

 21 世纪

农业部高职高专规划教材

# 农业微生物

周奇迹 主编

植物生产类专业用

中国农业出版社

21SHIJINONGYEBUJIAOZHIGAOZHIGUANGUIHUAJIAOCAI

21

世纪农业部高职高专规划教材

# 农业微生物

周奇迹 主编

---

植物生产类专业用

中国农业出版社

---

## 图书在版编目 (CIP) 数据

农业微生物/周奇迹主编. —北京: 中国农业  
2001.8 (2008.3 重印)  
21 世纪农业部高职高专规划教材  
ISBN 978-7-109-07003-5

I. 农… II. 周… III. 农业科学: 微生物学—高等学校:  
技术学校—教材 IV. S182

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 047148 号

中国农业出版社出版  
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)  
(邮政编码 100026)  
责任编辑 徐建华

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2001 年 8 月第 1 版 2008 年 3 月北京第 6 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 11.5  
字数: 274 千字  
定价: 15.30 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 周奇迹  
编 者 周奇迹 周希华  
曾晓楠  
审 稿 朱德达



# 出版说明

**高**职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，近年来高职高专教育有很大的发展，为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才。当前，高职高专教育成为社会关注的热点，面临大好的发展机遇。同时，经济、科技和社会发展也对高职高专人才培养提出了许多新的、更高的要求。但是，通过对部分高等农业职业技术学院、中等农业学校高职班教学和教材使用等情况的了解，目前农业高职高专教育教材短缺，已严重影响了当前教学的开展和教育改革工作。针对上述情况，并根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家在较短的时间内编写了第一批 21 世纪农业部高职高专规划教材。以后将根据各校有关专业的设置，陆续出版相关专业的教材。

此批教材的编写是按照教育部高职高专教材建设要求，紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才，即培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的，德、智、体、美全面发展的高等技术应用性专门人才。教材定位是：基础课程体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强针对性和实用性。相信



此批教材的出版将对培养高等技术应用性专门人才，提高劳动者素质，对建设社会主义精神文明，促进社会进步和经济发展起到重要的作用。

此批教材突出基础理论知识的应用和实践能力的培养，具有针对性和实用性。适用于全国农林各高等职业技术学院、农林大学成教学院、高等农林专科学校、农林中专学校的高职班师生和相关层次的培训及自学。

在此教材出版之际，对参与此批教材策划、主编、参编及审定工作的专家、老师以及支持教材编写的各高等职业技术学院、农业中专学校一并表示感谢！

中国农业出版社

2001年4月

# 编写说明

**微**生物学是一门重要的生物学科。它促进了生物学科尤其是分子生物学的研究发展。作为农业植物生产类各专业的的基础课，也在高等职业学校中日益受到重视。目前国内已有非常出色的微生物学教材，如《微生物学》（沈萍主编）、《微生物学》（陈华癸、樊庆笙主编）、《微生物学教程》（周德庆主编）等等，为各高等职业学校教学提供了极大的方便。我们参考以上教材，结合高职高专植物类《微生物学课程教学基本要求》，试编了本教材。

本教材共分七章，编写时注意微生物学的基本概念、基本知识和基本原理，并注意补充国内外最新研究进展；注意与植物类生产的联系和有利于学生能力的培养。鉴于与《生物化学》的分工和大部分高等职业院校植物类各专业不设《细胞生物学》课程的实际，也对应用生物技术专业试用本教材作了安排，加大了形态结构部分的比重，便于对生物技术的掌握。

本教材分别由周奇迹、周希华、曾晓楠编写，朱德达审稿。在编写时，得到了各有关学校的大力支持，特别是主编单位嘉兴职业技术学院的大力支持，对此表示衷心的感谢！在教材编写过程中得到了陆叙元、聂乾忠等老师的协助，在此一并表示感谢！

高等职业教育是近几年才大规模发展起来的新兴教育层次，许多的理论和实践尚在探索之中。尽管我们努力按第一次全国高职高专教学工作会议精神去编写本教材，然而限于对高职教学本质理解的深度和广度以及作者的知识水平、能力，书中还会存在错漏之处，敬请同行和广大师生批评指正。

编 者



# 内 容 简 介

本教材以加强基础，强化能力为主旨，努力阐明微生物的形态结构、营养和培养基、代谢和发酵、生长及环境条件、菌种选育与保藏、生态，以及微生物在农业上的应用等内容，力求理论联系实际，着力培养学生的能力。本教材适用于农林高等职业学校植物生产类各专业学生学习使用，也可供其他生物科技人员查阅参考。

出版说明  
编写说明

绪 论 ..... 1

第一节 微生物的特点 .....	1
一、微生物的概念 .....	1
二、微生物的特点 .....	1
三、微生物在生物进化中的作用与地位 .....	2
四、微生物的分类单位和命名 .....	2
第二节 微生物学的发展 .....	3
一、微生物学的研究内容和任务 .....	3
二、微生物的发现和微生物学的发展 .....	4
第三节 微生物学与农业生产 .....	7
一、微生物与土壤 .....	7
二、微生物与农业生产技术 .....	8
三、微生物与农产品加工 .....	8
四、微生物与环境保护 .....	8

第 1 章 微生物的形态结构和基本类群 ..... 9

第一节 原核细胞微生物 .....	10
一、细菌 .....	10
二、放线菌 .....	28
三、蓝细菌 .....	30
四、其他原核微生物 .....	32



第二节 真核细胞微生物.....	35
一、真菌的一般形态.....	35
二、真菌的繁殖方式和孢子类型.....	37
三、真菌的分类.....	38
四、真菌的主要类群及其代表.....	39
五、酵母状真菌.....	50
第三节 非细胞生物——病毒.....	52
一、病毒的形态结构.....	53
二、病毒的增殖.....	56
三、病毒的种类与分类.....	63
四、亚病毒.....	65

## 第2章 微生物的营养和培养基..... 68

第一节 营养物质.....	68
一、微生物细胞的化学组成.....	68
二、微生物的营养元素及其生理功能.....	69
第二节 微生物的营养类型和吸收方式.....	71
一、微生物的营养类型.....	71
二、微生物对营养物质的吸收方式.....	73
第三节 微生物的培养基.....	75
一、培养基配制的基本原则.....	75
二、培养基的类型.....	76
三、斜面与平板培养基的制作.....	78
第四节 消毒与灭菌.....	79
一、几个基本概念.....	79
二、物理因素.....	80
三、化学因素.....	82

## 第3章 微生物的代谢及发酵..... 85

第一节 微生物的酶.....	85
一、酶的特性.....	85
二、酶的分类及其应用.....	86
第二节 微生物的产能代谢——呼吸作用.....	87
一、微生物的呼吸类型.....	88
二、不同呼吸类型的微生物.....	89
三、各呼吸类型的比较.....	89



四、生物热的利用 .....	90
第三节 微生物的代谢产物 .....	90
一、初级代谢物 .....	90
二、次级代谢物 .....	91
第四节 微生物的发酵生产 .....	92
一、微生物发酵的一般工艺 .....	92
二、发酵工艺条件的控制 .....	93

## 第4章 微生物的生长与环境条件 .....

第一节 测定生长繁殖的方法 .....	95
一、测定单细胞微生物的数量 .....	95
二、测定细胞物质的重量 .....	96
第二节 微生物的生长 .....	97
一、微生物的纯培养 .....	97
二、微生物群体生长规律 .....	98
三、连续培养 .....	100
四、同步生长 .....	101
第三节 微生物生长的环境条件 .....	102
一、温度 .....	102
二、湿度 .....	103
三、酸碱度 .....	103
四、空气 .....	104
五、光与射线 .....	104

## 第5章 微生物的遗传变异和菌种保藏 .....

第一节 遗传与变异 .....	106
一、微生物遗传变异的特点 .....	106
二、微生物遗传变异的物质基础 .....	107
三、遗传信息的传递 .....	109
第二节 菌种保藏与复壮 .....	111
一、菌种保藏 .....	111
二、菌种的衰退与复壮 .....	113

## 第6章 微生物生态 .....

第一节 微生物生态系 .....	116
------------------	-----

一、土壤微生物生态系 .....	116
二、植物微生物生态系 .....	118
三、空气和水域微生物生态系 .....	120
四、农产品和动物微生物生态系 .....	121
第二节 微生物与物质转化 .....	121
一、分子态氮的生物固定 .....	121
二、有机物质的分解 .....	124
三、无机化合物的微生物转化 .....	126

## 第 7 章 微生物在农业上的应用 .....

第一节 微生物农药 .....	128
一、微生物治虫 .....	128
二、农用抗生素 .....	131
第二节 微生物肥料 .....	132
一、根瘤菌肥料 .....	132
二、“5406” 抗生素肥料 .....	135
三、V-A 菌根和菌根菌 .....	137
第三节 微生物能源——沼气发酵 .....	138
一、沼气及发展沼气的意义 .....	138
二、沼气发酵原理 .....	139
三、沼气发酵的条件 .....	140
四、沼气发酵工艺 .....	141

## 实训指导 .....

实训一 显微镜油镜使用和细菌单染色的形态观察 .....	143
实训二 细菌的革兰氏染色 .....	146
实训三 细菌的特殊染色及放线菌的形态观察 .....	147
实训四 霉菌和酵母菌的形态观察 .....	150
实训五 细胞大小的测量 .....	153
实训六 血球计数板计数法 .....	155
实训七 培养基的配制 .....	157
实训八 消毒与灭菌 .....	159
实训九 微生物的纯种分离与平板菌落计数 .....	161
实训十 菌种移接 .....	164
实训十一 菌种保藏 .....	168

# 绪 论

## 第一节 微生物的特点

### 一、微生物的概念

人们把那些形体微小 ( $<0.1\text{mm}$ ), 结构简单, 在适宜环境下能生长繁殖及发生遗传变异, 用肉眼难以看到, 必须借助光学显微镜或电子显微镜才能看清的低等微小生物统称为微生物 (microorganism)。微生物的类群十分庞杂, 它们形态各异, 大小不同, 生物特性差异极大。它们大多为单细胞, 少数为多细胞, 还包括一些没有细胞结构的生物。根据其是否有细胞结构及真核结构而将之区分为无细胞结构的病毒、亚病毒 (类病毒、拟病毒、朊病毒), 具细胞结构的细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体、立克次氏体、螺旋体等原核微生物和包括酵母菌、霉菌、蕈菌等真菌及单细胞藻类、原生动物等的真核微生物。

### 二、微生物的特点

微生物和其他生物一样, 具有一切生命活动的共同特点, 如新陈代谢、生长繁殖、遗传变异等现象。但与其他生物相比, 微生物的比表面积 (表面积与体积之比) 大、转化能力强、繁殖速度快、易变异、适应性强、分布广。如乳酸乳杆菌 (*Lactobacillus lactis*) 的比表面积为 12 万、鸡蛋为 1.5, 而 90kg 体重的人只有 0.3。生物体的比表面积越大, 其代谢活性越强。在适宜条件下, 微生物 24 h 所合成的细胞物质相当于原来细胞重量的 30~40 倍; 而一头体重 500kg 的乳牛, 一昼夜只能合成 0.5kg 蛋白质, 两者相差 1000 倍。在适宜条件下, 细菌 20min 繁殖一代, 经 24 h 培养, 一

个细胞可繁殖成4万亿亿个细胞。细菌比植物繁殖率快530倍，比动物繁殖率快2000倍。微生物也以其抗严寒酷暑，耐酸、碱、盐的惊人适应力被誉为“生物界之最”。

大肠杆菌 (*E. coli*) 等细菌、酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 等酵母菌，分别是单细胞原核微生物和真核微生物的代表，细胞结构和繁殖方式简单，遗传背景清楚，因此是提供特殊遗传物质和接受外源遗传物质的最好菌种，一直受到人们的青睐，广泛应用于基因工程研究。

### 三、微生物在生物进化中的作用与地位

早在19世纪70年代，就有人主张把微生物独立成一界，因为在历史上，人们只把生物区分为植物界和动物界两界，并把一些具有细胞壁的一类群如藻类、真菌、细菌等归属于植物界，另一些不具细胞壁而能运动的类群如原生动物归属于动物界。但真菌不能营光合作用，许多细菌既可运动又可营光合作用，它们与动、植物不同。在自然界中的许多生物，将它们归于植物界或动物界均不适宜，因此1969年魏塔克 (Whittaker) 首先提出了五界系统，把自然界中具有细胞结构的生物分为五界。根据我国学者的提议，无细胞结构的病毒应看做一界，这样便构成了生物的六界系统 (表1)。

表1 微生物在生物六界系统中的地位

生物界名称	主要结构特征	微生物类群名称
病毒界	无细胞结构，大小为纳米 (nm) 级	病毒、亚病毒等
原核生物界	为原核生物，细胞中无核膜与核仁的分化，大小为微米 ( $\mu\text{m}$ )	细菌、蓝细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次氏体、螺旋体等
原生生物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为小型真核生物	单细胞藻类、原生动物等
真菌界	单细胞或多细胞，细胞中具核膜与核仁的分化，为小型真核生物	酵母菌、霉菌、蕈菌等
植物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为大型非运动真核生物	
动物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为大型能运动真核生物	

从上表可见，在生物的六界系统中微生物占有四界，它既含无细胞结构的生物，也含具细胞结构的生物，既有原核生物，也有真核生物，显示了微生物分布的广泛性及其在自然界中的重要地位。

### 四、微生物的分类单位和命名

微生物的分类单位和动、植物一样，以种为单位。相近的种归为属，相近的属归为科。种以下还可分为变种、菌株等。

微生物的命名，国际上通用“双名法” (病毒除外)。每种微生物的名称 (学名) 和动、植物一样，也是由两个“拉丁字”——即一个属名 (在前) 和一个种的定名形容词组成，属名的第一个字母必须大写，而种名一般小写。在印刷时，学名用斜体字。实际上完整的学名，还要在种名后面加上这个种命名人的姓，命名人的姓一律用正体字。如黄曲霉 *Aspergillus flavus* Link, 第一个字是曲霉的属名，第二个字是种名 (黄色的意思)，第三



个字是命名人的姓。微生物的中文名称，有的是按学名译出的，有的则是按我国习惯重新命名的，一般也由一个定名的形容词和一个属名或属名简化名词（在后）构成。如黑曲霉、米曲霉、枯草杆菌、圆褐固氮菌等。在生产实践中，当一个菌种未进行鉴定以前往往用微生物菌株的名称，有的采用编号，有的采用代称，也有代称与编号合在一起的。如“5406”、“鲁保1号”等。这些名称没有统一命名的规定，大多数是选育菌株的单位根据自己的习惯起名的，其目的只是将具有不同性状的菌株暂时加以区别。

## 第二节 微生物学的发展

### 一、微生物学的研究内容和任务

微生物学是研究微生物在一定条件下的形态结构、生理生化、遗传变异以及微生物的进化、分类、生态等生命活动规律及其应用的一门科学。随着微生物学的不断发展，已形成了基础微生物学和应用微生物学，又可分为许多不同的分支学科，并还在不断地形成新的学科和研究领域：其主要的分科见图1。

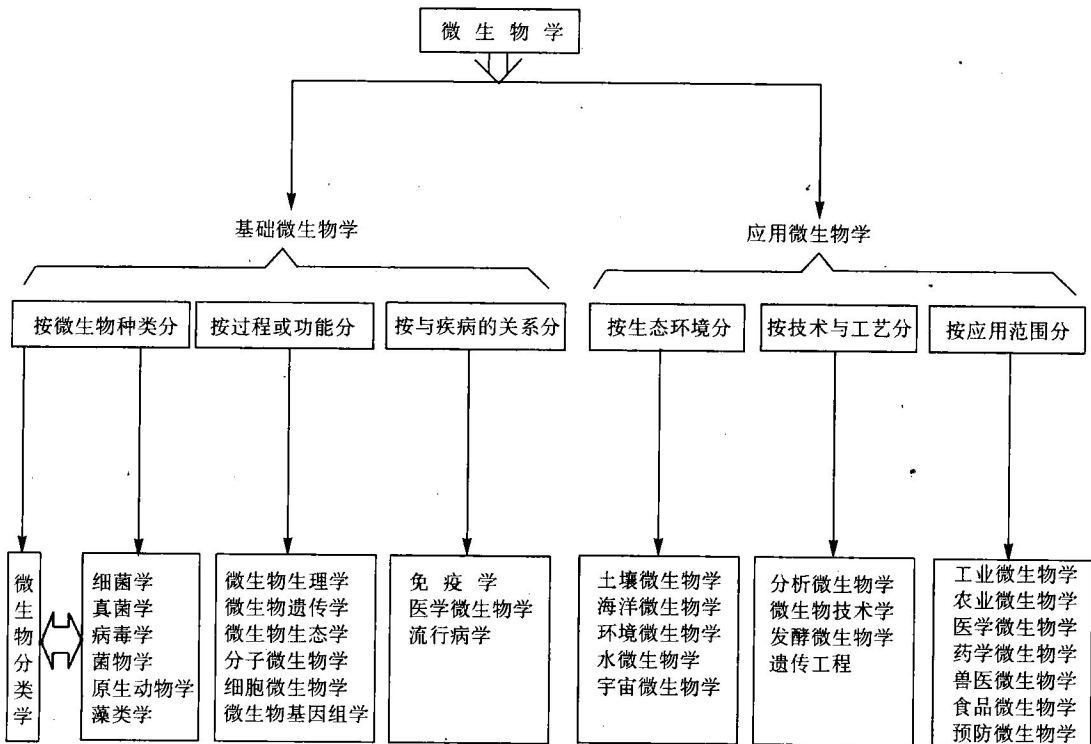


图1 微生物学的主要分支学科

在分子水平上研究微生物生命活动规律的分子微生物学，重点研究微生物与寄主细胞相互关系的新型学科领域——细胞微生物学（Cellular microbiology），以及伴随人类基因组计划兴起的微生物基因组学等分支学科和新型领域的兴起，标志着微生物学的发展又迈



上了一个新的台阶,为在21世纪更好地利用、控制、改造微生物,造福于人类开创了广阔的前景。

## 二、微生物的发现和微生物学的发展

### (一) 我国古代对微生物的认识和利用

中国人民在长期的生产实践中,积累了丰富的经验,早在8000年以前已经出现了曲蘖酿酒,4000多年前我国酿酒已十分普遍,公元前17世纪(殷商时期)就有酒、醴(甜酒)等的记载。酿酒的复式发酵是我国古代劳动人民的一大发明,驰名世界的我国黄酒(善酿等)和白酒(茅台等),均是在此基础上发展而产生的。直到19世纪末,欧洲人才研究了这种方法,称之为“淀粉发酵法”。制作红曲是我国劳动人民的又一项重大发明。2500年前,我国已能利用微生物制醋,做酱。微生物方法制酱为我国首创。北魏(公元386—534)贾思勰的《齐民要术》是我国最古老最完整的一部农书,也是微生物学发展史上的重要经典著作,书中已有制醋,制酱等方法的详细记载,并记述了不同的轮作方式,强调豆类和谷类作物轮作制。前汉后期(公元前1世纪)的《汜胜之书》中,已提到瓜类和小豆间作的种植方法。到18世纪30年代西方才开始使用轮作制,起码要比中国晚一千多年。

在认识病原和防治疾病方面,中国也先于西方各国。公元前6世纪我国已获知狂犬病来源于疯狗。公元2世纪张仲景提出禁食病死兽肉和不洁食物,以防伤寒。名医华佗(约公元141—208年)首创麻醉术和剖腹外科,主张割去腐肉以防传染。公元4世纪葛洪在《肘后方》一书中,详细记载了天花的病症,并注意到天花流行的方式。种人痘以防天花,在宋真宗时已广泛应用,这是医学上的伟大创举,也是应用免疫方法防治疾病的开端,后来才传到国外,并在种“人痘”的基础上发展成种“牛痘”。

关于微生物与传染病流行的关系、与动植物病害的关系及防病治病等我国也认识很早。如在2000年前就有对鼠疫流行的记载,公元2世纪《神农本草经》中就有蚕“白僵(病)”的记载,明朝李时珍所著《本草纲目》中记载了不少植物病害。我国很早就应用茯苓、灵芝等真菌治疗疾病。历代劳动人民对作物、蚕病也有各种防治措施。

### (二) 微生物学的发展简史

微生物的发展史可分为5个时期,即史前期、初创期、奠基期、发展期和成熟期(表2)。

表2 微生物学的发展简史

发展时间	经历时间	特点和标记	代表人物
史前期	8000年前至 公元1676年	人类已在应用微生物,如发酵、酿造等,但未发现微生物的存在	各国劳动人民
初创期	1676— 1860	世界上第一次发现微生物的存在(当时称为“微动物”)	列文·虎克(自制世界上第一台显微镜,为世界上第一个看到微生物的人)
奠基期	1861— 1896	开创了寻找病原微生物的“黄金时期”,并从形态描述进到生理学研究的新水平	巴斯德(微生物学的奠基人),柯赫(细菌学的奠基人)