



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

农业微生物

NONGYE
WEISHENGWU

战忠玲 主编



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

农业微生物

NONGYE
WEISHENGWU

战忠玲 主编



化学工业出版社

·北京·

本教材是农林院校高职高专“十一五”规划教材之一。本教材简明而较系统地介绍了农业微生物的基本概念和基础知识,具体内容包括:微生物的形态结构、营养和培养基、代谢和发酵、生长和环境条件、选育与菌种保藏、生态及微生物在农业上的应用等。每章设有知识目标、技能目标、本章小结、复习思考、实验实训和/或生产实习,书后还有附录,方便读者查阅。教材中广泛使用图、表,使教材直观易懂,增加了教材的可读性。在编写过程中,本教材以“必需、够用、实用”为原则,以“加强基础、强化能力”为主旨,力求创新,努力反映新知识、新技术和新的科研成果,尽量与生产应用保持同步,尽可能拓展学生的视野。因而本书具有基础理论知识适度、技术应用突出、技术面较宽、体现教工结合与校企结合等特点。

本教材可供农林高等职业技术学院和高等专科学校园艺园林类、种植类、生物技术类专业及相关专业学生学习使用,也可供微生物技术培训班和其它生物科技人员使用、查阅和参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业微生物/战忠玲主编. —北京:化学工业出版社, 2009.9
高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列
ISBN 978-7-122-06400-4

I. 农… II. 战… III. 农业科学:微生物学-高等学校:微生物学-教材 IV. S182

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第131375号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郭庆睿
责任校对:陈 静

文字编辑:周 侗
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数376千字 2009年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列” 建设委员会成员名单

主任委员 介晓磊

副主任委员 温景文 陈明达 林洪金 江世宏 荆宇 张晓根
窦铁生 何华西 田应华 吴健 马继权 张震云

委员 (按姓名汉语拼音排列)

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 边静玮 | 陈桂银 | 陈宏智 | 陈明达 | 陈涛 | 邓灶福 | 窦铁生 | 甘勇辉 | 高婕 | 耿明杰 |
| 官麟丰 | 谷风柱 | 郭桂义 | 郭永胜 | 郭振升 | 郭正富 | 何华西 | 胡繁荣 | 胡克伟 | 胡孔峰 |
| 胡天正 | 黄绿荷 | 江世宏 | 姜文联 | 姜小文 | 蒋艾青 | 介晓磊 | 金伊洙 | 荆宇 | 李纯 |
| 李光武 | 李彦军 | 梁学勇 | 梁运霞 | 林伯全 | 林洪金 | 刘俊栋 | 刘莉 | 刘蕊 | 刘淑春 |
| 刘万平 | 刘晓娜 | 刘新社 | 刘奕清 | 刘政 | 卢颖 | 马继权 | 倪海星 | 欧阳素贞 | 潘开宇 |
| 潘自舒 | 彭宏 | 彭小燕 | 邱运亮 | 任平 | 商世能 | 史延平 | 苏允平 | 陶正平 | 田应华 |
| 王存兴 | 王宏 | 王秋梅 | 王水琦 | 王晓典 | 王秀娟 | 王燕丽 | 温景文 | 吴昌标 | 吴健 |
| 吴郁魂 | 吴云辉 | 武模戈 | 肖卫莘 | 肖文左 | 解相林 | 谢利娟 | 谢拥军 | 徐苏凌 | 徐作仁 |
| 许开录 | 闫慎飞 | 颜世发 | 燕智文 | 杨玉珍 | 尹秀玲 | 于文越 | 张德炎 | 张海松 | 张晓根 |
| 张玉廷 | 张震云 | 张志轩 | 赵晨霞 | 赵华 | 赵先明 | 赵勇军 | 郑继昌 | 周晓舟 | 朱学文 |

“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列” 编审委员会成员名单

主任委员 蒋锦标

副主任委员 杨宝进 张慎举 黄瑞 杨廷桂 胡虹文 张守润
宋连喜 薛瑞辰 王德芝 王学民 张桂臣

委员 (按姓名汉语拼音排列)

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 艾国良 | 白彩霞 | 白迎春 | 白永莉 | 白远国 | 柏玉平 | 毕玉霞 | 边传周 | 卜春华 | 曹晶 |
| 曹宗波 | 陈传印 | 陈杭芳 | 陈金雄 | 陈璟 | 陈盛彬 | 陈现臣 | 程冉 | 褚秀玲 | 崔爱萍 |
| 丁玉玲 | 董义超 | 董曾施 | 段鹏慧 | 范洲衡 | 方希修 | 付美云 | 高凯 | 高梅 | 高志花 |
| 弓建国 | 顾成柏 | 顾洪娟 | 关小变 | 韩建强 | 韩强 | 何海健 | 何英俊 | 胡凤新 | 胡虹文 |
| 胡辉 | 胡石柳 | 黄瑞 | 黄修奇 | 吉梅 | 纪守学 | 纪瑛 | 蒋锦标 | 鞠志新 | 李碧全 |
| 李刚 | 李继连 | 李军 | 李雷斌 | 李林春 | 梁本国 | 梁称福 | 梁俊荣 | 林纬 | 林仲桂 |
| 刘革利 | 刘广文 | 刘丽云 | 刘贤忠 | 刘晓欣 | 刘振华 | 刘振湘 | 刘宗亮 | 柳遵新 | 龙冰雁 |
| 罗玲 | 潘琦 | 潘一展 | 邱深本 | 任国栋 | 阮国荣 | 申庆全 | 石冬梅 | 史兴山 | 史雅静 |
| 宋连喜 | 孙克威 | 孙雄华 | 孙志浩 | 唐建勋 | 唐晓玲 | 陶令霞 | 田伟 | 田伟政 | 田文儒 |
| 汪玉琳 | 王爱华 | 王朝霞 | 王大来 | 王道国 | 王德芝 | 王健 | 王立军 | 王孟宇 | 王双山 |
| 王铁岗 | 王文焕 | 王新军 | 王星 | 王学民 | 王艳立 | 王云惠 | 王中华 | 吴俊琢 | 吴琼峰 |
| 吴占福 | 吴中军 | 肖尚修 | 熊运海 | 徐公义 | 徐占云 | 许美解 | 薛瑞辰 | 羊建平 | 杨宝进 |
| 杨平科 | 杨廷桂 | 杨卫韵 | 杨学敏 | 杨志 | 杨治国 | 姚志刚 | 易诚 | 易新军 | 于承鹤 |
| 于显威 | 袁亚芳 | 曾饶琼 | 曾元根 | 战忠玲 | 张春华 | 张桂臣 | 张怀珠 | 张玲 | 张庆霞 |
| 张慎举 | 张守润 | 张响英 | 张欣 | 张新明 | 张艳红 | 张祖荣 | 赵希彦 | 赵秀娟 | 郑翠芝 |
| 周显忠 | 朱雅安 | 卓开荣 | | | | | | | |

“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列”建设单位

(按汉语拼音排列)

- | | | |
|---------------------|---------------|--------------------|
| 安阳工学院 | 河西学院 | 青海畜牧兽医职业技术学院 |
| 保定职业技术学院 | 黑龙江农业工程职业学院 | 曲靖职业技术学院 |
| 北京城市学院 | 黑龙江农业经济职业学院 | 日照职业技术学院 |
| 北京林业大学 | 黑龙江农业职业技术学院 | 三门峡职业技术学院 |
| 北京农业职业学院 | 黑龙江生物科技职业学院 | 山东科技职业学院 |
| 本钢工学院 | 黑龙江畜牧兽医职业学院 | 山东理工职业学院 |
| 滨州职业学院 | 呼和浩特职业学院 | 山东省贸易职工大学 |
| 长治学院 | 湖北生物科技职业学院 | 山东省农业管理干部学院 |
| 长治职业技术学院 | 湖南怀化职业技术学院 | 山西林业职业技术学院 |
| 常德职业技术学院 | 湖南环境生物职业技术学院 | 商洛学院 |
| 成都农业科技职业学院 | 湖南生物机电职业技术学院 | 商丘师范学院 |
| 成都市农林科学院园艺研究所 | 吉林农业科技学院 | 商丘职业技术学院 |
| 重庆三峡职业学院 | 集宁师范高等专科学校 | 深圳职业技术学院 |
| 重庆水利电力职业技术学院 | 济宁市高新技术开发区农业局 | 沈阳农业大学 |
| 重庆文理学院 | 济宁市教育局 | 沈阳农业大学高等职业技术 学院 |
| 德州职业技术学院 | 济宁职业技术学院 | 苏州农业职业技术学院 |
| 福建农业职业技术学院 | 嘉兴职业技术学院 | 温州科技职业学院 |
| 抚顺师范高等专科学校 | 江苏联合职业技术学院 | 乌兰察布职业学院 |
| 甘肃农业职业技术学院 | 江苏农林职业技术学院 | 厦门海洋职业技术学院 |
| 广东科贸职业学院 | 江苏畜牧兽医职业技术学院 | 仙桃职业技术学院 |
| 广东农工商职业技术学院 | 金华职业技术学院 | 咸宁学院 |
| 广西百色市水产畜牧兽医局 | 晋中职业技术学院 | 咸宁职业技术学院 |
| 广西大学 | 荆楚理工学院 | 信阳农业高等专科学校 |
| 广西农业职业技术学院 | 荆州职业技术学院 | 延安职业技术学院 |
| 广西职业技术学院 | 景德镇高等专科学校 | 杨凌职业技术学院 |
| 广州城市职业学院 | 丽水学院 | 宜宾职业技术学院 |
| 海南大学应用科技学院 | 丽水职业技术学院 | 永州职业技术学院 |
| 海南师范大学 | 辽东学院 | 玉溪农业职业技术学院 |
| 海南职业技术学院 | 辽宁科技学院 | 岳阳职业技术学院 |
| 杭州万向职业技术学院 | 辽宁农业职业技术学院 | 云南农业职业技术学院 |
| 河北北方学院 | 辽宁医学院高等职业技术学院 | 云南热带作物职业学院 |
| 河北工程大学 | 辽宁职业学院 | 云南省曲靖农业学校 |
| 河北交通职业技术学院 | 聊城大学 | 云南省思茅农业学校 |
| 河北科技师范学院 | 聊城职业技术学院 | 张家口教育学院 |
| 河北省现代农业高等职业技术 学院 | 眉山职业技术学院 | 漳州职业技术学院 |
| 河南科技大学林业职业学院 | 南充职业技术学院 | 郑州牧业工程高等专科学校 |
| 河南农业大学 | 盘锦职业技术学院 | 郑州师范高等专科学校 |
| 河南农业职业学院 | 濮阳职业技术学院 | 中国农业大学 |
| | 青岛农业大学 | |

《农业微生物》编写人员

主 编 战忠玲

副 主 编 刘 莉

李春艳

卢 颖

参编人员 (按姓名汉语拼音排序)

陈利军 (信阳农业高等专科学校)

高德杰 (济宁职业技术学院)

李春艳 (辽宁农业职业技术学院)

刘 莉 (杭州万向职业技术学院)

卢 颖 (黑龙江农业经济职业学院)

王爱武 (商丘职业技术学院)

王庆莉 (长治职业技术学院)

王玉苹 (济宁职业技术学院)

战忠玲 (济宁职业技术学院)

张金然 (呼和浩特职业学院)

序

当今,我国高等职业教育作为高等教育的一个类型,已经进入到以加强内涵建设,全面提高人才培养质量为主旋律的发展新阶段。各高职高专院校针对区域经济社会的发展与行业进步,积极开展新一轮的教育教学改革。以服务为宗旨,以就业为导向,在人才培养质量工程建设的各个侧面加大投入,不断改革、创新和实践。尤其是在课程体系与教学内容改革上,许多学校都非常关注利用校内、校外两种资源,积极推动校企合作与工学结合,如邀请行业企业参与制定培养方案,按职业要求设置课程体系;校企合作共同开发课程;根据工作过程设计课程内容和改革教学方式;教学过程突出实践性,加大生产性实训比例等,这些工作主动适应了新形势下高素质技能型人才培养的需要,是落实科学发展观、努力办人民满意的高等职业教育的主要举措。教材建设是课程建设的重要内容,也是教学改革的重要物化成果。教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点”,明确要求要“加强教材建设,重点建设好3000种左右国家规划教材,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。”目前,在农林牧渔类高职院校中,教材建设还存在一些问题,如行业变革较大与课程内容老化的矛盾、能力本位教育与学科型教材供应的矛盾、教学改革加快推进与教材建设严重滞后的矛盾、教材需求多样化与教材供应形式单一的矛盾等。随着经济发展、科技进步和行业对人才培养要求的不断提高,组织编写一批真正遵循职业教育规律和行业生产经营规律、适应职业岗位群的职业能力要求和高素质技能型人才培养的要求、具有创新性和普适性的教材将具有十分重要的意义。

化学工业出版社为中央级综合科技出版社,是国家规划教材的重要出版基地,为我国高等教育的发展做出了积极贡献,曾被新闻出版总署领导评价为“导向正确、管理规范、特色鲜明、效益良好的模范出版社”,2008年荣获首届中国出版政府奖——先进出版单位奖。近年来,化学工业出版社密切关注我国农林牧渔类职业教育的改革和发展,积极开拓教材的出版工作,2007年底,在原“教育部高等学校高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会”有关专家的指导下,化学工业出版社邀请了全国100余所开设农林牧渔类专业的高职高专院校的骨干教师,共同研讨高等职业教育新阶段教学改革中相关专业教材的建设工作,并邀请相关行业企业作为教材建设单位参与建设,共同开发教材。为做好系列教材的组织建设与指导服务工作,化学工业出版社聘请有关专家组建了“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列建设委员会”和“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列编审委员会”,拟在“十一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员,在深入调研、整体规划的基础上,编写出版一套适应农林牧渔类专业教育的基础课、专业课及相关外延课程教材——“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列”。该套教材将涉及种植、园林园艺、畜牧、兽医、水产、宠物等专业,于2008~

2009年陆续出版。

该套教材的建设贯彻了以职业岗位能力培养为中心，以素质教育、创新教育为基础的教育理念，理论知识“必需”、“够用”和“管用”，以常规技术为基础，关键技术为重点，先进技术为导向。此套教材汇集众多农林牧渔类高职高专院校教师的教学经验和教改成果，又得到了相关行业企业专家的指导和积极参与，相信它的出版不仅能较好地满足高职高专农林牧渔类专业的教学需求，而且对促进高职高专专业建设、课程建设与改革、提高教学质量也将起到积极的推动作用。希望有关教师和行业企业技术人员，积极关注并参与教材建设。毕竟，为高职高专农林牧渔类专业教育教学服务，共同开发、建设出一套优质教材是我们共同的责任和义务。

介晓磊

2008年10月



根据教育部《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》和《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》，为适应 21 世纪高职人才培养目标的要求，为社会培养更多的面向生产一线的高素质技能型人才，本着知识、能力、素质协调发展的原则，特编写了本教材。

微生物是高职高专生物技术类和农林专业的专业基础课，是连接基础课和专业课之间的桥梁。因此在本教材编写中，我们力图使教材体现专业特点，突出高职特色，以人为本，以服务为宗旨，着力体现实用性和实践性，使理论与实践相结合，着重培养学生的应用能力，引导学生重点掌握课程的基础理论知识，又注重实践技能的培养，加大了实验实训、生产实习的比例；适当降低理论知识的深度和广度，以满足岗位应职能力需要为度，以掌握概念、强化应用为重点；同时还考虑到与其它课程之间的联系和分工，尽量做到在内容上不重复，在知识上不脱节。

本教材在构思上注重结构明晰、完整。每章设有知识目标、技能目标、本章小结、复习思考、实验实训、生产实习等内容，书后还有附录，便于教师组织教学和学生自学。教材中广泛使用图、表，使教材内容详略得当，图文并茂，直观易懂，增加了教材的可读性。在编写过程中，本教材以“必需、够用、实用”为原则，以“加强基础、强化能力”为主旨，力求创新，努力反映新知识、新技术和新的科研成果，尽量与生产应用保持同步，尽可能拓展学生的视野。因而本书具有基础理论知识适度、技术应用突出、技术面较宽、体现教工结合与校企结合等特点。

本教材由战忠玲主编，全书共分八章，十五个实验实训项目，七个生产实习项目。具体编写任务分工如下：前言及各章的知识目标、技能目标、本章小结、复习思考由战忠玲编写；第一章由李春艳编写，第二章由王庆莉、陈利军、战忠玲共同编写，第三章由王玉苹、高德杰共同编写，第四章、第五章由刘莉、战忠玲共同编写，第六章由张金然编写，第七章由卢颖、战忠玲共同编写，第八章由王爱武编写；第三章的实验实训一、二，第五章的实验实训二，第六章的实验实训一、二、三，第八章的实验实训和生产实习三由战忠玲编写，其它各章后的实验实训和生产实习由编写此章的人员编写；附录由王玉苹、高德杰共同编写；高德杰负责全文图、表处理。全书由战忠玲统稿。

本教材供农林高等职业技术学院和高等专科学校植保类、种植类、生物技术类专业及相关学科学生学习使用，也可供微生物技术培训班和其他生物科技人员使用、查阅和参考。

本教材在编写过程中，得到了各编委所在学校的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢；同时，书中引用了国内外大量文献资料，在此向本书引用为参考资料的各位作者和专家表示衷心的感谢。

限于编写水平和编写时间的仓促，书中疏漏和不妥之处在所难免，诚请专家、学者及广大读者批评指正。

编者
2009 年 5 月



| | |
|----------------------------------|----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 第一节 微生物与微生物学 | 1 |
| 一、微生物的特点 | 2 |
| 二、微生物在生物进化中的地位与作用 | 3 |
| 三、微生物的分类单位和命名 | 3 |
| 第二节 微生物学的发展 | 6 |
| 一、微生物学的研究内容、任务及分支学科 | 6 |
| 二、微生物的发现和微生物学的发展 | 7 |
| 第三节 微生物学与农业 | 9 |
| 一、微生物对农业生产的重要性 | 9 |
| 二、微生物对农业的有害影响 | 9 |
| 三、农业微生物学的研究对象 | 9 |
| 四、农业微生物学的发展前景 | 10 |
| 本章小结 | 11 |
| 复习思考 | 11 |
| 生产实习 调查当地微生物类生产企业（规模与经济效益） | 12 |
| 一、目的要求 | 12 |
| 二、材料和器具 | 12 |
| 三、方法与步骤 | 12 |
| 四、实习报告 | 12 |
| 第二章 微生物的形态结构 | 13 |
| 第一节 原核细胞微生物 | 14 |
| 一、细菌 | 14 |
| 二、放线菌 | 25 |
| 三、蓝细菌 | 28 |
| 四、其它原核细胞微生物 | 29 |
| 第二节 真核细胞微生物 | 32 |
| 一、单细胞真菌——酵母菌 | 33 |
| 二、霉菌 | 35 |
| 三、蕈菌 | 50 |
| 四、四大类微生物的细胞形态和菌落特征比较 | 51 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 第三节 非细胞微生物——病毒 | 52 |
| 一、病毒的形态结构和化学组成 | 53 |
| 二、噬菌体 | 56 |
| 三、植物病毒 | 59 |
| 四、昆虫病毒 | 60 |
| 五、亚病毒 | 61 |
| 本章小结 | 62 |
| 复习思考 | 62 |
| 实验实训一 显微镜、油镜的使用与细菌的简单染色 | 63 |
| 实验实训二 细菌的革兰染色及形态观察 | 67 |
| 实验实训三 细菌的特殊染色法(芽孢染色、荚膜染色等) | 68 |
| 实验实训四 放线菌的印片法及形态观察 | 70 |
| 实验实训五 酵母菌的形态观察及死活细胞的鉴别 | 71 |
| 实验实训六 霉菌的形态观察 | 73 |
| 生产实习 调查当地微生物种类 | 74 |
| 第三章 微生物的营养和培养基 | 75 |
| 第一节 微生物的营养物质 | 75 |
| 一、微生物细胞的化学组成 | 75 |
| 二、微生物的营养物质及其生理功能 | 77 |
| 第二节 微生物的营养类型和吸收方式 | 79 |
| 一、微生物的营养类型 | 79 |
| 二、微生物对营养物质的吸收方式 | 82 |
| 第三节 培养基 | 84 |
| 一、配制培养基的基本原则 | 84 |
| 二、培养基的类型 | 86 |
| 第四节 消毒与灭菌 | 88 |
| 一、几个基本概念 | 88 |
| 二、物理消毒灭菌法 | 89 |
| 三、化学消毒灭菌法 | 91 |
| 本章小结 | 93 |
| 复习思考 | 94 |
| 实验实训一 培养基的配制 | 94 |
| 实验实训二 消毒与灭菌 | 96 |
| 第四章 微生物的代谢和发酵 | 100 |
| 第一节 微生物的酶 | 100 |
| 一、酶的概念、分类、特性 | 100 |
| 二、酶的应用 | 101 |
| 第二节 微生物的呼吸作用和能量代谢 | 102 |
| 一、微生物的呼吸类型及其微生物 | 102 |
| 二、各呼吸类型的比较 | 104 |

| | |
|--|------------|
| 三、生物热的利用····· | 104 |
| 第三节 微生物的代谢产物····· | 105 |
| 一、初级代谢产物····· | 105 |
| 二、次级代谢产物····· | 105 |
| 第四节 微生物的发酵生产····· | 107 |
| 一、微生物发酵的类型及产品····· | 107 |
| 二、微生物发酵的一般过程及工艺····· | 108 |
| 本章小结····· | 109 |
| 复习思考····· | 110 |
| 实验实训 微生物生理生化特性检验····· | 110 |
| 生产实习 参观当地微生物发酵生产企业(规模、生产、经营、工艺流程)····· | 112 |
| 第五章 微生物的生长和环境条件 ····· | 113 |
| 第一节 微生物的生长····· | 113 |
| 一、微生物的纯培养····· | 113 |
| 二、微生物群体生长规律····· | 115 |
| 三、微生物的生长规律在生产实践中的应用····· | 117 |
| 第二节 微生物生长量的测定····· | 117 |
| 一、测定单细胞微生物的数量····· | 117 |
| 二、测定细胞物质质量····· | 119 |
| 第三节 微生物生长的环境条件····· | 119 |
| 一、温度····· | 119 |
| 二、水分及可给性,空气湿度····· | 120 |
| 三、酸碱度(pH值)····· | 122 |
| 四、空气及氧化还原电位····· | 122 |
| 五、光与射线····· | 123 |
| 六、化学药物····· | 124 |
| 七、渗透压····· | 124 |
| 本章小结····· | 124 |
| 复习思考····· | 124 |
| 实验实训一 微生物细胞计数及微生物细胞大小的测定····· | 125 |
| 实验实训二 菌种的移接和培养····· | 128 |
| 第六章 微生物的选育与菌种保藏 ····· | 132 |
| 第一节 遗传与变异····· | 132 |
| 一、微生物遗传变异的特点····· | 132 |
| 二、微生物遗传变异的物质基础····· | 132 |
| 三、遗传信息的传递····· | 134 |
| 第二节 微生物的选种····· | 138 |
| 一、从自然界中筛选····· | 138 |
| 二、从生产中选种····· | 139 |
| 第三节 微生物的育种····· | 139 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 一、基因突变和诱变育种 | 139 |
| 二、基因重组和杂交育种 | 144 |
| 三、杂交育种 | 148 |
| 四、基因工程 | 148 |
| 第四节 菌种保藏与复壮 | 149 |
| 一、菌种的衰退与复壮 | 150 |
| 二、菌种的保藏 | 150 |
| 本章小结 | 151 |
| 复习思考 | 152 |
| 实验实训一 菌种保藏与复壮 | 152 |
| 实验实训二 土壤微生物分离和培养(混菌法) | 155 |
| 实验实训三 标准菌落的形态观察和计数上次培养的土壤微生物 | 158 |
| 第七章 微生物生态 | 161 |
| 第一节 微生物生态系 | 161 |
| 一、土壤-微生物生态系 | 161 |
| 二、植物-微生物生态系 | 164 |
| 三、空气和水域-微生物生态系 | 166 |
| 四、农产品和动物-微生物生态系 | 167 |
| 五、极端环境微生物生态系 | 167 |
| 第二节 微生物与物质转化 | 168 |
| 一、分子态氮的生物固定 | 168 |
| 二、有机物质的分解 | 169 |
| 三、无机化合物的微生物转化 | 171 |
| 第三节 微生物与废水处理 | 172 |
| 一、废水的概况 | 172 |
| 二、废水(污水)生物处理的类型 | 173 |
| 三、发酵废水的处理 | 174 |
| 本章小结 | 174 |
| 复习思考 | 175 |
| 生产实习 参观当地发酵废水处理工厂并了解其工艺流程 | 175 |
| 一、目的要求 | 175 |
| 二、内容和方法 | 175 |
| 三、作业 | 176 |
| 第八章 微生物在农业上的应用 | 177 |
| 第一节 微生物农药 | 177 |
| 一、微生物杀虫剂 | 177 |
| 二、农用抗生素 | 180 |
| 三、微生物除草剂 | 182 |
| 四、微生物激素 | 182 |
| 第二节 微生物肥料与饲料 | 183 |

| | |
|--|-----|
| 一、微生物肥料····· | 183 |
| 二、微生物饲料····· | 185 |
| 第三节 微生物能源——沼气发酵····· | 186 |
| 一、沼气及其发展意义····· | 186 |
| 二、沼气发酵原理····· | 187 |
| 三、沼气发酵的条件····· | 187 |
| 四、沼气发酵工艺····· | 189 |
| 五、沼气发酵新型生态模式····· | 192 |
| 六、其它微生物能源····· | 193 |
| 第四节 食用菌····· | 196 |
| 一、食用菌的生物学知识····· | 196 |
| 二、食用菌的制种技术····· | 199 |
| 三、栽培技术····· | 202 |
| 本章小结····· | 206 |
| 复习思考····· | 207 |
| 实验实训 在校内(外)基地进行任一种食用菌栽培实践操作····· | 207 |
| 生产实习一 参观当地微生物农药、微生物肥料或饲料等的生产与加工企业····· | 210 |
| 生产实习二 调查农村沼气池的应用(建造、设施、原料及生产条件)····· | 210 |
| 生产实习三 参观当地无公害食用菌的生产与加工企业····· | 211 |
| 附录 ····· | 212 |
| 附录 I 实验室常用仪器的使用及注意事项····· | 212 |
| 附录 II 实验室常用指示剂的性能及配制····· | 214 |
| 附录 III 实验室常用染色液的配制····· | 214 |
| 附录 IV 实验室常用试剂及溶液的配制····· | 216 |
| 附录 V 实验室常用缓冲溶液的配制····· | 216 |
| 附录 VI 实验室常用消毒剂的配制····· | 218 |
| 附录 VII 教学常用培养基配方····· | 218 |
| 附录 VIII 接种室的设置和使用····· | 219 |
| 附录 IX 实验室常用原料营养成分表····· | 220 |
| 附录 X 微生物相对湿度对照表····· | 222 |
| 参考文献 ····· | 224 |

第一章 绪 论

知识目标

了解微生物学的发展史和农业微生物(学)的发展前景,理解微生物的概念、作用、地位以及微生物对农业生产的重要性,掌握微生物的特点、分类单位、命名、微生物的研究内容和任务以及农业微生物学的研究对象。

技能目标

学会调查微生物应用生产项目,包括调查方法和调查内容。

第一节 微生物与微生物学

微生物最初是指一类个体微小、结构简单、肉眼不能直接看见的微小生物的总称。但是随着现代微生物学的发展,发现一些藻类和真菌个体大到肉眼可以直接看见,甚至还有一些细菌如纳米比亚嗜硫细菌和费氏刺尾鱼菌也不需要显微镜即可看到。所以,现代意义上的微生物是指绝大多数凭肉眼看不见或看不清,以及少数能直接通过肉眼看见的单细胞、多细胞和无细胞结构的微小生物的总称。

微生物的种类繁多,数量极其庞大。一般包括不具有细胞结构的病毒、亚病毒(类病毒、拟病毒、朊病毒),此类微生物没有典型的细胞结构,也无产生能量的酶系统,只能在活细胞内生长繁殖;具原核细胞结构的细菌、放线菌、蓝细菌、立克次体、衣原体和支原体,此类微生物细胞核分化程度低,仅有原始核质,没有核膜与核仁,细胞器不太完善;以及具真核细胞结构的真菌(酵母、霉菌、蕈菌等)、原生动物和单细胞藻类等,这些微生物细胞核的分化程度较高,有核膜、核仁和染色体,胞质内有完整的细胞器如内质网、核蛋白体和线粒体等。

微生物 { 细胞生物 { 原核生物:细菌、放线菌、蓝细菌、立克次体、衣原体、支原体
真核生物:真菌、原生动物、单细胞藻类
非细胞生物:病毒、亚病毒(类病毒、拟病毒、朊病毒)

微生物在人们的生活生产和自然界的生态系统中起着非常重要的作用。微生物不仅为人和动物提供多种赖以生存的营养物质,而且微生物也是地球上有机物质的主要分解者,是地球的清洁工,一切动植物的残体和废弃的有机物都要由微生物降解后,才能进入再循环。一部分微生物还能够利用太阳能进行光合作用,或利用无机物氧化产生的能量将无机物转化为有机物。日常生活中的许多食品、药品和日用化学品都是微生物代谢的产物。空气中的氮多半也要通过微生物的固氮作用,才能转换成植物可以吸收利用的形态。它们的活动构成了自然界物质循环的重要环节。可以说,没有微生物就没有当今五彩缤纷的世界。

当然,有些微生物也能引起人类和动植物的病害。例如鼠瘟(又称黑死病)、腹泻、神经麻痹、肝炎、腮腺炎、SARS(严重急性呼吸道综合征,俗称“非典型肺炎”)、典型肺炎、结核病、伤寒、霍乱、艾滋病、疯牛病、埃博拉病毒病等,都是由有害微生物所引起的,而且有很多病尚不明病因,也没有有效的控制办法。另外,微生物的破坏性还表现在引

起工农业产品及生活用品的腐烂、腐蚀等方面。学习微生物的目的就在于更好地开发微生物资源，充分利用微生物有利于人类生活的方面，控制微生物的有害方面，使之对人类创造更大的经济效益和社会效益。

一、微生物的特点

微生物作为生物具有由 DNA 链上的基因所携带的遗传信息，其复制、表达与调控都遵循中心法则（少数除外），蛋白质、核酸、多糖、脂肪酸等大分子物质的初级代谢基本相同，能量代谢都以 ATP 作为能量载体，上述特征与其它生物相同，此外，微生物还具有其自身的特点。

1. 体积小，比表面积大

比表面积是指某一物体单位体积所占的表面积。形状相同的物体，其体积越小，比表面积就越大。任何体积一定的物体，如果对它进行多次切割，则切割的次数越多，所得到的个体就越多，每个个体的体积必然越小。如果将这些小的个体的面积逐一相加后，则其总面积就变得十分庞大。微生物就具有这样的特性。绝大多数的微生物细胞大小通常以微米和纳米来衡量，需要用显微镜才能观察得到，如此小的个体使得其在单位体积中个体越小，数量越多，其表面积之和也就越大。有人做过这样的比喻，如果一个人的比表面积值等于 1 的话，那么一个乳酸杆菌的比表面积值约等于 120000，而一个大肠杆菌的比表面积值则约等于 30 万。而像这样巨大的比表面积，必然给微生物提供了更多的和外界进行物质交换的面积，也就特别有利于微生物和周围环境进行物质、能量、信息的交换。微生物的其它许多特性都和这一特点密切相关，这也是微生物与一切大型生物相区别的关键性的一个特点。

2. 食谱广，代谢类型多而快

说其食谱广，是因为纤维素、木质素、几丁质、石油、甲醇、甲烷、天然气、酚类、氰化物、塑料、城市垃圾以及其它各种有机物均可作为微生物的粮食。

微生物的代谢类型之多、活性之强，是动植物所不能及的，如光合作用、化能合成作用、生物固氮作用、合成各种次生代谢产物的能力、抵抗极端环境的能力、分解氰及多氯联苯等有毒和剧毒物质的能力等。

3. 生长旺盛，繁殖快

微生物在快速代谢的过程中，必然加速其细胞分裂和生长的速率。有资料表明，细菌比植物繁殖速率快 530 倍，比动物繁殖速率快 2000 倍。一头 500kg 的食用公牛，24h 仅可以生产 0.5kg 蛋白质，而等重的酵母菌，以质量较次的糖液（糖蜜）和氨水为原料，24h 就可以生产 50000kg 优质蛋白质。理想状态下，大肠杆菌平均 20min 繁殖一代，如果维持这样的繁殖速率，24h 内初始的一个大肠杆菌可以生成约 4.72 万亿个后代，总重约可达 4722t，若将它们平铺在地球表面，能将地球表面完全覆盖。

4. 易变异，适应性强

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞甚至非细胞的，它们具有繁殖速率快、数量多及与环境直接接触等特点，为了抵抗外界环境的变化，少数微生物细胞会发生突变，以适应这种外界环境的不良变化，但即使自然变异的概率十分低（一般为 $10^{-5} \sim 10^{-10}$ ），也可在很短的时间内繁殖出大量的抗外界环境的变异个体。人们利用微生物易变异的特点进行菌种选育，可以在短时间内获得优良菌种，提高产品质量。微生物也因为这个特点而成为人们研究生物学基本问题时的最理想的实验材料。但有害的变异也给人类造成了严重的危害，如各种致病菌的耐药性变异使原本已得到控制的相应传染病再次变得难以治疗，而各种优良菌种生产性状的退化则会使生产无法正常维持等。

同时, 微生物的变异性也使其具有极强的适应能力, 如耐热性、抗寒性、抗盐性、抗氧化性、抗压性、抗毒性等能力。

5. 种类多, 数量大, 分布广

据估计, 微生物的种类数量大约有 600 万种, 其中已记载的仅约 20 万种, 包括原核生物 3500 种、病毒 4000 种、真菌 9 万种、原生动物和藻类 10 万种, 随着人类对微生物的不断开发、研究和利用, 微生物的种类还将不断增加。

微生物在自然界中的数量是非常庞大的, 如每克土壤中约有 1 亿个细菌; 人类每个喷嚏中含细菌 4500~150000 个, 重感冒患者的喷嚏中细菌数量可高达 8500 万个。

微生物在自然界的分布也是十分广泛的, 主要由于其细胞体积小、质量轻可以到处传播, 在适宜的环境中即可安营扎寨, 快速而大量繁殖。不论在动、植物体内外, 还是土壤、河流、空气, 平原、高山、深海, 污水、垃圾、海底淤泥, 冰川、盐湖、沙漠, 甚至油井、酸性矿水和岩层下, 都有大量与其相适应的各类微生物在活动着。由此可见, 微生物在自然界中的分布是极其广泛的。

二、微生物在生物进化中的地位与作用

1. 微生物的地位

在微生物被发现和研究之前, 人类把一切生物分成截然不同的两大界——动物界和植物界。从 19 世纪中期起, 随着人们对微生物的逐步认识, 对生物的分界经历了二界系统、三界系统、四界系统、五界系统、六界系统五个阶段, 直到 20 世纪 70 年代后期, 美国人 Woese 等发现了地球上的第三生命形式——古菌, 才导致了生命三域学说的诞生。该学说认为生命是由细菌域(以前称真细菌域)、古生菌域(以前称古细菌域)和真核生物域所构成的。

细菌域包括细菌、放线菌、蓝细菌和各种除古菌以外的其它原核生物; 古细菌域包括嗜泉古菌界、广域古菌界和初生古菌界; 真核生物域包括真菌、原生生物、动物和植物。除动物和植物以外, 其它绝大多数生物都属于微生物的范畴。

从各种对生物界分类系统的发展历史来看, 无论是 1969 年 Whittaker 提出的五界系统, 还是 1977 年 Woese 提出的三域(Domain)系统, 微生物都占据了绝大多数的“席位”, 分别为 3/5 和 2/3 强。也就是说, 人类对微生物的认识水平是生物界分类的核心, 微生物在所有界中, 具有最宽的领域, 在生物界分类中占据着特殊重要的地位。

2. 微生物的作用

自然界中物质循环可以归纳为两个方面: 一是生物合成作用, 二是矿化作用或分解作用。这两个过程是对立统一的, 构成了自然界的物质循环。而微生物在自然界最大的价值在于其分解功能, 它们分解生物圈内存在的动物、植物和微生物残体等复杂有机物质, 并最终将其转化成最简单的无机物, 供初级生产者利用。微生物还是生态系统中初级生产者, 例如光能营养和化能营养微生物。在物质循环过程中, 以高等绿色植物为主要的生产者, 在无机物的有机化过程中起着主要的作用; 以异养型微生物为主的分解者, 在有机质的矿化过程中起着主要的作用。有些过程只有微生物才能进行, 有些过程微生物起主导作用。如果没有微生物的作用, 自然界各类元素及物质, 就不可能周而复始地循环, 自然界的生态平衡就不可能保持, 人类社会也将无法生存发展。

三、微生物的分类单位和命名

(一) 微生物的分类单位

根据微生物的表型特征相似性或者系统发育相关性对微生物进行分群归类、特征描述,