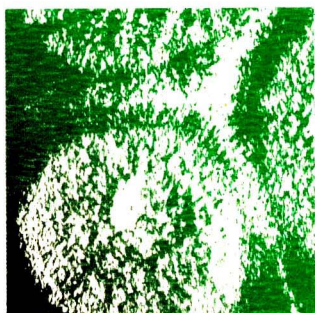




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



Microbiology

微生物学

主编 赵 斌 陈雯莉 何绍江



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

Microbiology 微生物学

Weishengwuxue

主 编 赵 斌 陈雯莉 何绍江



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

Microbiology 微生物学

策划编辑 吴雪梅 潘 超
责任编辑 孟 丽
书籍设计 张志奇
责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
购书热线 010-58581118
社 址 北京市西城区德外大街4号
咨询电话 400-810-0598
邮政编码 100120
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
印 刷 北京信彩瑞禾印刷厂

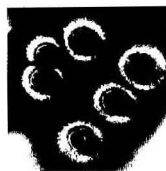
开 本 889×1194 1/16
版 次 2011年1月第1版
印 张 27.25
印 次 2011年1月第1次印刷
字 数 860 000
定 价 65.00元

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 29977-00

内容提要 / 本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,分10章,内容包括原核微生物、真核微生物、病毒、微生物的营养、微生物的代谢、微生物的生长、微生物生态、微生物的遗传和变异、侵染与免疫、微生物的应用等。

该版教材在综合国内外同类教材特点的基础上,力求与国际先进教材接轨,反映微生物学科的前沿和热点,采用彩版插图,图文并茂,可读性强,便于学生理解。每章后面有小结、思考题及参考文献,全书还附有索引,方便读者查阅。

本书适合理、工、农、林、医各类以及师范院校等高等院校生命科学领域本科生、研究生学习使用,也可供其他生物科技人员参考。



图书在版编目(CIP)数据

微生物学 / 赵斌, 陈雯莉, 何绍江主编. — 北京: 高等教育出版社, 2011.1

ISBN 978-7-04-029977-9

I. ①微… II. ①赵… ②陈… ③何… 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 245392 号

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话:(010) 58581897/58581896/58581879

传 真:(010) 82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址:北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编:100120

购书请拨打电话:(010) 58581118

微生物学课程是高等院校生物学及医、药、农、林、食品等专业本科生的一门重要基础课，国内外都是如此。它的主要任务是给学生系统传授微生物学基础知识、基本理论和实验操作技能。随着现代生命科学的迅速发展，微生物学的基本理论和应用研究变得异常活跃，与生产实践及日常生活的关系也日益密切，这必然对微生物学教学提出了更高的要求。课程教学离不开教材这个重要载体，因此微生物学教材的建设与发展也历来受到人们的重视。

华中农业大学微生物学课程是已故中国科学院院士、我国著名土壤微生物学家陈华癸教授创立的。作为我国著名的教育家，陈华癸院士历来重视教材建设，先后与同事编写了《微生物学》第一版、第二版、第三版和第四版教材。第四版《微生物学》于1992年获全国优秀教材奖。由李阜棣教授和胡正嘉教授后续主编的第五版和第六版《微生物学》，分别荣获全国优秀教材一等奖（2002年）和全国高等农业院校优秀教材奖（2008年）。这些优秀教材已成为我国农林高校首选的微生物学教材，被誉为教材中的精品，对我国农业微生物学学科发展和人才培养产生了深远的影响。

在积极进行教材建设的同时，华中农业大学微生物学课程组始终坚持以素质和能力培养为核心，以学生为本，建立微生物学教学新模式，依托微生物学国家重点学科和农业微生物学国家重点实验室，积极培养学生自主创新和科学研究能力，以科研支持课程建设，以课程建设培养创新人才，教学科研互促，教学相长已成其显著特色。该课程已经发展成为具有鲜明特色、在国内享有盛誉的国家精品课程（2004年）和国家级双语教学示范课程（2007年）。建成了课程教学网络平台，实现了教学资源共享。目前他们主编的微生物学教材已有两个系列，其中理工科系列已出版理论教材和实验教材各1本；植物生产系列已出版理论教材、实验教材、理论辅助教材、试题库和实验辅助教材共5本。这些系列教材出版以后，在我国得到广泛应用。

在他们前期出版的《微生物学》优秀教材基础上，将多年在教学一线从事教学与教研的成果进行物化，紧跟国际微生物学发展的最新前沿，编写了这本适合我国生命科学相关专业的“十一五”国家级规划教材《微生物学》。这本教材既注重基础知识的阐述，又注意理论与实践的结合，同时关注学科发展的前沿和热点问题，引导学生学以致用。另外，全书插图和照片都非常精美，图文并茂，章节设计和内容的编排匠心独运，使全书既丰富多彩，又重点突出，体系和内容颇具特色，教材显得生动活泼，有很强的可读性。

华中农业大学是我的母校，我本人就是这里的微生物学科培养出来的。我熟悉母校微生物学课程组在教材建设几十年来所取得的每一个进步，我很欣喜地看到又一本新的《微生物学》教材孕育而出。相信该书的出版能大大促进华中农业大学微生物学国家精品课程和国家双语示范课程的建设，完善已建成的微生物学网络平台，实现优质教学资源的共享，培养更多创新型人才。这一理科系列教材将与前期陈华癸院士主编的农科系列教材相得益彰，对我国微生物学学科发展和人才培养产生重要的影响。

中国科学院院士

邓子礼
2010.8.31

前言

“微生物学”是生命科学的重要组成部分，是高等院校生命科学类各专业的一门重要专业基础课。生物科学、生物工程专业要用到微生物学，生物工程专业更离不开微生物学。如果说微生物的形态、生理学是比较经典的知识的话，那么微生物的分子生物学知识和技术则代表了当今生命科学发展的前沿。生物基因组的测序首先是从微生物开始的，动植物基因的重组和转移离不开微生物。分子生物学的发展推动着微生物学不断进步。当前微生物学已占据生命科学的明星位置。

目前，国内的微生物学教材很多，概括起来可分为（1）综合大学类，如沈萍教授主编的《微生物学》，周德庆教授主编的《微生物学教程》；（2）师范类，如黄秀梨教授主编的《微生物学》，蔡信之、黄君红教授主编的《微生物学》；（3）农林类，如李阜棣、胡正嘉教授主编的《微生物学》，杨苏声、周俊初教授主编的《微生物生物学》等。上述教材各有特色，适用于不同的专业。但不足的是除沈萍、陈向东教授主编的《微生物学》（2009年，彩色版）外，其他所有的微生物学教科书的插图均为黑白图，这已不太适应当前迅速发展教育形式。编写本书的宗旨在于为国内生物科学专业、生物技术专业、生物工程专业和植物生产专业等提供一本彩版的微生物学教材，力争图文并茂，增强可读性，使复杂的知识简单化，使抽象的知识具体化，便于学生理解。

国内的微生物学教科书从内容体系上看大致可以分为两类，一类是先讲微生物的共性知识，包括微生物的细胞结构与功能、微生物的营养代谢与生长、微生物的遗传与变异，然后再讲微生物的多样性、微生物生态和微生物的传染与免疫。另一类是先讲微生物的形态和代表类群，然后讲微生物的营养与代谢、生长与控制、遗传与变异、生态和免疫。本书根据编者们的长期的教学经验选择了后一种内容编排体系，在编写过程中，注重对教材体系和内容进行科学的组织，力求做到体系结构循序渐进，内容叙述深入浅出。同时参阅了大量国外最新版本的微生物学相关专著和教材，瞄准国际微生物学发展的最新动态，扩充了微生物分子生物学和分子生态学的知识和技术，力图把微生物学的新知识、新技术及新思想及时融入到本书中，使本书内容更能反映当今微生物学科发展的前沿和热点。

本书的绪论、第一章和第三章由何绍江教授编写，第二章由边银炳教授编写，第四章、第六章和第七章由赵斌教授编写，第五章和第十章由陈雯莉教授编写，第八章由何璟和张忠明教授编写，第九章由陈福生教授编写。

我们衷心感谢邓子新院士在百忙之中为本书撰写序言。本书的编写和出版得到了华中农业大学教务处的大力支持，高等教育出版社生命科学分社吴雪梅社长、潘超编辑也为本书的出版付出了大量辛勤的劳动，编者在此一并表示诚挚的谢意。

编者还感谢华中农业大学生命科学技术学院的林会、郑世学、王莉三位副教授在编写和校阅过程中给予的帮助，感谢刘光辉、阎冰冰、岳文涛三位同学为本教材绘制的精彩图片。

编者们在编写过程中参阅了大量的国内外教科书和微生物学期刊，并引用了相关图表，特此对这些作者表示谢意。

华中农业大学微生物学课程是国家精品课程和国家双语教学示范课程。课程组一直坚持以学生为本，以素质和能力培养为核心，积极开展微生物学教学改革，率先开展双语教学，紧抓教材建设，本书可以说是我们课程组几十年来开展微生物学教学改革和教材建设的结晶，是我们继承陈华癸院士农业微生物学教学思想并与时俱进、锐意改革的产物，但由于编者们的能力和水平有限，不妥或错误之处在所难免，恳请各位读者和专家批评指正。

编者

2010年9月

	绪 论	1
2	第一节 微生物学的研究对象与任务	
	一、微生物学的研究对象 2	
	二、微生物的特点 2	
	三、微生物学的任务与分科 3	
3	第二节 微生物学的发展	
	一、我国古代对微生物的利用 3	
	二、微生物的发现和微生物学的奠基人 4	
	三、现代微生物学的发展 5	
6	第三节 微生物与人类的关系	
	一、利用有益微生物为人类造福 6	
	二、微生物对人类的危害 7	
7	第四节 未来微生物学的发展展望	
	一、基因工程菌的构建 7	
	二、全面展开微生物学基因组和后基因组的研究 8	
	三、广泛和深入地开展微生物多样性的研究 8	
	四、利用微生物治理环境将更加受到重视 8	
	五、重视和加强微生物致病性和寄生免疫机制的研究 8	
	小 结 9	
	思考题 9	
	参考文献 9	
	第一章	
	原核微生物	11
12	第一节 原核微生物细胞的结构与功能	
	一、细胞壁 12	
	二、细胞壁内的结构 17	
	三、细胞壁外的结构 22	
26	第二节 原核生物的分类	
	一、原核生物的分类单元 26	
	二、原核生物的命名 27	
	三、原核生物的分类依据和方法 27	
	四、原核生物的分类系统 31	
36	第三节 古细菌	
	一、古细菌的细胞壁 36	
	二、古细菌的膜脂 37	
	三、古细菌的遗传学特征 38	
	四、古细菌主要类群 38	
43	第四节 变形细菌	
	一、 α -变形杆菌纲 44	
	二、 β -变形杆菌纲 48	
	三、 γ -变形杆菌纲 50	
	四、 δ -变形杆菌纲 55	
	五、 ϵ -变形杆菌纲 56	
57	第五节 低 G+C 含量的革兰氏阳性细菌	
	一、支原体 58	
	二、梭菌纲 59	
	三、芽孢杆菌纲 60	
65	第六节 高 G+C 含量的革兰氏阳性细菌	
	一、放线菌目 (Actinomycetales) 66	
	二、双歧杆菌目 (Bifidobacteriales) 72	
73	第七节 蓝细菌	
	一、原绿蓝细菌属 (<i>Prochloron</i>) 75	
	二、螺旋蓝细菌属 (<i>Spirulina</i>) 75	
	三、颤蓝细菌属 (<i>Oscillatoria</i>) 75	
	四、鱼腥蓝细菌属 (<i>Anabaena</i>) 75	

五、念珠蓝细菌属 (*Nostoc*) 76

76 第八节 其他细菌

一、栖热袍菌属 (*Thermotoga*) 76二、栖热菌属 (*Thermus*) 76三、奇异球菌属 (*Deinococcus*) 77四、螺旋体 (*Spirochaete*) 77五、衣原体属 (*Chlamydia*) 79六、噬纤维菌属 (*Cytophaga*) 79七、拟杆菌属 (*Bacteroides*) 79八、浮霉状菌属 (*Planctomyces*) 80

小 结 80

思考题 82

参考文献 83

第二章

真核微生物 85

86 第一节 酵母菌

一、酵母菌概述 86

二、酵母菌的形态与结构 86

三、酵母菌的繁殖方式与生活史 88

四、酵母菌的分类 89

五、常见的酵母菌 89

90 第二节 丝状真菌

一、丝状真菌概述 90

二、丝状真菌的营养体 91

三、无性繁殖 94

四、有性繁殖与准性生殖 96

五、丝状真菌的营养方式 98

六、真菌分类系统及常见丝状真菌 100

115 第三节 藻类

一、藻类的形态结构 115

二、藻类的繁殖方式 116

120 第四节 原生动物

一、原生动物的基本特征 120

二、原生动物的代表类群 120

小 结 123

思考题 124

参考文献 124

第三章

病毒 125

126 第一节 病毒的基本属性

一、病毒的形状和大小 126

二、病毒的结构和化学组成 127

三、病毒的增殖 130

133 第二节 病毒的分类

143 第三节 原核生物病毒——噬菌体

一、噬菌体的形态 143

二、噬菌体的生活周期 144

148 第四节 真核生物病毒

一、脊椎动物病毒 148

二、昆虫病毒 154

三、植物病毒 157

160 第五节 亚病毒

一、类病毒 160

二、朊病毒 161

三、卫星病毒和卫星核酸 162

小 结 163

思考题 164

参考文献 164

第四章

微生物的营养 165

166 第一节 微生物的营养物质

一、碳源 166

二、氮源 167

三、矿质营养元素 167

四、生长因子 168

五、水 169

169 第二节 微生物的营养类型

一、光能无机营养型 169

二、光能有机营养型 170

三、化能无机营养型 170

四、化能有机营养型 171

171 第三节 微生物对营养物质的吸收

一、简单扩散 172

二、促进扩散 172

第六章

微生物的生长 227

228	第一节 微生物的个体生长
	一、细菌细胞生长 228
	二、酵母细胞的生长 229
	三、丝状真菌的生长 229
229	第二节 细菌的群体生长繁殖
	一、细菌的群体生长 230
	二、细菌的生长曲线 231
	三、生长曲线的重要性 232
232	第三节 微生物生长量的测定
	一、计数法 232
	二、测生长量法 234
235	第四节 微生物的培养
	一、微生物的同步培养 235
	二、微生物的连续培养 236
	三、微生物的高密度培养 237
237	第五节 微生物生长的影响因素
	一、营养条件 238
	二、温度 238
	三、pH 240
	四、O ₂ 241
	五、渗透压 242
	六、光和辐射 242
	七、化学药物 243
	八、化学治疗剂对微生物的作用 244
	小 结 245
	思考题 245
	参考文献 245

第七章

微生物生态 247

248	第一节 生态系统
	一、生态系统的组成 248
	二、能量流和食物链 248
	三、物质流中的生物功能群 249
	四、生态平衡 250
	五、微生物群落 250
	六、生物膜 251

第五章

微生物的代谢 181

	三、主动运输 173
	四、基团转移 173
175	第四节 培养基
	一、培养基的配制原则 175
	二、培养基的种类 177
	小 结 178
	思考题 179
	参考文献 179
182	第一节 微生物的能量代谢
	一、化能异养微生物的能量代谢 182
	二、化能自养微生物的能量代谢 187
	三、光能微生物的能量代谢 190
	四、能量消耗 193
194	第二节 化能异养微生物的生物氧化
	一、发酵 195
	二、呼吸 201
204	第三节 微生物的分解代谢
	一、多糖与其他含碳聚合物 204
	二、蛋白质与几丁质 206
	三、核酸、磷脂与植素 206
207	第四节 微生物的合成代谢
	一、合成代谢的类型与原料 208
	二、肽聚糖合成 210
	三、微生物的固氮作用 213
	四、次级代谢 215
220	第五节 微生物的代谢调节与应用
	一、酶活性的调节 220
	二、细胞膜透性调节 223
	三、代谢调控的应用 224
	小 结 225
	思考题 226
	参考文献 226

252	第二节 微生物生态学的研究方法
	一、基于核酸探针杂交技术的研究方法 252
	二、基于电泳检测技术的研究方法 253
	三、基于 PCR 技术的研究方法 254
	四、基于生物标志物检测的研究方法 255
	五、基于宏基因组学的研究技术 256
257	第三节 生态环境中的微生物
	一、陆生环境中的微生物 257
	二、水体环境中的微生物 259
	三、空气中的微生物 260
	四、极端环境下的微生物 260
	五、工农业产品及食品中的微生物 262
	六、不可培养的微生物 263
263	第四节 微生物之间及微生物与其他生物之间的关系
	一、微生物之间的相互关系 264
	二、微生物与高等植物之间的相互关系 265
	三、微生物与人和动物之间的相互关系 267
268	第五节 微生物与自然界物质循环
	一、碳素循环 268
	二、氮素循环 269
	三、硫循环 271
	四、磷素循环 272
	五、铁循环 273
	六、其他元素的微生物循环 273
274	第六节 微生物和环境保护
	一、微生物对污染物的降解与转化 274
	二、微生物对重金属的转化 277
	三、污染物的微生物处理 278
	四、微生物与环境监测 280
	五、转基因生物安全性 281
	小 结 282
	思考题 283
	参考文献 283

第八章

微生物的遗传和变异 285

286	第一节 遗传变异的物质基础
	一、遗传物质的含义 286
	二、证实核酸是遗传物质的经典实验 286
	三、微生物基因组 289

	四、细菌质粒 293
	五、转座因子 299

302 第二节 细菌的基因重组

	一、转化 302
	二、转导 304
	三、接合 307

309 第三节 真核微生物基因重组

	一、有性繁殖和基因重组 310
	二、准性生殖和基因重组 312

314 第四节 微生物基因突变

	一、基因突变的规律 314
	二、基因突变的分子基础 315
	三、基因突变与 DNA 损伤修复 318
	四、微生物突变型的种类 321
	五、微生物突变型的筛选 321

小 结 324

思考题 324

参考文献 325

第九章

侵染与免疫 327

328 第一节 侵染

	一、病原菌的侵入途径 328
	二、病原菌的传染力 328
	三、环境因素对病原菌侵染的影响 331
	四、病原菌侵染的可能结果 331

332 第二节 非特异性免疫

	一、生理屏障 332
	二、吞噬作用 333
	三、炎症反应 334
	四、体液因素 334

337 第三节 特异性免疫

	一、抗原 338
	二、免疫系统 340
	三、免疫应答 346
	四、细胞免疫 348
	五、体液免疫 349

354 第四节 免疫学方法

	一、抗原抗体体外反应的特性 354
	二、抗原制备 355

三、抗体的制备 355
四、免疫学技术 359

小 结 365
思考题 366
参考文献 367

第十章

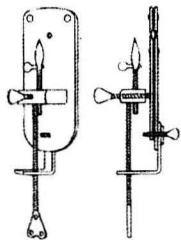
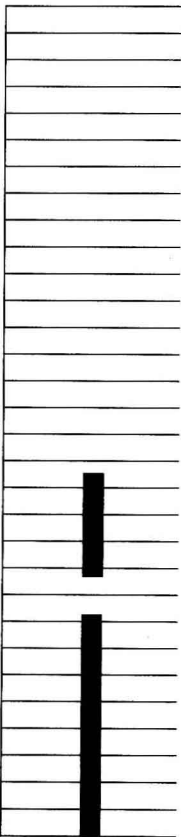
微生物的应用 369

370	第一节 微生物在农业和畜牧业领域的应用
	一、微生物农药 370
	二、微生物肥料 377
	三、微生物饲料和饲料添加剂 380
381	第二节 微生物在食品工程中的应用
	一、微生物在发酵食品中的应用 381
	二、微生物在制作酒类及含酒精饮料中的应用 383
	三、微生物在氨基酸工业发酵中的应用 384
386	第三节 微生物在环境保护领域中的应用
	一、有机污染土壤的生物修复 386
	二、石油污染水域的微生物修复 386
	三、农药残留的微生物降解 387
	四、含酚工业废水中典型污染物的微生物降解 388
	五、微生物传感器在环境监测方面的应用 388
389	第四节 微生物在生物质能源中的应用
	一、生物质资源生产乙醇 389

	二、有机废弃物沼气发酵 390
390	第五节 微生物在轻化学工业中的应用
	一、微生物在酶制剂生产中的应用 391
	二、有机酸的工业发酵 393
	三、微生物生产可降解塑料 394
394	第六节 微生物在医药领域中的应用
	一、基因工程菌药物 395
	二、核酸疫苗 396
397	第七节 海洋微生物和极端环境微生物的应用
	一、海洋微生物的应用 397
	二、从海洋微生物中开发新型酶制剂 399
	三、极端环境微生物的应用 400
401	第八节 微生物在生物工程中的应用
	一、微生物在生物工程中的作用 402
	二、微生物在生物工程中的应用 404
	三、微生物基因工程的应用前景、风险与对策 410
410	第九节 微生物应用前景展望
	小 结 411
	思考题 412
	参考文献 412

绪 论

地球上生活着数百万种生物，微生物是其中的一部分。微生物形态微小、类群庞杂，它与人类的生产生活密切相关。微生物引起人、动物和植物的诸多疾病，但微生物也改善了人类的生活，酱油、醋、酒和味精都是用微生物生产出来的；防治疾病的许多药物如青霉素、头孢霉素等也是由微生物产生的；在当今的分子生物学研究中，基因的转移离不开微生物；污染环境的治理也需要利用微生物。当前，微生物不仅是生命基础科学研究的理想材料，而且微生物生产已成为与动物生产、植物生产并列的第三大产业。在未来微生物还将为人类的生活和健康做出更大的贡献。



第一节

微生物学的研究对象与任务

一、微生物学的研究对象

微生物 (microorganism) 是一类个体微小, 结构简单, 大多数为单细胞, 少数为多细胞, 甚至是没有细胞构造生物的总称。大多数微生物的个体小于 1 mm。所以微生物必须借助显微镜甚至电子显微镜才能看到形态。微生物包括: 细菌、古菌、真菌、单细胞的原生动物、结构简单的藻类以及没有细胞结构的病毒。

微生物一词不是分类学上的专门名词, 它是一类形态微小生物的总称。在当代生物分类学中, 人们将生物分为六界, 即动物界 (animalia)、植物界 (plantae)、真菌界 (fungi)、原生生物界 (protista)、原核生物界 (prokaryote) 和病毒界 (virus)。这六界中, 前五界是 Whittaker 提出的生物分类的五界系统, 病毒界是我国微生物分类学家王大相先生增加的一界。微生物学研究的对象包括六界中的真菌界、原生生物界、原核生物界和病毒界。

二、微生物的特点

(一) 种类多样, 生境广泛

自然界的微生物有 10 多万种, 其中病毒 2 000 多种, 原核生物 5 000 多种, 藻类 23 100 种, 真菌 47 300 种, 原生动物 24 000 种。微生物的生活环境很广, 土壤、自然水域、动植物体、极端环境和各种食品中都有微生物的存在。

(二) 个体微小, 比面值大

微生物的个体很小, 病毒用纳米 (nm) 表示, 细菌、真菌、藻类和原生动物用微米 (μm) 来表示。任何一个物体, 如对其进行三维切割, 则切割的次数越多, 所产生的颗粒也越多, 颗粒的体积就越小。这时如把所有颗粒的总面积相加, 则其表面积就增大。例如: 一个球菌, 若体积为 $1\ \mu\text{m}^3$ 的话, 用这样的球菌堆成 $1\ \text{cm}^3$, 其总面积可达 $6\ \text{m}^2$, 而一粒 $1\ \text{cm}^3$ 大小的豌豆, 其总表面积仅 $6\ \text{cm}^2$ 。微生物的面积与体积的比值称

为比面值。例如：球菌，面积 $=4\pi r^2$ ，体积 $=\frac{4}{3}\pi r^3$ ，面积/体积 $=3/r$ ， r 越小，比面值越大。比面值大的微生物有利于细胞内外的物质交换。

（三）生长繁殖快，转化率高

E. coli 每分裂1次的时间是12.5~20 min，若以20 min分裂一次计，1 h可分裂3次，24 h可分裂72次，后代数为4 722 366 500万亿个，约重4 722 t，事实上由于培养条件的限制，细菌的对数增长只能维持数小时，菌数不可能达到这么多。微生物对物质的转化速率相当高，例如产朊假丝酵母合成蛋白质的能力比大豆强100倍，比食用公牛强10万倍。一头500 kg重的牛每天可增加蛋白质0.5 kg，而500 kg的酵母24 h可合成50 000 kg的蛋白质。

（四）代谢类型多，生活方式多样

微生物的代谢类型既有自养型的也有异养型的，前者以光能合成细胞有机物，后者以化学能合成细胞有机物。微生物的生活方式根据它们对其他生物的依赖关系可分为腐生、互生、共生和寄生。

（五）容易变异，具遗传多样性

微生物由于个体小，容易受环境条件影响而发生变异。变异有好的一面，如提高抗生素产生菌的效价；变异也有坏的一面，细菌变异产生了抗药性。原核生物DNA化学组成相差很大，不同种群的G+C含量（摩尔分数）在24%~76%。即使同一个种不同的菌株DNA的序列差异可高达30%。新近的蛋白质序列相似性分析技术也揭示了原核生物遗传背景的多样性。

三、微生物学的任务与分科

微生物学（microbiology）是研究微生物生命活动规律及其应用的学科。微生物学的任务包括：①研究微生物的形态及生命活动规律，②利用有益微生物，③防治有害微生物。

微生物学的分科包括：按研究对象可分为细菌学、真菌学、病毒学、藻类学、原生动物学；按研究微生物本身的基本理论可分为普通微生物学、微生物生理学、微生物遗传学、微生物生态学；按微生物的生活环境可分为土壤微生物学、海洋微生物学；按微生物的应用来分则有医学微生物学、食品微生物学、工业微生物学、农业微生物学、乳品微生物学、环境微生物学、酿造微生物学、兽医微生物学、石油微生物学等。

第二节 微生物学的发展

一、我国古代对微生物的利用

（一）利用微生物酿酒

我国是世界文明古国之一，早在距今4 000多年前的龙山文化时期（黄河流域原始父系社会时期），我国就有了利用微生物酿酒的技术。从龙山出土的陶器中有不少的饮酒用具，樽、盃、高脚杯、小壶等酒器。殷代（公元前16—11世纪）甲骨文中就有了酒的象形字。新中国成立后在河南郑州发现了商代酿造工厂遗

址。公元前14世纪《书经》一书里有“若作酒醴，尔惟曲蘖”的记载，意思是说，做甜酒，必须要麦芽和酒曲，麦芽起糖化作用，酒曲中的微生物则转化糖变成酒。据古籍记载，我国酿酒的创始人是仪狄和杜康。仪狄是夏禹的臣，他会做酒，《世本》里说“帝女令仪狄始作酒醪，变五味”，说明仪狄是很会造酒的人。绍兴酒是我国八大名酒之一，它是黄酒的一种，在战国时代就已经开始酿造了。白酒又名烧酒，是一种蒸馏酒，它在唐代以前就有了。葡萄酒是在汉代由西域传入我国的。

（二）利用微生物提高肥力

公元前1世纪《汜胜之书》中就提出肥田要熟粪，及瓜与小豆间作的耕作制度。熟粪是经微生物分解过的肥料，氨态N含量高，利于作物吸收。小豆是豆科作物，可将空气中的氮固定为氮化合物，被植物吸收。

（三）防治农业病害

公元2世纪《神农本草经》中就有蚕“白僵”的记载，《陈旉农书》里也明确提到“黑白红僵”三种蚕病，并提出了相对的防治措施，如保持蚕室干燥，空气流通，勤晒养蚕用具等。

（四）栽培食用菌

据《本草纲目》记载，栽培食用菌在我国始于公元7世纪唐朝，而西方在18世纪才开始。

（五）种痘防治天花

种痘防治天花的方法在宋真宗（公元998—1022年）就已广泛应用，后来传至亚洲其他国家，并于1717年经土耳其传到英国，继而传到美洲各国，在“人痘”的基础上发展成为“牛痘”。

二、微生物的发现和微生物学的奠基人

（一）列文虎克（Leeuwenhoek）最先看到了微生物

17世纪，荷兰商人列文虎克制成了能放大270~300倍的简单显微镜，他利用此镜观察了污水，牙垢，腐败有机物，发现了其中的微生物，并作了相当正确的描述，为微生物的存在提供了有力的证据。

（二）巴斯德（Pasteur）的贡献

巴斯德的贡献在于把微生物的研究从形态学推进到了生理学的研究阶段。巴斯德在研究酒变质时发现，糖变成酒是由于酵母菌的作用，而酒变质则是由于杂菌引起。于是他得出结论，发酵是由微生物引起的，不同种的微生物引起不同的发酵。巴斯德否定了自然发生说，创立了巴斯德消毒法，推动了罐头和食品工业的发展。巴斯德发现传染病是由病原菌引起的，奠定了传染病病原微生物学的基础，巴斯德还发明了制造疫苗预防接种的方法，为免疫学奠定了基础。

（三）柯赫（Koch）的贡献

柯赫是一位德国医生，他的一系列工作为疾病的病原说建立了牢固的基础，柯赫提出了确定病原菌的严格标准，即柯赫定理。柯赫通过对牛炭疽病的研究提出：① 感病动物含有病原菌；② 此病菌可分离得到纯培养；③ 分离物接种健康动物可使动物感染相同的疾病；④ 从感病动物中能再次分离出相同病原菌。柯赫由于发现了结核病的病原菌而获得了诺贝尔奖。柯赫的贡献还在于创造了许多纯培养的方法。

（四）其他学者的贡献

在19世纪的微生物学研究中，还有许多学者作了重要贡献，他们中突出的有：① 1860年苏格兰人李斯特（Lister）首创了无菌外科手术；② 1883年俄国学者梅契尼科夫发现了白细胞吞噬入侵的细菌（吞噬作

用)；③ 1884年丹麦人革兰(Gram)首创了革兰氏染色法；④ 1888年荷兰人拜叶林克(Beijerinck)分离出纯培养的根瘤菌。1901年拜叶林克分离出自生褐球固氮菌；⑤ 1890年俄国人维诺格拉德斯基发现了自养细菌(硝化细菌)，1895年维诺格拉德斯基分离出厌氧性的固氮梭菌；⑥ 1898年拜叶克林证明烟草花叶病的病原为一种滤过性病毒。

三、现代微生物学的发展

现代微生物学的发展，包括两个方面：一是微生物与生物化学的结合，一是微生物与遗传学的结合。电子显微镜的问世，把微生物形态学的研究推向了一个新的阶段。DNA双螺旋结构的揭示又把微生物学带进了分子生物学时代。20世纪40年代后，以青霉素为龙头的抗生素的广泛应用，使人类的寿命延长了10岁。各种酶制剂、氨基酸、维生素、核苷酸和微生物发酵饮料的生产，使微生物成为社会的支柱产业。20世纪80年代后，微生物基因工程菌的应用使微生物成为现代生物技术的重要组成部分。在现代微生物学的发展中，我们应该记住下面这些科学家所作的开创性贡献。

- (1) 1928年，英国人格里菲斯(Griffith)发现了转化现象。
- (2) 1929年，英国人弗来明(Fleming)首先发现了青霉素。
- (3) 1935年，斯坦利(Stanley)首次提纯了烟草花叶病毒(TMV)，并获得了它的“蛋白质结晶”。
- (4) 1939年，考雪(G. Kausche)第一次在电镜下看到了烟草花叶病毒粒子的形态。
- (5) 1941年，比德耳(Beadle)和塔图姆(Tatum)用X线和紫外线照射，使链霉菌发生变异，从而获得了营养缺陷型。
- (6) 1943年，瓦克斯曼(Waksman)分离出链霉素产生菌。
- (7) 1944年，艾弗里(Avery)第一次证明遗传的物质基础是DNA。
- (8) 1946年，莱德伯格(Ledeberg)和塔图姆发现细菌确有结合过程。1952年，幸德尔(Zinder)与莱德伯格发现了细菌的普遍转导。
- (9) 1953年，沃森(Watson)与克里克(Crick)提出DNA的双螺旋分子结构模型和半保留复制假说。
- (10) 1961年，莫诺(Monod)和雅各布(Jacob)提出了操纵子学说。
- (11) 1963年，尼伦伯格(Nirenberg)提出了遗传密码的理论。
- (12) 1970年，泰明(Temin)发现了反转录酶。
- (13) 1973年，柯亨(Cohen)提出基因工程的理论。
- (14) 1977年，沃斯(Woese)提出古细菌的概念，桑格(Sanger)首次对 ϕ X 174噬菌体DNA进行了全序列分析。
- (15) 1982—1983年，普鲁西纳(Prusiner)发现了朊病毒。
- (16) 1983—1984年，加罗(Gallo)分离鉴定了艾滋病病毒，莫里斯(Mullis)建立了PCR技术。
- (17) 1995年，人类完成了流感嗜血杆菌全基因组的测序工作。
- (18) 1997年，人类完成了酵母菌全基因组的测序工作。
- (19) 2005年，幽门螺杆菌的发现者巴里(Barry)、马歇尔(Marshall)、鲁宾(Robin)和沃伦(Warren)获诺贝尔生理学或医学奖。

第三节

微生物与人类的关系

微生物与人类的生产生活密切相关。微生物对于人类有它有利的一面，也有它有害的一面。我们研究微生物，就是利用微生物有利的一面为人类造福，同时防止有害微生物对人类的危害。

一、利用有益微生物为人类造福

(一) 工业上

1. 利用酵母菌酿酒

啤酒、白酒、黄酒、葡萄酒的酿造中都需要酵母菌。

2. 利用微生物生产调味品

酱油、醋、味精等是人们日常生活中常用的调味品。酱油是用米曲霉产生的蛋白酶降解蛋白质得到的。醋是醋酸菌氧化乙醇得到的。味精是利用谷氨酸棒状杆菌发酵糖蜜或淀粉得到的。

3. 利用微生物生产酶制剂

酶制剂无论是在工业上，还是在医学上都大有用途，各种酶制剂都可用微生物生产出来，如工业上退浆和制饴的 α -淀粉酶就是用枯草芽孢杆菌生产的。

4. 用微生物生产有机酸

柠檬酸是制造汽水和糖果的原料，它是用黑曲霉在蔗糖中发酵制得的。

5. 用微生物生产核酸

肌苷是次黄嘌呤核苷酸（IMP），它是腺嘌呤核苷酸的前体物，肌苷是用枯草芽孢杆菌在葡萄糖中发酵得到的。

6. 用微生物冶金

一些贫矿、尾矿可以用微生物来浸溶，然后从中得到贵金属，例如氧化硫硫杆菌能氧化元素硫为硫酸，所生成的硫酸可直接浸溶矿石。

(二) 在医药卫生上

1. 用微生物生产的抗生素拯救了无数人的生命

最著名的是青霉素，它是由产黄青霉产生的。链霉素是放线菌中的灰色链霉菌产生的抗生素，它的问世，治好了无数的结核病人。还有抗真菌的灰黄霉素是灰黄青霉菌产生的抗生素。抗肿瘤的丝裂霉素（又称自力霉素）是头状链霉菌产生的抗生素（抑制DNA合成，抗癌）。

2. 医用上的许多生化药品也是用微生物制得的

ATP是利用酵母的酶系来生产的。辅酶A可治疗白细胞减少症，它是从酵母细胞或者从白地霉菌体中提取的，也可由发酵法生产。核黄素是用棉阿舒囊霉酵母菌发酵生产出来的。

3. 用微生物制成疫苗，使许多疾病的蔓延得到控制和消灭

牛痘苗使天花在地球上已经绝迹，卡介菌有效预防结核。流脑疫苗、小儿麻痹疫苗使无数的少年儿童免遭脑膜炎和畸形之苦。

(三) 在农业上

1. 作物增产

根瘤菌接种剂的应用，能大大提高豆科作物的产量。

2. 用微生物防治害虫

既杀虫又安全有效，无残毒。如用苏云金芽孢杆菌防治菜青虫不仅杀虫效果好，而且没有污染。

此外,在日常生活中我们常吃的酸奶、酱腌菜、腐乳、米酒等都是用微生物加工后提供的风味。银耳、木耳、蘑菇、平菇是餐桌上的美味佳肴,灵芝、冬虫夏草是治病良药,它们也都属于微生物。

微生物的用途还有很多,不在此一一列举。

二、微生物对人类的危害

(一) 造成人畜疾病

病原微生物是人类生存的大敌,在1347年至1352年欧洲鼠疫流行期间有6 200万人被鼠疫耶尔森氏菌(*Yersinia pestis*)夺去了生命,使欧洲人的人均寿命由30岁降到20岁。2003年流行的SARS病毒曾一度使世界恐慌。至今结核病仍然是我国的主要疾病。乙型肝炎、艾滋病目前仍然没有有效的治疗药物。鸡瘟、口蹄疫是我国禽畜养殖的头号大敌。

(二) 危害农作物

许多真菌、细菌和病毒都能引起植物病害,例如黄萎轮枝菌(*Verticillium albo-atrum*)引起棉花黄萎病。尖孢镰刀霉(*Fusarium oxysporum*)引起棉花枯萎病。水稻黄单胞菌水稻致病变种(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)引起水稻白叶枯病。在农业生产中,这些病害都可能导致棉花、水稻绝收。

(三) 危害农副产品, 危害商品

粮食霉烂、食品变质、商品腐烂,都是微生物危害的结果。

第四节 未来微生物学的发展展望

微生物学今后的发展方向,将主要集中在以下几个方面:

一、基因工程菌的构建

利用基因工程的手段,构建有益的基因工程菌,从而使之具有新的遗传性状,产生人类所需要的新物质。目前已开发应用的基因工程菌有:

(一) 利用基因工程菌提高抗生素头孢霉素C的产量

通过基因工程手段将一个带有 $ce-tEF$ 基因的整合型重组质粒转入头孢霉素高产菌株*C. acremonium* 394-4中,所得的转化子在生产中能提高头孢霉素C的产量15%。

(二) 利用基因工程菌提高氨基酸的产量

1980年,苏联V. G. Debabov等已成功组建了苏氨酸工程菌,将质粒pTH1转入大肠杆菌C600后,通过发酵条件及菌种筛选研究,产生苏氨酸的水平已达到65 g/L。

(三) 利用基因工程菌进行维生素C的生产

传统的维生素C的生产采用两步发酵法。Anderson等和Hardy等克隆了2,5-二酮基-D-葡萄糖酸(2,5-DKG)还原酶基因构建了表达载体,分别转入草生欧文氏菌(*Erwinia herbicola*)和柠檬欧文氏菌(*E. citreus*)中表达。新基因工程菌能使葡萄糖氧化成为2,5-DKG,以及2,5-DKG还原成为2-KLG(2-酮基-L-古龙酸)的双重反应在同一菌种内进行,从而实现了从D-葡萄糖到2-KLG的一步发酵。