

农业微生物学

王贺祥 主编

NONGYE WEI SHENG WU XUE

中国农业大学出版社



农业微生物学

第2版

中国农业出版社

农业微生物学

王贺祥 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业微生物学/王贺祥主编. —北京:中国农业大学出版社,2003.8
ISBN 7-81066-570-7/S·465

I. 农… II. 王… III. 农业科学:微生物学 IV. S182

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第015922号

出版 中国农业大学出版社
发行 新华书店
经销 新华书店
印刷 北京鑫丰华彩印有限公司
版次 2003年8月第1版
印次 2003年8月第1次印刷
开本 16 印张24.75 千字453
规格 787×980
印数 1~5 050
定价 28.00元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路2号 邮政编码 100094

电话 010-62892633 网址 www.cau.edu.cn/caup

主 编 王贺祥

副主编 李 颖 袁红莉 宋 渊

编写人员 (按姓氏拼音顺序排列)

陈三凤(中国农业大学)

胡 俊(内蒙古农业大学)

贾 乐(山东农业大学)

李 颖(中国农业大学)

刘 杰(山东农业大学)

马向东(河南农业大学)

宋 渊(中国农业大学)

孙军德(沈阳农业大学)

田杰生(中国农业大学)

王贺祥(中国农业大学)

吴 坤(河南农业大学)

袁红莉(中国农业大学)

张柏林(河北农业大学)

张 磊(西南农业大学)

审 稿 人 陈文新

责任编辑 赵玉琴

封面设计 郑 川

前 言

农业微生物学是微生物学的一个重要分支学科,主要研究微生物在农业上的应用和与之相关的理论。农业微生物学是一门基础学科,通过本课程的学习,使学生对农业微生物学有一个全面的了解,掌握农业微生物学的基本知识,并对实验操作技术进行基本的训练。本书作者都是各农业高等院校农业微生物学的主讲教师,在教材的编写过程中,我们尽可能参考了国内、外的最新进展,围绕农业微生物的形态、生理、遗传、生态和分类,对农业微生物的基本理论和基础知识,做了比较系统的阐述,力求概念准确,叙述简明,而且兼顾了农业微生物学的系统性,特别是加强了微生物在农业上应用的内容,各院校可根据自己的需要和学时,选择性地讲授部分章节。本书最后附有农业微生物学实验指导,以方便同学使用。

参加本书编写的单位有中国农业大学、河北农业大学、山东农业大学、河南农业大学、沈阳农业大学、西南农业大学和内蒙古农业大学。每一章的作者分别是:第一章 王贺祥,第二章 贾乐,第三章 李颖,第四章 田杰生,第五章 孙军德,第六章 张磊,第七章 张柏林,第八章 陈三风,第九章 马向东,第十章 袁红莉,第十一章 吴坤、王贺祥,第十二章 王贺祥、胡俊、袁红莉、宋渊,第十三章 刘杰、李颖,附录由宋渊编写。

由于作者水平有限,本书难免会有不妥之处,敬请读者随时向我们提出宝贵意见。

编 者

2003. 3

目 录

| | |
|---------------------------|------|
| 第一章 绪论 | (1) |
| 第一节 微生物 | (1) |
| 一、微生物的概念 | (1) |
| 二、微生物的认识和利用 | (2) |
| 第二节 微生物学 | (3) |
| 一、微生物学及其分支学科 | (3) |
| 二、微生物学主要分支学科简介 | (3) |
| 第三节 农业微生物学 | (5) |
| 第四节 微生物学发展简史 | (5) |
| 一、微生物学的早期发展 | (5) |
| 二、近代微生物学的发展 | (7) |
| 三、分子遗传学的研究 | (8) |
| 第二章 原核微生物 | (10) |
| 第一节 细菌 | (11) |
| 一、细菌的菌体形态..... | (11) |
| 二、细菌的大小..... | (13) |
| 三、细菌细胞结构..... | (14) |
| 四、细菌的群体(菌落)形态..... | (31) |
| 五、细菌的繁殖..... | (32) |
| 第二节 放线菌 | (33) |
| 一、放线菌的形态结构..... | (33) |
| 二、放线菌的菌落特征..... | (35) |
| 三、放线菌的繁殖..... | (35) |
| 第三节 蓝细菌 | (35) |
| 一、蓝细菌的形态..... | (36) |
| 二、蓝细菌的结构..... | (36) |
| 三、蓝细菌的繁殖..... | (37) |
| 第四节 其他原核微生物 | (37) |

| | |
|--------------------------|-------|
| 一、立克次氏体····· | (37) |
| 二、支原体····· | (38) |
| 三、衣原体····· | (39) |
| 四、螺旋体····· | (41) |
| 五、粘细菌····· | (42) |
| 六、古菌····· | (42) |
| 第三章 真核微生物 ····· | (44) |
| 第一节 真菌 ····· | (44) |
| 一、真菌的形态及细胞结构····· | (44) |
| 二、真菌的繁殖····· | (53) |
| 第二节 粘菌 ····· | (63) |
| 一、粘菌的形态····· | (63) |
| 二、粘菌的生活周期····· | (65) |
| 三、粘菌的培养····· | (67) |
| 第三节 原生动物和藻类 ····· | (67) |
| 一、原生动物····· | (67) |
| 二、藻类····· | (71) |
| 第四章 病毒 ····· | (75) |
| 第一节 病毒的形态结构 ····· | (76) |
| 一、病毒的形态····· | (76) |
| 二、病毒的结构····· | (77) |
| 三、病毒的化学组成····· | (83) |
| 第二节 噬菌体 ····· | (85) |
| 一、噬菌体的形态结构····· | (85) |
| 二、噬菌体的生活周期····· | (86) |
| 第三节 脊椎动物病毒 ····· | (93) |
| 一、脊椎动物病毒的形态结构····· | (94) |
| 二、脊椎动物病毒的复制周期····· | (94) |
| 第四节 植物病毒 ····· | (98) |
| 一、植物病毒的形态结构····· | (98) |
| 二、植物病毒的生活周期····· | (99) |
| 第五节 亚病毒侵染因子 ····· | (101) |

| | |
|--|-------|
| 一、类病毒 | (101) |
| 二、卫星因子 | (101) |
| 三、朊病毒 | (102) |
| 第五章 微生物的营养 | (103) |
| 第一节 微生物细胞的化学成分和营养要素 | (103) |
| 一、微生物细胞的化学组成 | (103) |
| 二、微生物细胞中的化合物 | (104) |
| 三、营养物质及其功能 | (106) |
| 第二节 微生物的营养类型 | (109) |
| 一、光能自养型微生物 | (110) |
| 二、化能自养型微生物 | (111) |
| 三、光能异养型微生物 | (111) |
| 四、化能异养型微生物 | (111) |
| 第三节 培养基 | (112) |
| 一、培养基的类型 | (112) |
| 二、设计培养基的原则 | (116) |
| 第四节 营养物质的吸收 | (118) |
| 一、吸收营养的机制 | (118) |
| 二、吸收营养的方式 | (118) |
| 第六章 微生物的代谢 | (122) |
| 第一节 微生物的能量代谢 | (123) |
| 一、高能化合物 | (123) |
| 二、微生物利用能源的机制 | (125) |
| 三、能量的利用和贮存 | (132) |
| 第二节 微生物的物质代谢——分解代谢 | (132) |
| 一、己糖的分解 | (132) |
| 二、丙酮酸代谢的多样性 | (137) |
| 第三节 生物合成途径:合成代谢 | (142) |
| 一、自养微生物的CO ₂ 固定:卡尔文循环 | (143) |
| 二、细胞结构大分子物质的合成 | (144) |
| 三、次生代谢物质的生物合成 | (148) |
| 第七章 生长与环境条件 | (151) |
| 第一节 生长的定义和测定方法 | (151) |

| | |
|-------------------------|-------|
| 一、细菌生长的定义和测定方法 | (152) |
| 二、细菌的群体及生长曲线 | (154) |
| 三、二次生长、同步生长和连续培养 | (158) |
| 四、真菌的生长 | (161) |
| 第二节 环境条件对微生物生长的影响 | (163) |
| 一、温度(包括灭菌) | (163) |
| 二、水分和渗透压 | (171) |
| 三、酸碱度 | (174) |
| 四、氧和氧化还原电位 | (174) |
| 五、辐射 | (177) |
| 六、化学杀菌剂和抑菌剂 | (178) |
| 第八章 微生物遗传 | (185) |
| 第一节 遗传的物质基础 | (185) |
| 一、DNA 的结构 | (185) |
| 二、DNA 的复制 | (189) |
| 三、转录 | (189) |
| 四、翻译 | (192) |
| 第二节 原核生物的基因重组 | (193) |
| 一、转化作用 | (193) |
| 二、转导 | (197) |
| 三、接合作用 | (200) |
| 四、染色体外遗传物质的转移 | (204) |
| 第三节 真菌的基因重组 | (206) |
| 一、有性生殖 | (206) |
| 二、准性生殖 | (208) |
| 三、线粒体遗传 | (209) |
| 第四节 重组DNA技术 | (210) |
| 一、目的基因的克隆 | (211) |
| 二、重组体的筛选 | (213) |
| 三、DNA 的人工合成和扩增 | (214) |
| 四、基因的定位诱变 | (215) |
| 第九章 微生物的突变与诱变育种 | (218) |
| 第一节 微生物的突变 | (218) |

| | |
|--------------------------|-------|
| 一、基因突变 | (218) |
| 二、突变机制 | (220) |
| 三、突变率和回复突变 | (223) |
| 第二节 诱变剂 | (224) |
| 一、化学诱变剂 | (225) |
| 二、物理诱变剂 | (226) |
| 第三节 突变体的选择和检出 | (227) |
| 一、基因的突变延迟 | (227) |
| 二、突变菌落的筛选 | (228) |
| 第四节 微生物诱变育种 | (231) |
| 一、自发突变育种 | (231) |
| 二、诱变育种 | (233) |
| 第五节 菌种的退化、复壮和保藏 | (237) |
| 一、菌种退化的观察 | (238) |
| 二、菌种的保藏 | (238) |
| 第十章 微生物生态 | (241) |
| 第一节 生态系统 | (241) |
| 一、生物圈和生态系统 | (241) |
| 二、生态系统的维持——物质流和能量流 | (242) |
| 三、微生物生态系统及其特点 | (242) |
| 第二节 微生物在自然界的分布 | (243) |
| 一、土壤中的微生物 | (243) |
| 二、水圈中的微生物 | (247) |
| 三、大气中的微生物 | (249) |
| 四、极端环境中的微生物 | (249) |
| 五、动物体中的微生物 | (251) |
| 六、植物体中的微生物 | (251) |
| 七、原位研究技术 | (257) |
| 第三节 微生物与生物环境之间的关系 | (258) |
| 一、中立关系 | (258) |
| 二、互生关系 | (258) |
| 三、共生关系 | (258) |
| 四、对抗关系 | (259) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 第十一章 微生物在自然界物质循环中的作用 | (260) |
| 第一节 碳素循环 | (260) |
| 一、碳素循环的途径 | (261) |
| 二、微生物在碳水化合物分解中的作用 | (262) |
| 第二节 氮素循环 | (263) |
| 一、氮素循环的途径 | (263) |
| 二、含氮化合物的分解 | (264) |
| 三、硝化作用 | (265) |
| 四、反硝化作用 | (266) |
| 五、生物固氮作用 | (266) |
| 第三节 硫、磷等元素的循环 | (269) |
| 一、硫素循环 | (269) |
| 二、磷素循环 | (270) |
| 三、其他元素的循环 | (270) |
| 第四节 微生物在生物成矿中的作用 | (270) |
| 第十二章 微生物在农业中的应用 | (272) |
| 第一节 微生物肥料 | (272) |
| 一、促生细菌剂 | (274) |
| 二、菌根菌剂 | (275) |
| 三、固氮菌接种剂 | (277) |
| 四、根瘤菌接种剂 | (279) |
| 第二节 微生物农药 | (280) |
| 一、微生物杀虫剂 | (281) |
| 二、微生物杀菌剂 | (284) |
| 三、微生物除草剂 | (286) |
| 第三节 有机废物处理和土壤净化 | (286) |
| 一、堆肥 | (286) |
| 二、沼气发酵 | (290) |
| 三、污水处理 | (292) |
| 四、土壤净化 | (297) |
| 第四节 微生物在发酵工业中的应用 | (301) |
| 一、在酿酒中的应用 | (302) |
| 二、在醇类、溶剂制造类中的应用..... | (304) |

| | |
|--------------------------------|--------------|
| 三、在有机酸生产中的应用 | (304) |
| 四、在氨基酸生产中的应用 | (305) |
| 五、在酶制剂生产中的应用 | (306) |
| 六、在维生素生产中的应用 | (306) |
| 七、在抗生素生产中的应用 | (307) |
| 第十三章 微生物的分类 | (309) |
| 第一节 微生物的分类单元 | (309) |
| 一、7级分类单元 | (309) |
| 二、种的概念 | (310) |
| 第二节 双命名法和命名原则 | (311) |
| 第三节 细菌的分类方法 | (312) |
| 一、传统分类法 | (313) |
| 二、化学分类法 | (313) |
| 三、数值分类法 | (314) |
| 四、分子分类法 | (316) |
| 第四节 细菌的分类系统 | (321) |
| 第五节 常见细菌类群的代表 | (323) |
| 第六节 真菌分类方法及常见真菌类群 | (328) |
| 一、真菌分类方法 | (328) |
| 二、常见真菌类群的代表 | (331) |
| 附录 | (341) |
| 附I 农业微生物学实验指导 | (341) |
| 实验一 显微镜的使用及微生物的检测 | (342) |
| 实验二 细菌的简单染色和革兰氏染色 | (345) |
| 实验三 细菌的芽孢染色和荚膜染色 | (347) |
| 实验四 细菌的运动观察及鞭毛染色 | (348) |
| 实验五 培养基的制备及灭菌方法 | (350) |
| 实验六 细菌及放线菌培养特征观察 | (353) |
| 实验七 丝状真菌形态及其菌落形态观察 | (355) |
| 实验八 酵母菌形态观察及大小的测量 | (357) |
| 实验九 营养及环境条件对微生物生长的影响(一) | (359) |
| 实验十 营养及环境条件对微生物生长的影响(二) | (362) |
| 实验十一 微生物细胞数量的平板培养计数法 | (364) |

| | |
|-----------------------|-------|
| 实验十二 自生固氮菌的分离..... | (366) |
| 实验十三 豆科植物的根瘤及根瘤菌..... | (367) |
| 附 I 教学常用菌种..... | (369) |
| 附 II 教学常用染色液及封片剂..... | (370) |
| 附 IV 教学常用培养基..... | (374) |
| 参考文献..... | (380) |

第一章 绪 论

第一节 微 生 物

一、微生物的概念

微生物(microorganism)并非生物分类学上的单位,而是一切微小生物的总称。现代生物分类学将所有生物划分为三个域(erkindom),即细菌域、古菌域及真核生物域。微生物包括全部细菌域和古菌域、真核生物域中的真菌、单细胞藻类和原生动物,以及非细胞生物病毒。微生物个体微小,肉眼看不见或看不清楚,细胞大小以微米(μm)或纳米(nm)计量,需借助显微镜观察。部分微生物生活史中的某个阶段能形成比较大型的组织,如大型真菌的子实体和菌核等。微生物生长繁殖快,在实验室条件下多数细菌几十分钟至几小时就可以繁殖一代;微生物在自然界分布广泛,有高等生物的地方就有微生物存在,高等生物不能生存的某些极端环境下也有微生物存在;土壤是微生物的大本营,每克耕种的土壤中含有几亿到几十亿个微生物。

微生物与人类关系十分密切,它给人类带来的利益不仅仅是享受,而且涉及到人类的生存。在我们日常生活中的许多重要产品的生产中,微生物所起的作用是不可替代的,如面包、啤酒、白酒、酸奶、抗生素、维生素、疫苗等。微生物还是地球的清洁工,没有微生物,地球上的物质将不能进行循环。

微生物是一把锋利的双刃剑,在给人类带来巨大利益的同时,也带来残酷的破坏,如人类、动物及植物的多种病害都是由微生物引发的。人类历史上曾多次遭受严重的瘟疫流行,如鼠疫(黑死病)、天花、麻风、梅毒和肺结核等疾病的大流行,现在仍有艾滋病、SARS等新的严重的传染病在出现和流行。公元6世纪鼠疫在地球上第一次大流行时,危及土耳其、埃及、意大利、阿富汗等国家和地区,死亡人数约1亿人;14世纪第二次流行时,导致欧洲死亡约2500万人,亚洲死亡4000万人,其中我国死亡1300万人;19世纪末20世纪初的第三次鼠疫流行,发生在香港和印度北部地区,死亡人数约100万。这三次鼠疫流行造成的死亡人数比第二次世界大

战造成的(约1.1亿人)死亡还多。植物病原微生物对农作物的危害同样惊人,1843—1847年发生在欧洲的马铃薯晚疫病大流行,毁灭了5/6的马铃薯,个别地方甚至颗粒无收,当时爱尔兰的800万人中,有近100万人直接饿死或间接病死,并有164万人逃往北美谋生。

二、微生物的认识和利用

人类自远古以来就知道利用微生物来进行农产品加工,例如酿酒、制醋、做酱菜等,却不知道有微生物的存在。微生物的发现有待于显微镜的发明,16世纪荷兰人吕文虎克(Antony van Leeuwenhock, 1632—1723)制成了简单的显微镜,并首先看到了微生物。吕文虎克少年时曾在荷兰的阿姆斯特丹当布店学徒,因为经常使用扩大镜检查丝布质量,而对制造高倍扩大镜特别感兴趣,并熟练掌握了磨制透镜的技术,能够磨成小到几乎和近代油镜一般大小的透镜,他一生共制成约400架显微镜,能放大270~300倍。

吕文虎克利用其自制的显微镜观察了许多不同的物质,包括雨水、污水、血液、体液、辣椒水、腐败物质、有机物质水浸液、酒、醋、黄油、牙垢等物质,他看到了各种微小的生物,并称之为“微动体”。吕文虎克是世界上第一个看到微生物的人。在发现微动体约100年后,自然科学家才开始采用各种类型的显微镜来观察吕文虎克用简单显微镜所发现的各种微动体,在这一时期,人们大都集中力量寻找各种微生物和进行鉴定工作,但真正奠定微生物基础的人是在吕文虎克以后约200年的巴斯德(Louis Pasteur, 1822—1895)和柯赫(Robert Koch, 1843—1910)。

巴斯德是法国的化学家和伟大的微生物学家,他不仅直接促进了微生物学的发展,对医药、农业、发酵甚至化学等相关学科的发展也有推动作用。巴斯德对微生物学的贡献主要有以下几个方面:

A. 证实了微生物的活动和否定了微生物自然发生学说。

B. 完善了预防种痘法。真纳(Edward Jenner)虽发明了种痘法可预防天花,但当时他不可能了解这个免疫过程的基本机制,因此这个发现没能获得继续发展。巴斯德研究了鸡霍乱,发现钝化病原体能诱发免疫性以预防鸡霍乱病。其后他又研究了炭疽病和狂犬病,均证实了其免疫学说。预防接种法的发现和完美给人类带来了无穷的幸福。

C. 证实了酵母菌引起酒精发酵,并发现乳酸发酵、醋酸发酵和丁酸发酵都是由不同的细菌引起的。

D. 发明了巴氏灭菌法。巴斯德发现葡萄酒变质是由微生物引起的,如将瓶装

的酒在60~65℃下作短时间的加热处理,就可以杀死这些有害的微生物,而保持酒不变质和不影响酒的风味。

柯赫1866年毕业于古汀根大学的医学院,1872年担任东普鲁士一个小镇的地方医生,在研究当地流行的炭疽病时,证明了其病原是一种杆菌。这是人类第一次科学地证明某种微生物是某种疾病的病原体。其后,柯赫又发现了霍乱、鼠疫和疟疾的病原体。柯赫的研究成果极为丰硕,主要可归纳为两个方面:一个方面是建立了研究微生物的基本操作技术;另一方面则是加强了病害的病原体学说。著名的柯赫原则(柯氏法则)就是柯赫为证明某一种微生物是某种病害的病原体而提出的要求。

第二节 微生物学

一、微生物学及其分支学科

微生物学(microbiology)是研究微生物及其活动的科学。它涉及到微生物的形态结构、生理生化、遗传变异以及进化、分类和生态等多个领域。

19世纪是微生物学奠定基础 and 开始发展的时期,发现了许多类型的微生物和它们的生态活动,研究是比较全面的,但不太深入。自20世纪开始,微生物学进入了快速发展的新阶段。青霉素的发现和对土壤中放线菌的研究成果导致了抗生素学科的出现,对人类疾病和躯体防御机能的研究,促进了医学微生物和免疫学的发展,微生物在农业中的应用使农业微生物学、植物病理学和兽医微生物学都成为重要的应用学科。在基础研究方面,对微生物细胞结构和酶及其功能的研究,发展了微生物生理学,微生物遗传变异的研究产生了微生物遗传学,对微生物和环境因子相互关系的研究产生了微生物生态学。20世纪下半叶,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细胞微生物学以及伴随人类基因组计划兴起的微生物基因组学也逐步发展了起来。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。

二、微生物学主要分支学科简介

(一)微生物分类学主要探索微生物之间的亲缘关系,把多种多样的物种归纳为互相联系的不同类群

微生物分类学主要包括两方面的工作:一是在多种多样的微生物群体中发现