

高等学校教材

微生物学

王宜磊 主编

WEI
SHENG
WU
XUE



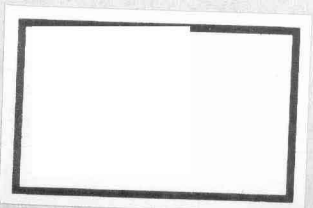
化学工业出版社

普通高等教育精品教材

微生物学

王明全 主编

中国轻工业出版社

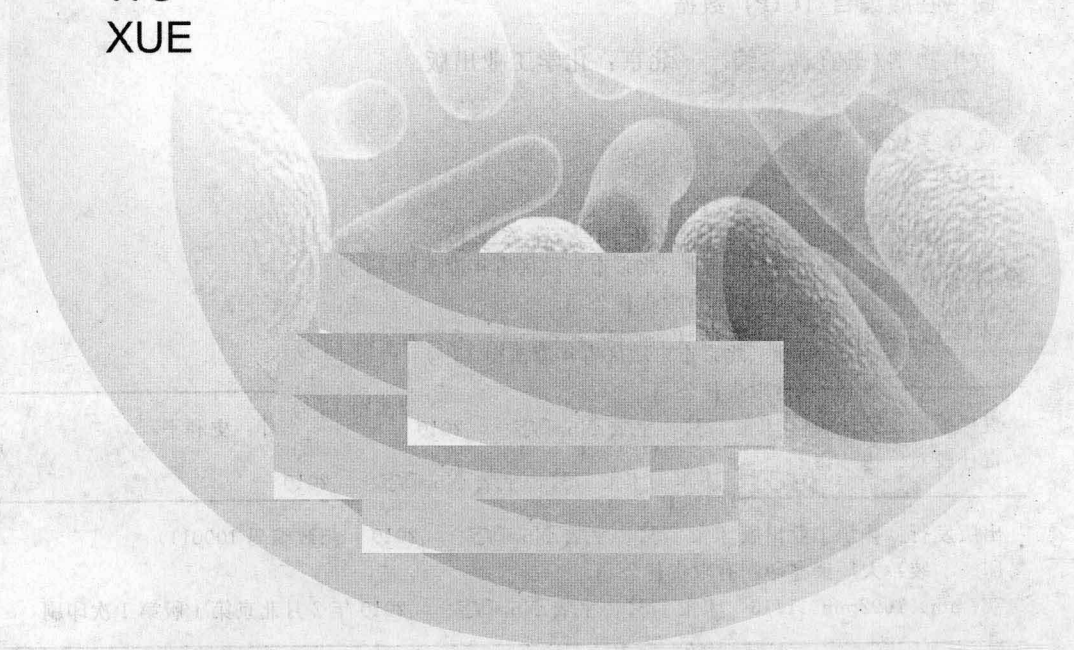


高等学校教材

微生物学

王宜磊 主编

WEI
SHENG
WU
XUE



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据高等院校培养目标和教学实际编写,具有基础性、系统性好,应用性、先进性强等特点。本书包括理论知识和实验技能两部分,理论部分共十章,内容包括微生物的形态、结构与功能,微生物的营养、代谢、生长及其控制,遗传和变异,传染和免疫,微生物分类和鉴定以及微生物生态等。实验部分包括显微及染色、培养基制备与分离纯化、生理特性与鉴定保藏、综合应用四个技术模块。每章后附有本章小结、复习思考题,全书多处设有趣味性较强的视野拓展,以提高学生学习兴趣。书后附录包括染色液的配制、常用培养基配方与配制、常用试剂与消毒剂的配制,可方便读者查阅。

本书适用于生物科学、生物学教育、生物工程、生物技术等专业,也适用于农林、食品等专业,还可供相关科研与技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/王宜磊主编. —北京:化学工业出版社, 2010.3

高等学校教材

ISBN 978-7-122-07609-0

I. 微… II. 王… III. 微生物学-高等学校-教材 IV. Q93

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第007262号

责任编辑:郭庆春 李植峰 梁静丽
责任校对:边涛

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数446千字 2010年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

《微生物学》编写人员名单

主 编

王宜磊 (菏泽学院)

副主编

陈锡雄 (宁德师范高等专科学校)

弓建国 (集宁师范学院)

张 渊 (保定学院)

参编人员 (按姓名汉语拼音排列)

陈锡雄 (宁德师范高等专科学校)

弓建国 (集宁师范学院)

侯巨梅 (景德镇高等专科学校)

黄路标 (景德镇高等专科学校)

李 敏 (郑州大学基础医学院)

柳 林 (安康学院)

罗 青 (郑州师范高等专科学校)

王锋尖 (南阳师范高等专科学校)

王宜磊 (菏泽学院)

许 谦 (菏泽学院)

杨宏宇 (菏泽学院)

臧文巧 (郑州大学基础医学院)

张韩杰 (滨州学院)

张 渊 (保定学院)

周海霞 (德州学院)

前 言

微生物学是在细胞、分子或群体水平上研究微生物的形态构造、生理代谢、遗传变异、生态分布和分类进化等生命活动基本规律，并将其应用于工业发酵、医药卫生、生物工程和环境保护等领域的科学，其根本任务是发掘、利用、改善和保护有益微生物，控制、消灭或改造有害微生物。

通过本课程的学习，应使学生在全面掌握微生物学基本理论、基础知识和基本技能的基础上，培养分析问题和解决问题的能力，以便更好地适应社会。目标在于：通过课堂理论教学和实验教学，使学生比较系统地掌握微生物的形态结构、营养、生理、代谢、生长方式和生长规律、遗传和变异、传染和免疫、分类和鉴定以及微生物生态学等基础知识；了解微生物学的发展简史和微生物在工业、农业、医学、食品卫生、环境保护和生命科学研究及技术发展中的重要应用；了解和掌握微生物菌种分离和培养、染色和观察、菌种选育、菌种保藏以及有害微生物控制等基本微生物学实验技术原理和方法，使学生在科学态度、试验技能、独立操作能力等方面获得训练和提高；使学生能够初步运用所学理论和技能，说明微生物在生产实践和日常生活中与人类的密切关系。教师在教学中要把精力集中在培养学生分析问题、解决问题的能力上。

本书的编写根据高等院校的培养目标和教学实际，力求科学性强、系统性好，理论联系实际；既注重基本理论、基础知识、基本技能，又适当介绍新理论、新知识和新技术；努力做到既重点突出、概念精准、结构合理，又注意语言简练、内容简明、图文并茂。本书可作为生物科学、生物学教育、生物技术类专业的教学用书，也可供生物工程、食品、农林等专业师生参考使用。

本书具体分工如下：第一章由王宜磊编写，第二章由弓建国编写，第三章由陈锡雄编写，第四章由罗青和李敏编写，第五章由王锋尖编写，第六章由周海霞和黄路标编写，第七章由张渊编写，第八章由张韩杰和柳林编写，第九章由侯巨梅编写，第十章由杨宏宇和臧文巧编写。实验部分由王宜磊、许谦、杨宏宇、黄路标、陈锡雄、王锋尖、侯巨梅、张渊、周海霞、张韩杰、罗青、弓建国编写。附录由罗青、张渊编写。全书由王宜磊进行统稿。

本书在编写过程中，得到了菏泽学院领导和多位同事以及参编院校领导给予的关心和支持，并得到化学工业出版社的大力支持，在此表示由衷的感谢。

限于编者的水平和时间，书中可能存在疏漏之处，敬请同行和广大师生指正。

编 者

2009年11月

目 录

第一章 绪论	1		
一、微生物学的研究对象	1	视野拓展 微生物学家与诺贝尔奖	7
二、微生物学及其分科	4	小结	8
三、微生物学的发展	4	复习思考题	8
四、微生物学与生物科学	7		
第二章 原核微生物	9		
第一节 细菌	9	三、支原体	28
一、细菌的形态和大小	9	四、蓝细菌	28
二、细菌细胞的构造	11	五、原核微生物的比较	29
三、细菌的繁殖方式	22	*第四节 细菌的分类	29
四、细菌的群体特征	22	一、细菌分类的方法	29
第二节 放线菌	24	二、细菌的分类等级、种的划分及种以 下的分类单位	30
一、放线菌与人类的关系	24	三、细菌的命名	30
二、放线菌的形态和构造	24	四、细菌的分类体系	31
三、放线菌的繁殖方式	25	视野拓展一 超级细菌	31
四、放线菌的菌落特征	26	视野拓展二 细菌发电	31
第三节 其它原核微生物	26	小结	32
一、立克次氏体	26	复习思考题	32
二、衣原体	27		
第三章 真核微生物	33		
第一节 酵母菌	33	四、霉菌的菌落	44
一、酵母菌的形状和大小	34	五、常见的霉菌	44
二、酵母菌的细胞结构	34	*第三节 大型真菌——蕈菌	47
三、酵母菌的繁殖	36	第四节 真核微生物与原核微生物的比较及 真菌的分类	48
四、酵母菌的菌落	38	一、真核微生物与原核微生物的比较	48
*五、常见的酵母菌	39	二、安氏分类系统与真菌分类	48
第二节 霉菌	39	视野拓展 单细胞蛋白生产与人造肉	50
一、霉菌的形状和大小	40	小结	51
二、霉菌的细胞结构	42	复习思考题	51
三、霉菌的繁殖方式	42		
第四章 病毒	52		
第一节 病毒的形态结构和化学组成	52	*第三节 常见病毒	64
一、病毒的大小与形态	52	一、噬菌体	65
二、病毒的化学组成	54	二、植物病毒	66
三、病毒的基本结构	54	三、昆虫病毒	66
第二节 病毒的增殖	57	四、人类和脊椎动物病毒	66
一、病毒增殖的一般过程	57	视野拓展一 天花病毒的去留	67
二、烈性噬菌体与一步生长曲线	61	视野拓展二 SARS 与未来的病毒性疾 病	68
三、温和噬菌体与溶源性细菌	61	第四节 亚病毒	69
四、病毒的培养与鉴定	62	一、类病毒	69

二、卫星病毒	69	小结	70
三、卫星 RNA	69	复习思考题	71
四、朊病毒	70		
第五章 微生物的营养			72
第一节 微生物的营养物质	72	一、培养基的设计与配制原则	83
一、微生物细胞的化学组成	72	二、培养基的类型及应用	86
二、微生物的营养物质及其功能	73	视野拓展 Na^+ , K^+ -ATP 酶 (Na^+ , K^+ -ATPase) 系统	89
三、微生物的营养类型	77	小结	89
四、微生物对营养物质的吸收	79	复习思考题	90
第二节 培养基	83		91
第六章 微生物的代谢		第三节 微生物代谢的调节	113
第一节 微生物的能量代谢	91	一、酶活性的调节	114
一、化能异养微生物的生物氧化	91	二、酶合成的调节	117
二、自养微生物的能量代谢与 CO_2 的固定	102	三、次级代谢及其调节	118
三、能量转换	110	视野拓展 打破微生物的反馈抑制	120
第二节 微生物特有的合成代谢	110	小结	120
一、固氮作用	110	复习思考题	121
二、肽聚糖的合成	113		
第七章 微生物的生长及控制			122
第一节 微生物生长的研究方法	122	一、影响微生物生长的物理因素及控制	130
一、微生物的分离方法	122	二、影响微生物生长的化学因素及控制	137
二、微生物的培养方法	123	三、化学治疗剂对微生物生长的影响	139
三、微生物生长的测定方法	124	视野拓展 微生物的抗药性	141
第二节 微生物的生长	126	小结	142
一、微生物的个体生长	126	复习思考题	142
二、微生物的同步生长及获得方法	127		
三、微生物的群体生长及其规律	128		
第三节 环境因素对微生物生长的影响	130		
第八章 微生物的遗传与变异			143
第一节 遗传变异的物质基础	143	二、原生质体融合育种	159
一、DNA 是遗传变异的物质基础	143	三、基因工程育种	160
二、微生物的遗传物质	144	视野拓展一 工程菌的构建与未来食品	161
第二节 微生物的突变	147	第五节 菌种的衰退、复壮和保藏	161
一、微生物突变的类型	147	一、菌种的退化	161
二、微生物突变的规律与频率	148	二、菌种衰退的防止	162
三、微生物突变的机制	149	三、菌种的复壮	162
第三节 微生物的基因重组	152	四、菌种的保藏	163
一、原核微生物的基因重组	152	视野拓展二 菌种保藏机构简介	164
二、真核微生物的基因重组	156	小结	166
第四节 微生物育种	156	复习思考题	166
一、诱变育种	157		
第九章 微生物生态			167
第一节 微生物在自然界中的分布	167	三、空气中的微生物	169
一、土壤中的微生物	167	四、工农业产品中的微生物	170
二、水体中的微生物	167	五、生物体中的微生物	171

*六、极端环境中的微生物	173	一、碳素循环	183
视野拓展一 加酶洗衣粉的未来	175	二、氮素循环	183
第二节 微生物与生物环境间的相互关系	176	三、硫素循环	184
一、互生	176	四、磷素循环	185
二、共生	177	五、其它循环	185
三、拮抗	180	视野拓展二 微生物与环境保护	186
四、寄生	181	小结	187
五、猎食	182	复习思考题	188
第三节 微生物在自然界物质循环中的作用	182		
第十章 传染与免疫	189	视野拓展一 人造器官与未来医学	206
第一节 传染病的发生	189	第五节 特异性免疫	206
一、病原微生物的致病作用	189	一、特异性免疫的概念	206
二、环境条件对病原微生物致病性的影响	191	二、特异性免疫反应的过程	207
第二节 抗原	192	三、特异性免疫的获得方式	208
一、抗原的概念和性质	192	第六节 免疫学知识的应用	209
二、微生物的抗原种类	193	一、生物制品	209
三、佐剂	194	二、血清学反应	210
第三节 非特异性免疫	194	第七节 变态反应	212
一、非特异性免疫的概念	194	一、变态反应	212
二、非特异性免疫的组成	194	二、变态反应的类型	212
第四节 免疫系统	198	视野拓展二 有眼睛的药物——药物导弹	213
一、免疫器官	198	小结	214
二、免疫细胞	199	复习思考题	215
三、免疫分子	202		
微生物学实验	216	实验九 微生物的平板菌落计数	235
[一] 显微及染色技术模块	216	实验十 从土壤中分离、纯化微生物及菌落形态的观察	237
实验一 普通光学显微镜的使用与微生物的形态观察	216	实验十一 厌氧微生物的培养	240
实验二 细菌的简单染色与革兰氏染色	220	[三] 微生物生理特性与鉴定保藏技术模块	242
实验三 细菌的芽孢染色与荚膜染色	222	实验十二 理化因素对微生物生长的影响	242
实验四 细菌的鞭毛染色与细菌运动性的观察	223	实验十三 细菌的生理生化反应试验	244
实验五 酵母菌的形态观察与死活鉴别	225	实验十四 微生物菌种的保藏技术	246
实验六 放线菌、霉菌的培养技术与形态观察	226	[四] 微生物综合应用技术模块	249
实验七 微生物大小的测定与显微镜直接计数	228	实验十五 微生物的诱变育种	249
[二] 微生物培养基的制备与分离纯化技术模块	232	实验十六 食品中细菌总数和大肠菌群的测定	251
实验八 常见微生物培养基的配制	232	实验十七 牛乳中细菌的检查	255
附录	258	实验十八 乳酸发酵与饮料制作	256
一、染色液的配制	258		
二、常用培养基的配方与配制	259	四、常用消毒剂的配制	264
三、常用试剂的配制	263	五、洗涤液的配制及细菌滤器的清洗	264
参考文献	266		

第一章 绪 论

学习目标

了解微生物学的发展简史；理解微生物和微生物学的概念；掌握微生物的常见类群和特点，激发学生学习微生物学的兴趣。

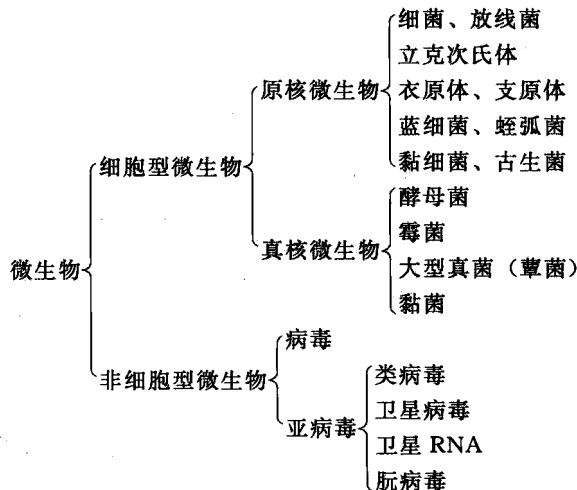
重点：微生物的概念和特点。难点：微生物的特点。

一、微生物学的研究对象

微生物与人类的关系十分密切，它们的生命活动与人类日常生活和生产息息相关，密不可分；微生物对人类的贡献，无论怎样评价都不过分。正是微生物的功劳才使我们可以享用可口的酸奶、醇香的美酒、美味的面包、松软馒头；微生物既是传染病的病原体，可以使人患病，让人饱受病痛折磨，同时又可以用微生物来生产多种药物来解除病痛折磨。关于微生物，我们必须知道，一方面部分微生物很残忍，可给人类带来毁灭性的疾病和危害；另一方面大多数微生物对人类是无害的，而且是有益的，我们离不开微生物。正确使用微生物这把“双刃剑”，利用有益微生物，控制有害微生物，造福于人类是我们学习和应用微生物学的目的，努力吧，未来的微生物学家。

（一）微生物的概念

微生物是一大群形体（体积）微小，结构简单，肉眼视之不见的单细胞、多细胞，甚至无细胞结构的低等生物的总称。微生物的主要类群概括如下。



（二）微生物的特点

微生物和动植物一样具有新陈代谢等生物的基本特征，但微生物也有其自身的特点。总结起来，微生物具有如下共性。

1. 体积微小、结构简单

微生物的个体极其微小，必须借助光学显微镜或电子显微镜才能观察到。测量其大小通常以微米（ μm ，如细菌）或纳米（ nm ，如病毒）为单位。微生物本身具有极为巨大的比表

2 微生物学

面积，小体积大面积必然有一个巨大的营养物质的吸收面、代谢废物的排泄面和环境信息的接触面，这对于微生物与环境之间进行物质、能量和信息的交换极为有利。当然也有体积较大的微生物存在，如担子菌等大型真菌。比表面积示例如下。

$$\text{表面积/体积} \begin{cases} \text{乳酸菌} = 120000, \text{大肠杆菌} = 300000 \\ \text{人} = 0.3 \\ \text{鸡蛋} = 1.5 \end{cases}$$

微生物和动植物相比，其结构简单，大多为单细胞个体，少数是简单的多细胞个体；病毒和亚病毒则是没有细胞结构的大分子生物体。

2. 代谢旺盛、类型多样

微生物代谢旺盛，主要表现在吸收营养物质多，物质转化快这两个方面。大肠杆菌每小时可消耗达自身重量 2000 倍的糖类，乳酸细菌每小时吸收的营养物质达自身重量的 100 多倍，人类每小时吸收营养物质的量不及自身重量的 0.3%。乳酸细菌每小时可产生达自身重量 1000 倍的乳酸，产朊假丝酵母 (*Candida utilis*) 合成蛋白质的能力是大豆的 100 倍，是肉用公牛的 10 万倍。这些特性为微生物的高速生长繁殖和合成大量代谢产物提供了充分的物质基础，也使微生物获得了“活的化工厂”的美名。

微生物的代谢类型多样，这是其它生物不可比拟的。微生物能利用的营养基质十分广泛，几乎能分解地球上的一切有机物质，许多动植物不能利用甚至对其它生物有毒的物质，微生物都可以利用。微生物有多种产能方式，有的可以分解有机物获能，有的可以氧化无机物获能，有的能利用光能进行光合作用，有的能固定分子态氮，有的能利用复杂有机氮化物。微生物的代谢产物更是多种多样，氨基酸、蛋白质、糖类、核苷酸、核酸、脂肪、脂肪酸、抗生素、维生素、色素、生物碱、二氧化碳、 H_2O 、 H_2S 等都可以是微生物的代谢产物。目前，仅抗生素就已发现 9000 多种，可见微生物的代谢产物是极其多样的。

3. 繁殖快速、易于培养

微生物繁殖速度极快，如各方面的条件都合适，大肠杆菌每 12.5~20min 分裂一次，按 20min 来算，则 1 昼夜分裂 72 次，那么 1 个菌体就会产生 2^{72} 个（即 4722366500 万亿个），重达 4722t；酵母菌每 2h 分裂一次，12h 可收获一次，一年可收获数百次，这也是其它动植物无法比拟的。

微生物的培养较容易，微生物对营养条件、温度、pH 值等没有苛刻要求，能在常温、常压及中性 pH 值的条件下，利用简单的无机和有机营养物质，甚至工农业生产的下脚料或废弃物生长繁殖，积累代谢产物。这在微生物的研究和应用上极为有利，生产者可以使用廉价的原料，利用简单的设备，在不需要催化剂的条件下，生产出无毒且成本低廉的食品、医药和化工产品。

4. 适应性强、容易变异

(1) 适应性强 微生物有极其灵活的适应性。为了适应多变的环境条件，微生物在长期的进化过程中产生了许多灵活的代谢调控机制，可以使其适应恶劣的极端环境。如：①耐热：某些硫细菌能在 90℃ 温泉中甚至 250~300℃ 的海底火山口附近生活；②耐寒：极端嗜冷微生物能在常年冰封的两极生活；一般微生物都能耐 -196℃（液氮）及 -253℃（液氢）的低温，保藏菌种正是利用了微生物耐冷的特性；③耐盐：盐生盐杆菌等嗜盐细菌能在 32% 的饱和食盐水中生长繁殖；④耐干：芽孢杆菌在干燥条件下可存活几十年、几百年甚至几千年；⑤耐酸：氧化硫硫杆菌能在 5%~10% 的硫酸中生长；⑥耐碱：脱氮硫杆菌能在 pH 10.7 的碱液中生长；⑦耐压：地球大洋最深处，关岛附近的马里亚纳海沟，水深 11034m，静水压 1103.4atm (1atm=101325Pa)，仍有细菌生活。

(2) 容易变异 微生物细胞体系简单, 多为单细胞, 与外界直接接触, 其受到外界理化因素影响后, 细胞内的遗传物质容易发生变化, 很快就会使细胞的遗传性状发生变化, 且可稳定地繁殖后代; 由于微生物数量多, 繁殖快, 故能使其产生大量的变异后代。微生物容易变异的特性已经成为许多科学家的研究目标和工具, 微生物诱变育种就是典型的例子。青霉素是由产黄青霉产生的, 1943 年时每毫升发酵液只能产生 20 单位青霉素, 经过多年的选育, 目前在发达国家, 每毫升发酵液已可产 10 万单位; 另外, 菌类的抗药性也说明了变异的存在, 原来严重感染的病人每天只要 10 万单位的青霉素即可控制感染, 而现在则要 800 万单位。微生物的这种变异在动植物中是不可想象的, 因为某个细胞的变化不会引起整个机体遗传性状的变化。

5. 分布广泛、种类繁多

微生物在自然界分布极为广泛。土壤中, 海洋内, 河流里, 空气中, 高山上, 岩石内到处都有微生物, 人们用地球物理火箭在距地球表面 85km 的空中找到了微生物, 在万米深的海底找到了微生物, 在 427m 的沉积岩心中也找到了活的细菌。食物 (手指甲盖大的生肉上有上万个) 中, 粮食 (1g 上有几千到几万个) 内, 饮料 (1 汤匙生牛奶中有 2000 万个) 里, 动植物体内外, 人的肠道 (100 万亿个, 近 400 种) 中都有微生物。

微生物的种类繁多。目前已发现的微生物约有 15 万种, 但据前苏联的科学家估计这只占微生物总量的 5%~10%, 微生物的数量现在正以每年发现几百至上千个新种的趋势在增加。我们有理由相信, 随着微生物分离和培养方法的改进, 随着研究的不断深入, 更多的微生物新种将会不断被发现, 总有一天微生物的总数会超过动植物数量的总和。

(三) 微生物的分类地位

1. 二界系统

在发现和研究微生物之前, 瑞典博物学家林奈 (Carolus Linnaeus, 1735) 进行了生物分类工作, 他以生物能否进行光合作用、是否运动、有无细胞壁为标准提出了二界系统, 将所有的生物分为植物界和动物界。但在发现了微生物之后, 由于藻类有细胞壁, 能进行光合作用, 归于植物界; 原生动物无细胞壁, 能运动, 不进行光合作用, 归于动物界。

2. 三界系统

随着对微生物认识的逐步深入, 科学家发现许多细菌既具有细胞壁, 能进行光合作用, 又能运动, 将它们归于植物界或动物界均不合适。德国动物学家海克尔 (E. H. Haeckel, 1866) 将原生生物另立为界, 提出三界系统, 即将生物分为原生生物界、植物界和动物界。

3. 四界系统

考柏兰 (H. F. Copeland, 1938) 将原核生物另立为一界, 提出了四界系统, 即动物界 (初原生动物外)、植物界、原始有核界、原核生物界。

4. 五界系统

根据细胞结构的复杂程度及营养方式, 魏塔克 (R. H. Whittaker, 1969) 将真菌从植物界中分出另立为界, 提出了五界系统: 原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。

5. 六界系统

我国学者王大耜 (1977) 等在魏塔克五界系统的基础上提出六界分类系统: 即增加病毒界。

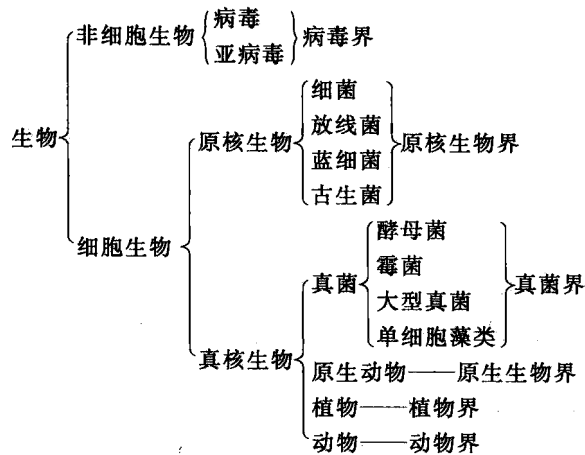
6. 三域学说

1978 年美国伊利诺伊大学的伍斯 (C. R. Woese) 等人对大量微生物和其它生物进行了 16S 和 18S rRNA 的寡核苷酸测序, 并比较其同源性水平后提出三域学说: 细菌域、古生菌

4 微生物学

域、真核生物域。

从上面的分类系统可以看出，微生物在生物界中占有十分重要的地位。生物的分类概况如下。



二、微生物学及其分科

1. 微生物学及其研究内容

微生物学是研究微生物及其生命活动规律和应用的学科。研究内容涉及微生物在群体、细胞或分子水平上的形态结构、分类、生理、遗传变异、代谢、生态、免疫以及微生物在工、农、医药、卫生、环保、生物工程等方面的应用。

2. 微生物学的任务

微生物学是研究微生物及其生命活动规律，以及其与人类关系的一门学科，它的根本任务就是发掘微生物资源，充分利用和改善有益微生物；控制、消灭或改造有害微生物，消除其有害影响，使其更好地造福人类。

3. 微生物学的分支学科

据研究对象与任务的不同，微生物学形成了许多分支学科。

① 着重研究基本理论的：普通微生物学、微生物形态学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生物化学、微生物遗传学、微生物生态学、分子微生物学等。

② 着重应用性研究的：应用微生物学、工业微生物学、农业微生物学、植物病理学、医学微生物学、药用微生物学、兽医微生物学、抗生素学、食品微生物学、酿造学、乳品微生物学、石油微生物学、海洋微生物学、地质微生物学、土壤微生物学。

③ 据研究对象划分的：细菌学、真菌学、病毒学、噬菌体学、原生动物学、藻类学、支原体学、自养菌生物学、厌氧菌生物学。

④ 据生态环境划分的：土壤微生物学、海洋微生物学、环境微生物学、宇宙微生物学、水微生物学。

⑤ 着重实验性研究的：实验微生物学。

⑥ 与其它学科形成的交叉学科：分析微生物学、化学微生物学、微生物化学分类学、微生物数值分类学、微生物地球化学。

三、微生物学的发展

(一) 我国古代人民对微生物的认识和利用

我国人民在距今 8000~4500 年间发明了制曲酿酒工艺，在 2500 年前的春秋战国时期已

会制酱和制醋，宋代已采用曲母进行接种，并会制造红曲；900年前我国人民利用自养细菌的胆水浸铜法生产铜；在2000年前我国人民发现豆科植物的根瘤有增产作用；在宋代我国人民还创造了以毒攻毒的免疫学方法；我国人民最早发明用人痘来预防天花，比英国的琴纳（Jenner, 1796年）早半个多世纪。华佗去腐肉以防传染也是免疫学知识的早期应用。

我国制曲酿酒具有闻名世界的4大特点：历史悠久、工艺独特、经验丰富、品种多样。另外，食用菌栽培为我国首创；用盐腌、糖渍、烟熏、风干等方法保存食品在很早也已广泛应用。

（二）微生物的发现和微生物学的发展

1. 微生物的发现

微生物个体微小，形态结构不易观察；其在自然界中杂居混生，在未分出纯种前，人类很难知道各种微生物对自然界和人类的真正作用。微生物世界是一个难以认识的世界，当人们对微生物世界处于无知状态时，往往表现出“视而不见，嗅而不闻，触而不觉，食而不察，得其益而不感其好，受其害而不知其恶”，处于愚昧状态之中。

荷兰人安东·列文胡克（Antony Leeuwenhoek, 1632~1723）于1676年最早发现微生物，他一生制作了419架显微镜，放大率在50~300倍，用其观察了雨水、污水、污泥、牙垢、精子、红血球，发现了球形、杆形、螺旋形的细菌，并绘成图。

2. 微生物学的创立

在列文胡克发现微生物世界以后的200年间，微生物学的研究基本上停留在形态描述和分类工作方面，未能将其形态与生理活动与人类生产实践联系起来。直到微生物学杰出奠基人法国的巴斯德（Pasteur）和德国的科赫（Koch）等人的出现，才改变了这种结局。

（1）巴斯德（1822~1895）的主要贡献 ①否定了自然发生说（巴斯德在前人工作的基础上，进行了许多试验，其中著名的曲颈瓶试验无可辩驳地证实，生命只能来自于生命的胚种；彻底否定了“自生学说”）；②提出发酵是由微生物引起（酒精发酵）的；③提出传染病是由病原菌引起的（建立了病原学说）；④提出了预防接种措施，并研究出了多种疫苗（炭疽、鸡霍乱、狂犬病）；⑤发明巴氏消毒法（在60~65℃做短时间的加热处理，杀死有害微生物）。

（2）科赫（1843~1910）的主要贡献 科赫发明了明胶固体培养基和细菌染色方法；他还分离到了多种病原菌（炭疽杆菌、结核杆菌、霍乱弧菌），并提出了柯赫定理：①一种病原微生物必定存在于患病动物中；②这一病原微生物必能从寄主分离到，并能得到纯培养；③分离得到的纯培养物接种到敏感动物，必然出现特有的疾病症状。

（3）贝依林克（M. Beijerinck）的主要贡献 他提出了自养微生物和土壤微生物的研究方法，奠定了土壤微生物学的基础。

（4）伊凡诺夫斯基（Ivanowsky, 前苏联）的主要贡献 他于1892年最早发现了病毒（烟草花叶病毒），奠定了病毒学的基础。

（5）梅契尼可夫（Metchnikoff）的主要贡献 他于1884年发现了白细胞的吞噬作用。

3. 现代微生物学的发展

（1）传染病和免疫学的独立研究 其为以防病治病为目的所进行的应用性研究。

（2）微生物学与生物化学的结合 生产出了乙醇、丙酮、乳酸、甘油和其它有机酸、蛋白质、油脂等微生物产品。

（3）微生物学与遗传学的结合 ①1941年比德耳（Beadle）和塔图姆（Tatum）提出了“一个基因一个酶”学说，并使链孢霉成为遗传研究的材料之一；②1928年格里菲斯（Griffith）发现了细菌的转化现象（肺炎链球菌），并且埃弗雷（Avery）在1944年证明了脱氧

6 微生物学

核糖核酸为转化因子，由此发现了遗传物质的化学本质；③1953年沃森（Watson）和克里克（Crick）提出了脱氧核糖核酸分子的双螺旋结构模型和半保留复制假说；④1946年莱德伯格（Lederberg）和塔图姆（Tatum）发现了细菌的接合现象，并且发现了F因子和Hfr菌株；⑤1952年辛德（Zinder）和莱德伯格（Lederberg）发现了转导作用，并找到了转导的载体是噬菌体；⑥1952年和1961年莫诺（Monod）和雅各布（Jacob）提出了操纵子学说，同年尼伦伯格（Nirenberg）提出了遗传密码理论，从而使遗传信息转录、翻译和表达得到了阐明；⑦1963年，莫诺（Monod）提出了调节酶变构理论，使分子生物学更快地成长起来。

4. 我国微生物学的简况

解放前我国微生物学研究力量薄弱，没有专门的教学与科研机构。新中国成立后，微生物学和其它学科一样迅速发展起来，我国建立起专门的微生物学研究机构，很多院校开设了微生物学专业，培养了大批微生物学人才。

在微生物学的基础理论研究和应用方面，我国科学工作者做了大量工作，取得了一些重要成果。如在微生物分类、代谢、遗传育种、菌种筛选与保藏、微生物资源开发等领域均取得较大成绩。菌种选育与保藏工作成绩显著，研究者利用代谢调控理论、原生质体融合、基因工程等新理论、新技术选育出许多优质高产菌株，目前我国保藏的菌种有2万多种。我国基因工程菌的构建达到世界先进水平。1981年细菌和酵母菌表达乙肝病毒表面抗原基因成功，并成功生产基因工程疫苗；1983年，大肠杆菌表达胰岛素成功；1987年大肠杆菌表达干扰素成功。部分微生物的全基因组测序已经完成。我国幅员辽阔，大环境多变，小环境多样，微生物资源极其丰富，这为我国微生物分类学研究创造了得天独厚的条件，我国在放线菌、细菌、真菌的系统分类和区系调查方面做了大量工作，取得了一系列成果。

微生物学在工业、农业、医药学等应用方面成绩更为突出。我国在抗生素、氨基酸、有机酸、酿酒、酶制剂、食用菌、农药、菌肥的研究和生产方面已有相当的基础，抗生素的产量居世界首位，远销世界各国。近年来我国在发酵工艺优化和创新方面取得了一系列成果，一步发酵法生产维生素C和十五碳二元酸生产新工艺达到世界先进水平。利用发酵法生产酶制剂、进行石油脱蜡，利用微生物法进行石油和天然气勘探，利用细菌进行湿法冶金，利用微生物处理三废均取得较好效果；利用苏云金杆菌制剂、白僵菌制剂等微生物农药防治农林害虫，利用球形芽孢杆菌制剂防治蚊子幼虫也已得到较广泛应用。农用抗生素推广和微生物肥料的开发利用促进了农业的发展。我国抗生素和生物制品的研究和应用发展迅速，许多烈性传染病均得到有效的控制。

（三）微生物学的未来

微生物学已经深刻地影响了人类社会。21世纪是生物学的世纪，更确切地说21世纪是微生物的世纪，因为任何高精尖的生物学技术研究都离不开微生物。

1. 微生物基因组和后基因组研究将更全面地展开

基因组学包括全基因组的序列分析、功能分析和比较分析，是结构、功能和进化基因组学交叉的学科领域。目前人类已完成200多种模式微生物、病原微生物和特殊微生物的序列测定，为从本质上认识微生物奠定了坚实的基础；而今后，人们将把研究视野扩展到与工农业和环境有关的应用型微生物，研究其基因组和细胞之间的关系，采用生物信息学方法来分析基因组及其功能，并深入到蛋白质组学的研究领域，这些必将成为更好地利用和改造微生物最不可或缺的条件。

2. 微生物生态学研究将获得长足发展

微生物生态学是研究微生物之间、微生物与其它生物之间及微生物与环境之间相互关系

的学科。在基因组学的基础上,人们应深入了解微生物与高等生物之间的相互关系(改善植物、家禽和人类的健康状况)、与环境的相互关系(利用微生物解决环境污染问题)。微生物细胞之间及微生物与其它生物细胞和环境之间如何进行信号传递等也是人们研究的热点问题。

3. 微生物多样性的研究将更广泛深入的开展

微生物形态和细胞显微结构有明显的多样性,不同菌的细胞壁的化学组成和结构明显不同;微生物代谢类型、代谢产物多种多样,能利用的基质差异很大;微生物携带遗传信息的物质及方式多种多样,繁殖方式也各不相同,RNA病毒和软病毒都不遵守“DNA-RNA-蛋白质”的中心法则。微生物具有极强的抗极端环境的能力,这也充分显示了微生物抗性的多样性。微生物为何会有这些多样性?其深层次的机理如何?这些都需要做进一步的研究。

4. 微生物与新产品开发

基因工程药物的生产,未来能生产出疾病控制药物,关闭相关基因,达到治病的目的;超级菌的研发能带来环保工业的革命,将来会出现能降解石油、塑料、农药的超级菌;光合作用膜的开发也必将成功,到那时,粮食、蛋白质、脂肪等等均可在工厂中生产。在不久的将来会有不含有相应抗原信息,不出现排斥反应的人造器官出现。

四、微生物学与生物科学

首先,微生物学是生命科学的基础。微生物学是生命科学中必不可少的基础学科,不学好微生物学就不能全面揭开生命科学的面纱。没有微生物学就没有分子生物学,也就没有基因工程、酶工程、细胞工程,也就没有生命起源的研究。

其次,微生物学是发展最快的生物应用科学。酱油、味精和食醋,啤酒、红酒和白酒,有机酸和甘油的生产;皮革脱毛;蚕丝脱胶都离不开微生物,微生物与人类日常生活关系密切。许多传染病都由微生物引起,抗生素生产离不开微生物。微生物学与医学、药学关系密切。

视野拓展

微生物学家与诺贝尔奖

自1901年12月10日第一届诺贝尔奖颁奖以来,以后每年12月10日均颁奖一次,在众多的诺贝尔奖获得者中,你知道有哪些微生物学家获得过该奖项吗?

最早获得诺贝尔奖的微生物学家是 Von Behring (德国, 贝林), 1901年因在1890年制备抗毒素治疗白喉和破伤风而获第一届诺贝尔奖; 其次是细菌学的奠基人 Koch (德国, 科赫), 1905年因他在1867年证明炭疽病由炭疽杆菌引起而获第五届诺贝尔奖。另外, 1884年 Metchnikoff (前苏联, 梅切尼科夫) 发现吞噬作用 (1884年); 1899年 Ross (伍斯) 发现蚊子是疟疾病原菌的中间宿主; 1929年 Fleming (弗莱明) 发现青霉素; 1935年 Stanley (斯坦利) 首次提纯烟草花叶病毒, 并获得其“蛋白质结晶”; 1943年 Luria (鲁里亚) 和 Delbruck (德尔伯留科) 用波动试验证明细菌噬菌体的抗性是基因自发突变所致; 1946~1947年 Lederberg (莱德伯格) 和 Tatum (塔图姆) 发现细菌的接合现象和基因连锁现象, 1952年 Lederberg (莱德伯格) 发明影印培养法, 同年发现普遍性转导; 1949年 Enders (安德思) 等在非神经组织培养中培养脊髓灰质炎病毒成功; 1953年 Watson (沃森) 和 Crick (克里克) 提出脱氧核糖核酸双螺旋结构; 1961年 Jacob (雅各布) 和 Monod (莫诺) 提出基因调节的操纵子模型; 1961~1965年 Holley (霍利)、Nirenberg (尼伦伯格)、Khorana (科拉纳) 阐明遗传密码; 1969年 Edelman (爱德曼) 测定了抗体蛋白分子的一级结构; 1970~1972年 Arber (阿伯尔)、Smith (史密斯) 和 Nathans (内森斯) 发现并提纯

8 微生物学

限制性内切酶；1975年 Kohler (克勒尔) 和 Milstein (米尔斯坦) 建立生产单克隆抗体技术；1977年 Sanger (桑格) 首次对 ϕ X174 噬菌体脱氧核糖核酸进行全序列分析；1982~1983年 Cech (切赫) 和 Altman (阿特曼) 发现具催化活性的 RNA，同年 Mc Clintock (麦克林托克) 发现转座因子，同年 Prusiner (普鲁西纳) 发现朊病毒；1983~1984年 Mullis (穆林斯) 建立 PCR 技术；1989年 Bishop (毕晓普) 等发现癌基因；2005年 Marshall (马歇尔) 和 Warren (沃伦) 因发现幽门螺杆菌感染是胃炎、胃溃疡的发病原因，而分别获得诺贝尔奖。

列数了从事微生物学研究的 30 余位诺贝尔奖获得者。有关统计表明，20 世纪诺贝尔奖获得者中，从事微生物学研究的就占了 1/3，由此看来，微生物学在整个科学研究领域的重要地位，也能看出微生物学的发展对整个科学技术和社会经济的重大作用和贡献。努力学习吧，也许你就是那个未来的诺贝尔奖获得者。

小 结

微生物是一大群形体微小，结构简单，肉眼视之不见的单细胞、多细胞，甚至无细胞结构的低等生物的总称，微生物与人类的关系十分密切。微生物的主要类群既包括原核的细菌、放线菌、立克次氏体、衣原体、支原体、蓝细菌、蛭弧菌、黏细菌、古生菌，也包括真核的酵母菌、霉菌、大型真菌(蕈菌)和黏菌，以及无细胞结构的病毒、类病毒、卫星病毒、卫星 RNA 和朊病毒。

微生物的特点主要有：体积微小、结构简单；代谢旺盛、类型多样；繁殖快速、易于培养；适应性强、容易变异；分布广泛、种类繁多。

微生物学的根本任务是发掘微生物资源，充分利用和改善有益微生物；控制、消灭或改造有害微生物，消除其有害影响，使其更好地造福人类。

微生物是由荷兰人列文胡克最早发现的，微生物学的杰出奠基人是法国的巴斯德和德国的科赫，现代微生物学的发展主要表现在微生物学与生物化学和遗传学的结合，及其在分子生物学方面的应用。

我国是最早研究和利用微生物的国家之一，我国科学工作者在微生物学的基础理论研究和应用方面均做了大量工作，取得了重要成果。

复习思考题

1. 何谓微生物和微生物学？
2. 微生物的类群有哪些？
3. 微生物的特点有哪些？
4. 微生物的发现人是____国的____。
5. 微生物学的奠基人是____国的____和____国的____。
6. 举例说明微生物与人类的关系。

(王宜磊)