



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

普通微生物学

● 徐孝华 主编

● 微生物专业用

北京农业大学出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教材指导委员会审定

普通微生物学

徐孝华 主编

微生物专业用

北京农业大学出版社

(京) 第164号

期 限 表

请于下列日期前将书还回

1999

1999

全国高等农业院校教材

普通微生物学

徐孝华 主编

责任编辑 孟 梅

北京农业大学出版社出版

(北京市海淀区圆明园西路二号)

中国人民大学出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 18 印张 440千字

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数：1—2500

ISBN 7-81002-288-1/Q·289

定 价：4.70元

420810

前 言

微生物学是一门重要的生物学科，它不仅本身发展迅速，而且促进了生物科学各个方面的发展，尤其在分子生物学的研究方面。微生物学在回答许多遗传学、生理学和细胞学的基本问题以及指导生产实际工作上，都提供了丰富的知识，使得生物学家在认识生物和揭示自然方面为人类做出宝贵的贡献。因此，越来越多的科学工作者被吸引到微生物学的研究中来。这门学科领域正在不断地扩大、丰富和更新。

普通微生物学是一门基础学科，在微生物学专业中是一门专业基础课。通过本课程的学习，使学生对微生物学有个全面和初步的了解，掌握微生物学的基本知识和理论，并对实验操作技术进行基本的训练，为进一步深入学好微生物学打下基础。当然，在生物科学飞速发展的今天，一本教材必须反映出本学科领域的当代水平。因此，我们尽可能参阅国内外的最新进展，围绕微生物的形态、生理、遗传、生态和分类，对微生物学的基本理论和基本知识，作了比较系统和详细的阐述，力求做到概念准确清楚，叙述简明扼要，而且照顾到知识的系统性。关于实验操作技术的基本原理除在本书有关章节叙述外，将在本课程的实验指导书中详细介绍。

本书是经过1988年全国高等农业院校教材指导委员会研究和决定编写的。编写工作是在北京农业大学和华中农业大学各级领导的关怀和支持下进行的。具体参加编写的有北京农业大学徐孝华（第1，3，6，10和15章）、杨苏声（第1，4，8，9和14章）和华中农业大学周俊初（第2，5，7，11，12和13章）。

在编写过程中，始终得到北京农业大学俞大绂教授、华中农业大学陈华癸教授的关心和指导，并且承蒙陈华癸、裘维蕃、李季伦、王大粗、杨贵珍、于永年、米景九、莽克强、陈文新和王大珍等教授给予审阅和指导，并由颜耀祖副教授和杨晓庄同志绘制图表。在此，我们表示衷心的感谢。

由于编写时间较短，加上我们的水平有限，所以，本书难免会出现不妥和错误之处，希望广大读者随时向我们提出宝贵的意见。

编 者

1991年6月

主 编 徐孝华（北京农业大学）

参编者 杨苏声（北京农业大学）

周俊初（华中农业大学）

主 审 陈华癸（华中农业大学）

目 录

第一章 绪论	1
第一节 微生物在生物界中的地位.....	1
第二节 原核生物和真核生物.....	2
一、真核生物细胞的特点.....	2
二、原核生物细胞的特点.....	2
第三节 微生物与微生物学.....	3
一、微生物的类群.....	3
二、微生物学.....	3
第四节 微生物的作用.....	3
一、微生物与土壤.....	3
二、微生物的产物.....	4
三、生物防治.....	4
四、食品加工、食用和药用.....	4
五、微生物在遗传工程的重要作用.....	4
六、其他.....	5
第二章 原核生物	6
第一节 模式原核细胞的构造.....	6
一、细胞壁.....	6
二、细胞质膜.....	10
三、间体及其他内膜结构.....	11
四、细胞核.....	12
五、质粒.....	12
六、细胞质及其内含物.....	14
第二节 细菌的形态与特殊构造.....	16
一、细菌的形态和大小.....	16
二、细菌细胞的特殊构造.....	21
第三节 放线菌.....	28
一、放线菌的个体形态.....	28
二、放线菌的繁殖和群体形态.....	30
第四节 蓝细菌.....	30
一、蓝细菌的形态和结构特征.....	30
二、蓝细菌的繁殖.....	32
第五节 其他代表性原核微生物.....	32

一、螺旋体	32
二、粘细菌	32
三、鞘细菌	33
四、立克次氏体	33
五、枝原体	34
六、衣原体	34
七、蛭弧菌	35
八、古细菌	36
第三章 真核微生物	39
第一节 真菌	39
一、真菌的细胞结构	39
二、菌丝体和菌丝结构	43
三、无性繁殖	46
四、有性繁殖	49
五、真菌菌落	54
六、生活周期	54
第二节 粘菌	55
一、粘菌的形态	55
二、粘菌的生活周期	57
三、粘菌的培养	58
第三节 原生动物	59
一、原生动物的细胞	59
二、原生动物所特有的功能结构	60
三、形态和大小	61
四、繁殖	61
五、原生动物的类群	62
第四节 藻类	64
一、藻的形态与结构	64
二、藻的繁殖与生活周期	65
三、藻的分类	66
第四章 病毒	68
第一节 病毒的形态结构	69
一、病毒的形态和大小	69
二、病毒的基本结构	69
三、病毒的包含体	72
第二节 病毒的分类	74
一、Lwoff和Tournier所提出的分类系统的依据	74
二、目前的病毒分类系统	74

第三节 噬菌体	76
一、噬菌体的形态和结构.....	77
二、噬菌体的生活周期.....	78
三、蓝细菌噬菌体.....	82
第四节 动物病毒	83
一、动物病毒的生活周期.....	84
二、艾滋病毒.....	87
第五节 植物病毒	88
一、植物病毒的侵入.....	88
二、复制.....	88
三、装配和释放.....	90
第六节 亚病毒和其他伴随疾病的小分子RNA病毒	91
一、亚病毒.....	91
二、其他伴随疾病的小分子RNA病毒.....	92
第五章 微生物的营养	94
第一节 微生物细胞的化学组成和营养要求	94
一、微生物细胞的元素组成.....	94
二、微生物细胞中的有机化合物.....	95
三、微生物营养物质的来源及其功能.....	97
第二节 微生物的营养类型	99
一、光能无机营养型.....	100
二、光能有机营养型.....	101
三、化能无机营养型.....	101
四、化能有机营养型.....	102
第三节 微生物吸收营养物质的机制	103
一、吞噬作用.....	103
二、渗透吸收作用.....	104
第六章 微生物的代谢作用	108
第一节 微生物的能量	108
一、ATP的结构.....	108
二、ATP的生成.....	109
三、微生物氧化的方式.....	111
四、能量的利用.....	112
第二节 微生物的分解代谢	113
一、己糖的分解.....	113
二、丙酮酸代谢.....	117
三、多糖分解.....	118
四、蛋白质的分解.....	119

五、氨基酸的分解	119
六、脂肪和其他有机物的分解	120
第三节 微生物的合成作用	121
一、蛋白质的合成	121
二、核酸的合成	123
三、细胞壁的合成	126
四、次生代谢产物	127
第四节 合成代谢与分解代谢的相互关系	127
第七章 微生物生长与环境条件	128
第一节 微生物的生长和测定方法	128
一、生长的定义和测定方法	128
二、细胞生长周期	130
三、细菌的群体生长——生长曲线	131
四、二次生长、同步生长和连续培养	133
五、细菌在固体平板上的生长	136
六、真菌的生长	137
第二节 环境条件对微生物生长的影响	138
一、温度	138
二、水分和渗透压	141
三、酸碱度	142
四、 O_2 和Eh值	143
五、辐射	144
六、超声波	145
七、化学杀菌剂和抑菌剂	145
第八章 微生物的遗传分析和基因重组	152
第一节 遗传的物质基础	152
一、证明DNA是遗传物质基础的经典实验	152
二、遗传物质在细胞中的存在方式	153
第二节 基因和基因表达	155
一、基因	155
二、基因表达	156
第三节 原核生物的基因重组	157
一、转化	158
二、转导	159
三、接合	161
四、染色体外遗传因子的转移	163
第四节 真菌的基因重组	165
一、有性生殖	165

二、异核现象	167
三、准性生殖	167
四、线粒体遗传	168
第五节 遗传工程	169
一、主要操作步骤	169
二、现状和发展前景	170
第九章 微生物的突变和诱变育种	172
第一节 基因突变的发生及其机制	172
一、基因突变	172
二、突变的表型	173
三、突变的机制	174
第二节 基因突变的特点	176
一、突变率	176
二、回复突变	177
第三节 诱变剂	177
一、化学诱变剂	177
二、物理诱变剂	180
第四节 突变体的选择和检测	182
一、基因突变延迟	182
二、突变细胞的选择	183
三、突变菌落的检测	184
第五节 微生物诱变育种	184
一、自发突变育种	184
二、诱变育种	185
第十章 微生物的调节	187
第一节 酶作用的调节	187
第二节 酶合成的调节	188
一、酶合成的阻遏和诱导	188
二、遗传控制的操纵子理论	188
三、阻遏与诱导的机制	189
四、酶合成的正控制	189
第三节 形态形成	190
一、细菌芽胞的形成	190
二、真菌的形态形成	191
三、粘菌的形态形成	193
第十一章 微生物在自然界的分布与作用	195
第一节 微生物在自然界的分布	195
一、土壤中的微生物	195

二、水体中的微生物	198
三、空气中的微生物	201
四、食品中的微生物	202
五、极端环境中的微生物	203
第二节 微生物在自然界物质循环中的作用	204
一、碳素循环	205
二、氮素循环	207
三、硫素循环	208
四、磷素循环	209
第十二章 微生物与其他生物的关系	211
第一节 微生物间的相互关系	211
一、中性关系	211
二、偏利作用	211
三、协同作用	211
四、互惠共生	212
五、竞争关系	212
六、拮抗作用	212
七、寄生关系	214
八、捕食关系	215
第二节 微生物与高等植物间的相互关系	215
一、植物的根际与根际微生物	215
二、微生物与高等植物间的共生关系	217
三、植物茎叶和果实上的微生物	220
四、微生物引起的植物病害	221
第三节 微生物与人和动物间的相互关系	223
一、互生关系	223
二、捕食关系	224
三、共生关系	224
四、寄生关系的病原微生物	226
第十三章 侵染与免疫	228
第一节 侵染	228
一、微生物入侵寄主的过程	228
二、对寄主防御功能的抵抗	229
第二节 免疫	230
一、非特异性免疫	231
二、特异性免疫	232
第三节 抗原和抗体	234
一、抗原	234

二、抗体	236
第四节 血清学反应	240
一、血清学反应的一般规律	240
二、凝集反应	240
三、沉淀反应	241
第十四章 微生物的分类	245
第一节 分类单位的多层次性	245
一、微生物的多层次分类单位	245
二、种的概念	246
三、双名法和命名法则	247
第二节 细菌分类方法	247
一、传统分类法	247
二、化学分类法	249
三、数值分类法	249
四、遗传学分类法	250
第三节 细菌分类系统和常见的细菌类群	253
一、细菌分类系统	253
二、常见细菌类群的代表	253
第四节 真菌分类	257
一、真菌分类系统	257
二、常见真菌类群的代表	258
第十五章 微生物学的发展史	266
第一节 微生物学的早期发展	266
一、我国古代对微生物的利用	266
二、早期发展	266
第二节 微生物学的全面发展时期	268
一、医学微生物学	268
二、土壤微生物学	268
三、抗生素的发现	269
四、病毒学	269
五、遗传学	269
六、微生物学技术	270
第三节 近代微生物学的发展	270
一、分子遗传学	270
二、细胞结构与功能的研究	271
三、免疫学与单克隆抗体	271
四、电子计算机的应用	271
微生物学大事一览表	272

第一章 绪 论

生物，无论是动物、植物和微生物，虽然有多种多样的类型和各具特征，但是归纳起来，它们有着共同的特点。首先，生物体的基本组成单位是细胞；其次，主要化学组分相同，尤其是大分子化合物如蛋白质、核酸、多糖和脂类等；第三，新陈代谢等生理活动相似；第四，受基因控制的遗传机制相同；第五，有繁殖能力。微生物也不例外地具备上述生物共同的特点。但是，微生物个体微小，肉眼不易看见，是单细胞的个体、或简单的多细胞、或没有细胞结构的低等生物，类群庞杂。随着生物学的深入研究，人们逐渐认识到，微生物不是一个独立的生物类群，但由于它们形态微小简单，生物学特性比较接近，而且对它们的研究方法颇为相似，一般都要采用显微镜、灭菌、分离和培养等技术，在其实际应用方面也有许多类似的地方，因此，人们就把这些简单的低等生命形式统归于微生物学。另一方面，微生物的这些特征使它们成为研究许多基本生命过程的理想材料。它们大多数能够生长在试管或三角瓶中，且便于保存。它们生长繁殖迅速，例如有些细菌在24h内几乎能繁殖100代。微生物的代谢过程也与高等动植物的模式雷同，例如酿酒酵母的酒精发酵机制和脊椎动物肌肉的糖酵解十分相似。过去已有许多有关生命机制的著名的成果是用微生物作为材料而得到的，尤其在遗传学方面。例如在深入研究肺炎链球菌的基础上，发现遗传物质的化学本质是DNA，明确了生物遗传物质基础的问题。近年来，微生物的研究无论在基础理论上和应用上都发展非常迅速。当前，微生物已不只是一个研究生物学基本规律的理想材料，而且它们本身就是重要而独具特色的生物群体。微生物的应用与人类生活密切相关，范围十分广泛，例如在医学、农业、工业、食品和生物技术的利用等方面都有应用。这些都促使微生物学不断发展壮大和日益受到重视，使微生物学成为生物学的重要学科，并为人类的生活作出重要贡献。

第一节 微生物在生物界中的地位

生物分类工作是在约200多年前Linnaeus(1707—1778)的工作基础上建立的。他将生物划分为动物界和植物界，二者在概念上是十分明确的。自从发现了微生物以后，学者们习惯于把它们分别归入动物或植物内，列为动植物中的低等类型。例如原生动物没有细胞壁，可运动，不进行光合作用，归入动物界。藻类有细胞壁，进行光合作用，则归于植物界。但是，有些微生物具有动物和植物共同的特征，将它们归入动物界或植物界都不合适。因此，在1866年Haeckel提出三界系统，把生物分为动物界、植物界和原生生物界(protista)，他将那些既非典型动物、也非典型植物的单细胞微生物归属于原生生物界中。在这一界中包括细菌、真菌、单细胞藻类和原生动物，并把细菌称为低等原生生物，其余类型则称为高等原生生物。

随着微生物研究技术的提高和改进，到本世纪50年代，人们利用电子显微镜观察微生物

细胞的内部结构，发现典型细菌的核与其他原生生物的核有很大不同。前者的核物质不被核膜包围，后者全都有核膜，并进一步揭露出两类细胞在其他方面亦有不同，随后提出了原核生物与真核生物的概念。在此认识的基础上，1969年Whittaker提出生物分类的五界系统，其中包括原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。这个分类系统目前已经被大多数科学家所承认，它是根据三个级别的细胞组织及其三种营养方式（光合作用、吸收作用和吞食作用）而划分的。原核生物界缺乏吞食的营养方式。单细胞的真核微生物位于原生生物界，它们具有上述三种营养方式：单细胞藻类的营养方式是光合作用，原生动物的营养方式是吞食作用，而其他一些原生生物的营养方式则为吸收作用，并且与光合及吞食作用有一些交叠。多细胞和多核的真核生物发现于真菌界（多核的高等真菌）、植物界（多细胞的绿色植物和高等藻类）和动物界（多细胞的动物）。它们多样化的营养方式导致更多样化的细胞组织。

微生物分别归属于五界中的三界：原核生物界、真菌界和原生生物界（单细胞藻类和原生动物）。但是，在这三界中都无法包括非细胞形态的病毒，所以有人建议将病毒列为第六界，称为病毒界。这个问题尚未有一致的定论。

近年来，对微生物在生物界中的地位问题不断地有新的成果，例如，1980年Woese等根据有些细菌在16SrRNA的顺序及其他一些细胞组分在分子水平上与真核细胞和一般细菌的组分有所不同，提出古细菌（archaebacteria）概念，并建议将生物分为真核生物、真细菌和古细菌三个类型，提出第三个生命类型的观点。相信随着科学研究的进展，这个问题会更加明朗。

第二节 原核生物和真核生物

这两类生物除细胞核结构不同外，其他细胞结构和功能也有较大的差异。

一、真核生物（eukaryote）细胞的特点

真核生物包括动物、植物、原生生物和真菌，其细胞的主要特点是具有明确的细胞核和多样的单位膜系统。细胞核有核膜包围，核膜上有许多小孔。核内有核仁，并有清楚的染色体，染色体由组蛋白和DNA组成，它可以进行有丝分裂和减数分裂。膜系统包括细胞质膜、内质网膜、核膜和各种膜细胞器，如高尔基体、线粒体、叶绿体和液胞等。在线粒体和叶绿体内还含有少量以闭合环状DNA分子形式存在的遗传信息。

真核细胞的另一个特点是细胞质的核糖体比较大，其沉降系数为80S，存在于内质网膜上，而线粒体和叶绿体内的核糖体的沉降系数为70S。

二、原核生物（prokaryote）细胞的特点

原核细胞与真核细胞的明显差异在于它们缺乏真正的有核膜包围的核，只有核质区域，与细胞质之间没有明确的界限。核质区只含有DNA，以闭环分子形式存在于细胞质中，不含组蛋白，不呈染色体状，不进行有丝分裂和减数分裂。此外，在细胞质中常存在一个或数个称作质粒的小的环状DNA分子。原核生物除有细胞质外，缺乏其他膜系统和含膜细胞

器。但在某些细菌，其细胞质膜可能内陷形成简单的层状或囊状的结构。

原核细胞的核糖体分散在细胞质中，其沉降系数为70S。

第三节 微生物与微生物学

一、微生物的类群

如前所述，原生生物界、真菌界、原核生物界和病毒都属于微生物。其中，原生生物和真菌属于真核生物，它们在微生物中是个体比较大的，有些种类肉眼可以看见。原生生物界包括原生动物和单细胞藻类，真菌界中包括真菌和粘菌。原核生物界中包括细菌、放线菌、蓝细菌、螺旋体、立克次氏体和枝原体等。病毒中包括病毒、噬菌体和类病毒等。

二、微生物学

微生物学是主要研究微生物及其生命活动规律和应用的学科，其研究领域十分宽阔。随着知识的增长，专业化的研究越来越成为必要，并导致了微生物学的进一步分科。从基本理论上讲，它可区分为微生物的形态学、生理学、遗传学、生态学和分类学等。据研究对象的不同，它可分为病毒学、细菌学、藻类学、真菌学和原生动物学等。从应用上看，根据所从事的工作范围可分成农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学和地质微生物学等。每项学科的研究内容也都十分广泛，例如微生物遗传学可包括微生物的细胞遗传学、分子遗传学和遗传工程等。工业微生物学可研究微生物的酶、医药产品（如抗生素）和发酵产品的生产等。总之，微生物学无论从理论上和应用上都是一门与国计民生密切相关的学科。近年来，微生物学与遗传学和生物化学等学科互相渗透，促进了分子生物学的形成，在探讨生命活动规律、生命起源和进化等方面有着重要的意义。

第四节 微生物的作用

微生物的种类多、数量大、分布广，其作用也是多方面的。就其与人类的关系来看，可分为有益和有害两个方面。现分述如下：

一、微生物与土壤

土壤是微生物生长和繁殖的良好环境，各种微生物都能在土壤中生活，素有“微生物大本营”之称。土壤微生物的最重要作用是分解动植物的排泄物及残体，转化合成腐殖质，增强土壤肥力，而且促进土壤良好结构的形成。

在土壤中，微生物也是植物营养中的主要动力。依靠微生物对有机质的不断矿质化过程，为植物源源不断地供应碳、氮、硫、磷等矿质营养，土壤中固氮微生物能固定空气中的氮气，为植物提供氮源，是自然界中氮素循环的重要环节。从全球看，每年生物固定的氮量约为工业生产的氮肥的3倍。

有些土壤微生物还具有分解有毒或难以分解的特殊物质，可以起到净化环境的作用。

二、微生物的产物

由于微生物的代谢类型复杂，代谢能力强，所以其代谢产物多种多样，许多已被人类开发利用。例如各种有机酸、氨基酸、维生素、激素和毒素都可以靠培养微生物而得到，这些产物可作为食品、药物、化工原料、农药和动植物的生长刺激素。除代谢产物外，微生物的菌体本身也可用作单细胞蛋白，作为饲料或饲料添加剂。有些微生物可以用来生产酶制剂，例如蛋白酶、 α -淀粉酶、淀粉葡萄糖苷酶和凝乳酶等。

三、生物防治

近年来，利用微生物防治植物病虫害的研究日益受到重视，并取得良好的效果。原因是大量施用化学农药对人、畜带来毒害作用，另一方面，在自然界中生物之间存在着寄生和拮抗作用，因此可以用来防治有害微生物。所以人们采用抗生素来防治植物病害，用“以菌治虫”的办法来防治农业上的虫害或制成微生物农药。生物防治突出的优点是不污染环境。例如，井冈霉素可用来防治水稻纹枯病，苏云金芽胞杆菌用来防治棉铃虫和菜青虫，白僵菌用来防治松毛虫和玉米螟。生物防治还可利用微生物之间或微生物与其他生物之间的毒素产生、相趋和捕捉等现象，因而是大有前途的。

目前生物防治不仅在农业上用以防治病虫害，而且在人类生活中用于杀灭蚊蝇幼虫和卫生防疫，在一些国家已制成微生物药剂供应市场。

四、食品加工、食用和药用

微生物用于食品加工已有悠久的历史，尤其在我国。其应用范围很广泛，例如各种酒类、酱类、酱油、酱豆腐、食醋、酸泡菜和奶制品等都是经过微生物发酵而得到的美味食品。在微生物食品加工方面，人们不但积累了丰富的经验，而且不断开发新产品。当前人们希望食用更多的植物蛋白，采用含有豆乳凝固酶的微生物制造全豆乳酪保健食品，现已获得成功。

微生物的菌体作为食品的种类也很多，例如各种蘑菇、木耳、银耳和胶白等食用菌已成为餐桌上的佳肴。目前人们已将注意力集中于栽培名贵的食用菌，如松茸、牛肝菌、竹荪和猴头菌等。

药用菌多属于真菌，如灵芝、茯苓和冬虫夏草等。以往以天然采集为主，产量低，价格高。现在以人工栽培为方向，将大大提高产量，降低价格。

五、微生物在遗传工程的重要作用

70年代以来，遗传工程技术得到发展，这是以分子遗传学为理论基础，并以微生物为主要实验材料而发展起来的一门新兴技术。它开创了把外源基因转移到细菌体内的途径，从而使得人们有可能按照需要去定向改造和构建新的微生物菌株，并获得新型的微生物产品。例如，使用遗传工程菌株生产有医学价值的蛋白质，像胰岛素、干扰素和人类生长激素等；改造菌种，以提高工业发酵的产量；改良植物的品质和提高其抗病性。目前遗传工程的研究工作正在大力开展，预计将在动植物和微生物的高产、优质和抗逆的新品种选育上有新的突

破，同时有希望继续为生产新型的药物、疫苗和在遗传缺失症的治疗方面作出贡献。

六、其 他

微生物的应用领域还在不断扩大，例如环境保护、冶金、石油开采、沼气产生和工业废物的处理等方面，都可以看到微生物在发挥作用。

综上所述，微生物学是一门重要的生物学科，作为一个微生物学工作者，应该根据微生物的特点和作用，深入地揭露微生物的基本生物学特性，进一步认识其生命活动规律，探讨生命的起源和进化，并充分发掘微生物资源，以便更好地掌握和利用它们。微生物学自古以来就受到人们的重视和利用，相信将来会有更大的发展。

· 420819