

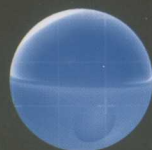
能源微生物学

NENGYUANWEISHENGWUXUE

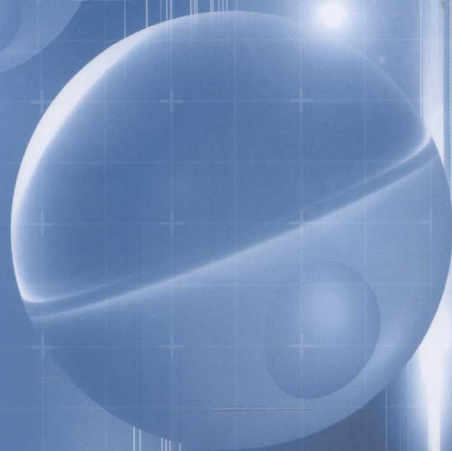
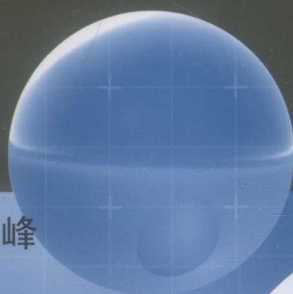
高等学校“十二五”规划教材



市政与环境工程系列丛书



主 编 郑国香 刘瑞娜 李永峰
主 审 焦安英



哈尔滨工业大学出版社

高等学校“十二五”规划教材
市政与环境工程系列丛书

能源微生物学

主 编 郑国香 刘瑞娜 李永峰
主 审 焦安英

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书共分为七篇,以能源微生物学为基础,从能源转化的微生物学角度,分析能源转化过程中所涉及的微生物种类和酶类,系统阐述了能源微生物学的基本原理、微生物相关科学以及相互作用关系,以及微生物在污染控制与治理过程中发挥的重要作用,介绍了生物质预处理及水解微生物、沼气发酵微生物、乙醇发酵微生物、石油及煤炭微生物、产氢微生物、产电微生物等方面的基础理论、工艺流程、应用实践和相关的实验技术等。全书集成了可再生能源及化石能源微生物转化的新理论、新工艺、新方法和新进展。

由于微生物学涉及学科多,知识面较广,所以本书本着简明扼要的宗旨,重点阐述基本知识、基本理论和基本操作技能。

本书主要可作为环境工程、环境科学、市政工程和生物学专业及其他相关专业本科生的教学用书,亦可作为研究生及博士生的研究参考资料,也可供其他从事环境事业的科技、生产和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

能源微生物学/郑国香,刘瑞娜,李永峰主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2013.7

ISBN 978-7-5603-3865-1

I. ①能… II. ①郑… ②刘… ③李… III. ①生物能
源-转化-微生物学-研究 IV. ①TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 289023 号

策划编辑 贾学斌

责任编辑 范业婷

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 27.75 字数 672 千字

版 次 2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3865-1

定 价 58.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《市政与环境工程系列丛书》

编审委员会

名誉主任委员 任南琪 杨传平

主任委员 周琪

执行主任委员 李永峰 施悦

委员 (按姓氏笔画顺序排列)

马放	王鹏	王文斗	王晓昌	王爱杰
田禹	冯玉杰	刘广民	刘文彬	刘鸣达
刘勇弟	孙德志	那冬晨	李玉文	李盛贤
吴晓芙	汪群惠	张颖	陈兆波	林海龙
季宇彬	周雪飞	郑天凌	赵丹	赵庆良
赵晓祥	施悦	姜霞	徐春霞	徐菁利
唐利	黄民生	曾光明	楼国庭	蔡伟民
蔡体久	颜涌捷			

《能源微生物学》编写人员名单与分工

主编 郑国香 刘瑞娜 李永峰

主审 焦安英

编写人员 李永峰(东北林业大学):第1~9章;

关冰冰(东北林业大学):第10章,第18章,第25章;

郑国香(东北农业大学):第11~13章,第28~29章;

李巧燕(东北林业大学):第14~17章;

刘瑞娜(东北林业大学、琼州学院):第19~22章,第七篇;

乔丽娜(哈尔滨工程大学):第23、24章;

范金霞(东北农业大学):第26章,第30章;

张洪(东北林业大学):第27章,第31章;

王占青(青海省环境生态监测中心):文字整理和图表制作;

李金生(上海工程技术大学):文字整理和图表制作。

前 言

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。当前,人类主要依赖于化石能源。但是随着人类经济、社会的快速发展,化石能源作为一种不可再生能源,它的广泛使用已经给人类的生存环境带来了一系列生态环境污染问题,已无法满足人们日益增长的能源需求。所以,寻找开发生物质能等可再生能源和化石能源等清洁利用技术,对于缓解当前能源供给压力、发展循环经济具有十分重要的意义。

微生物在空气、水、土壤等自然环境条件下广泛分布,与人们的生活息息相关。与能源开发及利用和环境污染治理都密不可分,例如燃料乙醇、燃料丁醇、沼气等生物能源的开发利用都离不开微生物的活动。从分子、细胞或群体水平上研究微生物的形态结构、生理代谢、生长繁殖、遗传变异、生态分布和分类进化等生命活动的规律,有助于其在能源生化转化等方面得以更好地利用。

本书的特色是简明扼要,让读者系统地了解与微生物有关的生理生化、代谢网络、产物合成与调控等基本知识;从分子、细胞水平上探讨微生物在受污环境中的去污及调节机制,环境条件的优化和控制;并系统地介绍了微生物在生物质液体燃料、气体燃料、产电和化石能源利用等方面的能源转化原理、工艺流程和应用实践。全书图文并茂,内容翔实,既强调能源微生物学理论的基础性,又注重能源转化工艺的实用性及其研究开发的新颖性。

本书共分七篇,第一篇为基础微生物学,第二篇为微生物分支学科,两篇共13章,介绍了微生物学的基础知识;第三篇为产甲烷菌与沼气化工程,包括14~18章;第四篇为燃料乙醇工艺与技术,包括19~22章,讲述了燃料乙醇的工艺与技术;第五篇为石油与煤炭微生物学,包括23~26章;第六篇为新能源,包括27~31章;第七篇为能源微生物工程实验,共由10个实验组成。

诚望各位读者在使用过程中提出宝贵意见,使用本教材的学校可免费获取电子课件。可与李永峰教授联系(mr_lyf@163.com)。本书的出版得到“上海市科委重点科技攻关项目(No. 071605122)”、“上海市教委重点科研项目(07ZZ156)”和国家“863”项目(No. 2006AA05Z109)、国家“973”项目(No. 2007CB512608)的技术成果和资金的支持,特此感谢!

由于时间和编者水平有限,书中疏漏与不足在所难免,请读者不吝赐教。也希望此书的出版能够起到“抛砖引玉”的作用,更好地促进我国能源生化转化事业更好、更快地发展。

谨以本书献给李永峰教授的父亲李兆孟先生(1929年7月11日—1982年5月2日)。

编 者
2012年10月

目 录

第一篇 基础微生物学

第1章 绪论	1
1.1 能源环境问题	1
1.2 能源微生物学	2
1.3 微生物	3
1.4 环境微生物工程涉及的学科	6
1.5 环境微生物工程进展	6
第2章 病毒	8
2.1 概论和基本特征	8
2.2 噬菌体	11
2.3 真核生物的病毒	16
第3章 古生菌	22
3.1 古生菌的发现、定义和分布	22
3.2 古生菌的主要类群	24
3.3 古生菌的生理特征	33
3.4 古生菌目前的研究与应用	39
第4章 细菌	42
4.1 细菌的形态、大小和细胞结构	42
4.2 细菌的培养特征	50
4.3 细菌的理化性质	51
4.4 几种较重要的细菌类群	53
4.5 细菌的致病性	60
第5章 真菌	61
5.1 真菌的简介	61
5.2 真菌门的特征	64
5.3 真菌的细胞结构	69
5.4 几种重要的真菌	77

5.5 真菌的致病性	82
第6章 藻类	84
6.1 概述	84
6.2 分布	86
6.3 藻细胞的超微结构	86
6.4 藻的营养	87
6.5 藻的原植体(营养型)的结构	87
6.6 藻的繁殖	87
6.7 藻门的特征	87
第7章 原生动物	92
7.1 原生动物的概念	92
7.2 原生动物的分布及形态	92
7.3 鞭毛纲	94
7.4 群体鞭毛虫的生殖和进化	98
7.5 肉足纲	98
7.6 孢子纲	101
7.7 纤毛纲	104
7.8 原生动物门的主要特征	107
7.9 原生动物门的系统发展	109
第二篇 微生物分支学科	
第8章 微生物的营养与生长	111
8.1 微生物的营养	111
8.2 微生物的生长	115
第9章 微生物的生理与代谢	121
9.1 微生物的生理	121
9.2 微生物的代谢	125
第10章 微生物的生态与分布	141
10.1 土壤微生物	141
10.2 水中的微生物	145
10.3 空气中的微生物	149
10.4 正常动物体的细菌	150
10.5 细菌在自然界物质转化中的作用	151

第 11 章 物质循环与地球生物化学过程	153
11.1 物质循环	153
11.2 气体型循环	154
11.3 沉积型循环	168
第 12 章 微生物的遗传与变异	174
12.1 微生物的遗传	174
12.2 微生物的变异	180
12.3 基因工程及其在环境保护中的应用	185
第 13 章 分子微生物学	189
13.1 分子微生物学的基础	189
13.2 分子微生物学技术	195
13.3 分子生物学技术在能源领域中的应用	199
第三篇 产甲烷菌与沼气化工程	
第 14 章 产甲烷菌	201
14.1 产甲烷菌的研究进展	201
14.2 产甲烷菌的定义及分类	201
14.3 产甲烷菌的生理生化特征	204
14.4 甲烷的来源	205
14.5 产甲烷菌的工业应用及研究意义	211
第 15 章 沼气基础	213
15.1 概述	213
15.2 沼气的制取	214
15.3 沼气发酵工艺分类	220
15.4 沼气微生物学	223
15.5 沼气池	224
第 16 章 厌氧发酵原理	226
16.1 沼气发酵基本原理	226
16.2 沼气发酵机制	227
第 17 章 沼气工程	232
17.1 概述	232
17.2 农村户用沼气工程	232
17.3 大中型沼气工程	239

17.4 城市沼气	243
第18章 沼气的产物利用	246
18.1 沼液的利用	246
18.2 沼渣的利用	248
18.3 沼气的利用	250
第四篇 燃料乙醇工艺与技术	
第19章 绪论	253
19.1 概述	253
19.2 燃料乙醇的概念	254
19.3 燃料乙醇的特性	255
19.4 发展燃料乙醇的意义	256
19.5 燃料乙醇工业的发展	258
19.6 燃料乙醇发展前景及展望	261
第20章 生产燃料乙醇的生物质原料及预处理	264
20.1 淀粉质原料处理	264
20.2 糖类原料处理	268
20.3 纤维类原料处理	271
第21章 乙醇的发酵工艺	277
21.1 乙醇发酵常用微生物	277
21.2 酒母的培养	279
21.3 乙醇发酵机理	286
21.4 乙醇发酵过程	290
21.5 淀粉类原料制取燃料乙醇的工艺	292
21.6 糖类原料生产燃料乙醇的工艺	294
21.7 纤维类燃料生产燃料乙醇的工艺	295
第22章 乙醇蒸馏脱水技术与工艺	299
22.1 乙醇脱水方法概述	299
22.2 共沸脱水法生产无水乙醇的工艺	300
22.3 萃取法生产无水乙醇的工艺	305
22.4 有机物吸附法生产无水乙醇的工艺	307

第五篇 石油与煤炭微生物学

第 23 章 石油中的微生物	309
23.1 石油与石油微生物简介	309
23.2 石油中的硫酸盐还原菌	311
23.3 石油中的产甲烷菌	316
23.4 发酵性微生物	317
23.5 铁还原性微生物	318
23.6 硝酸盐还原微生物	318
第 24 章 石油微生物作用	320
24.1 石油微生物活动消极作用	320
24.2 石油微生物作用及生物技术	327
第 25 章 煤炭中的微生物	334
25.1 概述	334
25.2 煤炭微生物种类及特征	336
第 26 章 煤炭微生物技术	337
26.1 煤炭微生物脱硫技术研究现状	337
26.2 煤炭脱硫微生物技术	337
26.3 微生物煤矿地修复	346
26.4 微生物降解煤	349

第六篇 新能源

第 27 章 生物制氢	353
27.1 概述	353
27.2 制氢技术	354
27.3 生物制氢技术研究进展	356
27.4 生物制氢微生物	359
27.5 生物制氢机理	362
27.6 生物制氢反应器及其研究进展	367
27.7 生物制氢现存的问题	369
27.8 氢气的应用前景及发展方向	371
第 28 章 生物柴油	372
28.1 生物柴油的燃料特性	372

28.2	生物柴油的制备方法	373
28.4	生产生物柴油的具体实例	378
第 29 章	甲醇能源经济	384
29.1	甲醇的用途	384
29.2	甲醇的生产	389
第 30 章	生物丁醇	392
30.1	生物丁醇的燃料特性	392
30.2	丁醇转化原理	392
30.3	丙酮-丁醇发酵技术	395
第 31 章	生物燃料电池	397
31.1	概述	397
31.2	微生物燃料电池	399
31.3	酶生物燃料电池	405
31.4	生物燃料电池的应用与前景	406

第七篇 能源微生物工程实验

实验 1	普通光学显微镜的使用	409
实验 2	玻璃器皿的灭菌	412
实验 3	普通培养基的配制	414
实验 4	细菌的纯种分离、培养和接种	417
实验 5	质粒 DNA 的分离纯化和鉴定	418
实验 6	微生物沼气发酵	421
实验 7	固定化酵母发酵产啤酒	423
实验 8	利用微生物对石油污染土壤的生物修复	425
实验 9	餐厨垃圾厌氧制氢实验	427
实验 10	微生物吸附法去除重金属	429
参考文献		431

第一篇 基础微生物学

第1章 绪论

1.1 能源环境问题

伴随着西方工业文明的兴起,人类在索取自然财富,大肆利用有限资源,提高物质文化的同时,肆无忌惮地索取自然资源,排入各种废物,违反自然生态规律,从而导致了人类赖以生存的环境遭到严重破坏,世界各国的环境污染问题越来越严重。20世纪50年代开始,国际公害问题相继发生,例如20世纪下半叶英国工业发展造成的多次伦敦烟雾事件,还有洛杉矶光化学烟雾、日本的哮喘病、水俣病及骨痛病等。

20世纪80年代以后,新兴工业飞速发展。全球每年排入环境数十亿吨固体废物,近万吨工业废水和数亿吨碳氧化物,如各种类型工厂产生大量废气和汽车尾气中含有 CO 、 CO_2 、 NO_x 、 SO_2 、 H_2S 、 NH_3 等及附着在其上的各种微生物,排入大气中使空气受到污染。 SO_2 和 NO_x 会导致酸雨的产生,大量 CO_2 排入大气引起全球性的温室效应和厄尔尼诺现象,氮氧化物和碳氢化物在阳光下反应形成光化学烟雾等,有的还会造成大气二次污染,引起人类许多疾病。这些污染物已经造成了人类可利用水源的严重短缺和气候的恶化,也造成了许多种动植物的灭绝。总之,废水、废气、固体废弃物三大公害严重污染人类的生存环境。

环境污染是现代社会面临的一个主要问题,我国于20世纪60年代末开始认识到环境污染的危害,继而广泛地开展了环境保护、环境污染治理等工作。

20世纪70年代围绕环境危机和石油危机有人提出“增长极限”的观点,全球展开了一场关于“停止增长还是继续发展”的争论。世界环境与发展委员会主席布伦特兰于1987年发表长篇文章《我们共同的未来》,首次提出“可持续发展”的观点。

1992年6月在巴西里约热内卢召开第一次联合国环境与发展会议,会上通过了《里约宣言》、《21世纪议程》、《森林问题原则声明》,签署了《气候变化框架公约》和《生物多样性公约》。

1.2 能源微生物学

能源微生物学是在环境保护和环境工程事业蓬勃发展的基础上应运而生的一门微生物学的新的分支学科,生物工程又称发酵工程。

能源微生物学是讲如何利用微生物的生理生态、细胞结构及其功能特性,包括微生物的营养、呼吸、物质代谢、生长、繁殖、遗传与变异等基础知识,来进行城市生活污水、工业废水和城市有机固体废弃物等的生物处理和废气生物处理的学科。

随着分子生物学、分子遗传学的发展,微生物学在各个分支学科中相互渗透,促进了微生物分类学的完善和应用技术的进步。固定化酶、固定化微生物细胞处理工业废水,筛选优势菌,筛选处理特种废水的菌种,甚至在探索用基因工程技术构建超级菌,如分解石油烃类的超级菌,用于环境工程事业。

微生物在环境保护和治理、能源可持续发展、保持生态平衡等方面有着非常重要的作用。

1.2.1 能源微生物学的研究内容

能源微生物学是研究微生物与环境之间的相互关系,以及对不同物质转化的作用规律并加以利用,进而考察微生物对环境质量的影响;研究微生物对污染物质的降解与转化,修复、改善环境的作用和规律。自然界有着丰富的微生物资源,其种类的多样性使其在自然界物质循环和转化中起着巨大的生物降解作用,使陆地和水生系统中碳、氧、氮和硫的循环成为可能,它们也是所有生态食物链和食物网的根本营养来源,是整个生物圈维持生态平衡不可缺少的、重要的组成部分。因此,环境生物工程是研究利用微生物开展污染废物处理及现代生物工程技术在污染控制工程中的应用。

能源微生物既有有利的一面,也有不利的一面。对人和生物有害的微生物污染大气、水体、土壤和食品,可影响生物产量和质量,危害人类健康,这种污染称为微生物污染。随着工业生产的发展,工业废水中各种新的有机污染物、无机污染物和一些营养物质的源源不断地排入水体、大气和土壤。微生物受环境中多种因素的长期诱导而发生变异,产生新的微生物,使微生物种群和群落的数量变得更加多样性。

现在,城市生活污水、医院污水、各种有机工业废水甚至有毒废水和城市有机固体废物和工业产品废弃物都可用微生物方法来处理。

当然,有些微生物也会对人类的生产、生活造成不利影响,如病原微生物。在1347年,黑死病侵袭欧洲,仅4年的时间,便夺去了1/3欧洲人的生命,随后的80年,这种病吞噬了欧洲人口的75%。细菌、病毒、霉菌、变形虫等能引起人的肝炎、沙眼、肠道病、伤风、感冒等各种疾病;黄曲霉能产生致癌的黄曲霉毒素;枯青霉和黄绿青霉等能产生致癌的黄变米黄毒素。还有的微生物能引起作物病害及动物疾病,蓝藻、绿藻和金藻中的某些种能引起湖泊“水华”和海洋的“赤潮”等现象。

环境监测是了解环境现状的重要手段,它包括化学分析、物理测定和生物监测三个部分。生物监测是利用生物对环境污染所发出的各种信息来判断环境污染状况的过程。生

物长期生活于自然环境中,不仅能够对多种污染作出综合反应,还能反映污染历史。因此,生物监测取得的结果具有重要的参考价值。微生物监测是生物监测的重要组成部分,具有其独特的作用。

1.2.2 能源微生物学的研究任务

能源微生物学的研究任务就是充分利用有益微生物资源为人类提供生产资料,防止、控制、消除微生物的有害活动。

微生物是我们星球上最先出现的生命有机体,是地球生物总量的最大组成部分。全部生态系统都依赖于它们的活动,微生物学是一个具有许多不同专业方向的大学科,它对医学、农学和食品科学、生态学和分子生物学都有重大影响。

研究自然环境中的微生物群落、结构、功能与动态,微生物在不同环境中的物质转化和能量流动过程中的作用与机理,同时可以调查自然环境中的微生物资源,为保存和开发有益微生物和控制有害微生物提供科学资料,使微生物在生态系统中发挥更好的作用。

农业微生物学研究微生物对农业的影响,例如:如何防止重要作物的植物疾病,采取措施提高作物产量;研究反刍动物消化道中微生物的作用;利用昆虫的细菌和病毒病原体作为化学农药的代用品等很多方面已引起了人们的广泛关注。

微生物生态研究的是微生物与它们周围生存环境之间的相互关系。主要内容包括微生物对土壤和淡水中碳、氮和硫循环等活动过程。

微生物遗传学和分子生物学的研究重点是遗传信息的本质及其如何调节细胞和有机体的发育和其他功能。微生物遗传学通过培育能更有效地合成有用产物的新菌株而在应用微生物学中起着重要作用。遗传学技术也被用来检测可能引起癌症的物质。分子生物学讨论的是生命物质的物理和化学及其功能的生物学分支学科。目前已深入地参与了遗传密码及 DNA、RNA 和蛋白质合成机理的研究。

在环境污染越来越严重的情况下,环境微生物学者着重研究污染环境下的微生物工程,环境工程中处理废水、废物和废气的方法很多,其中生物处理法占重要位置。因此,环境微生物工程要不断地分离筛选一些对污染物具有高效降解能力的菌株,研究它们的代谢途径;同时,研究开发一些利用微生物降解污染物的应用技术,以便更好地利用微生物处理各种污染物,取得较高的净化效果。在工业微生物学中,用微生物来生产抗生素、疫苗、类固醇、醇和其他试剂、维生素、氨基酸和酶等产品。

利用微生物作为环境监测的指标和手段是环境微生物工程的另一任务,如细菌总数的测定等。

1.3 微生物

微生物的传统定义为肉眼看不见的、必须在电子显微镜或光学显微镜下才能看见的直径约小于 1 mm 的微小生物。包括病毒、细菌、藻类、真菌和原生动物。其中藻类和真菌较大,如面包霉和丝状藻,肉眼就可看见。近年来还发现了细菌硫珍珠状菌和鲁根菌也是不用显微镜就能看见的,所以有科学家提出以微生物研究技术来定义微生物。

1.3.1 微生物的分类

人们将有机体分成五界:原核生物界、原生生物界、真菌界、动物界和植物界。20世纪70年代以来,我国学者陈世骧及国外一些学者对五界系统提出修订,针对五界系统存在的问题提出一个更为完善的六界系统。六界包括:病毒界、原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。微生物包括了前四界,按细胞核膜、细胞器及有丝分裂等的有无,微生物可划分为原核微生物和真核微生物两大类。所有细菌都是原核,藻类、真菌、原生动物都是真核。

微生物按其生物属性(如形态特征、生理生化特征、生态习性、血清学反应、噬菌反应、细胞壁成分、红外吸收光谱、DNA中的G+C比例、DNA杂交、16S rRNA碱基顺序分析等)从大到小,按界、门、纲、目、科、属、种等分类。把属性类似的微生物列为界,在界内从类似的微生物中找出它们的差别,列为门,以此类推,直分到种。最后对每一属或种给予严格的科学的名称。由于病毒是否为生物的争议比较大,因此由国际微生物学会联合会和国际病毒分类委员会作出统一规定,病毒分类不使用界、门、纲这几个分类阶层。

下面简要叙述原核微生物和真核微生物的分纲体系。

原核微生物只有一个称为拟核DNA链高度折叠形成的核区,没有核膜,没有细胞器,也不进行有丝分裂。

1. 光能营养原核生物门

- ①蓝绿光合细菌纲(蓝细菌类);
- ②红色光合细菌纲;
- ③绿色光合细菌纲。

2. 化能营养原核生物门

- ①细菌纲;
- ②立克次氏体纲;
- ③柔膜体纲;
- ④古细菌纲。

真核微生物有完整的细胞核,核内有核仁和染色质,有核膜、细胞器(如线粒体、中心体、高尔基体、内质网、溶酶体和叶绿体)等,进行有丝分裂。真核微生物包括除蓝藻以外的藻类、酵母菌、霉菌、原生动物、微型后生动物,还有黏菌等。真菌是真核衍生物的重要成员。

真菌划分各级分类单位的基本原则是以形态特征为主,生理生化、细胞化学和生态等特征为辅。一些病原真菌的鉴定,寄生和症状也可作为参考依据。

真菌可分以下四纲:

- ①藻状菌纲;
- ②子囊菌纲;
- ③担子菌纲;
- ④半知菌纲。

黏菌也可分为四纲:

- ①网黏菌纲;

②集胞黏菌纲;

③黏菌纲;

④根肿病菌纲。

非细胞型微生物没有典型的细胞结构,亦无产生能量的酶系统,只能在活细胞内生长繁殖,病毒属于此类微生物。

1.3.2 微生物的生物学特点

微生物种类繁多,形态各异,营养类型庞杂,但都表现为简单、低等的生命形态。微生物在自然环境和污染环境中的作用是与它们的特性紧密相关的。微生物除具有各种生物共有的生物学特性外,也有其独特的特点,正因为其具有这些特点,才使得这类微小的生物类群引起人们的高度重视。

1. 分布广、种类多

微生物在自然界分布极广,无论是土壤、水体和空气,还是植物、动物和人体的内部或表面都存在大量微生物,可以说无处不在(乃至一些极端的环境,酷热的沙漠、寒冷的雪地、冰川、温泉、火山口等,南极、北极、冰河、污水、淤泥、固体废弃物等处处都有)。土壤是微生物的大本营,1 g 土壤中含菌量高达几亿甚至几十亿;空气中也含有大量微生物,人员越聚集的地方,微生物含量越高;水中以江、湖、河、海含量最高,井水次之;动植物体表及某些内部器官,如皮肤及消化道等也有大量微生物。

微生物的种类极其繁多,已发现的微生物达 10 万种以上,新种不断发现。土壤中微生物的种类最多,几乎所有的微生物都能从土壤中分离筛选得到。利用微生物作为食物等营养物质非常丰富,营养类型和代谢途径也具多样性,所以不但能利用无机营养物、有机营养物,还可在有氧、缺氧、无氧、极端高温、高盐度和极端 pH 环境中生存,以此造就了微生物的种类繁多和数量庞大。

2. 生长繁殖快、代谢能力强

大多数微生物以裂殖方式繁殖后代,在适宜的环境条件下,十几分钟至二十分钟就可繁殖一代。在物种竞争上取得优势,这是生存竞争的保证。大肠杆菌在适宜的条件下,每 20 min 即繁殖一代,24 h 即可繁殖 72 代,由一个菌细胞可繁殖到 4.7×10^{23} 个,如果将这些新生菌体排列起来,可绕地球一周有余。微生物生长繁殖快,代谢能力强是基于它所特有的生理基础,由于个体微小,单位体积的表面积相对很大,有利于细胞内外的物质交换,细胞内的代谢反应较快。微生物不仅不同种类具有不同的代谢方式,使之适于在不同环境中生活,而且有的同种微生物在不同环境中具有不同的代谢方式,所以给人类提供了极大的物质资源。

3. 遗传稳定性差、容易发生变异

多数微生物为单细胞,结构简单,整个细胞直接与环境接触,对外界环境很敏感,抗逆性较差,很容易受到各种不良外界环境的影响引起遗传物质 DNA 的改变而发生变异。在外界条件出现剧烈变化时,多数个体死亡,少数个体可发生变异而适应新的环境,因此,微生物的个体形态类型不多,但是种类却很多。微生物的遗传稳定性差,给微生物菌种保藏工作带来一定不便。但同时,正因为微生物的遗传稳定性差,其遗传的保守性低,使得微生物菌种培育相对容易得多。

4. 个体极小、结构简单

微生物具有微小的个体和简单的结构,必须借助于显微镜把它们放大几万倍甚至是几十万倍才能看到。测量微生物以微米为计算单位,病毒要用纳米来计量。微生物大都是单细胞生物,如细菌、原生动物、单细胞藻类、酵母菌等。霉菌是微生物结构最复杂的一类,是由多细胞简单排列构成。

1.4 环境微生物工程涉及的学科

根据环境微生物的基础研究和应用层次分析,相关工程所涉及的学科范围可概述为:微生物学、细胞学、生理生化、分子生物学和遗传学等,用于对微生物进行基础研究;基因工程、细胞工程、酶工程和分子遗传学等用于构建环境微生物工程中新菌株;环境微生物工程中污染物的降解转化及评价要涉及环境化学、环境生物学、环境地学、环境毒理学和环境监测与评价等;环境微生物修复工程要涉及土壤学、水力学、气象学和生态学等。

上面简要叙述了所涉及学科中的一少部分,在各个应用层次中,完全可能需要众多学科知识的相互配合形成网络。各门学科知识之间既相互渗透又相互配合,紧紧地围绕着环境微生物工程的目标,发挥多学科的综合效应。

1.5 环境微生物工程进展

微生物在整个生态系统中扮演着重要的角色,是物质的主要分解者,在自然界物质和能量转化中占有特殊的地位,发挥着不可替代的作用。环境微生物工程去除污染的同时实现废物资源化等技术已取得了显著的成就。微生物细胞分泌的各种酶所催化的反应完成降解污染物,使其转化成无机物。自然界存在着大量的去除污染物的微生物菌株资源,人们可以从中筛选并经驯化而得到高效微生物菌株,用于环境微生物工程。

微生物学的研究大大地推动了污染控制工程的发展,特别是当代生物技术的快速发展为解决日趋严重的环境问题提供了技术保障,且已取得显著成效。

污染环境中的微生物往往是环境微生物工程获取菌株的重要场所,从农药污染的水体或土壤中筛选出的微生物加以驯化形成理想的群落结构和优势种群,可以处理农药生产废水、印染废水和尾矿废水等,这些方法是目前广泛应用的获取菌种的途径。

当从自然界筛选驯化获得的微生物有时不能满足治理工程需要的时候,人们利用基因工程技术手段将其编码降解特定污染物的生物酶基因转入繁殖速度快适应能力强的受体菌细胞内,则可能构建出兼具多种优势的新型工程菌。目前已成功构建出基因工程菌,其用于环境微生物工程处理石油污染、化学农药污染、降解塑料等。

微生物降解代谢途径及降解酶系的研究也随之展开。通过对降解酶进行分离和纯化,进一步了解其降解特性。人们已在分子水平上对降解酶的蛋白质组成、相对分子质量大小以及影响酶活性的因子都了如指掌。由此人们可以构建出降解不同物质的基因工程菌。