

环境微生物学

戴华生 邱文芳主编

江西教育出版社



环境微生物学

周仲生、陈文君主编

江苏教育出版社

环境微生物学

戴华生 邱文芳 毛梅英 何侠宝 罗拥政 何明松 宝清良 编著

江西教育出版社

一九八五年·南昌

封面设计：梅家强

环境微生物学

戴华生 邱文芳 毛梅英 何侠宝 编著
罗拥政 何明清 周松良

江西教育出版社出版

(南昌市第四交通路铁道东路)

江西省新华书店发行

江西中医学院印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张14 字数310,000

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

印数1—3,000

统一书号：00110·0000

定价：2.60元

绪 言

一、微生物与环境微生物学

微生物 (Microorganism) 是所有形体微小, 用肉眼看不见的, 必须用光学显微镜或电子显微镜放大几百倍或甚至几十万倍才能观察到的单细胞或个体结构较为简单的多细胞, 或无细胞结构的微生物的通称。微生物虽然个体微小, 但有一定的形态结构, 能在适宜的条件中迅速生长繁殖; 微生物是一大群各种各样的, 独立生活的生物, 它们以单细胞或以细胞群落存在。

微生物学 (Microbiology) 是生物学的一个分科, 它是研究微生物在一定环境条件下的形态、结构、生理、生化、生长繁殖、遗传变异、生态、微生物之间, 微生物与自然界, 人类、动物、植物之间的相互作用的科学。由于微生物学的发展和人类生活的实际需要, 微生物学的研究范围日趋广泛深入。又由于研究范围不同以致微生物进一步分科的出现, 其不同分科方法是:

按群类区分: 病毒学、细菌学、藻类学、真菌学, 原生动物学 (原虫学)。

按生境区分: 环境微生物学, 土壤微生物学, 水微生物学, 海洋微生物学。

按问题区分: 微生物生态学, 病原微生物学, 医学微生物学, 兽医微生物学, 农业微生物学, 工业微生物学, 地质微生物学, 食品微生物学。

这些分类在一定程度上是人为的, 并有重叠, 但各分支学科

的相互配合,相互促进,将有利于微生物学的全面深入的发展。

环境微生物学(*Environmentae microbiology*)是研究环境对微生物活动的影响和微生物对环境的影响以及微生物生态演替的科学。

环境微生物学研究自然环境中的微生物群落、结构、功能与动态;微生物对不同环境中的物质转化与能量转移的作用机理,进而考察其对环境质量的影响。并为质量综合评价提供微生物学参数。同时,通过此种考察,查明自然环境中动、植物以外的微生物天然资源,为开发利用有益微生物种群提供科学资料;在人类认识自然,保护自然,也就是防止破坏生态平衡,保护人类赖以生存的自然环境和自然资源的活动中,提供微生物资料依据。故又可称为“广义的环境微生物学”。

二、微生物的进化

远在上古时代,我国劳动人民虽限于当时的条件,未能看到微生物。但在长期和自然斗争中,在工农业生产与疾病防治上,早已应用微生物的知识于生产实践中。

首先看到微生物的是荷兰人吕文胡克(*Antony Van Leeuwenhock* 1632—1723)。1676年他制造出第一架放大200倍左右的原始显微镜,并从积水、井水、牙垢以及人与动物的粪便中,看到了球形、杆形、螺旋形的微生物。直到19世纪,才知道微生物同时具有动物性和植物性两种特性。现在公认微生物是由动物和植物的共同祖先进化而来的,并未曾发生什么很大的变化。

地球上最早出现的细胞型大概是厌氧性原核生物,由此进化为三个支系,即:(1)能营光学作用的;(2)需氧生长的;(3)原始真核生物(*Proto-eukaryotes*);它们开

始有真核结构，如微管系统和复杂的核结构。

现代真核生物的出现，看来是以下事态相继发展的结果：

(1) 蓝细菌与厌氧性原始真核细胞间发生胞内共生现象和由此而产生叶绿素；(2) 出现另一种胞内共生生物（即需氧性原核生物），并导致线粒体出现。这两种事态的发生，引起了能营光合作用的需氧性真核生物出现，它相当于现代的高等藻类。此外，叶绿体的消失，引起原虫出现，和最终产生真菌和粘菌。

根据上述进化推论，可以认为：现代的厌氧性细菌和原始细菌是直接由最早的原核生物进化而来的，在这过程中，并未发生重大变化。至于现代病毒的起源，尚不清楚，一个比较合理的假说是它起源于各自的宿主细胞基因组，它摆脱了正常细胞的控制，并获得病毒衣壳，图示上述各微生物种群在演化理论方面相互关系的总结。图中右侧所列的是现代微生物诸大类，横线表示进化的时间，垂直线表示相对的进化程度。

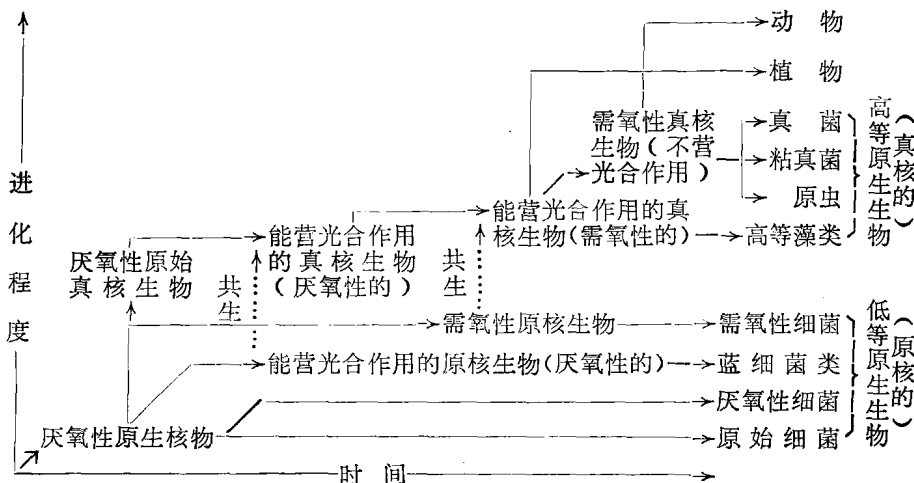
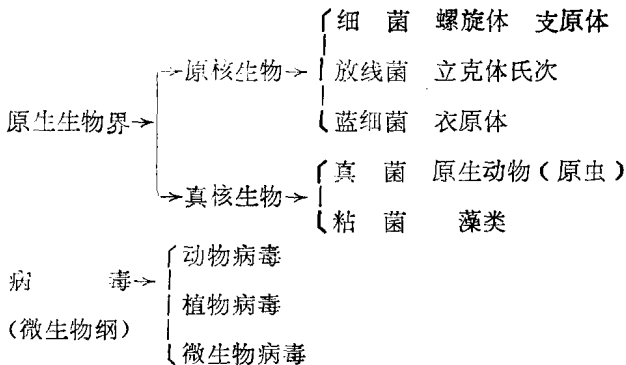


图1 主要微生物种群的进化关系

藻类这一名词长期由于指称含叶绿素的微生物，它产生的气体氧是光合作用的副产品，电子显微镜检查揭示，一大群以前称为蓝绿藻的微生物是真正的原核生物，因此，改称为蓝细菌（Cyanobacteria）。

有三群原核生物，即甲烷菌（methanogens）、极嗜盐菌（extreme halophiles）和嗜热酸菌（thermoacidophiles）都有不同于其它原核生物的特性，因而被认为是最原始形式的生物，总称为原始细菌（archaeobacteria）。经细菌核糖核酸（RNA）碱基顺序分析证明，原始细菌与其他细菌没有密切的亲缘关系，它们的细胞壁和细胞膜成分及其物质代谢，也都不同。

微生物虽然种类很多，但其生物学特性，除非细胞型的病毒外，其余均属于原生生物界（Protista）。原生生物根据其细胞结构，组分差异等，又分为原核生物和真核生物两大类。现代微生物学分类如下。



三、环境微生物学的研究方向

本世纪三十年代以来由于电子显微镜的发明，同位素示踪

原子的运用，生物化学，生物物理、分子生物学等新理论新技术的出现，大大促进了环境微生物学理论和技术的迅速发展，迈进了亚细胞水平与分子水平。在理论研究发展的同时带来了生产的发展。

在环境污染日益严重的情况下，环境微生物将着重研究微生物污染环境三者的关系，即探讨各种污染环境对微生物活动的影响。由此带来的微生物活动，对环境质量变化的影响。从这个角度出发，其研究主要内容可分为以下几方面：

1. 研究微生物对环境污染、破坏与环境质量下降的规律：

人类生活和生产过程，排出污水，废物中带有大量病原微生物，在一定条件下可造成环境严重污染，甚至引起疾病流行（如很多医院的污水未经处理即排放至江河湖泊中）。

为了解决世界面临的缺水危机，农业上广泛以污水灌溉，有些生活污水未经处理即行排灌，亦未考虑其中存在病源微生物。据报导，在二级处理并经加氯消毒后的出水中仍有相当数量的微生物，因此，不合理的灌溉将会引起环境的污染与疾病的传播。

环境微生物学将分别研究水体、空气、土壤、食品等不同环境条件下病原微生物的类型，污染规律，传播途径、危害与控制的措施。

微生物代谢产物对环境的污染是污染环境微生物学中惹人注目的重要课题。一方面微生物代谢活动产生一般性物质，如强酸、硫化氢等，在特定条件下可能积累在环境中造成危害；另一方面，微生物代谢活动产生某些特殊的毒性化学物，甚至是致癌、致突变物，积累在环境中，严重威胁人体健康。如，水体中具有毒性的甲基汞、亚硝酸胺类化合物，食品中黄曲霉毒素

等的积累，均与微生物的活动有关。必须深入研究产生有害代谢物的微生物种群，其代谢作用机制，以便控制其活动，消除其危害。

由于水体富营养化，在沿海港湾与内陆湖泊发生赤潮、水华的危害，是由某些微小藻类暴发性增殖所造成。为此，要研究分离引起此等危害的藻类及其产生的毒素。

2. 研究微生物对污染物质的降解与转化，从而修复改善环境

随着现代工业的发展，排放出大量工业废物、废液严重污染环境。微生物对污染物能较快适应，并可使各种废物、废液得到降解转化。只要获得适当的微生物，在适当条件下，几乎所有的有机污染物均可被微生物降解彻底转化成无机物。

有机污染物的生物降解与微生物的种类、基质、环境条件等有密切关系。近年来在基质化学结构与降解性质粒等方面的研究中取得了颇大进展，对于石油、农药、化纤原料、染料、重金属等各种污染物的微生物代谢、降解与转化，取得了不少成果。虽然已分离筛选出一些高效菌株用于生产实践中，但还要进一步探索。

运用分子生物学、分子遗传学新理论、新方法，通过遗传工程手段创造新的高效微生物菌株，加速分解多种有毒物质，如有人将降解芳烃、萜烃、多环芳烃的质粒转移到能降解脂烃的细菌内，结果获得了同时能降解四种烃类的超级菌，它能把原油中约三分之二的烃消耗完。

3. 探索应用微生物作为环境监测的指标

在环境监测工作中，普遍应用微生物学方法作为监测手

段。如饮水细菌总数的测定，大肠菌群，粪链球菌等粪便污染指示菌的检测，肠道致病菌，肠道病毒的测定等。

近来发展了多种利用微生物快速检测环境致突变物与致癌物的方法，其中包括原核生物与真核生物。如沙门氏菌/肝微粒体试验法，有可能发展成为一项常规性的环境监测方法。

4. 微生物生态在环境微生物学中占有重要地位

需要结合我国特定区域环境，如工业环境，农业环境，地质环境和卫生环境等来进行微生物生态的研究，摸清规律，必将大有益于国民经济的发展与保护环境，造福人民。

目 录

绪言	(1)
第一章 生态学原理	(1)
一、生物圈	(1)
二、群落	(4)
三、能量转移	(6)
四、内部平衡	(14)
五、生态系统的管理	(16)
第二章 原生生物	(18)
一、生物界分类	(18)
二、原核生物与真核生物	(20)
三、微生物的分布	(22)
四、研究方法	(27)
第三章 原核生物	(37)
一、细菌	(37)
二、螺旋体	(59)
三、立克次氏体	(63)
四、衣原体	(68)
五、支原体	(69)
六、蓝细菌	(70)
七、放线菌	(74)
第四章 病毒	(82)
一、病毒的大小与形态结构	(82)
二、病毒的繁殖过程	(84)
三、动物病毒分类	(85)

四、主要的RNA和DNA动物病毒·····	(85)
五、病毒实验方法·····	(87)
六、生境·····	(93)
第五章 真核生物·····	(94)
一、真菌·····	(95)
二、粘菌·····	(106)
三、原生动动物·····	(108)
四、藻类·····	(116)
第六章 微生物的营养与代谢·····	(124)
一、微生物的营养·····	(124)
二、微生物的营养类型·····	(130)
三、微生物的代谢·····	(133)
第七章 营养循环·····	(139)
一、氮的循环·····	(140)
二、硝酸盐的毒性·····	(146)
三、磷的循环·····	(148)
四、硫的循环·····	(151)
五、碳的循环·····	(153)
第八章 微生物的生长与死亡·····	(157)
一、微生物的生长·····	(157)
二、微生物的死亡·····	(166)
第九章 微生物的遗传与变异·····	(178)
一、遗传与变异的物质基础·····	(178)
二、遗传物质的转移·····	(184)
三、突变·····	(186)
四、微生物变异的实例与选育·····	(192)
第十章 免疫学基础·····	(196)
一、抗原与抗体·····	(197)
二、非特异性免疫·····	(201)

三、特异性免疫·····	(207)
四、免疫学实验·····	(225)
五、超敏感反应·····	(228)
第十一章 水传播的病原微生物·····	(232)
一、环境与微生物群落的性质·····	(232)
二、水中微生物的控制·····	(233)
三、研究方法·····	(234)
第十二章 微生物和有害气体污染大气·····	(240)
一、空气污染及其危害·····	(240)
二、微生物在空气中的分布·····	(243)
三、微生物的作用·····	(248)
四、有害气体污染对人类和植物的危害·····	(253)
五、污染指示微生物·····	(254)
第十三章 食物传播的病原微生物·····	(257)
一、环境与细菌群落的性质·····	(257)
二、生态学·····	(260)
三、食物中微生物的控制·····	(262)
四、研究方法·····	(264)
第十四章 土壤中的微生物·····	(266)
一、环境与微生物群落的性质·····	(266)
二、生态学·····	(268)
三、土壤中病原微生物的控制·····	(270)
四、研究方法·····	(270)
第十五章 富营养化·····	(272)
一、生态系统的生产量·····	(273)
二、湖泊富营养化问题·····	(276)
三、河口和海湾的营养问题·····	(284)
四、富营养化的控制·····	(285)
第十六章 有机物的降解·····	(287)

一、有机物的来源·····	(287)
二、需氧降解·····	(289)
三、生化需氧量·····	(294)
四、厌氧降解·····	(298)
五、影响有机物降解的主要因素·····	(301)
六、有机生物降解的机理·····	(302)
七、河川净化·····	(303)
第十七章 不易降解的有机化学物·····	(307)
一、有机污染物的分类·····	(307)
二、石油碳氢化学物·····	(308)
三、农药(杀虫剂)·····	(311)
四、去垢剂(洗涤剂)·····	(317)
五、塑料·····	(320)
六、多氯联苯·····	(321)
七、三丙烯睛的降解·····	(322)
八、黄曲霉毒素B ₁ ·····	(323)
九、有害动、植物的生物学控制·····	(323)
第十八章 金属物的污染·····	(326)
一、汞污染·····	(327)
二、镉与微量金属污染·····	(332)
三、微生物对铁锰转化的影响·····	(335)
四、酸性矿山污水·····	(341)
五、放射性核素·····	(345)
第十九章 群落生态学·····	(348)
一、互惠作用·····	(348)
二、根圈与藻圈·····	(351)
三、拮抗作用·····	(353)
四、化学信号·····	(357)
五、物种的多样性·····	(360)

六、表面	360
第二十章 微生物群落在“应激反应”中	362
一、影响物种多样性的因素	362
二、无机营养	363
三、有机物的基质	365
四、化学毒物	366
五、热引起紊乱	369
六、放时性同位素	370
七、多样性与稳定性	371
第二十一章 污水的生物处理	372
一、污水处理	372
二、活性污泥法	376
三、生物膜法	387
四、厌氧消化	391
五、饮用水处理	395
六、污水的三级生物处理	397
第二十二章 固体废弃物的处理	399
一、城市垃圾的回收与利用	399
二、工业固体废弃物的处理	403
第二十三章 微生物与环境保护	408
一、蛭弧菌净化污水与消除病原微生物的功能	408
二、藻类寄生物及其功能	412
三、运用微生物净化环境	413
四、运用生物间的拮抗作用开展生物治理	415
后记	416

第一章 生态学原理

生态学(ecology)的定义是：“研究生物与其环境之间的相互关系的科学”。环境分非生物环境(abioteic environment或Physical environment)与生物环境(bioteic environment)。前者包括无生命物质,如土壤、岩石、水、空气、温度、湿度、光线等;后者包括动物、植物和原生生物(微生物)等种内或种间关系。故生态学也可称为研究生物之间以及生物与非生物环境之间的相互关系的科学,甚至可以简称为环境生物学(environmental biology)。过去生态学的焦点是集中在有机体的种类上,而现在的生态学则是朝向微观和宏观两方面发展,要在有机体(Organism)、种群(population)、群落(Community)、生态系统(ecosystem)的水平上探索生物世界的奥秘。所以生态学是以生物个体、种群、群落、生态系统甚至是生物圈(biosphere),作为它的研究对象。

要研究微生物与环境之间的相互关系,必须了解生态学的基本原理。根据这些原理,来探讨微生物与环境和环境与微生物之间的复杂变化过程。生态学原理应用在环境工程、卫生工程、建筑工程、环境保护、地理学、医学、农学等方面,都取得丰硕成果,只有运用现代生态学所取得的全部资料,才能保证人类的未来。

一、生物圈

生物圈是指地球表面有生命的部分,包括三个组成部