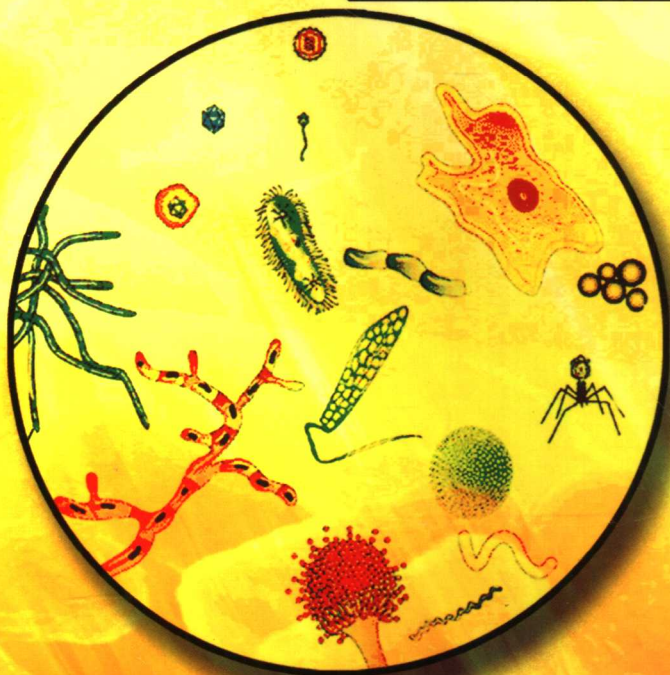




高职高专“十一五”规划教材

★ 生物技术系列



微生物学及 实验实训技术

陈 玮 董秀芹 主编

WEISHENGWUXUE JI
SHIYAN SHIXUN JISHU

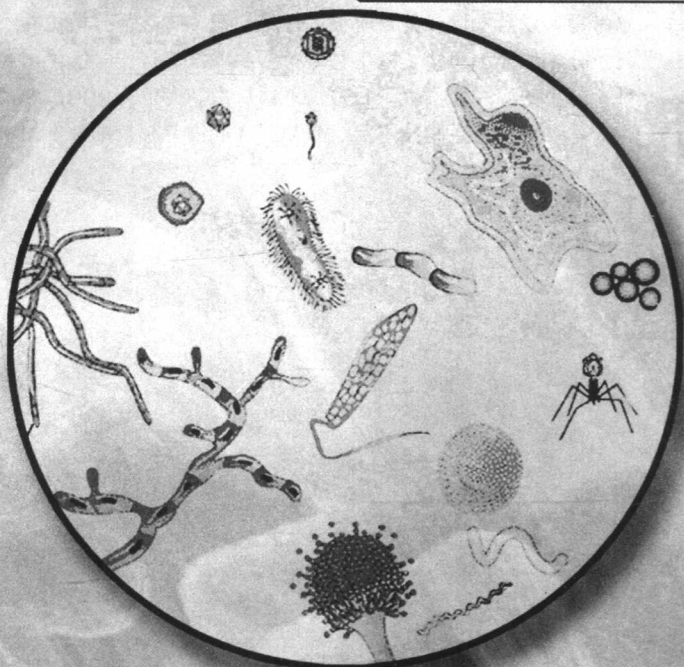


化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

★生物技术系列



微生物学及 实验实训技术

陈 玮 董秀芹 主编

WEISHENGWUXUE JI
SHIYAN SHIXUN JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分两大部分。第一部分微生物理论知识包括十章的内容,系统介绍了微生物的形态结构、繁殖、营养代谢、生长与控制、遗传育种以及微生物生态、分类与鉴定和应用等方面的知识。内容详略深浅适宜,图文并茂,并在每章设有知识要点、小结、阅读材料和复习思考题,以启发读者并及时巩固理论知识。第二部分微生物实验实训技术包括二十个实验单元,分模块详细介绍了微生物学科的实践技能操作。实验内容全面,有较强的针对性和实用性,书中的综合性实训项目可供不同层次和专业方向的高职高专院校灵活选用。

本书可作为生物技术类、食品类高职高专院校的教学用书,也可供相关专业和领域的师生及实践操作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学及实验实训技术/陈玮,董秀芹主编. —北京:
化学工业出版社, 2007. 7
高职高专“十一五”规划教材★生物技术系列
ISBN 978-7-122-00566-3

I. 微… II. ①陈…②董… III. 微生物学-实验-高等学
校: 技术学校-教材 IV. Q93-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 104343 号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郎红旗
责任校对:凌亚男

文字编辑:朱 恺
装帧设计:张 辉

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

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 1/4 字数 430 千字 2007 年 8 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

高职高专生物技术类“十一五”规划教材 建设委员会委员名单

主任委员 陈电容

副主任委员 王德芝

委员 (按姓氏笔画排序)

王云龙	王方林	王幸斌	王德芝	李崇高	李敏骞	吴高岭
员冬梅	辛秀兰	宋正富	张 胜	张 海	张文雯	张温典
张德新	陆 旋	陈 红	陈电容	陈忠辉	陈登文	周庆椿
郑 璞	郑 强	赵凤英	赵书芳	胡红杰	娄金华	钱志强
黄根隆	崔士民	程云燕				

高职高专生物技术类“十一五”规划教材 编审委员会委员名单

主任委员 章静波

副主任委员 辛秀兰 刘振祥

委员 (按姓氏笔画排序)

王利明	王幸斌	王晓杰	卞 勇	叶水英	包雪英	兰 蓉
朱学文	任平国	刘振祥	关 力	江建军	孙德友	李 燕
李双石	李玉林	李永峰	李晓燕	李晨阳	杨贤强	杨国伟
杨洪元	杨福林	邱玉华	余少军	辛秀兰	宋京城	张文雯
张守润	张星海	张晚辉	张跃林	张温典	张德炎	陈 玮
陈可夫	陈红梅	罗合春	金小花	金学平	周双林	周济铭
赵俊杰	胡斌杰	贺立虎	夏 红	夏未铭	党占平	徐安书
徐启红	郭晓昭	陶令霞	黄贝贝	章玉平	章静波	董秀芹
程春杰	谢梅英	廖 威	廖旭辉			

高职高专生物技术类“十一五”规划教材 建设单位名单

(按汉语拼音排序)

安徽第一轻工业学校	湖北荆门职业技术学院
安徽万博科技职业学院	湖北荆州职业技术学院
安徽芜湖职业技术学院	湖北三峡职业技术学院
安徽医学高等专科学校	湖北生态工程职业技术学院
北京城市学院	湖北十堰职业技术学院
北京电子科技职业学院	湖北咸宁职业技术学院
北京吉利大学	湖北中医学院
北京协和医学院	湖南省药品检验所
北京医药器械学校	湖南永州职业技术学院
重庆工贸职业技术学院	华中农业大学
重庆三峡职业学院	江苏常州工程职业技术学院
甘肃农业职业技术学院	江西景德镇高等专科学校
广东科贸职业学院	江西应用技术职业学院
广西职业技术学院	开封大学
广州城市职业学院	山东滨州职业技术学院
贵州轻工职业技术学院	山东博士伦福瑞达制药有限公司
河北承德民族师范专科学校	山东东营职业学院
河北承德职业技术学院	陕西杨凌职业技术学院
河北旅游职业学院	上海工程技术大学
河南安阳工学院	四川工商职业技术学院
河南工业大学	苏州农业职业技术学院
河南科技学院	武汉软件工程职业学院
河南漯河职业技术学院	武汉马应龙药业有限公司
河南濮阳职业技术学院	武汉生物工程学院
河南三门峡职业技术学院	浙江大学
河南信阳农业高等专科学校	浙江金华职业技术学院
黑龙江农业职业技术学院	浙江经贸职业技术学院
呼和浩特职业学院	浙江医药高等专科学校
湖北大学知行学院	郑州牧业工程高等专科学校
湖北恩施职业技术学院	郑州职业技术学院
湖北黄冈职业技术学院	中国食品工业(集团)公司

《微生物学及实验实训技术》编写人员

主 编 陈玮（三门峡职业技术学院）

董秀芹（北京吉利大学）

副 主 编 叶素丹（浙江经贸职业技术学院）

李振勇（郑州职业技术学院）

参编人员（按汉语拼音排序）

陈玮（三门峡职业技术学院）

董秀芹（北京吉利大学）

韩明（广州城市职业学院）

黄蓓蓓（三门峡职业技术学院）

李翠华（山东省东营职业学院）

李振勇（郑州职业技术学院）

吴俊琢（河南濮阳职业技术学院）

徐启红（漯河职业技术学院）

叶素丹（浙江经贸职业技术学院）

出版说明

“十五”期间,我国的高职高专教育经历了跨越式发展,高职高专教育的专业建设、改革和发展思路进一步明晰,教育研究和教学实践都取得了丰硕成果。但我们也清醒地认识到,高职高专教育的人才培养效果与市场需求之间还存在着一定的偏差,课程改革和教材建设的相对滞后是导致这一偏差的两大直接原因。虽然“十五”期间各级教育主管部门、高职高专院校以及各类出版社对高职高专教材建设给予了较大的支持和投入,出版了一些特色教材,但由于整个高职高专教育尚未进入成熟期,教育改革尚处于探索阶段,故而行的一些教材难免存在一定程度的不足。如某些教材仅仅注重内容上的增减变化,过分强调知识的系统性,没有真正反映出高职高专教育的特征与要求;编写人员缺少对生产实际的调查研究和深入了解,缺乏对职业岗位所需的专业知识和专项能力的科学分析,教材的内容脱离生产经营实际,针对性不强,新技术、新工艺、新案例、新材料不能及时反映到教材中来,与高职高专教育应紧密联系行业实际的要求不相适应;专业课程教材的编写缺少规划性,同一专业的各门课程所使用的教材缺乏内在的沟通衔接等。为适应高职高专教学的需要,在总结“十五”期间高职高专教学改革成果的基础上,组织编写一批突出高职高专教育特色,以培养适应行业需要的高级技能型人才为目标的高质量教材不仅十分必要,而且十分迫切。

“十一五”期间,教育部将深化教学内容和课程体系改革作为工作重点,大力推进教材向合理化、规范化方向发展。2006年,教育部不仅首次成立了高职高专40个专业类别的“教育部高等学校教学指导委员会”,加强了对高职高专教学改革和教材建设的直接指导,还组织了普通高等教育“十一五”国家级规划教材的申报工作。化学工业出版社申报的200余本教材经教育部专家评审,被选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,为高等教育的发展做出了积极贡献。依照教育部的部署和要求,2006年化学工业出版社与生物技术应用专业教育部教改试点高职院校联合,邀请50余家高职高专院校和生物技术相关企业作为教材建设单位,共同研讨开发生物技术类高职高专“十一五”规划教材,成立了“高职高专生物技术类‘十一五’规划教材建设委员会”和“高职高专生物技术类‘十一五’规划教材编审委员会”,拟在“十一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员,在深入调研、整体规划的基础上,编写出版一套生物技术相关专业基础课及专门课的教材——“高职高专‘十一五’规划教材★生物技术系列”。该批教材将涵盖各类高职高专院校的生物技术及应用专业、生物化工工艺专业、生物实验技术专业、微生物技术及应用专业、生物科学专业、生物制药技术专业、生化制药技术专业、发酵技术专业等专业的核心课程,从而形成优化配套的高职高专教材体系。该套教材将于2007~2008年陆续出版。目前,该套教材的首批编写计划已顺利实施。首批编写的教材中,《化学》、《细胞培养技术》和《药品质量管理》已选为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

该套教材的建设宗旨是从根本上体现以应用型职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位的教育理念,满足高职高专教学改革的需要和人才培养的需求。编写中主要遵循以下原则:①理论教材和实训教材中的理论内容遵循“必需”、“够用”、“管用”的原则;②依据企业对人才的知识、能力、素质的要求,贯彻职业需求导向的

原则；③坚持职业能力培养为主线的原则，多加入实际案例、技术路线、操作技能的论述，教材内容采用模块化形式组织，具有一定的可剪裁性和可拼接性，可根据不同的培养目标将内容模块剪裁、拼接成不同类型的知识体系；④考虑多岗位需求和学生继续学习的要求，在职业岗位现实需要的基础上，注重学生的全面发展，以常规技术为基础，关键技术为重点，先进技术为导向，体现与时俱进的原则；⑤围绕各种具体专业，制订统一、全面、规范性的教材建设标准，以协调同一专业相关课程教材间的衔接，形成有机整体，体现整套教材的系统性和规划性。同时，结合目前行业发展和教学模式的变化，吸纳并鼓励编写特色课程教材，以适应新的教学要求；并注重开发实验实训教材、电子教案、多媒体课件、网络教学资源等配套教学资源，方便教师教学和学生学习，满足现代化教学模式和课程改革的需要。

在该套教材的组织建设和使用过程中，欢迎高职高专院校的广大师生提出宝贵意见，也欢迎相关行业的管理人员、技术人员与社会各界关注高职高专教育和人才培养的有识之士提出中肯的建议，以便我们进一步做好该套教材的建设工作；盼望有更多的高职高专院校教师和相关行业的管理人员、技术人员参加到教材的建设工作和编审工作中来，与我们共同努力，编写和出版更多高质量的教材。

化学工业出版社 教育分社

前 言

《微生物学及实验实训技术》是为高等职业技术学院专科层次学生编写的教材，适用于生物技术类专业的教学，也可以供食品科学、生物工程等其他专业师生和从事生物技术的科技人员参考使用。

将微生物的必备知识及应用技能介绍给学生，是我们编写这部教材的主要宗旨。为此，在编写过程中贯穿了以下指导思想。

1. 突出高职特色。高等职业教育的目标是面向生产和服务第一线，培养实用型的高级专门人才。因此，我们注重学生应用能力的培养，在编写本教材的过程中，适当地降低理论知识的深度而增加其广度，并与实际生产和操作相结合，体现微生物学的应用性和实践性。

2. 坚持“必需、够用”原则，对微生物教学内容进行编排和取舍。微生物学是一门应用性很强的学科，微生物学的实际应用就是微生物理论知识的实践。在编写过程中，我们力求反映微生物学科的新知识、新技术和新进展。在进一步强调教材的基础性、应用性的同时，还加强了微生物与工业、农业、环境等人类生活密切相关的内容，尽量与生产应用实践保持同步，可以使学生获得较完整的微生物学基本理论知识和实践能力。

3. 注重启发性，培养学生的创新和开拓精神。本教材注重选择一些具有启发性的发现和发明重点介绍给学生，力争学生得到反向思维和多向思维的启示，以便于学生活学活用，不因循守旧，勇于创新。

本教材的每章均有知识要点、课后小结、复习思考题目等，有利于学生知识的掌握和巩固，还增加一些相关的阅读材料，拓展学生的知识面。通过本课程的学习，一方面使学生建立清晰的微生物学观点和科学的思维方式；另一方面使学生系统地掌握微生物独特的结构特点、遗传代谢规律，微生物主要类群及其在整个生物界中的分类地位和对人类生产实践的重要意义；最后帮助学生了解微生物学发展的新理论，以及在高薪生物技术研究中的重要作用，并且掌握必备的微生物研究技术，为以后的学习和工作实践打下坚实的基础。

本教材由陈玮、董秀芹主编，叶素丹、李振勇副主编。全书共分为两大篇。其中第一章、第二章由陈玮编写，第三章由陈玮、吴俊琢共同编写，第四章、第八章由徐启红编写，第五章由李翠华编写，第六章由吴俊琢编写，第七章由陈玮、董秀芹编写，第九章由李振勇编写，第十章由叶素丹编写。第二篇的实验实训项目由董秀芹、黄蓓蓓、韩明共同编写，附录由吴俊琢编写。

由于作者水平有限，书中还可能存在疏漏之处，敬请同行和广大师生多批评指正。

编者

2007年5月

目 录

第一篇 微生物学理论知识

第一章 绪论	2	一、酵母菌的形态和构造	26
第一节 微生物概述	2	二、酵母菌的繁殖和菌落特征	27
一、微生物及其种类	2	三、常见的酵母菌简介	29
二、微生物的特点	2	第二节 霉菌	30
三、微生物在生物系统发育中的地位	4	一、霉菌的形态与结构	30
第二节 微生物学及其发展简史	5	二、霉菌的繁殖和菌落特征	31
一、微生物学及其研究内容	5	三、常见霉菌简介	34
二、微生物学的发展简史	5	阅读材料 大型真菌	36
第三节 微生物学与人类进步	8	本章小结	36
一、微生物与工业	8	复习思考题	36
二、微生物与农业	8	第四章 非细胞生物	38
三、微生物与医学	9	第一节 病毒	38
四、微生物与环境	9	一、病毒的主要特征	38
五、微生物与其他	9	二、病毒的形态结构	39
第四节 学习微生物的意义和要求	10	三、病毒的分类	41
一、学习微生物学的意义	10	阅读材料 “非典”的元凶——	
二、学习微生物学的要求	10	SARS 病毒	43
本章小结	11	第二节 噬菌体	43
复习思考题	11	一、噬菌体的特性与形态	43
第二章 原核微生物	12	二、噬菌体的生长繁殖	44
第一节 细菌	12	三、噬菌体的检测与控制	47
一、细菌的形态和大小	12	本章小结	48
二、细菌细胞的结构	14	复习思考题	48
三、细菌的繁殖与群体培养特征	19	第五章 微生物营养与代谢	50
四、常见细菌简介	20	第一节 微生物的营养	50
阅读材料 原核微生物——蓝细菌	21	一、微生物细胞的化学组成	50
第二节 放线菌	22	二、微生物的营养物质及其生理功能	51
一、放线菌的形态和构造	22	三、微生物的营养类型	53
二、放线菌的繁殖方式	23	四、营养物质进入微生物细胞的方式	55
三、放线菌的菌落特征	23	第二节 培养基	59
四、放线菌的代表属	24	一、选用和设计培养基的方法和原则	59
阅读材料 原核微生物——古生菌	24	二、培养基的类型	62
本章小节	25	第三节 微生物的代谢	65
复习思考题	25	一、简介	65
第三章 真核微生物	26	二、微生物的主要产能方式	67
第一节 酵母菌	26	三、微生物的次级代谢	72

阅读材料 创性思维与伟大发现	75	阅读材料 中国微生物菌种目录数据库	126
本章小结	76	本章小结	127
复习思考题	76	复习思考题	127
第六章 微生物的生长与控制	77	第八章 微生物生态	128
第一节 微生物的纯培养及生长测定方法	77	第一节 微生物在自然界中的分布	128
一、获得纯培养的方法	77	一、土壤中的微生物	128
阅读材料 实验室中厌氧菌的培养方法	79	二、水体中的微生物	129
二、微生物纯培养生长的测定方法	80	三、空气中的微生物	130
第二节 微生物的群体生长规律	81	四、极端环境下的微生物	130
一、微生物的个体生长和同步生长	81	五、工农业产品中的微生物	132
二、细菌群体生长曲线及其对生产实践的		六、生物体中的微生物	134
指导意义	83	第二节 微生物与生物环境之间的	
第三节 环境条件对微生物生长的影响	86	相互关系	135
一、几个基本概念	86	一、互生	135
二、微生物生长的环境影响与控制	86	二、共生	136
第四节 工业上常见的微生物培养方式	99	三、拮抗	138
一、分批发酵	99	四、寄生	138
二、补料分批发酵	99	五、捕食	138
三、连续发酵	99	第三节 微生物在自然界物质循环中的	
四、其他培养方法	101	作用	139
本章小结	101	一、碳素循环	139
复习思考题	102	阅读材料 采油向导——烃氧化菌	140
第七章 微生物的遗传变异与育种	103	二、氮素循环	140
第一节 遗传变异的物质基础	103	三、硫素循环	142
一、三个经典实验	103	四、磷的循环	143
二、遗传物质在微生物细胞内的		五、铁素循环	144
存在方式	106	本章小节	144
三、原核生物的质粒	107	复习思考题	145
阅读材料 超级细菌降解油污	108	第九章 微生物分类与鉴定	146
第二节 基因突变	109	第一节 微生物的分类	146
一、简介	109	一、微生物的分类单元	146
二、突变的类型	109	二、微生物的命名	148
三、突变率和基因突变的规律	110	三、微生物分类方法	149
四、基因突变的机制	111	第二节 微生物的鉴定	153
第三节 基因重组	113	一、经典微生物分类鉴定方法	154
一、原核微生物的基因重组	113	二、现代分类鉴定方法	154
二、真核微生物的基因重组	117	三、微生物快速鉴定和自动化分析	
第四节 微生物育种	118	方法	156
一、诱变育种	118	阅读材料 从“以身试菌”到“吹口气	
二、原生质体融合育种	120	查胃病”	158
三、基因工程育种	121	本章小结	160
第五节 菌种的衰退、复壮和保藏	122	复习思考题	160
一、菌种的衰退	122	第十章 微生物的应用	161
二、菌种的复壮	124	第一节 微生物与环境	161
三、菌种保藏方法	124	一、微生物与环境污染	161

二、微生物与环境保护	161	一、微生物农药	178
三、用微生物监测环境污染	166	二、微生物肥料	181
阅读材料 极端环境微生物基因组研究		三、沼气	181
深入认识生命本质应用潜力		四、微生物冶金	182
极大	167	五、微生物石油资源开采和精炼	183
第二节 微生物与发酵	167	六、生物质转化燃料	184
一、微生物菌体的应用	168	七、生物产氢	184
二、微生物初级代谢产物的应用	169	阅读材料 微生物电池	184
三、微生物次级代谢产物的应用	174	本章小结	185
阅读材料 “人造肉”非人造	178	复习思考题	185
第三节 微生物与农业、工业生产	178		

第二篇 微生物实验实训技术

微生物实验室规则	188	实验十三 微生物生理生化反应	223
常用玻璃器皿的清洗和包扎	189	技术模块五 微生物菌种选育与保藏	
技术模块一 显微技术	192	技术	227
实验一 普通光学显微镜观察微生物		实验十四 微生物诱变育种	227
标本	192	实验十五 抗药性突变株筛选	230
实验二 细菌的简单染色和革兰染色	196	实验十六 菌种保藏	231
实验三 霉菌、放线菌插片培养技术		技术模块六 微生物学综合实训项目	236
及其形态观察	198	实验十七 空气中微生物的检测和计数	236
实验四 酵母菌的形态观察与鉴别	201	实验十八 食品中细菌总数和大肠杆菌	
实验五 微生物大小的测定与显微镜直接		总数的测定	237
计数	202	实验十九 乳酸发酵和乳酸饮料的制作	242
实验六 微生物平板菌落计数	205	实验二十 甜酒酿的制作和酒药中	
技术模块二 消毒灭菌技术	208	糖化菌的分离	244
实验七 干热灭菌	208	基本实验技能的检测	247
实验八 湿热灭菌	209	实验设计及实施能力的测评	249
技术模块三 微生物分离纯培养技术	212	附录	251
实验九 微生物培养基的制备	212	附录 I 教学用染色液的配制	252
实验十 微生物接种与无菌操作	214	附录 II 洗涤液配方及细菌滤器	
实验十一 土壤中三大微生物的分离及菌落		清洗方法	255
形态观察	216	附录 III 常用消毒剂的配制	256
技术模块四 微生物理化性能鉴定		附录 IV 常用培养基的配制	257
技术	220	参考文献	261
实验十二 理化因素对微生物的影响	220		

第一篇 微生物学理论知识

-
- 第一章 绪论
 - 第二章 原核微生物
 - 第三章 真核微生物
 - 第四章 非细胞生物
 - 第五章 微生物营养与代谢
 - 第六章 微生物的生长与控制
 - 第七章 微生物的遗传变异与育种
 - 第八章 微生物生态
 - 第九章 微生物分类与鉴定
 - 第十章 微生物的应用

第一章 绪 论

学习目标

掌握微生物、微生物学的概念以及微生物的特点；理解微生物的分类以及在系统发育中的地位；了解微生物学发展简史及各阶段重要代表人物；了解微生物在人类进步中的作用以及学习微生物的方法。

微生物是生物中一群重要的分解代谢类群，没有微生物的活动地球上的生命是不可能存在的，它是地球上最早出现的生命形式，其生物多样性在维持生物圈和为人类提供广泛的、大量的未开发资源方面起着重要作用。有些微生物对人类和动植物是必需且有益的；有些则能引起人类和动植物的病害。对人类和动植物有益的微生物，不仅为人和动植物赖以生存的许多种物质循环和新陈代谢所必需，而且为人类进行生产和科学实验提供了手段。

第一节 微生物概述

一、微生物及其种类

微生物是所有形体微小，具有单细胞或简单的多细胞结构，或没有细胞结构的一群低等生物的总称。微生物个体非常微小，小到必须用微米 (μm , 10^{-6}m) 级甚至纳米 (nm , 10^{-9}m) 级来作计量单位。如空气、水和土壤中就存在着大量的各式各样的微生物，但是必须借助于光学显微镜或电子显微镜才能看到其真面目。微生物的个体结构也非常简单，大多数微生物是单细胞生物，即一个细胞就是一个可以独立生活的个体。少数微生物是多细胞，还有一些微生物甚至连一个细胞都不是，只是由蛋白质和核酸组成的大分子生物。显然，微生物是生活在地球上最低等的生物。

微生物的种类繁多，至少有十万种以上。通常包括无细胞结构的病毒、亚病毒（类病毒、拟病毒、朊病毒），此类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；具原核细胞结构的真细菌、古细菌，此类微生物细胞核分化程度低，仅有原始核质，没有核膜与核仁，细胞器不很完善；以及具真核细胞结构的真菌（酵母、霉菌、蕈菌等）、原生动物和单细胞藻类等，这些微生物细胞核的分化程度较高，有核膜、核仁和染色体，胞质内有完整的细胞器（如内质网、核糖体及线粒体等）。

微生物	{	原核生物——真细菌、古细菌
		细胞生物 { 真核生物——真菌、单细胞藻类、原生动物
		非细胞生物——病毒、亚病毒

二、微生物的特点

微生物作为生物，具有与其他生物的共同点，例如遗传信息都是由 DNA 链上的基因所携带，除少数特例外，其复制、表达与调控都遵循中心法则；初级代谢途径（如蛋白质、核酸、多糖、脂肪酸等大分子物的合成途径）基本相同；能量代谢都以 ATP 作为能量载体等。此外，微生物还具有自身的特点及其独特的生物多样性。

1. 体积小，比表面积大

微生物的细胞大小以 μm 和 nm 计量，需用显微镜进行观察，但比表面积（表面积/体

积)很大,单细胞、简单多细胞、非细胞的低等生物都是如此。任何一定体积的物体,如果从三个方向对它进行切割,则切割的次数越多,所得到的颗粒就越多,每个颗粒的体积必然越小。可是,对它们的面积逐一相加后,则其总面积就变得十分庞大。微生物的这种小体积、大面积的特点特别有利于营养物质的吸收、代谢废物的排出和对环境信息的交换。

如果一个人的比表面积值等于1的话,那么一个鸡蛋的比表面积值是1.5;而一个乳酸杆菌的比表面积值约等于120 000,一个大肠杆菌的比表面积值则等于30万。像这样巨大的比表面积特别有利于微生物和周围环境进行物质、能量、信息的交换,同时也意味着微生物有着一个巨大的营养吸收、代谢废物排泄和环境信息接受面。微生物的其他很多属性都和这一特点密切相关。这也是微生物与一切大型生物相区别的关键性的一个特点。

2. 食谱广,转化快

微生物获取营养的方式多种多样,其食谱之广是动植物完全无法相比的。纤维素、木质素、几丁质、角蛋白、石油、甲醇、甲烷、天然气、塑料、酚类、氰化物以及其他各种有机物均可被微生物作为粮食。

并且微生物对食物的吸收转化很快,例如在总质量相同的情况下:乳酸菌1h可分解其体重1000~10 000倍的乳糖,而人在 2.5×10^5 h方可消耗自身体重1000倍的乳糖。这一特性为高速生长繁殖和产生大量代谢物提供了充分的物质基础。从而使微生物在自然界和人类活动中能更好地发挥“活的化工厂”的作用。

3. 生长旺,繁殖快

微生物的生长旺盛,繁殖速度极快。细菌比植物繁殖速度快530倍,比动物繁殖速度快2000倍。一头500kg的食用公牛,24h仅可以生产0.5kg蛋白质,而同重的酵母菌,以质量较次的糖液(如糖蜜)和氨水为原料,24h就可以生产50 000kg优质蛋白质。以大肠杆菌这例,在合适的生长条件下,细胞分裂1次仅需12.5~20min。若按平均20min分裂1次计,则1h可分裂3次,每昼夜可分裂72次,这时,初始的一个细菌已产生了4.72万亿个后代,总重约可达4722t,若将它们平铺在地球表面,能将地球表面完全覆盖。事实上,由于营养、空间和代谢产物等条件的限制,微生物的几何级数分裂速度充其量只能维持数小时而已。微生物这个特征对人类既有利又有弊。对有益微生物来说,生长旺、繁殖快的特点可提高生产效率,但对有害微生物(如人、畜或植物的病原菌)来说,则会给人类带来严重的危害。

4. 代谢类型多,活性强

由于微生物具有极高的比表面积值,因此它们能够在有机体与外界环境之间迅速交换。微生物的生理代谢类型之多,是动植物所大大不及的。例如:分解地球上储量最丰富的初级有机物——天然气、石油、纤维素、木质素的任务为微生物所垄断;微生物有着多种多样的产能方式,诸如细菌的光合作用、化能合成作用、各种厌氧产能途径等;微生物还有生物固氮作用;微生物能够合成各种次生代谢产物;微生物拥有极强的抵抗极端环境的能力;微生物还有分解氰、酚、多氯联苯等有毒和剧毒物质的能力等。从单位质量来看,微生物的代谢强度比高等动物的大几千倍,因此微生物具有很强的生命活力。

5. 种类多,分布广

微生物的生理代谢类型和代谢产物种类都很多,微生物的种数更“多”。迄今为止,人类已描述过的生物种类总数约200万种。据估计,微生物的总类数大约在50万~600万种之间,其中已记载的仅约20万种,包括原核生物3500种,病毒4000种,真菌9万种,原生动物和藻类10万种;随着人类对微生物的不断开发、研究和利

用，这些数字还将增长。

微生物因其体积小、质量轻和数量多以及食谱广等原因，可以到处传播以致达到“无孔不入”的地步，只要条件合适，它们就可“随遇而安”。地球上除了火山的中心区域等少数地方外，从土壤圈、水圈、大气圈至岩石圈，植物、动物、人体内到处都有它们的踪迹。有高等生物的地方均有微生物生活，动植物不能生活的极端环境也有微生物存在。由此可见，微生物在自然界中的分布是极其广泛的。

6. 易变异，适应性强

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞甚至非细胞的，它们具有繁殖速度快、数量多及与环境直接接触等特点，即使自然变异的频率十分低（一般为 $10^{-5} \sim 10^{-10}$ ），也可在短时间内出现大量变异的后代。人们利用微生物易变异的特点进行菌种选育，可以在短时间内获得优良菌种，提高产品质量。例如，青霉素生产菌，开始的时候每毫升发酵液中只有几十个单位的青霉素，现经菌种诱变处理后可提高到几万个单位。微生物也因为这个特点而成为人们研究生物学基本问题时的最理想的实验材料。

同时，微生物的变异性也使其具有极强的适应能力，如抗热性、抗寒性、抗盐性、抗氧性、抗压性、抗毒性等能力，其惊人的适应力被誉为“生物界之最”。

除了以上特点之外，微生物还有起源最早、生存极限宽泛的特点，微生物横跨了生物六界系统中无细胞结构生物病毒界和有细胞结构生物中的原核生物界、原生生物界、菌物界，除了动物界、植物界外，其余各界都是为微生物而设立的，范围极为宽广。当然，关于微生物的系统分界以及微生物在生物系统发育中的地位，也有一个漫长的认识过程。

三、微生物在生物系统发育中的地位

人类在发现和研究微生物之前，把一切生物分成截然不同的两大界——动物界和植物界。从 19 世纪中期起，随着人们对微生物认识的逐步深化，生物的分界历经二界系统、三界系统、四界系统、五界系统甚至六界系统，直到 20 世纪 70 年代后期，美国人 Woese 等

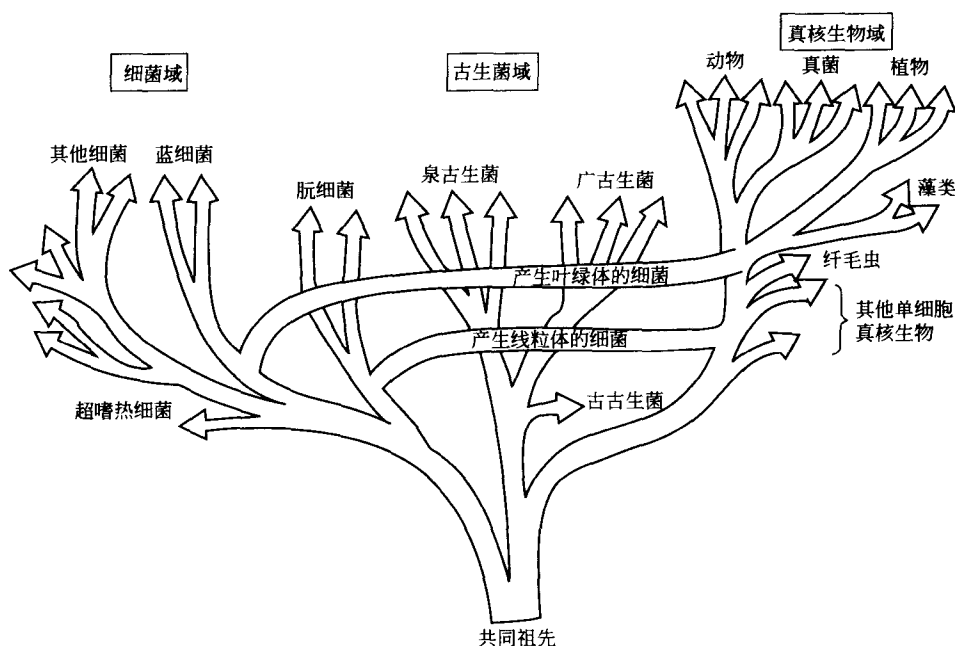


图 1-1 三域学说及其生物进化谱系树

发现了地球上的第三生命形式——古菌，才导致了生命三域学说的诞生。该学说认为生命是由细菌域（以前称真细菌域）、古生菌域（以前称古细菌域）和真核生物域所构成（图 1-1）。

古细菌域包括嗜泉古菌界、广域古菌界和初生古菌界；真细菌域包括细菌、放线菌、蓝细菌和各种除古菌以外的其他原核生物；真核生物域包括真菌、原生生物、动物和植物。除动物和植物以外，其他绝大多数生物都属于微生物的范畴。

从上述各种生物界级分类系统的发展历史来看，除早已确立的动物界和植物界之外，其余各界都是随着人类对微生物的深入研究和认识后才出现和发展起来的。这就充分说明，人类对微生物的认识水平是生物界级分类的核心，微生物在所有界级中，具有最宽的领域，在生物界级分类中占据着特殊重要的地位。

第二节 微生物学及其发展简史

一、微生物学及其研究内容

（一）微生物学及其分支学科

微生物学是生物学的一个分支，是研究微生物及其生命活动规律和应用的科学。研究内容主要涉及微生物的形态结构、营养特点、生理生化、生长繁殖、遗传变异、分类鉴定、生态分布以及微生物在工业、农业、医疗卫生、环境保护等各方面的应用。

随着研究范围的日益扩大和深入，微生物学又逐渐形成了许多分支，着重研究微生物学基本问题的有普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学、分子微生物学等。按研究对象可分为细菌学、真菌学、病毒学等。按研究和应用领域可分为农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学、海洋微生物学、土壤微生物学等。

（二）微生物学的任务

微生物学研究微生物及其生命活动规律之目的在于充分发掘、利用、改善和保护有益微生物，控制、消灭或改造有害微生物，使这些微小生物更好地服务于人类。

微生物学是现代生命科学的带头学科之一，处于整个生命科学发展的前沿。同时微生物学、生物化学和遗传学相互渗透，促进了分子生物学、分子遗传学的形成，深刻地影响了生命科学的各个方面。微生物学在探索生命的活动规律、生命起源与生物进化等方面都具有重要的意义。

二、微生物学的发展简史

（一）感性认识阶段——史前时期

史前时期是指人类还未见到微生物个体尤其是细菌细胞前的一段漫长的历史时期，大约在距今 8000 年前一直到 1676 年间。在史前期，人类已经在很多方面利用了微生物，世界各国人民在自己的生产实践中都积累了很多利用有益微生物和防治有害微生物的经验。早在 4000 多年前我国的龙山文化时期，我们的祖先已能用谷物酿酒。殷商时代的甲骨文上也有酒、醴（甜酒）等的记载。在古希腊的石刻上，记有酿酒的操作过程。在很早以前，我们的祖先就在狂犬病、伤寒和天花等的流行方式和防治方法方面积累了丰富的丰富经验。例如，在公元 4 世纪就有如何防治狂犬病的记载；又如，在 10 世纪的《医宗金鉴》中，有种人痘预防天花的记载，这种方法后来相继传入俄国、日本、英国等。1796 年，英国人詹纳发明了牛痘苗，为免疫学的发展奠定了基础。