境科学与相邻学科相关性

我们研究环境科学的任务,主要在于掌握“人与环境”系统的发展规律,调控人与环境间物质与能量的交换过程,改造环境,造福于人民。从人与环境关系的发展趋向看,虽然其主流是积极地相互促进的,人类不断改进着对环境利用改造的活动,但也还存在着消极的一面,即对环境不同程度的污染和破坏,而被污染和破坏的环境又反作用于人类,造成了日益严重的问题,这就是七十年代以来,人们最关心的问题之一——公害问题,或称之环境问题。

所以会造成消极一面的严重发展,主要原因之一是由于受到人类认识水平所限,往往预见人类活动对环境直接的、近期的影响较易,预见远期的、间接的影响较难,因而对消极一面的严重性认识不足所造成。

在人类活动的早期,人们主要是利用环境,很少去改造环境。人类以其代谢活动与环境进行物质与能量的交换,所出现的环境问题,往往只限于对资源利用的无计划性上。以后人类学会了驯养动、植物,就有了农牧业,开始出现了人改造环境的作用。如砍伐森林,破坏草原所造成的水土流失和沙漠化;兴修水利不得当所造成的沼泽化和血吸虫病的大传播,仅在非洲和东南亚流行,受害者就达二亿五千万人。据了解埃及尼罗河上的阿斯旺水坝落成后,血吸虫病也随之蔓延。

随着现代大工业的出现,生产发展史上又经历了一次革命,人类物质生活条件大大丰富,人类活动领域空前扩展,与此同时,也带来了新的环境问题。过去长时期中农业生产所排放出来的废料,已逐渐纳入物质生物小循环,而得以迅速净化,重复利用。如今大规模的工业生产,诸如把大量埋于地下的矿藏开采出来投入环境,工业品的生产和消费过程中排放的废料等等,大多是人类不熟悉的,也是自然界的生物所不熟悉的。因此就难以为生物所降解、同化或忍受。这种由于污染造成的环境问题,其影响之深远,已远远超出了地理界线,而且涉及到人类子孙后代的健康,从而引起了人们的高度重视。

我们可以举几个例子来说明,由于化学污染(包括化肥、农药等的污染),使南极企鹅,北极苔原上的驯鹿都受影响,甚至格陵兰的冰雪中都含有 DDT。这是通过大气和水循环而导致全球性影响的。随着固氮工业的发展和大面积种植豆科植物,使固氮超过了反硝化,很难想像,若干年后会对环境中的氮循环,氮平衡产生什么影响!再以美国农业的高度机械化而言,单位面积所消耗的矿物燃料的能量已超过了植物光合作用转化太阳能的十倍,这是一笔亏损帐,将来可能会影响热量平衡。凡此种种,都是环境科学所需重视和研究的问题。

三、环境科学与环境微生物学

上面已经提到,随着环境科学的发展,由于各学科的互相渗透,而逐渐形成了许多新的学科。我们把利用原有学科来研究环境问题的称为基础环境学,其中包括许多相应的分支学科。如研究生物与受污染和被破坏的环境之间相互作用的机理及其规律的环境生物学即属于这一领域,它是由生物学分化出来的一个边缘学科。是环境科学的一个重要组成部分(见图1.1)。而环境生物学又与微生物关系十分密切,它们又互相渗透,从而又产生了环境微生物学这一分支学科。

环境微生物学只是到六十年代末才开始兴起,至今不过十年左右的历史。六十年代

末,美国《应用微生物学》杂志改名为《应用及环境微生物学》杂志,这是把环境微生物学提出作为一门独立的分支学科的标帜。环境微生物学在基础环境科学中异军突起的主要原因是因为随着大工业发展所引起的环境污染,其污染物的生物降解主要靠微生物,这些物质的生物可降解性往往是作为该污染物污染性质和程度的重要指标。而各种污染物由于微生物作用的结果,既给环境带来了有利的影响,如污染物的被消除,又可能对环境带来不利的影响,即给环境带来了反作用。如汞经微生物作用而生成剧毒的甲基汞,水处理的结果造成水体的富营养化等等。所以环境微生物学的开端,实际上正是从研究微生物在污染环境下的生态学和污水处理微生物学开始的。

四、环境微生物学的内容

由于环境微生物学的发展历史尚短,目前随着实践的需要,环境微生物学的内容,正在不断丰富,至今仍在发展之中,但从环境微生物学所研究的内容来看,主要是研究污染环境与微生物菌群之间的相互关系,也就是各种污染物对微生物活动的影响,并由此而产生的微生物活动所导致的环境变化。在污水处理实践上,利用水体自净的原理而发展起来的水处理微生物学,也包括在这一领域之内。如果再扩大来理解,也可以把整个自然环境(主要是水生和陆生环境)与微生物种群之间关系的研究,也列入这一学科范围之内,也就是所谓广义的环境微生物学。

根据以上认识,我们暂且把环境微生物学主要分成下列几个方面来讨论。

(1) 非污染环境中的微生物生态学: 这是指整个非污染的自然环境(包括水生、陆生和大气)与微生物种群之间关系的研究和在非工业污染的情况下,微生物在生物地球化学循环中的作用研究。这一部分内容即通常所说的微生物生态学的主要部分,也是环境微生物学的基础和出发点。

(2) 污染环境中的微生物生态学(或称污染微生物学): 本来,在自然界中微生物的栖居地是非污染的环境,由于人类的活动,尤其是大工业生产排出了大量废物进入环境,使环境及生活于其中的各类生物(包括微生物)深受影响,污染环境中的微生物生态学是研究污染环境及微生物群落的相互关系,即污染物对微生物活动的影响,以及微生物活动对污染物的降解、转化以及对环境质量变化的影响。这是环境微生物学讨论的重点。

(3) 利用环境微生物学原理开展治理环境污染的实际应用: 这是学习和研究本学科的目的之一。早年,作为污水处理重要手段的废水生物学处理,就是根据水体自净过程中微生物生态学原理的研究成功地生产实践中应用的结果。而应用中提出的问题的逐步解决,不仅使废水生物处理得以改进、提高,同时又使水处理微生物学原理的研究不断充实和发展。近年来,以污水灌溉为主的土地处理系统,生物防治,固体废弃物的微生物降解,以及微生物作为环境监测的指标与手段都是在这些原理的基础上发展而延伸出来的。

第二节 微生物生态学的基本原理

生态学是生物科学的一个重要分支,涉及到生物之间的相互关系,以及生物与非生物之间的相互作用。在这密切的相关与相互作用中,微生物占有极其重要的地位,它在自然

界中起着生物媒介物的作用,将地球上的一切非生命组分与所有其他生物联系起来,绿色植物与藻类利用太阳能将无机物质转化为有机物质,成为建造活细胞的材料,这些活细胞又是所有其他生物的主要营养来源,但随着生物的衰老死亡,又会留下一具具尸体。如若没有微生物的作用,可以设想,不要很久,地球表面的动植物尸体就会堆积如山,而氮、磷等重要元素,也将很快被耗尽而无法再加以利用。又如在土壤或水中,要是营养成分投加过多,或某些有毒化学物质进入其中,就会造成灾难,常会刺激或抑制某种或某几种微生物的生长。例如氮肥流失而进入饮用水池,经过细菌的作用就会被氧化而生成有毒的硝酸盐和亚硝酸盐。可见生物与其环境(包括生物与非生物)之间的关系是何等密切,相互之间的影响又是多么深刻。

为了解微生物在环境中所起的作用,就必须了解生态学的基本原理。

一、生物圈及其组成

生物有机体是生活在地球表面薄薄一层的区域内,依靠地球表面存在的空气、水、土壤维持生命,人们把地球上所有生物及其所居住的那一部分环境的总和,称为生物圈(biosphere)。生物圈的范围包括地面以下几公里深度至地球表面几十公里高度,即包括大气圈下层和岩石圈上层的整个水圈和岩石圈,这个范围内,生物有机体与自然环境相互作用,相互渗透着,进行着巨大的生物地球化学变化。生物圈是由非生物组分(包括无机物质,有机化合物及气候)和生物组分(包括初级生产者,如藻类、光合细菌和绿色植物;消费者,即所有最终要依靠初级生产者作为能源的生物;分解者)所组成。

(一) 初级生产者

是指能利用光、 CO_2 、无机物和水,通过光合作用合成有机物的生物。海洋中的单细胞藻类、光合细菌、多细胞海藻都是初级生产者。在深海中的重要生产者多为多细胞藻类。淡水中的初级生产者,主要是单细胞藻类和光合细菌。污染严重的水体中,水生多细胞藻类占优势。陆地上的初级生产者是绿色植物。

(二) 消费者

即指直接以光合生物(初级生产者)为食料或相互食用的生物。图 1.2 所示为非生物环境、生产者与消费者之间的错综复杂的关系。生产者为消费者所食,较小的消费者又为较大的消费者所食,这样的每一步骤都称为一个营养级(trophic level)。生产者位于营养级的最低层。在海洋中鲨鱼和鲸的营养级最高,在陆地上人所占的营养级位于最高点。

(三) 分解者

指具有分解动植物尸体及其排泄物能力的微生物,主要是细菌和真菌。它们能把复杂的动植物残体分解为简单的化合物,最终分解为无机物,归还到环境中。所以分解者的