

微生物学
(修订第四版)

全国高等农业院校教材

微生物学

(修订第四版)

华中农业大学
南京农业大学 主编

植物生产各专业用

农业出版社

农业出版社

全国高等农业院校教材

微生物学

(修订第四版)

华中农业大学 主编
南京农业大学

植物生产各专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材

微 生 物 学

(修订第四版)

华中农业大学 主编
南京农业大学

• • •
责任编辑 梁玉衡

农业出版社出版 (北京朝阳区东直门内大街)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 15.75 印张 402 千字
1979 年 1 月第 9 版 1989 年 8 月第 4 版北京第 1 次印刷

印数 1—11,700 册 定价 2.80 元

ISBN 7-109-00175-X/S·123

修订第三版序

参加本书编写的人员于1977年12月在武汉举行了《微生物学》教材编写会议。会议认真讨论了农林部(77)农林(科)字第83号文件所提出的教材编写原则,总结了微生物学教材建设的经验。一致认为,二十八年来在党中央的正确路线指引下,各校微生物学课程不断改进,取得了成绩。农业出版社出版的高等农业院校试用教材《微生物学》已出过两版,这次编写的教材可以做为这本书的第三版。会议提出,在第三版中要努力做到以下四点要求:①加强基础理论,反映七十年代微生物学的重要发展;②总结我国的新鲜经验,反映我国农业微生物的发展现状;③贯彻少而精的原则,篇幅从第二版的四十五万字减到三十万字以内;④提高教材的科学性,严谨性。

本教材主要供农业高等学校农学专业和土壤农化专业的微生物学课程使用,农学类其它专业也可以参考使用。由于各校各专业微生物课程的学时数不完全相同,内容侧重也不一致,在使用本教材时可斟酌取舍。

第三版与第二版相比,在下述几点上做了较大修订:①绪论中简述微生物学发展史部分增添了关于微生物学分子生物学发展时期的介绍;②细菌、真菌和病毒三大类微生物进行了分章阐述;③关于微生物的遗传和变异着重于在分子生物学水平上阐述基础理论知识;④由于生物固氮研究在近二十年中有重大发展,故在本版中做了重点介绍;⑤编写了《土壤生物活性》一章,从整体上阐述了土壤微生物的生命活动及其对土壤肥力和农业生产的影响,以及环境的微生物净化问题;⑥关于《微生物与肥料》、《微生物与饲料》、《抗菌素和植保防治》、《微生物和害虫防治》和《沼气发酵》等问题都作了分章阐述,以利于不同专业的分别取舍;⑦编写了术语索引和微生物中名、学名对照表。本版中尽可能采用贝捷:细菌鉴定手册第八版中列举的细菌学名。

第三版修订者

主 编	陈华癸	樊庆笙				
编写人	万金精	方宇澄	刘梦筠	叶维青	陈华癸	
	李阜棣	胡正嘉	钱泽澍	樊庆笙		
审稿人	万淑婉	王毓庆	余 萃	吴文礼	张 扬	
	张梦昌	李志超	李季伦	李政祥	李淑高	
	杨洁彬	郝余祥	郝锡宓	胡美玲	娄无忌	
	郭恒聪	秦 京	黄怀琼	温琼英		

修订第四版序

《微生物学》修订第三版是在1978年完稿的，至今已八年了。为适应教学改革和学科发展的要求以及同行们的反映，已有编写和出版修订第四版的必要。

第四版修订的指导思想和前三版基本上是一致的，即做为农业高等院校植物生产各专业（以农学和土壤农化专业为主要对象）的专业基础课的参考教材。全书仍为十五章约四十万字。将第三版的绪论一章删去，只保留一简短的绪言。将《微生物的营养、环境条件和纯培养》与《微生物的代谢和生长》各写成一章。将第三版中《微生物生态系》一章的内容分散到有关章节中去。将《血清学：抗原抗体的体外反应》、《细菌的分类和鉴定》及《菌根和菌根菌》独立出来，写成三个小章。有关甲烷细菌和沼气发酵的基础知识写进了有关章节，删去了独立的一章，每一章节都做了一定程度的修订。

微生物学在植物生产各专业中是一门学时较少的专业基础课。学时数、先修课和后续课，不同学校，不同专业都不一致。为此，本书给不同学校、不同专业、不同学时数的课程提供了较大的选择应用的幅度。

这次编写修订第四版，没有召开编写会议，而是在主编人讨论修订意见后，由陈华癸执笔、樊庆笙审定。在编写之前和编写之中，李阜楝、周启、胡正加、喻子牛、周俊初等同志提供了素材或对草稿提出了修改意见。全书由何绍江同志通篇清稿；周俊初、张淑芳、黎若娅、刘孔鑫、魏四洪等同志担任了抄写和制图工作。上列诸同志均为修订第四版的参与者。

主编人 陈华癸

樊庆笙

第四版修订者

主编 陈华癸 (华中农业大学)

樊庆笙 (南京农业大学)

目 录

修订第四版序

修订第三版序

绪言..... 1

第一章 原核微生物——细菌、放线菌、蓝细菌..... 3

第一节 细菌..... 4

一、细菌的形状和大小..... 4

二、细菌的构造..... 5

(一) 细菌细胞的原生质体..... 5

(二) 细菌的细胞壁和革兰染色反应..... 6

(三) 细菌的运动..... 8

(四) 细菌的须..... 9

(五) 细菌的芽孢..... 9

(六) 细菌的荚膜和粘液..... 10

(七) 细菌细胞中内含物..... 10

三、细菌的繁殖和菌落形成..... 11

四、常见细菌类群的代表..... 12

(一) 球菌..... 12

(二) G^- 的无芽孢杆菌..... 13

(三) 刚螺菌..... 14

(四) G^+ 的无芽孢杆菌..... 15

(五) 芽孢杆菌..... 15

(六) 衣细菌..... 15

(七) 粘细菌..... 15

(八) 厌气性的光合细菌..... 16

(九) 枝原体类..... 16

第二节 放线菌..... 17

(一) 链霉菌属的形态和繁殖..... 17

(二) 诺卡菌属的形态和繁殖..... 17

(三) 小单孢菌属的形态和繁殖..... 19

(四) 游动放线菌属的形态和繁殖..... 19

第三节 蓝细菌(蓝藻)..... 19

第二章 真核微生物——真菌..... 22

第一节 真菌的一般形态..... 22

(一) 菌丝和菌丝体..... 22

(二) 酵母状细胞	24
(三) 无性繁殖和无性孢子	24
(四) 有性繁殖和有性孢子	24
第二节 卵菌及其代表——绵霉属	24
第三节 接合菌及其代表	25
一、毛霉属	26
二、根霉属	27
第四节 子囊菌及其代表	28
一、链孢霉属	28
二、赤霉属	29
第五节 担子菌	30
一、一般形态	30
(一) 菌丝体	30
(二) 核配及担孢子的形成过程	31
二、担子菌的代表	31
第六节 半知菌及其代表	33
第七节 酵母状真菌	37
第三章 非细胞生物——病毒	40
第一节 病毒的一般属性和类群	40
一、一般属性	40
二、病毒的类群	42
第二节 噬菌体	43
一、毒性噬菌体	43
二、温和噬菌体	45
第三节 植物病毒	46
第四节 昆虫病毒	47
第四章 微生物的营养、生活环境和纯培养	49
第一节 微生物的营养	49
一、微生物的营养型	49
(一) 化能无机营养	49
(二) 光能无机营养	50
二、合成培养基和天然培养基	50
第二节 养料进入细胞	51
第三节 生活环境	53
一、温度	53
二、湿度	54
三、氢离子浓度 (pH)	55
四、通气条件和氧化还原电位	56
(一) 好气性和厌气性	56
(二) 氧化还原电位	56
(三) 厌气培养	57
五、光和射线	57

六、化学药物	52
第四节 纯培养技术	60
一、平板法纯培养	60
二、富集培养	60
三、二元培养	60
第五章 微生物的代谢和生长	62
第一节 ATP 的产生	62
一、发酵作用	62
二、呼吸作用	63
三、光合磷酸化	63
四、其它具有高能键的化合物	63
第二节 化能异养代谢中糖的降解	64
一、己糖降解, 形成丙酮酸的途径	64
(一) EMP 途径	65
(二) HMP 途径	65
(三) EDP 途径	66
二、丙酮酸代谢和三羧酸 (TCA) 循环	67
三、NAD 和 NADP 在代谢中的作用	67
四、电子传递链和终局氧化	69
第三节 细胞物质成分的合成	69
一、氨基酸和其它含氮有机物的合成	69
(一) 氮的同化和氨基酸的合成	69
(二) 硝酸和二氮 (N_2) 的同化	70
(三) 核苷酸的合成	70
二、细胞类脂成分的合成	71
(一) 脂肪酸的合成	71
(二) 磷脂的合成	71
(三) 聚- β -羟基丁酸的合成	71
三、核酸的合成	72
(一) 核酸的单体	72
(二) 核酸的合成	73
(三) DNA 转录合成 RNA	74
四、多肽、蛋白质的合成	74
(一) mRNA 和“三连体”遗传密码	74
(二) t-RNA 的作用	74
(三) r-RNA 的作用	76
五、多糖和细胞壁成分	76
(一) 多糖的合成	76
(二) 肽聚糖	78
(三) 脂多糖	78
(四) 磷壁酸	78
第四节 微生物的生长	78

一、微生物生长量的测定	78
(一) 测定单细胞微生物的数量	78
(二) 测定细胞物量	79
二、细菌纯培养生长曲线	80
(一) 滞留适应期	80
(二) 对数生长期和世代时间	80
(三) 最高生长量期	81
(四) 衰亡期	82
第六章 微生物的遗传和育种	83
第一节 遗传与变异	83
第二节 脱氧核糖核酸(DNA) 和基因	84
一、DNA 贮存遗传信息	84
二、DNA和基因在细胞中的存在	86
三、等位基因及其表达	87
四、结构基因和调节基因	88
(一) 操纵子和操纵基因	88
(二) 调节基因	89
第三节 基因突变和诱变育种	89
一、基因突变	89
二、诱变育种	90
(一) 物理诱变	90
(二) 化学诱变	92
第四节 微生物的基因重组和杂交育种	92
一、转化	92
二、交配	92
三、转导	93
四、霉菌的杂交育种	94
五、基因工程	95
第七章 血清学: 抗原、抗体的体外反应	97
第一节 抗体的结构和产生	97
一、抗体的结构	97
二、抗体的产生	97
三、抗体的专一性	98
第二节 抗原物及其血清学鉴定	99
第三节 抗原与体液抗体的专性结合反应	100
一、沉淀反应	100
二、凝集反应	101
三、补体固定作用	102
第八章 细菌的分类和鉴定	103
第一节 细菌的种	103
一、细菌的种内和种间差异	103

二、分类的性状根据	104
三、命名法和典型菌株	105
第二节 细菌分类的现状	105
一、分类学的指导思想和实践	105
二、聚类分类法的应用	106
三、DNA 碱基组成在分类学中的应用	107
第九章 有机物质的分解	109
第一节 不含氮有机物质的分解	109
一、淀粉和糖的分解	110
(一) 淀粉的分解	110
(二) 糖的好气性分解和醋酸、柠檬酸发酵	111
(三) 糖的厌气性分解——酒精发酵、乳酸发酵和丁酸发酵	113
二、纤维素的分解	116
(一) 分解纤维素的微生物	116
(二) 纤维素分解微生物的生活条件	117
(三) 微生物分解纤维素的生物化学机制	117
三、果胶物质和半纤维素的分解	118
(一) 果胶物质的分解	118
(二) 半纤维素的分解	120
四、其它不含氮有机物的分解	120
(一) 脂肪的分解	120
(二) 木质素和其它芳香族化合物的分解	120
(三) 烃类物质和氢的氧化	121
第二节 含氮有机物质的分解	122
一、氨基酸和含氮基的氨化作用	122
二、尿素和几丁质的氨化作用	123
(一) 尿素和尿酸的氨化作用	123
(二) 几丁质的氨化作用	124
三、含硫、含磷有机物质的分解	124
(一) 含硫有机物质的分解	124
(二) 核酸、磷脂和植素的分解	125
第三节 产甲烷细菌和沼气发酵	126
第十章 无机化合物的微生物转化	128
第一节 硝化作用和反硝化作用	128
一、硝化作用	128
(一) 硝化作用的过程	128
(二) 硝化细菌	129
二、反硝化作用	130
第二节 无机硫化物的微生物转化	131
一、无机硫化物的氧化	131
(一) 硫化细菌	131
(二) 丝状硫细菌	132

(三) 绿硫细菌和紫硫细菌	132
二、硫酸盐的还原	133
第三节 无机磷化物和矿质元素的微生物转化	133
一、无机磷化物的转化	133
二、铁的氧化还原和铁细菌	135
三、锰的氧化还原	135
第十一章 生物固氮作用	137
第一节 生物固氮作用的机理	138
一、固氮酶及其作用的基本条件	138
二、氧气对固氮作用的影响	139
三、固氮作用中的氮效应	139
第二节 自生固氮微生物	140
一、固氮菌科	140
二、其它有机化能营养型固氮细菌	142
三、无机化能营养的固氮细菌	142
四、固氮光合细菌	142
五、固氮蓝细菌(蓝藻)	142
第三节 根瘤菌和豆科植物的共生固氮作用	143
一、根瘤菌	143
(一) 根瘤菌的形态特征	143
(二) 根瘤菌的一般生理特性	144
(三) 根瘤菌的结瘤性、专一性和固氮性	144
(四) 根瘤菌的分类地位和分类	145
二、根瘤的形成及根瘤的结构和功能	146
(一) 根瘤的形成与结构	146
(二) 根瘤的功能	148
(三) 根瘤的固氮效率	149
三、结瘤和固氮作用的遗传学关系	151
四、影响共生固氮作用的环境因素	152
五、根瘤菌的人工接种	154
(一) 我国应用根瘤菌接种剂的情况	154
(二) 根瘤菌剂的生产、剂型和接种方法	155
第四节 内生放线菌和非豆科植物的共生固氮	155
一、内生放线菌与宿主植物的共生固氮体系	155
二、弗兰克氏菌属 (<i>Frankia</i>)	157
第五节 蓝细菌和植物的共栖固氮体系	157
第六节 根际的联合固氮	159
第十二章 菌根和菌根菌	160
第一节 泡囊丛枝菌根	160
一、V-A 菌根的菌根菌	161
二、菌根对宿主的有益功能	162

三、V-A 菌根菌的人工接种	162
第二节 外生菌根	162
第三节 兰科植物的菌根	164
第十三章 微生物与土壤的生物活性	166
第一节 土壤是微生物生活的良好环境	167
一、土壤中微生物的数量和生物量	167
二、土壤微生物区系分析	169
三、根际微生物	171
四、附生微生物	173
第二节 土壤中生物残体的腐烂分解	173
一、植物残体成分及其分解	174
二、有机物质中氮、磷成分的矿化	177
三、土壤有机质分解中的起爆效应	178
第三节 腐殖质的形成和分解	179
第四节 土壤酶与酶促作用	181
第五节 有机肥料积制的微生物学过程	193
一、堆、厩肥	184
(一) 堆肥法	184
(二) 堆肥的微生物学过程	185
二、沤肥和沼气肥	186
第六节 污水的净化和再利用	187
一、曝气池和活性污泥	187
二、生物膜	188
三、化粪池	188
四、污水净化指标	188
第七节 非天然有机物的分解	189
一、合成农药的微生物降解	189
二、偶氮化合物	190
三、氰和腈	190
四、自然分解的临界值	190
第十四章 杀虫微生物	191
第一节 苏云金杆菌及其它杀虫细菌	191
一、苏云金杆菌	192
(一) 苏云金杆菌的形态、培养特征和分类	192
(二) 苏云金杆菌的毒素和毒力	192
(三) 苏云金杆菌制剂的生产、应用和安全性	194
二、金龟子芽孢杆菌	194
三、球形芽孢杆菌	195
第二节 杀虫真菌和白僵菌的应用	195
第三节 昆虫病毒	197
一、核多角体病毒 (NPV)	198
二、颗粒体病毒 (GV)	198

三、质多角体病毒 (CPV)	194
四、无包含体昆虫病毒	198
五、昆虫病毒的应用	199
六、虫媒病毒	199
第十五章 抗菌菌和抗生素	200
第一节 拮抗现象和抗生素的产生	200
第二节 抗生素药物、抗菌谱和抗药性	202
一、抗生素药物需要具备的条件	202
二、抗菌谱	202
三、抗药性菌株的产生	202
第三节 应用抗生素防治植物病害	203
第四节 抗菌菌的直接应用	205

绪 言

细小的肉眼看不见的生物称为微生物。研究微生物的生命活动的科学称为微生物学。微生物包括所有的原核生物（细菌、放线菌、蓝细菌、枝原体等）、非细胞生物（病毒）和真核生物中的酵母菌、霉菌、原生动物和微小藻类。它们在地球的生物圈中广泛分布着、混杂居住着，并且和各种大生物（动物和植物）一起主宰着生物圈中的物质转化过程，推动着照射到地球表面的太阳能的多层次利用。

微生物对土壤和土壤肥力的形成和发展有本质上的联系。土壤是农业生产的基本生产资料，没有肥沃的土壤就没有高产的农业。微生物的固氮作用是土壤氮素化合物的原始来源，是植物的直接氮素养料和动物的间接氮素养料。微生物把固定在有机物质状态中的植物营养元素分解出来，供植物吸收利用。

每克土壤中含有几亿到几十亿个微生物，这些微生物使得土壤具有了生物的性能，进行着旺盛的生物循环，有机物质不断地无机质化，腐植质不断地形成着和消失着。土壤中微生物的生命活动对于土壤的保水、透气、供肥、保肥等肥力因素都有十分重要的意义。

土壤耕作和各种改良土壤的农业技术措施都对土壤微生物的生命活动起着不同程度的影响，这些影响改变土壤中生命活动的性质和强度，反转过来，也就改善了土壤的肥力状况和植物的生活环境。

有机肥料的堆积制备过程是微生物旺盛生活的过程；通过微生物的生命活动，把有机物质改造成为腐熟的有机肥料。有机肥料施入土壤中后，除一部分养料可以被植物直接吸收利用外，大部分要经过微生物的分解、转化作用才能变为植物可以直接吸收的状态。

速效性的化学肥料施入土壤中后，虽然它本身是植物可以直接吸收利用的，但在实际上只有一部分直接地被植物吸收了，大部分则先给微生物吸收、同化，然后再逐渐地分解，再供给植物吸收利用。

农业生产的一项重要科学技术是与动、植物的病害作斗争，主要是和病原微生物的危害作斗争。

与病原微生物所引起的危害相反，有些微生物又是防治植物病、虫害的有力手段；应用微生物产生的抗生素防治病害和应用杀虫微生物杀死害虫是植物病虫害的生物防治的科学技术的重要组成部分。

农产品的贮存和加工，很多是利用有益微生物的作用，或者是抑制有害微生物的作用。

当然，微生物的作用并不只限于农业生产，它还广泛地应用于工业生产，包括食品工业、药物工业和发酵工业。同时有许多种微生物是对人、畜有害的，它们是医药卫生科学的研究对象。微生物是环境的污染者，也是环境的清道夫，因而也是环境科学的研究对象。