



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

微生物学

Microbiology

主编 杨文博 李明春



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

微生物学

Microbiology

Weishengwu Xue

主 编 杨文博 李明春

编著者 （按姓氏笔画排序）

刁虎欣 马 挺 牛淑敏 白 钢 邢来君 乔文涛

刘 方 李国强 李明春 杨文博 宋存江 张 奇

陈月华 蔡宝立 蔡 峻 潘 皎



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由南开大学微生物学系多年从事教学科研工作的老、中、青三代教师共同完成。本书在与国际微生物学教材接轨的原则下,突出了南开大学微生物学科的教学特色。

全书共 16 章,正文内容可分为五大部分:第一部分是微生物的形态、结构与功能;第二部分是微生物生理代谢与生长,包括微生物的营养、代谢、生长繁殖与控制及细胞分化;第三部分是微生物遗传与基因功能,包括微生物遗传、微生物基因表达调控、微生物的质粒、转座因子和基因工程、微生物基因组学;第四部分是生物圈中的微生物,包括微生物的生态、微生物的进化和分类鉴定、微生物物种的多样性、微生物生物技术及应用;第五部分是微生物感染与免疫。每章均附有小结和思考题,便于学生复习和掌握,为帮助学习记忆和方便查阅,全书最后有常见微生物名称、名词索引及主要参考书目。

本书同时配有微生物学教材网站,知识信息丰富,形式多样。本书除适合综合性大学、理工大学、农林院校和师范院校本专科学使用外,也可供从事工、农、林、医方面的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/杨文博,李明春主编. —北京:高等教育出版社,2010.11

ISBN 978-7-04-029976-2

I. ①微… II. ①杨…②李… III. ①微生物学-高等学校-教材 IV. ①Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 176774 号

策划编辑	赵晓媛	责任编辑	张晓晶	封面设计	张楠	责任绘图	尹莉
版式设计	王艳红	责任校对	刘莉	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 中青印刷厂

开 本 889×1194 1/16
印 张 24
字 数 770 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 11 月第 1 版
印 次 2010 年 11 月第 1 次印刷
定 价 43.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29976-00

前 言

微生物学是当前生命科学研究领域中一门令人振奋、蓬勃发展的学科,它与人类的健康、食品、医药、能源和环境等热点问题密不可分、息息相关。在人类的生命活动中,无时无刻不在面临着各种微生物的挑战,特别是近几年来甲型 H1N1 流感、SARS、禽流感、疯牛病等传染性疾病的大面积流行,使人类更加体会到形体微小的微生物其威力巨大,严重影响着人类的生产和生活,可以说我们现在正处于了解、认识、利用、控制微生物的时代,处于微生物学知识爆炸的时代。

微生物学是生命科学中重要的必修基础课程,对于掌握生命科学的专业知识,提高学生的整体科学素质十分重要。随着教育部教学质量工程的开展,我们在建设南开大学微生物学国家精品课程的基础上,编写了这本普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书由南开大学微生物学系多年从事教学科研工作的老、中、青三代教师共同完成。在与国际微生物学教材接轨的原则下,本书突出了南开大学微生物学科的教学特色。作为基础课教材,在把握其基础性、科学性的前提下,重点突出微生物学的基本概念和基本理论的阐述;在注重教材的先进性方面,突出介绍微生物学科发展的国际前沿热点;在应用性基础方面,突出理论与实践有机结合的实例阐述;在微生物学科的全面性和系统性方面,通过所列章节给予了覆盖。另外,本书将微生物基因组学、真核微生物的结构和功能单列章节;在微生物生长一章中突出微生物细胞的分化、细菌细胞壁合成与扩增生长模式及调控等内容;在微生物生物技术的应用中加强了微生物合成生物大分子、微生物制药、微生物能源等最新科研成果的阐述。

全书共有 16 章,正文内容可分为五大部分:第一部分是微生物的形态、结构与功能;第二部分是微生物生理代谢与生长,包括微生物的营养、代谢、生长繁殖与控制及细胞分化;第三部分是微生物遗传与基因功能,包括微生物遗传、微生物基因表达调控、微生物的质粒、转座因子和基因工程、微生物基因组学;第四部分是生物圈中的微生物,包括微生物的生态、微生物的进化和分类鉴定、微生物物种的多样性、微生物生物技术及应用;第五部分是微生物感染与免疫。每章均附有小结和思考题,便于学生复习和掌握,为帮助学习记忆和方便查阅,全书最后附有常见微生物名称、名词索引及主要参考书目。

本书汲取和借鉴了国内外优秀微生物学教材的精华,构思科学,取舍适当,行文流畅,图文并茂。同时为了增加本书的可读性,我们在高等教育出版社生命科学分社的帮助和支持下开发了数字化教学资源。与本书配套的学习网站包括大量学习资料,并与书中内容有机结合、相互呼应,是对纸质内容的重要补充和扩展;网站中还包括了 25 个互动动画,这些动画针对重点、难点问题设计制作,以帮助学生掌握。网站内容在书中相应部分均用[Ⓢ]标出,请注意参考。学习网站的访问方法参见“郑重声明”页。

在本书的编写过程中,刁虎欣教授、邢来君教授、陈启民教授、蔡宝立教授对本书的初稿提出了宝贵的意见,对他们所付出的辛勤劳动表示诚挚的谢意!衷心地感谢山东大学李越中教授为本书提供的珍贵照片,感谢张昕欣博士绘制的部分精美插图,感谢张宁博士制作了部分多媒体动画,同时还要感谢南开大学各级领导给予的大力支持和指导,感谢高等教育出版社生命科学分社吴雪梅社长、赵晓媛编辑、张晓晶编辑在本书的编写和出版过程中给予的热情帮助和支持!

如前所述,微生物学科发展迅速、如日中天,我们在编写过程中努力追赶其前进的步伐,但由于编者水平和所掌握的知识内容所限,书中难免有不妥和错误之处,敬请广大师生和同行给予批评指正,我们将万分感谢!

目 录

第一章 绪论	1	一、在生产和生活实践中古人对微生物的认识和利用	
第一节 微生物与微生物学	1	二、微生物的存在与发现	
一、何谓微生物	1	三、微生物学的早期研究	
二、微生物在自然界中的地位	2	四、微生物学的发展时期	
三、微生物的“利”与“弊”	3	五、近代微生物学	
四、微生物学的内容	3	六、未来的微生物学	
五、微生物学分支学科	4	小结	4
第二节 微生物学发展简史	4	思考题	5

第一部分 微生物的形态、结构与功能

第二章 微生物的形态、结构与功能(一) —— 原核微生物	8	第五节 其他原核微生物	38
第一节 细菌的形态	8	一、螺旋体	38
一、细菌的一般形态	9	二、立克次氏体	39
二、细菌的特殊形态	10	三、衣原体	39
三、细菌大小、体积及测量方法	10	四、支原体	41
四、细菌的菌落特征	12	第六节 古生菌的生物学特征	41
第二节 细菌的结构与功能	13	一、古生菌的一般特征	42
一、细胞壁	13	二、古生菌的细胞结构	42
二、细胞质膜	20	三、古生菌的遗传学和分子生物学	43
三、中体及内膜结构	21	四、古生菌的代谢	45
四、拟核及质粒	22	五、古生菌类群	45
五、细胞质	23	小结	45
六、附属结构——鞭毛、菌毛和荚膜	25	思考题	46
七、芽胞及伴胞晶体	29	第三章 微生物的形态、结构与功能(二) —— 真核微生物	47
第三节 放线菌的生物学特征	32	第一节 真菌	47
一、放线菌的个体形态与结构	33	一、丝状真菌的营养体	47
二、放线菌的繁殖	35	二、真菌的细胞结构	52
三、放线菌的群体形态	35	三、单细胞真菌——酵母菌	60
第四节 蓝细菌	36	第二节 藻类	62
一、蓝细菌的形态与结构	36	一、藻类的一般特征	62
二、蓝细菌的代谢和繁殖	37	二、叶绿体	62
三、蓝细菌特化的细胞结构	37	三、藻类的运动和生态	63
四、蓝细菌的分布与应用	37	四、藻类主要类群的特征	64

第三节 黏菌	64	二、病毒的分类系统和命名	87
一、非细胞黏菌	65	第三节 原核生物病毒——噬菌体	89
二、细胞黏菌	66	一、概述	89
第四节 原生动物	69	二、噬菌体的复制	90
一、原生动物的形态与营养	69	三、温和噬菌体和溶源性	93
二、原生动物的分类特征	70	第四节 真核生物病毒	94
三、代表性原生动物	70	一、动物病毒	94
第五节 原核细胞与真核细胞的比较	74	二、植物病毒	100
小结	75	三、真菌和藻类病毒	102
思考题	75	四、昆虫病毒	102
第四章 病毒	77	第五节 亚病毒	102
第一节 病毒的特征及形态结构	77	一、类病毒	102
一、病毒颗粒的大小和形态	78	二、拟病毒	103
二、病毒的化学组成、结构和功能	80	三、朊病毒	104
三、病毒的培养、纯化和测定	82	四、卫星病毒	104
四、病毒的复制	84	五、干扰缺损颗粒	104
第二节 病毒的分类	87	小结	104
一、病毒的分类原则	87	思考题	105

第二部分 微生物生理代谢与生长

第五章 微生物的营养	108	一、ATP 及其在代谢中的作用	129
第一节 微生物的营养物质及其功能	108	二、微生物生成 ATP 的生物氧化方式	130
一、微生物细胞物质的化学组成	108	三、能量的释放和储藏	138
二、营养物质的生理功能	109	第二节 微生物对物质的分解代谢	140
三、微生物的营养类型	113	一、己糖的分解	140
第二节 培养基	116	二、丙酮酸代谢的乙醇发酵和乳酸发酵	142
一、培养基配制的原则	116	三、三羧酸循环	145
二、培养基的类型	117	四、含碳化合物的分解代谢	146
第三节 微生物对营养物质吸收的机制	120	五、含氮化合物的分解代谢	151
一、被动扩散	120	第三节 微生物的合成代谢	153
二、促进扩散	121	一、糖类的合成	153
三、主动运输	122	二、肽聚糖的合成	156
四、膜泡运输	127	三、生物固氮	158
小结	128	四、脂质和其他有机物的合成	160
思考题	128	五、次生代谢产物	164
第六章 微生物的代谢	129	小结	166
第一节 微生物的能量代谢	129	思考题	167

第七章 微生物的生长繁殖与控制

及细胞分化	168
第一节 细菌的个体生长与调控	168
一、细菌的个体生长与生长周期	168
二、细菌细胞壁合成与扩增生长模式	170
三、细菌细胞壁扩增生长的调节控制	170
四、细菌细胞分裂繁殖的调节控制	171
第二节 细菌的群体生长繁殖	171
一、细菌的群体生长规律——生长曲线	172
二、生长的计算公式和主要参数	173
三、二次生长、同步培养和连续培养	175
第三节 真菌的生长与繁殖	178
一、酵母菌的生长与繁殖	178
二、丝状真菌的生长与繁殖	179

三、霉菌的生长与繁殖	183
第四节 环境对微生物生长的影响及生长的测定	184
一、环境对微生物生长的影响	184
二、微生物生长的测定	188
第五节 微生物生长繁殖的控制	190
一、控制微生物生长的基本概念	190
二、控制微生物生长的化学物质	190
三、控制微生物生长的物理技术方法	195
第六节 微生物细胞的分化	196
一、细菌芽胞的分化	196
二、链霉菌的形态分化与生理分化	198
三、真菌的细胞分化与形态建成	198
小结	200
思考题	200

第三部分 微生物遗传与基因功能**第八章 微生物遗传**

第一节 微生物的遗传物质	204
一、证明核酸是遗传物质的经典实验	204
二、原核微生物遗传物质的存在状态	206
三、真核微生物的遗传物质	206
四、DNA 的限制性和修饰性	207
五、基因和基因表达	207
第二节 微生物的基因突变	208
一、突变的概念	208
二、突变的类型及突变型的筛选	208
三、自发突变的特点及分子机制	210
四、突变的回复和抑制	211
第三节 诱发突变及其菌种的遗传改良	212
一、化学诱变	212
二、物理诱变	213
三、生物诱变	214
四、诱变与致癌物质的检测——Ames 测验	214
五、微生物菌种的遗传改良	215
六、菌种退化及保藏技术	217
第四节 DNA 损伤的修复	218
一、光复活修复	218
二、错配修复	219
三、切除修复	219
四、重组修复	219

五、SOS 修复	220
六、DNA 损伤修复与基因突变的形成	220
第五节 原核微生物的基因转移和基因重组	220
一、细菌的遗传转化	221
二、转导	221
三、细菌的接合及染色体转移	224
四、放线菌的接合	226
五、基因的水平转移与原核生物的进化	226
第六节 真核微生物的遗传特性	227
一、有性生殖	227
二、准性生殖	227
三、酵母菌的接合型遗传	228
小结	229
思考题	229

第九章 微生物基因表达调控

第一节 原核基因表达调控	230
一、负控制调控	
二、正控制调控	
三、弱化作用	
四、全局调控	
五、信号转导和双组分调控系统	
六、更替 σ 因子调控	
七、稀有密码子和重叠基因调控	
八、RNA 调控与核糖开关	

九、翻译的阻遏调控		思考题	248
第二节 酵母菌基因表达调控		第十一章 微生物基因组学	249
第三节 酶活性的调节		第一节 微生物基因组	249
一、反馈抑制		一、微生物基因组的基本特征	249
二、共价修饰		二、全基因组的测序	250
第四节 原核生物与真核生物基因表达的比较		三、微生物的功能基因组	253
小结		第二节 生物信息学 ^②	256
思考题		一、生物信息学的产生和发展	
第十章 微生物的质粒、转座因子和		二、生物信息学的研究内容	
基因工程	231	三、生物信息学的应用	
第一节 质粒	231	第三节 蛋白质组学 ^②	256
一、什么是质粒	231	一、蛋白质组学研究的历史和背景	
二、细菌质粒	232	二、蛋白质组学研究的特点和难点	
三、真核微生物的 DNA 质粒	240	三、蛋白质组学的研究技术	
四、真核微生物的 RNA 质粒	242	四、微生物的蛋白质组学	
第二节 转座因子	242	第四节 代谢物组学 ^②	256
一、原核微生物的转座因子	242	一、代谢物组学的概念	
二、真核微生物的转座因子	247	二、代谢物组学的研究方法	
第三节 基因工程 ^②	248	三、代谢物组学在微生物领域的研究进展	
一、基因工程的基本过程		四、展望	
二、基因工程的应用		小结	256
小结	248	思考题	256

第四部分 生物圈中的微生物

第十二章 微生物的生态	260	一、微生物之间的相互关系	273
第一节 自然环境中的微生物	260	二、微生物与植物之间的相互关系	275
一、微生物生态系统	260	三、微生物与人和动物之间的相互关系	277
二、生物体内外环境的菌群分布	261	第四节 微生物与自然界的物质循环	279
三、水生环境的微生物	261	一、碳素循环	279
四、陆地环境的微生物	263	二、氧素循环	280
五、空气中的微生物	264	三、氮素循环	280
六、工农业产品上的微生物	265	四、硫素循环	282
七、极端环境中的微生物	265	五、磷素循环	283
八、非培养状态的微生物	267	六、铁的循环	283
第二节 微生物生态学研究方法	268	七、各种元素循环之间的相互关系	284
一、生态学研究的传统方法	268	第五节 微生物生态的应用与环境保护	285
二、引入分子生物学技术的鉴定和定量方法	269	一、微生物勘探	285
三、生态学研究新技术	271	二、微生物浸矿	285
四、微生物活性测定的新方法	272	三、难降解有机物的微生物降解	285
第三节 微生物与生物群体的相互作用	273	小结	290

思考题	290	一、古生菌系统发育总观	
第十三章 微生物的进化和分类鉴定	292	二、极端嗜盐古生菌	
第一节 微生物在生物界中的地位	292	三、产甲烷古生菌	
一、经典的生物界级分类学说	292	四、超嗜热古生菌	
二、三域系统学说	294	五、无细胞壁古生菌:热原体属(<i>Thermoplasma</i>)、铁原体属(<i>Ferroplasma</i>)及相关的嗜酸菌属(<i>Picrophilus</i>)	
第二节 微生物的进化	295	六、还原硫酸盐古生菌:古生球菌属(<i>Archaeoglobus</i>)、铁球菌属(<i>Ferriglobus</i>)	
一、地球早期的生命形式	295	七、形体最微小寄生性的古生菌:纳米古生菌(<i>Nanoarchaeota</i>)	
二、原始生命和分子编码	296	八、超嗜热古生菌的嗜热机制	
三、原始生命和代谢策略	297	九、微生物生存的温度极限	
四、真核生物和细胞器	298	十、古生菌——地球早期的生命形式?	
五、rRNA 作为进化的分子时钟	299	第三节 真核微生物的多样性	
六、系统发育树	301	一、真核微生物系统发育总观	
第三节 细菌分类方法②	302	二、藻类	
一、传统分类方法		三、真菌	
二、数值分类方法		四、黏菌	
三、化学分类方法		五、原生动物	
四、遗传学分类方法		第四节 微生物资源的开发利用和保护	
五、多相分类		一、什么是微生物资源	
第四节 细菌分类	302	二、微生物资源的特点	
一、细菌分类系统	302	三、微生物资源的开发利用和保护	
二、分类单元及等级	303	小结	
三、分类单元的命名	304	思考题	
四、细菌类群的代表	305	第十五章 微生物生物技术及应用	313
五、细菌分类和伯杰氏手册	305	第一节 微生物发酵工程技术②	313
六、古生菌类群的代表	307	一、微生物发酵工程的基本概念	
第五节 细菌的快速鉴定和自动化分析②	307	二、微生物发酵工程菌种及其特征	
一、细菌鉴定的分子生物学技术和免疫学技术		三、微生物发酵工程的类别及其特征	
二、细菌自动化鉴定系统及自动化检测		四、微生物发酵工程设备	
三、电子计算机在细菌分类中的应用		五、微生物发酵工程的下游工艺	
第六节 真菌分类	307	第二节 微生物生物技术的应用	313
一、真菌分类中的分子生物学方法	308	一、微生物生物技术在医药领域的应用	313
二、真菌分类系统	309	二、微生物生物技术生产生物降解材料	315
三、真菌类群的代表	310	三、微生物生物技术生产磁性材料	318
小结	310	四、微生物生物技术生产微生物农药	319
思考题	311	五、微生物生物技术在能源领域的应用	321
第十四章 微生物物种的多样性②	312	小结	323
第一节 细菌的多样性		思考题	324
一、细菌系统发育总观			
二、细菌的主要类型			
三、放线菌的主要类型			
第二节 古生菌的多样性			

第五部分 微生物感染与免疫

第十六章 感染与免疫	326	三、自身免疫病	344
第一节 感染	326	四、移植免疫	344
一、感染途径	326	五、免疫缺陷	345
二、感染的分类	327	六、感染性疾病的预防	345
第二节 非特异性免疫	328	第五节 免疫学技术与临床诊断方法	348
一、免疫器官和细胞	329	一、多克隆抗体和单克隆抗体	348
二、细胞免疫	330	二、抗体的滴度、皮试与感染性疾病的诊断	348
三、补体的非特异性免疫	332	三、血清学试验	349
第三节 特异性免疫	334	四、荧光抗体检测	351
一、抗原与抗原呈递	334	五、酶联免疫吸附测定和放射免疫测定	352
二、抗体和体液免疫	338	六、免疫印迹	354
第四节 免疫病理	342	小结	354
一、超敏反应	342	思考题	355
二、炎症反应及败血性休克	343		
主要参考书目	356		
附录一 国内菌种保藏部门名称及其缩写 ^②			
附录二 国外部分菌种保藏机构及其缩写 ^②			
常见微生物名称索引	361		
常见微生物学名词索引	366		

第一章

绪 论

第一节 微生物与微生物学

一、何谓微生物

地球是宇宙中一个有生命的星球。人们首先认识、利用、繁育和改造生物世界中形体高大、结构复杂的动植物,以它们作为食物来源和居所材料,使人类得以生存和繁衍。但是庞大复杂的生物大体系绝不仅仅由动植物组成。形体微小、结构简单、代谢旺盛、繁殖快捷,具有顽强生命力的微小生物是生物大世界中不能缺少、不可替代的重要成员,包括:细菌、古生菌、立克次氏体、支原体、衣原体、放线菌、真菌、单细胞藻类、原生动物和病毒等,这些生物统称微生物(microorganism)。微生物在形态上与动植物有明显的差别,但它们仍具有生命体的共同特征:①除病毒外均由细胞作为个体最基本的组成单位;②构成细胞的化学物质是大分子的蛋白质、核酸、糖类、脂质及其衍生物;③能独立自主地进行新陈代谢,产生生命活动所需的能量和建造细胞所需的物质;④具有体现各自生命特征的基因型、基因结构和表达基因型的蛋白质组,使之呈现出生命特征的基本属性——受基因制约和调控的遗传性和变异性。

微生物个体微小,结构简单。细菌、古生菌、立克次氏体、支原体、衣原体的形体以 μm 度量,人的肉眼不可见,需借助于显微镜才能进行观察。而多个个体聚集在一起,则可形成一个群体,称为菌落(colony),呈现出可窥见的形状和颜色。几乎全部细菌都是 μm 级,然而,在微小世界里也不乏“形体高大”者。1997年德国科学家 H. N. Schulz 等人在纳米比亚海岸的海底沉积物中发现了一种大小一般为 $100 \sim 300 \mu\text{m}$ 、最大可达 $750 \mu\text{m}$ 的硫磺细菌,其以从外界吸收到体内的硝酸盐和硫化物进行能量代谢。菌体呈白色,像珍珠一样,科学家将其命名为纳米比亚硫磺珍珠菌(*Thiomargarita namibiensis*),这是目前发现的最大细菌,肉眼可见(见第二章)。而最小的细菌则是芬兰科学家 E. O. Kajander 及其同事从胆结石样品中分离得到的纳米细菌(nanobacteria),其直径仅为 50 nm ,即 $0.05 \mu\text{m}$,比一般的病毒还要小。

真菌是生物世界中低等的真核生物,包括霉菌和酵母菌,霉菌的菌体为丝状体,只有酵母菌的个体是单个细胞。真核微生物的个体也很小,菌丝粗细、孢子直径也以 μm 计量。单靠肉眼很难观察,研究它们的细胞形态需借助于显微镜才行。不过,真菌中也有一些种类,如马勃、猪苓、各种食用的菇类可形成大型的子实体结构,用肉眼可直接观察。20世纪90年代在美国发现了一种真菌,其直径达 $4 \sim 5 \text{ km}$,可谓是巨大的微生物,在自然界中极为罕见。

至于单细胞藻类和原生动物均为真核细胞生物,由于对它们的研究方法与细菌和真菌相似,广义的微生物概念也将其归入微生物范畴之内。

微生物的类群十分庞杂,它们的代谢活动与高等动植物有许多相似之处。例如:从葡萄糖降解为丙酮酸并伴随产生 ATP 的糖酵解过程,微生物与所有有机体的代谢途径和酶系统都是十分相似的;又比如:在厌氧条件下,乳酸菌将丙酮酸转化成乳酸的过程,与剧烈运动后的肌肉暂时缺氧状态时,由丙酮酸生成乳酸的反应过程也是一致的。另外,由于微生物的生长周期相对于动植物来说非常短暂,可以在实验室条件下多代繁殖,因此,

是研究生物体生命活动规律理想的材料。不同微生物的基因类型有所不同,决定了它们各具特色的代谢类型。

由于微生物的代谢活动及代谢产物与人类的生产、生活密切相关,使它们在工、农、林、医、环境保护中具有极其广泛的应用,目前微生物学已经孕育出了生物技术产业。学习微生物学对于我们了解、掌握生命活动的基本规律,利用改造有益微生物,控制杀灭有害微生物,保障人类的生存和经济的可持续发展,是十分重要的。

二、微生物在自然界中的地位

在自然状态下,微生物总是与其他生物一起混杂地生活。但由于微生物个体微小,肉眼不可直视,长期以来人们只感觉到微生物的存在,却不能有目的地进行探索。直到发明了显微镜,看到它们的真实面目后,人们才着手对微生物进行深入研究。

确认微生物在生物界中的分类地位,人们经历了 200 多年的时间。

1753 年瑞典博物学家林奈(Carolus Linnaeus)在《植物种志》一书中提出:生物可分为动物界(Animalia)和植物界(Plantae)——二界系统。

1866 年 E. N. Haeckel 提出:生物分为动物界、植物界和原生生物界(Protista)——三界系统。Haeckel 将细菌、真菌、单细胞藻类和原生动物归为原生生物界。

1938 年 Copeland 提出:动物界、植物界、原始生物界(Protoctista)(包括原生动物、真菌、部分藻类)和菌界(Mychota)(包括细菌、蓝细菌)的四界系统。

1969 年 R. H. Whittaker 提出了在学术界获得普遍支持和产生巨大影响的五界系统:动物界、植物界、原生生物界(包括原生动物、单细胞藻类、黏菌等)、真菌界(Fungi)(包括真菌、酵母)和原核生物界(Monera)(包括细菌、蓝细菌)(见图 13-1)。

随着分子生物学技术的建立和日臻完善,20 世纪 60 年代末期 Carl Woese 和 George Fox 根据所有细胞生物中均含有 rRNA 分子,其大小适中(约为 1 540 bp)、碱基组成保守、一级结构和高级结构高度保守、功能保守等特征,确认 16S rRNA 的变异不受环境影响,只是时间的函数,是度量生物进化、进行谱系分析极佳的“分子尺”。在进行了原核生物 16S rRNA、真核生物 18S rRNA 的寡核苷酸编目检测后,比较各类生物的 rRNA 特征序列,从序列差异计算出不同生物间的进化距离,绘制出系统发育树(phylogenetic tree)(图 1-1)。

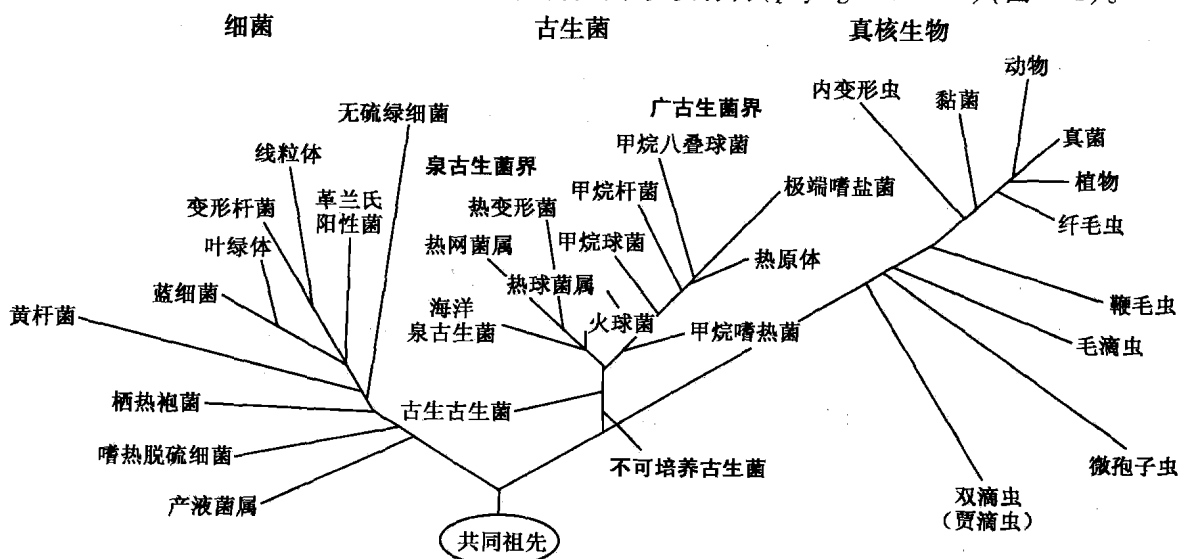


图 1-1 Woese 的系统发育树

1987—1990 年 Woese 根据 rRNA 序列分析的结果,提出将自然界中的生物分为细菌(Bacteria)、古生菌

(Archaea)和真核生物(Eukarya)三个域(domain)的建议。认为地球上所有的细胞生物具有共同的祖先,但沿着3个主要谱系进化。古生菌DNA复制、转录、翻译的基因与真核生物相对应的基因有较高的同源性,而能量代谢、固氮基因与细菌有较高的同源性。古生菌是有别于原核生物和真核生物的第三种生命形式。之后对詹氏甲烷球菌(*Methanococcus janaschii*)、热自养甲烷杆菌(*Methanobacterium thermoautotrophicum*)和闪烁古生球菌(*Archaeoglobus fulgidus*)全基因组序列的测定与分析结果,进一步证实了古生菌域的古生菌既不同于细菌也有别于真核生物的基因序列特征,确认了古生菌域概念的正确性。

三域学说的提出是微生物学理论研究的重大进展,为从生命的本质物质——核酸进行系统发育的研究建立了科学的技术方法,为进一步探索生命的起源和进化提出了新的思路。

三、微生物的“利”与“弊”

微生物是生物类群中重要的成员,在营养自身的同时,直接参与自然界中碳、氢、氧、氮、磷、硫等重要生命元素的再循环供植物利用转化,以利于生态系统的稳定和平衡,从而维系了人类赖以生存繁衍的环境条件。如果没有微生物的存在,营养元素和矿质元素封存在动植物体内,物质循环链中断,地球就将成为垃圾的星球,人类也将难以生存。微生物以其特殊的物质代谢途径和能量转换,既不过分,也不欠缺,恰如其分、有节律地进行着元素的循环再生和能量流动,供各类生物吸收利用、蓬勃生长,才使地球充满了生机。

各种微生物在漫长的岁月里,一直不间断地将它们的代谢活动、代谢产物掺入到人类的生产和生活之中。现代的工业、农业、林业、食品、医药、卫生、生物工程、环境保护等各个领域,均有微生物的足迹和身影。这是微生物对人类的“利”之所在。然而,在微生物带给人类众多利益的同时,一些微生物也会使人类的生活充满灾害,甚至是毁灭性的灾难。由霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*)引起的霍乱,是一种烈性消化管传染病,历史上曾发生过多次世界性大流行,死亡人数达数百万之多;由鼠疫耶尔森氏菌(*Yersinia pestis*)引起的鼠疫病,1747年使欧洲2500万人死亡;曾经宣布已被征服的结核分枝杆菌(*Mycobacterium tuberculosis*)目前又卷土重来,全世界已有18.6亿人感染结核菌。一些新的病原微生物出现,由甲型H1N1流感病毒、禽流感病毒、艾滋病病毒、SARS病毒、埃博拉病毒、朊病毒(疯牛病病毒)、大肠杆菌O157引发的各类传染病又给人类的健康带来了新的威胁。一些病原细菌会造成动、植物的病害,欧文氏菌属(*Erwinia*)的菌可引起各种植物的黑斑病、枯萎病和软腐病;假单胞菌属(*Pseudomonas*)中的许多种能引起植物的枯萎病;鼻疽假单胞菌(*P. mallei*)引起马、驴的鼻疽病。一些真菌、放线菌、支原体也是引发动、植物病害和威胁人体健康的杀手,引发小麦锈病、水稻恶苗病、棉花枯萎病、玉蜀黍黑粉病、甘薯黑斑病、足癣病、牛颞肿病和支原体肺炎等。

毫无疑问,我们正在获取有益微生物的菌体、代谢产物和微生物药物带给人类的巨大利益,使人类的生活质量不断提升,但同时我们也应时刻警惕有害微生物强加给人类的灾害。因此,挖掘、开发、利用、保护有益微生物,关注、控制、杀灭、根除有害微生物是学习和应用微生物学的目的,也是每一个微生物学工作者义不容辞的责任和义务。

四、微生物学的内容

微生物学是研究微小生命体——细菌、古生菌、放线菌、立克次氏体、支原体、衣原体、病毒、真菌等生命活动规律的一门学科。学习微生物学,可以获得广泛的基础理论知识,为今后专业课的学习和从事微生物学研究奠定宽厚的基础。

微生物学又是实验性很强的一门学科,与生产实践密切相关。由于微生物形体微小,结构简单,分布广泛,数量众多,进化低等,生长快速,营养类型与代谢类型多样,易于变异等特有的生物学特性,其研究思路和方法也有别于动植物。微生物学的内容丰富、广泛,除微生物的纯种分离、群体培养、生理特性研究外,微生物功能基因的克隆、扩增、表达、蛋白质的结构与功能解析等基础研究的理论和分子生物学技术的机制、方法也包含在微生物学中。目前,随着微生物学的迅猛发展以及分子生物学技术的不断改进和提高,从分子水平研究微生物

生命活动规律的“分子微生物学”(molecular microbiology)、研究微生物与寄主细胞相互关系的“细胞微生物学”(cellular microbiology)也应运而生。

五、微生物学分支学科

随着微生物学研究的不断深入,微生物学基本理论和基本知识的逐年丰富,在科学界占据重要位置并具有广泛应用价值的微生物学,已由单一学科派生出与其相关的诸多分支学科。这些分支学科的出现为进一步广泛、深入地研究微生物,使之更加有利于人类的生存和社会经济的可持续发展,已经取得并正在取得更为显著的成效。

按照微生物学的研究内容、研究技术、类群、生态关系和应用范围等,微生物学的分支学科如图 1-2 所示。

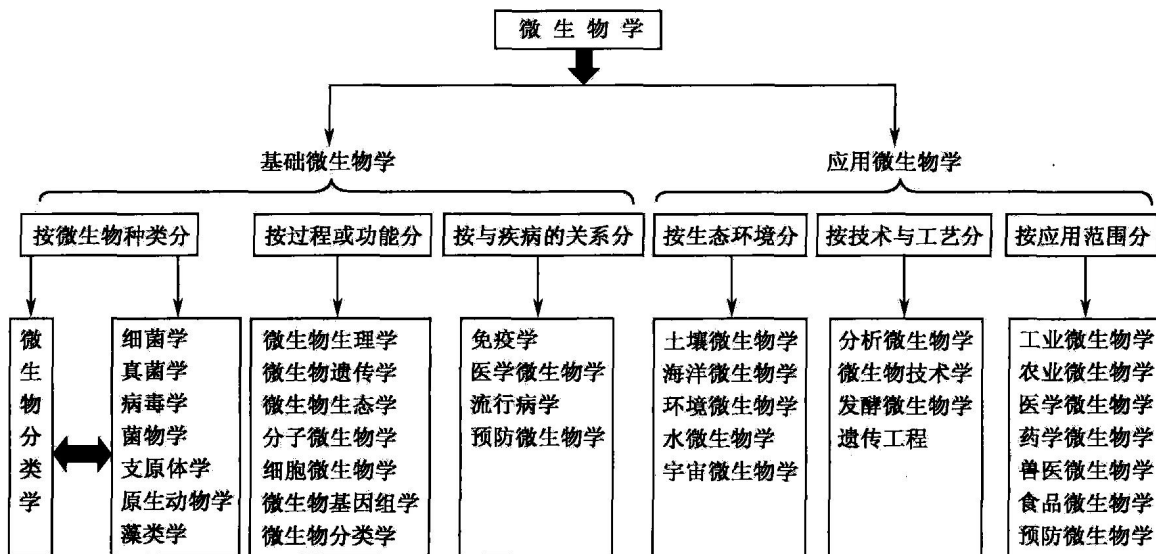


图 1-2 微生物学的分支学科

第二节 微生物学发展简史^②

小结

1. 微生物是自然界中形体微小、结构简单、代谢类型多样、繁殖快、易培养、易变异、分布广泛的微小生物。17 世纪由荷兰人列文虎克发现。
2. 人类在生产活动和日常生活中感受到微生物在自然界中的存在,并自发地利用它们。作为研究微生物生命活动规律一门独立的学科——微生物学起始于 19 世纪中期。法国的巴斯德和德国的柯赫以他们杰出的贡献被誉为微生物学的奠基人。
3. 由于诸多分支学科的建立,20 世纪的微生物学得到全面、深入、系统的发展,成为推动整个生命科学前进的动力。20 世纪 40 年代以后,分子生物学技术的出现,与数学、物理、化学学科的交叉渗透,使微生物学研究进入鼎盛时代,成为生命科学研究领域的前沿学科。微生物学科的发展为生命科学做出了不可磨灭的贡献。
4. 随着时代的前进,21 世纪微生物学发展的前程不可估量。微生物学的研究将从分子水平的高度来解决生命科学研究中的诸多难题。由微生物学派生出的生物技术产业将会给世界经济带来巨大的效益。

思考题

1. 何谓微生物？试举出你在生活中所感受到的几种微生物。
2. 概述微生物学科的研究内容。
3. 在生命科学的发展中微生物学居于何种地位？试述之。
4. 学习、阅读本章内容后，你对学习微生物学有何感受？
5. 简述微生物学发展过程中的代表性人物及他们的主要贡献。

(杨文博)

第一部分

微生物的形态、结构与功能