

全国高等农业技术师范教育类专业教材

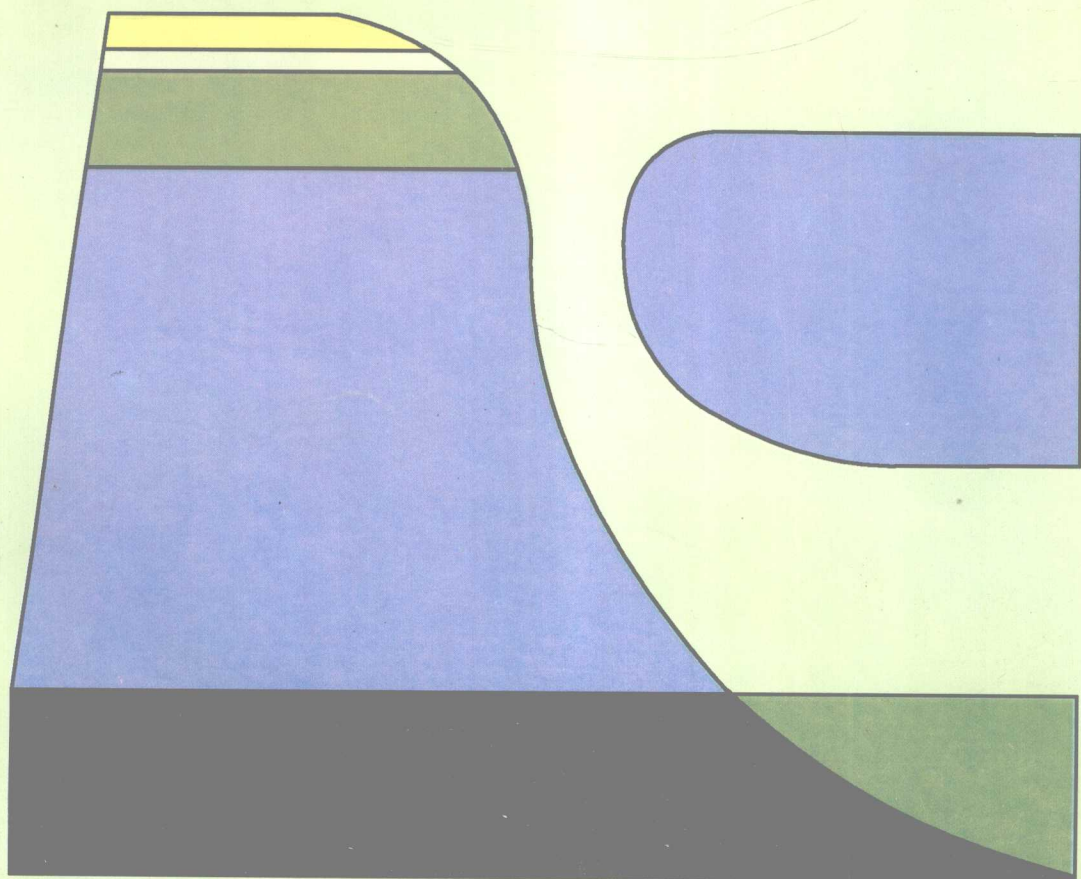
全国高等农业技术师范教育教材指导委员会审定

农业微生物学



梁如玉 主编

中国农业科技出版社



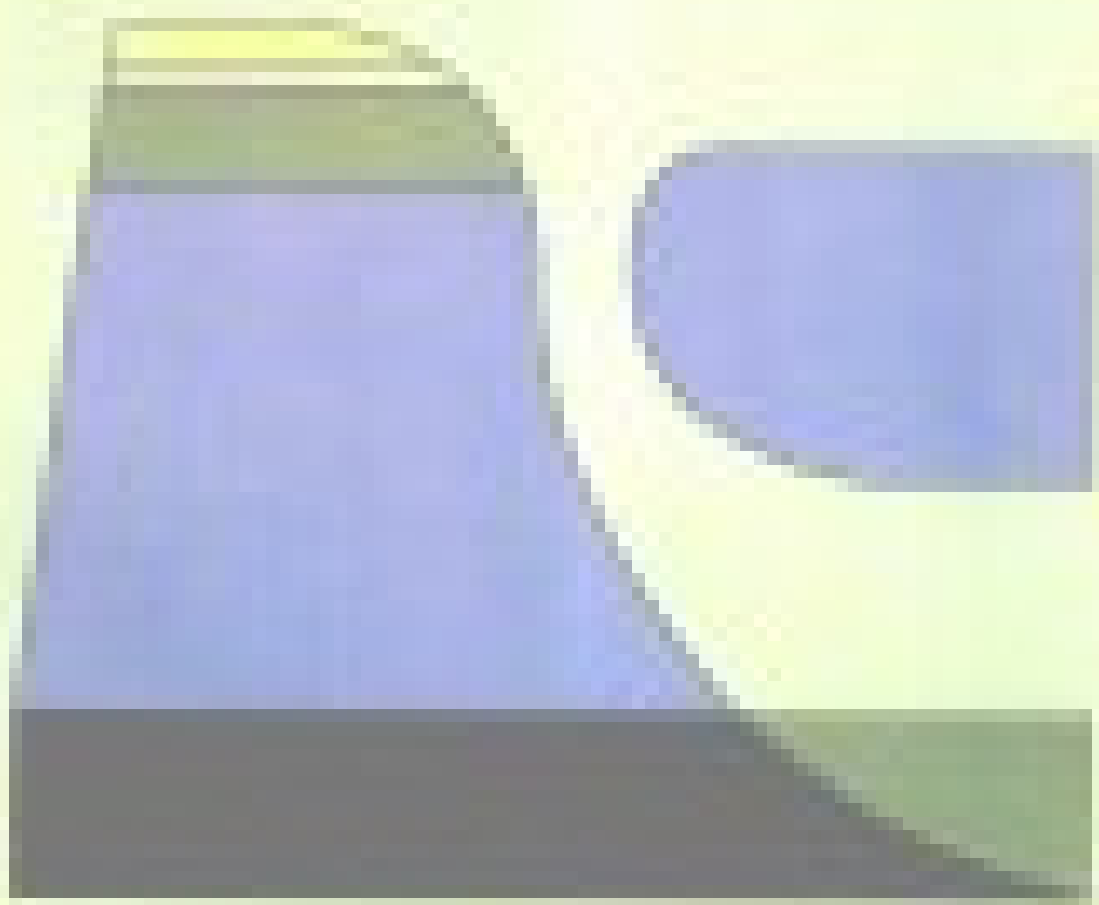
中国微生物学会 中国植物微生物学会 中国土壤微生物学会 中国微生物学会 中国微生物学会 中国微生物学会

农业微生物学



主编 李德军 副主编 李德军

中国农业大学出版社



全国高等农业技术师范教育局专业教材
全国高等农业技术师范教育教材指导委员会审定

农业微生物学

梁如玉 主编

中国农业科技出版社

(京)新登字061号

图书在版编目(CIP)数据

农业微生物学/梁如玉主编.-北京:中国农业科技出版社,
1997.5

ISBN 7-80026-963-9

I. 农... II. 梁... III. 农业:微生物学 IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 08979 号

责任编辑
出版发行

经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

赵学贤 闫庆健

中国农业科技出版社

(北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行

河北农业技术师范学院印刷厂

787×1092 1/16 印张:12.7

1—3000册 字数:299千字

1997年7月第一版 1997年7月第一次印刷

19.00元

编写人员

主 编 梁如玉(四川农业大学)

副主编 肖玉珍(东北农业大学)

张小平(四川农业大学)

编 者 李敏权(甘肃农业大学)

陈启武(河北农学院)

郭夏丽(河南职技师范学院)

暴增海(河北农业技术师范学院)

主 审 李登煜(四川农业大学)

前 言

本教材是国家教委师范教育司委托中国职业教育学会高等农业技术师范教育工作委员会为实施国家教委颁布试行的《农艺教育专业本科教学方案》而组织编写的28种教材之一。

为贯彻落实《中国教育改革和发展纲要》，进一步推进高等职业技术师范教育的建设和发展，国家教委师范教育司在高等农业技术师范教育中，首先选择了由传统农学专业改办的农艺教育专业为突破口，进行系统整体教育改革，以求全面推动高等农业技术师范教育的改革。为此，从1992年开始组织有关高校专家、教授研制《农艺教育专业本科教学方案》，1994年国家教委以教师字〔94〕8号文件颁布了《农艺教育专业本科教学方案（试行）》（以下称《方案》）在全国农业技术师范院校和普通高校职业教育系（部）试行。这一《方案》是在科学总结多年来农艺教育专业教改实践的基础上，按照高等农业技术师范教育的特点和规律、以专业为单位全面系统改革的试验，是近年来高等农业技术师范教育重大的改革成果。

该专业的教材建设不但是全面实施《方案》的保证，而且也是巩固高等农业技术师范教育教改成果，继续深化改革和真正办出特色的需要。为此国家教委师范教育司把农艺教育专业教材建设作为一项基础工程来抓，自始至终亲自领导了整个教材编写过程。

高等农业技术师范教育工作委员会根据国家教委师范教育司的要求于1994年5月在安徽农技师院组建了由13人组成的高等农业技术师范教育教材指导委员会，并举行了工作会议。会议对各院校多年来试用、代用的教材和讲义进行了分析和评价，全面总结了教材建设经验。为保证教材建设科学有序地进行，会议制定了教材建设规划、实施计划和编审工作规程。本着各院校自愿申报、公开竞争、专家评议、师范教育司批准来确定参编人员的原则，会议布署了遴选编审人员的工作。

1995年2月在东北农业大学召开了农艺教育专业教材建设评选会议，会上由教材指导委员会聘请10名有关学科专家，对申编人员提出的各教材的“编写大纲”进行认真地评审。会议通过专家评审和领导协调确定了28种教材的编写人员，组建了编写组。1995年6月国家教委师范教育司以教师司〔95〕46号文件印发了《农艺教育专业教材编写人员名单及出版规划》的通知。1995年5月又在河南职业技术师范学院召开主编工作会议，与会人员再次认真学习国家教委关于高等教育改革的有关精神，深入领会《方案》，进一步明确教材编写的指导思想，完善了各门教材的编写大纲，较好地解决了课程间的分工和衔接问题，帮助主编在专业整体教学层次而不是在本门课程的层次上研究了教材的内容和要求。会后教材编写工作进入了实施阶段。

这套教材适于全国高等农业技术师范院校和普通高等农林院校师范教育学院（系、部）的农艺教育专业使用，高等农业职业学校也可借用，其中的基础课教材还可供园艺教育、畜禽生产教育等专业使用，本教材也可作为农林专业技术人员、中等专业学校和中等职业学校的参考用书。

高等农业技术师范教育是一个新兴的教育门类,在教育、教学方面有很多问题需要我的不断地探索,我们组织编写这套教材,就是在教学上一次较大规模整体改革的探索,但是能不能准确地体现高等农业技术师范教育的特定培养目标和培养规格的要求,尚需实践的检验。为此,肯请同行专家、应用本套教材的广大师生以及广大读者提出宝贵意见,以便提高我们的教材建设水平,进而促进高等农业技术师范教育水平的提高,以更好地适应我国职业教育事业发展的需要。

全国高等农业技术师范教育教材指导委员会

1996年5月

序 言

《农业微生物学》是依据国家教委教师[1994]8号文件《农艺教育专业教学方案(试行)》的基本要求和本课程特点编写而成。它是农艺教育专业必修的基础课之一。农业微生物学即是与农业生产实践密切相关的基础学科,又是一门实践性很强的应用科学。

根据高等职技师范院校农艺教育专业特点,编写中不仅注重微生物的基本理论、基础知识,更注重理论联系实际,学以致用。在选材方面,对新理论、新技术、新发展也适当加以介绍。同时,考虑我国地域广阔,自然条件各异,所以,内容涉及面较宽,各院校在讲授时可根据具体条件和要求适当选择和增删。

绪言由梁如玉、肖玉珍编写,第一章由肖玉珍编写,第二、四章由李敏权编写,第三章由郭夏丽编写,第五章由张小平编写,第六章由梁如玉编写,第七章由陈启武编写,实验和附录由肖玉珍、梁如玉、张小平编写,最后由梁如玉统稿,书稿一、二、三校和插图的改制等工作由暴增海完成。四川农业大学微生物学教授李登煜主审。

由于我们的业务水平有限,书中难免有缺点和错误,衷心期望读者批评指正。

编者

1997. 2. 10

目 录

绪言	(1)
第一章 微生物的形态	(5)
第一节 原核微生物——细菌、放线菌、蓝细菌	(6)
第二节 真核微生物——真菌	(20)
第三节 非细胞生物——病毒	(32)
第二章 微生物的营养	(40)
第一节 微生物的营养物质	(40)
第二节 微生物的营养类型	(44)
第三节 培养基	(45)
第四节 微生物对营养物质的吸收方式	(49)
第三章 微生物的代谢	(53)
第一节 代谢与酶	(53)
第二节 微生物的主要产能方式	(54)
第三节 微生物的代谢产物	(58)
第四节 微生物发酵	(61)
第四章 微生物的生长	(66)
第一节 微生物纯培养的分离方法	(66)
第二节 微生物生长量的测定	(67)
第三节 微生物的群体生长规律	(69)
第四节 微生物生长的环境因素	(73)
第五章 微生物的遗传与育种	(80)
第一节 遗传与变异	(80)
第二节 微生物的选种	(82)
第三节 微生物的育种	(86)
第四节 菌种的衰退、复壮与保藏	(95)
第六章 微生物的生态	(98)
第一节 自然环境中的微生物	(98)
第二节 微生物间以及微生物与高等植物间的相互关系	(103)
第三节 微生物与物质转化	(109)
第四节 微生物与农业环境保护	(133)
第五节 微生物与生态农业	(137)
第七章 微生物在农业上的应用	(139)
第一节 微生物农药和激素	(139)
第二节 微生物肥料和饲料	(145)

第三节 微生物能源.....	(151)
实验.....	(157)
实验课的目的要求.....	(157)
实验室规则.....	(157)
实验一 显微镜油镜的使用及细菌形态观察.....	(158)
实验二 简单染色法.....	(161)
实验三 细菌的革兰氏染色法.....	(162)
实验四 放线菌形态的观察.....	(163)
实验五 蓝细菌(蓝藻)形态的观察.....	(164)
实验六 酵母菌形态的观察.....	(165)
实验七 霉菌形态的观察.....	(166)
实验八 细菌、产线菌、酵母菌和霉菌菌落的识别.....	(167)
实验九 微生物的显微镜直接计数法.....	(169)
实验十 微生物细胞大小的测定.....	(171)
实验十一 培养基的制备及灭菌.....	(174)
实验十二 微生物平板菌落计数法.....	(177)
实验十三 微生物的接种方法.....	(179)
实验十四 根瘤菌的分离纯化及类菌体形态的观察.....	(181)
实验十五 微生物菌种的保藏.....	(183)
附录.....	(185)
附录一 教学常用菌种.....	(185)
附录二 教学常用染色液.....	(185)
附录三 教学常用培养基.....	(187)
附录四 教学常用消毒剂.....	(190)
主要参考文献.....	(192)

绪 言

一、微生物和微生物

微生物并不是分类学上的专门名词,而是指所有形体微小,没有细胞结构或个体结构较为简单的低等生物的统称。微生物包括没有细胞结构的病毒、类病毒;原核细胞的细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、衣原体和枝原体;真核细胞的真菌(酵母菌、霉菌、蕈菌)、单细胞藻类和原生动物等。因此,微生物类群十分庞杂,不是生物界中的一个独立类群。微生物学是研究微生物及其生命活动规律和应用的学科。研究的目的是为了更好地利用、控制、改造微生物,为社会主义建设服务,为人类造福。

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,诸如新陈代谢、生长繁殖、遗传变异等。但是,也有与一般生物不同的特点。

(一)形体微小、结构简单

微生物形体微小,其大小通常以微米($1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$)或毫微米($1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$)表示。一般球状细菌的直径只有 $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$,最大的病毒粒子直径不到 $0.3\mu\text{m}$,因此必须借助光学或电子显微镜才能看清它的结构;微生物结构简单,细菌、放线菌、部分真菌以及低等藻类是单细胞的。较高等的真菌是多细胞的,有营养器官和繁殖器官的分化。病毒、类病毒不具细胞结构。

(二)分布广、种类多、数量大

微生物是一个十分庞杂的生物类群,种类多,仅真菌就有12万种以上。它们在自然界中分布极广,江河湖海、土壤大气以及动植物体表和体内,几乎无处没有微生物的存在。土壤是微生物的“大本营”,每克肥沃土壤中含微生物几亿到几十亿个。微生物在各种环境中的数量和活动强度是不一致的,这是取决于它们所处的环境条件。

(三)生长繁殖快

微生物的生长繁殖速度比动、植物快得多。有些细菌在条件适宜时,每20分钟可繁殖一代,一昼夜就是72代,一个细胞可以繁殖 4.7×10^{21} 个。但是,由于环境因素的制约,照此繁殖实际上是不可能的。微生物生长繁殖快这一点对有益微生物来说,可利用其大大提高生产率;对病原微生物来说要控制其繁殖蔓延。

(四)代谢能力强

由于微生物个体很小,具有极大的表面积和容积的比值。因此,它们能够在有机体与外界环境之间迅速交换营养物质与废物。从单位重量来看,微生物代谢强度比高等动物的代谢强度大几千倍至几万倍。例如酒精酵母,一公斤菌体一天内可发酵几千公斤糖,生成酒精。一头500公斤的乳牛,在24小时内仅可生产0.5公斤蛋白质,而500公斤的酵母菌,在同样时间内却可提供50000公斤的蛋白质。

(五)易于培养,也易发生变异

微生物中大多数种类,都能用人工的方法,利用多种原料,采用各种发酵类型(液体的或固体的)进行发酵生产各种微生物产品。由于微生物个体微小、结构简单、生长繁殖快等。因此容易受到环境条件变化的影响,引起遗传性发生变异。这有利于进行诱变育种,但是控制不好也易引起菌种退化。

三、微生物与农业

微生物与农业生产关系十分密切。涉及到土壤肥料、作物营养、植物保护、动力能源、环境保护、农产品加工及综合利用等许多方面。其中有有益的,也有有害的。

(一)微生物对农业的有益作用

1. 提高土壤肥力 微生物是构成土壤肥力的主要因素。土壤中有有机物质的分解,矿物质的转化,腐殖质的形成,都是微生物的作用。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,把有机质改造成为腐熟的有机肥料。有的微生物有很强的嗜碱性,还可利用其改造盐碱土。

2. 促进作物生长 微生物对植物营养有重要作用。这些作用可以概括为根际营养和共生营养两个方面。根际营养主要是:微生物将根周围土壤中的复杂有机物质分解成为作物有效养分;通过固氮作用增加有效氮量;代谢产生的酸溶解不溶性盐使其有效化,产生维生素,生长刺激素类物质促进根系发育和植物生长等。共生营养是以形成根瘤和菌根等形式进行的。

3. 扩大能源、肥源 沼气是一种较好的微生物能源。大办沼气可以解决燃料、照明,并提供新的动力资源;还可以扩大肥源,为农业生产提供大量优质有机肥料;同时改善环境卫生,除害灭病。

4. 防治病虫害 有些微生物可以产生抗生素防治植物的病害;有些微生物可以引起昆虫致病死亡;有些微生物的代谢产物可以引起田鼠死亡;有些微生物可以寄生在杂草上致使杂草死亡。因此,微生物农药的研制和开发为植物病虫害的生物防治提供了强有力的手段。

5. 改善饲料品质 微生物与家畜饲料的关系极为密切。有些微生物可将秸秆、皮壳、树叶、青草等粗饲料进行转化,增加适口性;有些微生物细胞本身就具有丰富的蛋白质、维生素等营养,可直接作为家畜的精料。另外,如青草、多汁饲料等通过微生物发酵后,可提高营养价值和延长保存时间。

6. 保护环境 某些化学农药的施用和工厂的“三废”污染生活环境、对土壤水域造成“公害”。微生物已广泛用于生活废水的处理。有些微生物可以对有毒物质进行转化,减少对环境的污染。可见,微生物在环境保护中扮演了一个重要角色。

此外,农产品的贮藏、加工与微生物有密切关系,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。

(二)微生物对农业的有害影响

一些微生物也常给农业生产造成很大损失。如有些微生物寄生于植物体引起各种植物病害,或者产生有毒物质抑制植物生长。还有些微生物产生毒素,污染食品、粮食和饲料,引起人、畜中毒。黄曲霉素就是严重污染水果、蔬菜、食品、粮食和饲料的一种微生物毒

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

四、农业微生物学的研究内容与成就

农业微生物学是在研究微生物学的一般理论基础上研究微生物与农业生产关系的学科。研究的主要内容有微生物的形态结构、营养、代谢、生长、遗传育种、生态以及微生物在农业方面的应用。农业微生物学除了为学习有关专业课打基础外,尚有两个研究主题,一个是对微生物资源的开发利用,一个是人和动植物病原微生物的防御和消灭。因为后一主题已分化为独立的学科,如植物病理学、兽医微生物学等。这样,本学科就主要研究细菌、放线菌、真菌和病毒等对农业生产有益的一些种类,研究它们的形态特征和生理特性、在土壤中的分布和对土壤肥力的作用,研究微生物农药、饲料、肥料的生产 and 应用,以便充分利用微生物,为农业现代化服务。

我国对农业微生物学的应用最早,而且积累有丰富经验。公元前1世纪,《汜胜之书》中就已提出肥田要熟粪及瓜与小豆间作的耕作制度。5世纪,贾思勰著《齐民要术》中写道:“凡谷田,绿豆小豆底为上”。都强调了豆科作物在轮作换茬中的重要性。而西方在18世纪30年代才采用轮作。到19世纪中叶法国学者布兴高(T. B. Boussgault)才对“豆科植物可以肥田”这一古老经验进行了研究,证实豆科植物可以增加土壤中氮素,而非豆类植物不能。1888年别依林克(M. W. Beijerinck)从豆科植物根瘤中分离出纯培养的根瘤菌,1891年又分离出固氮菌。1890~1891年维诺格拉斯基提出了自养微生物研究方法,分离出纯培养的硝化细菌,接着又分离出厌氧性固氮梭菌。1899年奥梅梁斯基发现了分解纤维素的厌氧性细菌等。这些工作,较科学地指出了土壤中微生物活动对土壤肥沃性的重要意义。农业微生物的另一主题是抗生素和杀虫微生物在病虫防治中的应用,为农业生产提供了高效、低毒、无残留的第三代农药。同时许多科学家又相继就微生物与作物营养、土壤肥料、农产品加工、家畜饲料等诸多方面进行了研究,从而奠定了农业微生物学基础。

建国后,我国农业微生物学和其他学科一样,飞跃发展。科研单位开展了农业微生物学的研究,农业院校开设了微生物学课程。党的十一届三中全会以来,该学科的发展速度惊人,全国已有5所高等农业大学成立了微生物系,11所农业院校成立了微生物专业。70年代后应用基因工程手段构建高效大豆根瘤菌株、花生根瘤菌株、克隆筛选高效固氮菌。在菌剂应用方面,我国曾在很多省推广了大豆根瘤菌、花生根瘤菌、自生固氮菌、固氮蓝细菌、磷细菌、钾细菌、“5406”抗菌菌肥等,均收到良好的增产效果。目前又推广了高效生物复合菌肥。

我国已成功地研制多种微生物农药,如苏云金杆菌制剂、白僵菌菌剂等,对多种农业害虫有较好的防治效果。另外,还生产各种农用抗菌素防治多种作物的病害;在农村开展沼气、发酵饲料等的科学实验活动。我国农业微生物学的研究与应用,呈现出一派欣欣向荣景象。

五、农业微生物学的应用前景

从目前研究情况来看,微生物应用的潜力是很大的,有必要积极去探索。

(一)向空气要肥要蛋白

大气中氮、氧、氢、二氧化碳等,均可被微生物利用。固氮菌、氢细菌和能利用太阳能的光合细菌,尤其引人注目。目前对生物固氮的研究,一方面是发现利用固氮生物,另一方面是研究固氮酶,进行化学模拟固氮,以实现向大气索取更多廉价化肥的理想。同时,遗传工程的发展,为固氮基因的移植开辟了广阔前景。

另外,研究能在二氧化碳、氧、氢及氮等混合气体中生长的细菌,进行混合气体培养。这不仅可获得大量营养价值高的菌体蛋白,而且能回收燃料废气、防除公害。石油酵母的菌体中含有40%~50%蛋白质及维生素、脂肪、糖类等,营养价值很高,可用作饲料和食品的原料。

(二)向树木秸秆要糖要饲料

绿色植物能产生大量的纤维素。据估计,仅我国的稻草、麦秆、稻壳、棉籽壳及玉米芯等五项农副产品,年产量就约4亿吨。假定其中含纤维素40%,而把其中2%用纤维素酶转化成糖,若酶的转化率为50%,则每年就可获得160万吨糖。这些糖既可直接供人食用,也可进一步通过微生物发酵取得工业原料、饲料和食物。

(三)向微生物要农药

现有的微生物农药,可分为细菌、真菌、病毒及抗生素四类。细菌农药的应用及研究,目前正向筛选高毒力菌株和扩大多效应品种的新方向努力。病毒农药比细菌农药效果更好,已引起人们重视。农用抗生素已不限于防治病害,也发展到了治虫、灭草等方面。同时,要开展致病机理研究,揭示微生物制剂对害虫的特效性、专一性的秘密,了解其侵染途径,为有效地进行防治提供依据。更要研究微生物毒素的有效成分和结构,向人工合成毒素的方向努力,把微生物防治发展到分子生物学水平。

(四)向废弃物要能源

某些微生物能利用废弃物进行沼气发酵产生沼气,还有些微生物能产生大量的氢气和醇类,我们应该努力发掘。

此外,利用微生物处理“三废”、保护环境、开发地下资源和海洋资源都是大有可为的。

(五)开发利用微生物资源

目前已知的微生物有10万种以上,而在生产上利用的却还很少。在发酵产品方面,1964年有人统计了霉菌的代谢产物有600种以上,而目前进行生产的仅100种。我国已发现的食用菌有650种,而目前能够进行较大规模人工栽培的仅十多种。可见,开发微生物资源的潜力是很大的。

第一章 微生物的形态

微生物类群庞杂、种类繁多,包括细胞型和非细胞型两大类群。具有细胞形态的微生物称为细胞型微生物,它又分为原核微生物和真核微生物。原核微生物包括细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、支原体、衣原体、螺旋体等。真核微生物有真菌、单细胞藻类、原生动物。真菌包括酵母菌、霉菌和蕈菌。非细胞型生物包括病毒和类病毒等。

应用电子显微镜等新设备、新技术发现原核微生物和真核微生物细胞的微细构造有以下主要区别(图 1-1)。

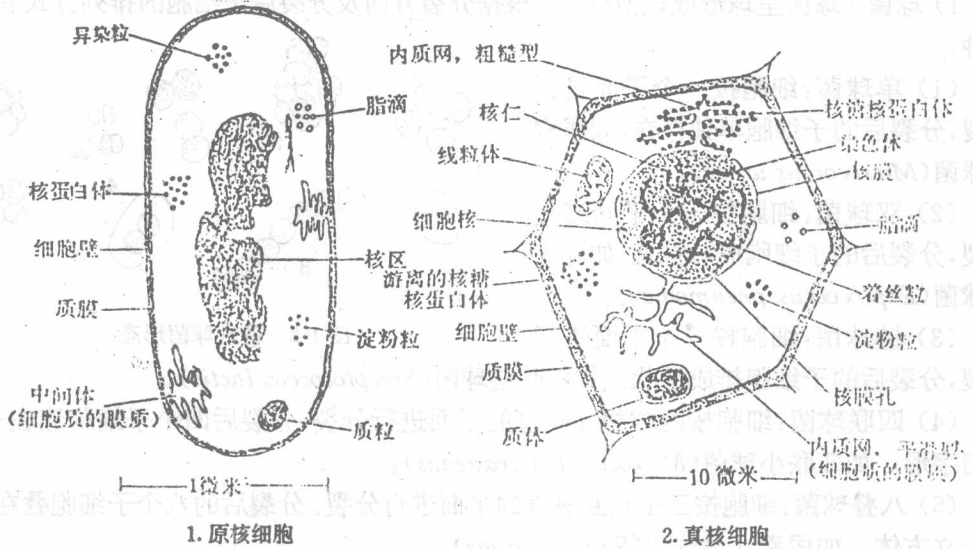


图 1-1

1. 原核细胞中没有明显的细胞核,只有明显核区,核区没有核膜包围,称为原核。核区内只含有一条双链 DNA 构成的染色体,而且不与 RNA 和蛋白质结合。真核细胞有一个明显的细胞核,核由核膜包围,称真核。核内有核仁,有 1 至数条染色体,且与 RNA 和蛋白质结合。

2. 原核细胞的细胞膜以大量折皱陷入到细胞质内成为管状和囊状的形体,称为中间体。它是能量代谢和许多合成代谢的场所。真核细胞的细胞膜不内陷,由细胞内各种细胞器完成能量代谢及合成代谢,如细胞核、线粒体、内质网、叶绿体等等,它们各自都有一层膜包围,这些膜和细胞质膜没有直接联系。

3. 核蛋白体大小不同,原核细胞的核蛋白体小,是 70S 粒子。真核细胞的核蛋白体大,是 80S 粒子^①。它们是蛋白质合成的场所。

此外,两者在细胞壁的结构和成分、繁殖方式以及鞭毛结构等方面也有明显的不同。

^① S 是 Svedbery 沉降系数,用来表示颗粒大小。

第一节 原核微生物——细菌、放线菌、蓝细菌

一、细菌

细菌是自然界分布最广、数量最多与人类关系极为密切的一类微生物。细菌是单细胞生物，每一个细胞就是一个独立的生活个体。许多单细胞个体往往聚集成群体，但群体中的每一个个体仍然独立地进行生命活动。

(一) 细菌的形状和大小

1. 细菌的形状 细菌的基本形状有球状、杆状与螺旋状，分别称球菌、杆菌与螺旋菌。

1) 球菌。球菌呈球形或近似球形。根据分裂方向及分裂后子细胞的排列方式有如下几种：

(1) 单球菌：细胞按一个平面进行分裂，分裂后的子细胞单独存在。如尿素小球菌(*Micrococcus ureae*)。

(2) 双球菌：细胞按一个平面进行分裂，分裂后的子细胞成对排列。如肺炎双球菌(*Diplococcus pneumoniae*)。

(3) 链球菌：细胞按一个平面进行分裂，分裂后的子细胞排成链状。如乳酸链球菌(*Streptococcus lactis*)。

(4) 四联球菌：细胞按两个相互垂直的平面进行分裂，分裂后四个子细胞连在一起，呈田字形。如四联小球菌(*Micrococcus tetragenus*)。

(5) 八叠球菌：细胞按三个相互垂直的平面进行分裂。分裂后的八个子细胞叠在一起呈一立方体。如尿素八叠球菌(*Sarcina ureae*)。

(6) 葡萄球菌：细胞不定向分裂，分裂后多个子细胞形成一个不规则的群体，象一串葡萄。如金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*) (图 1-2)。

2) 杆菌 细胞呈杆状或圆柱形。各种杆菌在其长和宽的比例上有显著差别，有的短粗，短杆菌近似球状；有的细长，长杆菌呈丝状。有的杆菌很直、有的弯曲、有的菌体两端平齐、有的稍圆，有的略尖。杆菌细胞常按一个平面进行分裂，大多数菌体分散存在，有的杆菌呈长短不同的链状排列，还有的菌体一个挨着一个呈栅栏状或八字形(图 1-3)。

3) 螺旋菌。细胞呈弯曲杆状的细菌统称螺旋菌，分为两种形态：

(1) 弧菌：菌体略弯曲，螺纹不满一圈的。如霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*)。

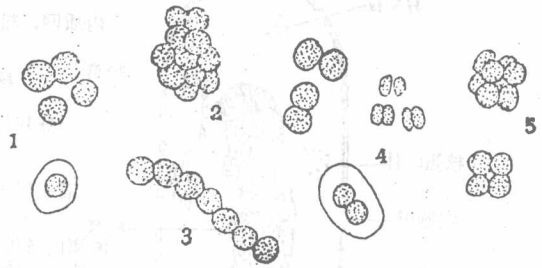


图 1-2 各种球菌形态

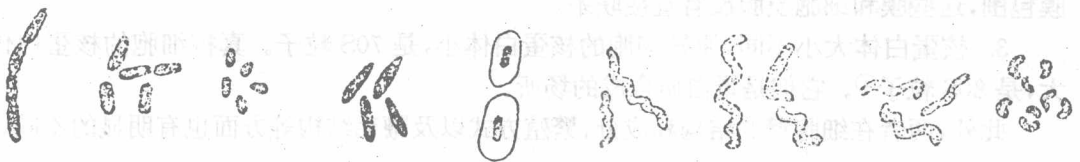


图 1-3 各种杆菌形态图

1-4 螺旋菌和弧菌形态

(2) 螺旋菌：菌体回转呈螺旋状。如迂回刚螺菌(*Spirillum volutans*) (图 1-4)。螺旋数目和螺距大小因种而异。有的菌体较短，螺旋紧密；有的很长，有较多的螺旋和弯曲，要注意观察。细菌形状除球状、杆状和螺旋状以外，还有其他形状。细菌形状受环境条件的影响而变化，一般幼龄菌体和生长条件适宜时，细菌形态正常、整齐、表现特定的形态。老龄的菌体或处于不正常条件下，细胞出现不正常形态，尤其是杆菌较为突出。若将它们转移到新鲜培养基中或适宜的培养条件下又可恢复到原来的形态。因此在观察比较细菌形态时，必须注意培养时间和培养条件的变化而引起的形态变化。

2. 细菌的大小 细菌的大小可用测微尺在显微镜下进行测量，也可通过投影法或照相制成图片，再按放大倍数测算。球菌的大小以测量其直径表示，杆菌与螺旋菌测其长度与宽度表示，而螺旋菌的长度量菌体两点间的距离，不是真正的长度，螺旋菌真正的长度应按其螺旋的直径和圈数来计算。单位以微米表示。1 微米(μm)= 10^{-3} 毫米(mm)。大多数球菌直径约为 0.5~1.0 微米，少数特大球菌，如巨大泡硫磺细菌(*Thiophysa macrophysa*)直径 40 微米；小型杆菌为 0.2~0.4 微米 \times 0.7~1.5 微米，中型杆菌为 0.5~1.0 微米 \times 2.0~3.0 微米，大型杆菌为 1.0~1.25 微米 \times 3.0~8.0 微米；弧菌 0.3~1.0 微米 \times 1.0~5.0 微米，螺旋菌为 0.3~1.0 微米 \times 5.0~50.0 微米。

影响细菌形态变化的因素同样也影响细菌的大小。除少数例外，一般幼龄细菌比成熟的或老龄的细菌大得多。如枯草杆菌，培养 4 小时的菌体比培养 24 小时的菌体长 5~7 倍，而宽度变化不大明显。细菌大小随菌龄而变化，还与代谢中产物积累有关，培养基中的渗透压增加以及培养条件变化都会引起细胞变小。

(二) 细菌的细胞构造

细菌是最小的细胞生物。典型的细菌细胞构造可分为基本构造和特殊构造两部分(图 1-5)。

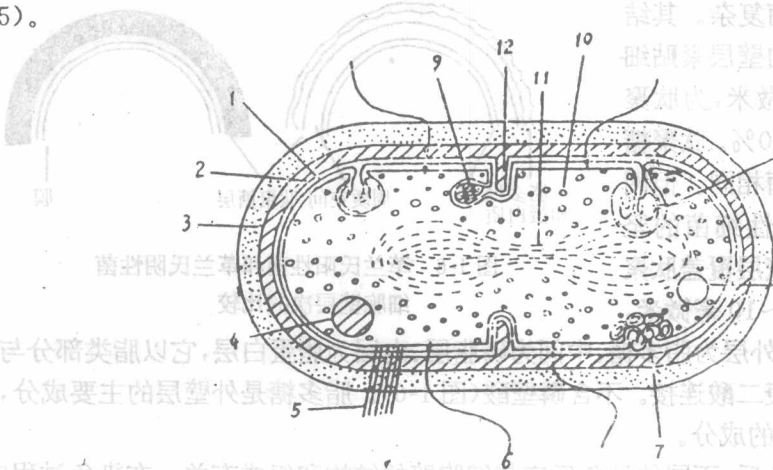


图 1-5 细菌细胞结构模式图

1. 细胞质膜 2. 细胞壁 3. 荚膜 4. 异染颗粒 5. 线毛 6. 鞭毛
7. 染色体 8. 脂质颗粒 9. 中体 10. 核糖体 11. 核 12. 横隔壁

1. 细菌细胞的基本构造 细菌细胞的基本构造是指所有细菌共同具备的，也是不可