



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

环境微生物

● 王建国 主编

化学工业出版社
教材出版中心

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

环境微生物

主 编 王建国
责任主审 陈家军
审 稿 杨居荣 鱼京善

化学工业出版社
教材出版中心
·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

环境微生物/王建国主编. —北京:化学工业出版社,
2002.6

中等职业教育国家规划教材
ISBN 7-5025-3880-1

I. 环… II. 王… III. 环境科学:微生物学-专业
学校-教材 IV. X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 039179 号

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

环境微生物

主 编 王建国

责任主审 陈家军

审 稿 杨居荣 鱼京善

责任编辑:张建茹

责任校对: 李 丽 吴桂萍

封面设计:潘 峰

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 299 千字

2002 年 7 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3880-1/G·1034

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成 [2001] 1 号) 的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

自然环境中,存在着一个与地球上所有的人类和动、植物关系密切的微小生命的世界,那就是微生物世界。它们个体极其微小,人们只有借助显微镜才能看到它们;它们种类繁多,已经发现了十多万种;它们数量庞大,由它们所形成的自然界生物物质总量为 $(2\sim 10)\times 10^{12}\text{kg}$ (以碳计)与所有动物(包括人类)所形成的生物物质总量 $(6\sim 11)\times 10^{12}\text{kg}$ 处于同一个数量级。它们在维护自然界的生态平衡、推动自然界的物质和能量的循环以及净化自然环境等方面发挥了巨大的无法替代的作用。使环境微生物的研究成果已成为指导解决其他环境科学许多基本问题的理论基础。

微生物群体是一个生物化学反应体系,能够完成各种各样的化学反应;对于难降解的污染物具有共同降解的群体优势;对于人类不断合成的各种新颖的化合物具有不断更新的降解能力;已经成为环境生物治理技术的可靠而安全的重要工具。所以,环境微生物的知识对于环境生物治理技术的开发和应用是十分重要的。

我国环境科学和微生物学工作者对环境微生物进行了大量的探索和研究,在科研和教学方面积累了丰富的资料和经验。在编写本教材的过程中,从他们的著作中得到了很大的启发和帮助。深切感到为中等职业学校编写一本环境微生物教材是一件应该去做并且值得去做的事情。

编写本教材的宗旨是为中等职业学校环境保护和监测专业提供一本专业基础课的教材。因此,本教材适合于中等职业学校环境保护和监测专业使用,也适合于中等职业学校相关的环境工程、环境科学和给水排水等专业使用。本教材的第1、6章由常州化工学校的王建国编写;第2、3、4章由常州化工学校的赵雷编写;第5、7、9章由常州酿酒总厂的杨艳芳编写;第8、10章由中州大学的岳福兴编写。全书由王建国定稿。

北京师范大学环境科学研究所的杨居荣教授和鱼京善副教授及长沙环保学校的周凤霞高级讲师审阅了本书全文,并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有谬误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2002年5月6日

目 录

绪论	1
1 环境中的微生物类群	3
1.1 环境微生物概述	3
1.1.1 微生物的特点	3
1.1.2 微生物在生物分类系统中的位置	4
1.1.3 微生物的分类和学名	4
1.2 原核微生物	6
1.2.1 细菌	6
1.2.2 放线菌	13
1.2.3 鞘细菌	15
1.2.4 蓝细菌	17
1.2.5 立克次氏体, 枝原体, 衣原体	18
1.3 真核微生物	19
1.3.1 真菌	20
1.3.2 原生动物	22
1.3.3 藻类	26
1.4 非细胞型微生物	29
1.4.1 病毒	29
1.4.2 类病毒 (Viroid)	31
1.4.3 拟病毒 (Virusoids)	31
1.4.4 朊病毒 (Virino)	31
1.5 微生物的生长	32
1.5.1 微生物的生长与繁殖	32
1.5.2 生长量的测定方法	32
1.5.3 微生物的生长曲线	33
1.6 菌种的退化及防治	35
1.6.1 菌种退化	35
1.6.2 菌种退化的原因	35
1.6.3 菌种退化的防治	36
本章小结	36
思考与实践	38
2 微生物在环境中的分布	41
2.1 微生物在环境中的分布	41
2.1.1 微生物在土壤中的分布	41
2.1.2 微生物在大气层中的分布	43

2.1.3	微生物在江、河、湖、海中的分布	43
2.1.4	微生物在其他物体上的分布	44
2.2	微生物与其他生物及微生物与微生物之间的关系	45
2.2.1	寄生关系	46
2.2.2	互生关系	46
2.2.3	共生关系	47
2.2.4	拮抗关系	47
2.3	影响微生物生长的环境因素	48
2.3.1	温度对微生物生长的影响	48
2.3.2	水分对微生物生长的影响	49
2.3.3	辐射对微生物生长的影响	50
2.3.4	氢离子浓度对微生物生长的影响	51
2.3.5	氧气对微生物生长的影响	51
2.4	消毒和灭菌	52
2.4.1	物理灭菌法	52
2.4.2	化学灭菌法	55
	本章小结	56
	思考与实践	57
3	微生物的代谢和营养	59
3.1	微生物的代谢	59
3.1.1	代谢的基本概念	59
3.1.2	酶	60
3.1.3	微生物生长的能量来源	61
3.2	微生物的营养类型	62
3.2.1	光能自养型	62
3.2.2	光能异养型	63
3.2.3	化能自养型	63
3.2.4	化能异养型	63
3.3	微生物的营养要求	64
3.3.1	水	64
3.3.2	碳源	64
3.3.3	氮源	65
3.3.4	无机盐	65
3.3.5	生长因子	65
3.3.6	能源	66
3.4	微生物的培养基	66
3.4.1	微生物的培养基	66
3.4.2	培养基的配制原则	67
3.5	营养物质的跨膜运输	67
3.5.1	单纯扩散	68

3.5.2	促成(进)扩散	68
3.5.3	主动运输	68
3.5.4	基因转移	68
	本章小结	68
	思考与实践	69
4	微生物遗传学基础	71
4.1	DNA 的结构和基因	71
4.1.1	基因的物质基础	71
4.1.2	DNA 的结构	71
4.2	遗传物质在细胞中的存在方式	73
4.3	DNA 的复制和蛋白质的合成	74
4.3.1	DNA 的复制	74
4.3.2	蛋白质的合成	76
4.4	基因型、表型和突变	77
4.4.1	突变的现象	77
4.4.2	突变的诱发因素	78
4.4.3	突变的特点	78
	本章小结	79
	思考与实践	80
5	微生物在自然界物质循环中的作用	82
5.1	微生物分解有机物的途径	82
5.1.1	微生物分解多糖类的途径	82
5.1.2	葡萄糖降解	84
5.1.3	微生物分解脂类和蛋白质的途径	87
5.2	微生物在碳素循环中的作用	88
5.2.1	自然界中的碳素循环	88
5.2.2	微生物在碳素循环中的作用	89
5.3	微生物在氮素循环中的作用	89
5.3.1	自然界中的氮素循环	90
5.3.2	微生物在氮素循环中的作用	90
5.4	微生物在硫素循环中的作用	91
5.4.1	自然界中的硫素循环	91
5.4.2	微生物在硫素循环中的作用	92
5.5	微生物在磷素循环中的作用	93
5.5.1	自然界中的磷素循环	93
5.5.2	微生物在磷素循环中的作用	93
5.6	微生物转化矿物质的途径	94
5.6.1	微生物浸铜	94
5.6.2	微生物浸铀	95
5.6.3	微生物采金	95

5.6.4	微生物对其他金属的浸出	95
	本章小结	97
	思考与实践	97
6	微生物对污染物的降解和转化	100
6.1	微生物分解有机污染物的巨大潜力	100
6.1.1	微生物能够完成各种各样的化学反应	100
6.1.2	对于难降解的污染物, 微生物具有联合降解的群体优势	103
6.1.3	微生物具有不断更新的降解能力	104
6.2	污染物的化学结构对微生物降解的影响	104
6.2.1	烃类化合物结构的影响	104
6.2.2	烃的衍生物结构的影响	104
6.2.3	不同 C 原子的影响	104
6.2.4	官能团的性质及数量的影响	105
6.2.5	分子量大小对微生物降解的影响	105
6.3	微生物对大分子污染物的降解和转化的一般途径	105
6.4	微生物对木质素的降解和转化	106
6.5	微生物对石油的降解和转化	106
6.5.1	微生物对烷烃类的降解和转化	106
6.5.2	微生物对烯烃类的降解和转化	108
6.5.3	微生物对芳烃类的降解和转化	108
6.5.4	微生物对脂环烃类的降解和转化	110
6.5.5	微生物对海洋石油的降解和转化	111
6.6	微生物对农药的降解与转化	113
6.6.1	微生物降解和转化农药的一般途径	113
6.6.2	微生物对有机氯农药的降解和转化	113
6.7	微生物对其他合成有机物的降解与转化	115
6.7.1	微生物对合成洗涤剂的降解和转化	115
6.7.2	多氯联苯的降解	117
6.7.3	聚乙二醇的降解	118
6.7.4	增塑剂的降解	118
6.7.5	聚乙烯醇的降解	119
6.8	抗汞细菌在消除汞污染中的应用	119
	本章小结	121
	思考与实践	121
7	微生物对环境的污染与危害	124
7.1	水体富营养化	124
7.1.1	水体富营养化的形成	124
7.1.2	水体富营养化的危害	126
7.2	导致水体富营养化的生物种类	126
7.3	水体富营养化的监测和控制方法	127

7.3.1	水体富营养化的监测	127
7.3.2	水体富营养化的控制方法	128
7.4	其他微生物及其代谢物的危害	130
	本章小结	130
	思考与实践	130
8	污水处理生物学方法	132
8.1	污水概述	132
8.1.1	污水的性质和分类	132
8.1.2	污水中的主要污染物及其危害	133
8.1.3	污水水质指标	134
8.2	废水生物处理法	135
8.2.1	污水处理中的微生物	136
8.2.2	活性污泥法	137
8.2.3	生物膜法	141
8.2.4	氧化塘	143
	本章小结	144
	思考与实践	145
9	废渣的生物处理方法	148
9.1	高温堆肥技术和厌氧发酵方法	148
9.1.1	高温堆肥技术(好氧堆肥法)	148
9.1.2	厌氧发酵方法	149
9.2	城市生活垃圾的生物处理方法	150
9.2.1	厌氧产沼方法	150
9.2.2	废纤维糖化技术	150
9.3	污水厂污泥生物处理技术发展趋势	151
	本章小结	151
	思考与实践	152
10	微生物学实验	153
10.1	微生物学实验的一般知识	153
10.1.1	实验须知	153
10.1.2	光学显微镜	154
10.2	实验部分	157
实验一	显微镜油镜的使用及细菌形态的观察	157
实验二	细菌的单染色法	157
实验三	革兰氏染色法	159
实验四	芽孢染色法	160
实验五	荚膜染色法	161
实验六	培养基的配制和灭菌	161
实验七	环境中主要微生物菌落形态的识别	165
实验八	从土壤中分离和纯化微生物	166

实验九 微生物的平板菌落计数法·····	169
实验十 放线菌形态的观察·····	170
实验十一 酵母菌的形态观察·····	171
实验十二 霉菌的形态观察·····	172
实验十三 水中细菌总数和总大肠菌群的检测·····	173
实验十四 细菌的生理生化反应·····	176
附录 I 染色液的配制·····	181
附录 II 培养基的配制·····	183
附录 III 试剂和溶液的配制·····	186
主要参考文献·····	187

绪 论

环境微生物学是环境科学的一个重要分支，是研究微生物和环境之间相互作用的规律及微生物活动对环境和人类产生的有益和有害的影响以及在环境污染控制工程中有关的微生物作用原理的科学。是环境科学和环境工程的重要理论基础。

在一定时间和空间范围内，各生物成分和非生物成分，通过能量流动、物质循环与信息传递而相互作用、相互依存形成的一个系统称为生态系统。例如，绿色植物利用阳光把二氧化碳、水和矿物质营养元素合成有机物质建造自身，同时也为草食动物提供食物。草食动物又成为肉食动物的食物来源。这些动、植物的残体和排泄物又可以使土壤微生物得到其生命活动所需要的物质和能量。绿色植物通过光合作用可以释放氧气，动植物和微生物的呼吸作用又产生二氧化碳、水和简单的营养物质，这些气体和营养物质又可回归于环境，这样就形成了一个生态系统。一个完整的生态系统包括生产者、消费者、分解者和非生物组分四种主要组分。上述的绿色植物就是生产者；草食动物和肉食动物是消费者；微生物是分解者；阳光、二氧化碳、水和矿物质营养元素是非生物组分。微生物的分解作用对生态系统起着“自净”的作用，十分重要。

在自然环境中，到处生存着种类繁多，数量庞大的微生物群体。目前已经确定的微生物种类已达 10 多万种。由微生物形成的自然界生物物质总量为 $(2\sim 10)\times 10^{12}$ kg (以碳计)，与所有动物 (包括人类) 所形成的生物物质总量 $(6\sim 11)\times 10^{12}$ kg 处于同一个数量级。

微生物的生长和繁殖受环境所制约：适宜的环境能够扩大微生物的生长和繁殖，不适宜的环境能够抑制微生物的生长和繁殖。有的细菌需要充足的水分，当水分蒸发以后，在干涸的环境里，细菌停止了活动，体积变得更小，成为一个外壳坚实的小球，在不利的环境中长期地休眠下去，当它们得到一定的水分后，又会复活，体积恢复为原来的模样；有的细菌喜欢氧气，它们生活在土壤表层通气的地方；有的细菌不喜欢氧气，它们生活在不通气的土壤深层。如果改变这些细菌的生活条件，它们就会停止活动，失去生活能力。由于土壤中有丰富的有机质和无机盐，呈团粒结构，含有水分和氧气，且酸碱度呈中性，适宜微生物的繁殖，所以，微生物聚集最多的地方是土壤。

在自然环境中，微生物的活动促成了有机物和无机物之间不断地进行相互转化，积极地推动了碳、氮、氧、硫、磷等自然界的物质循环，对自然环境和人类的生存产生了巨大的影响。

例如，土壤中有大量的固氮菌，它能将空气中的游离氮固定，再逐步转变为硝酸盐，供给植物吸收；但是，反硝化细菌，却能把土壤中的硝酸盐还原成游离状态的氮，使氮再回到空气中。有些微生物能使土壤中不溶于水的无机盐分解成能溶于水的无机盐，如硅酸盐菌分解土壤中的硅酸盐，分离出植物需要吸收的钾盐；磷化细菌能使土壤中的磷酸钙转变成能溶于水的磷酸盐。然而硫化细菌能分解有机体而产生硫化氢，硫化氢再经氧化成为硫酸盐；肥料中的有机物经过微生物的发酵、腐烂，被分解成氨，亚硝化杆菌把氨转变成亚硝酸，硝化杆菌再把亚硝酸氧化成硝酸；有些微生物能分解动植物遗体，将其中的有机磷转变成无机磷。有些细菌会产生吡啶乙酸和其他生长激素，促进植物生长。

有些微生物生活在工厂排放的废水中，它们能分解废水中的化学物质，对净化废水起一定作用。

有些微生物危害人类健康，使人生病甚至死亡，它们被称作致病菌或病原微生物。传染病就是这些致病的微生物导致的。

动物也是各种微生物侵害的对象，从昆虫到哺乳动物，从飞禽到鱼类，它们都是病菌寄生繁殖的寄主。

当进入水体的污染物的量过高以致超过微生物自净能力的限度时，就会引起严重污染。有机污染源可能导致水中溶解氧消耗殆尽，使高等的水生生物无法存活，生态系统遭受严重破坏。过量的无机污染物则可能导致光合微生物的大量生长，引起所谓的“富营养化”。

水污染可引起一些疾病，例如霍乱、伤寒、斑疹伤寒、痢疾、脊髓灰质炎（小儿麻痹）、传染性肝炎等等。在多数的人类传染病中，致病菌大量出现在病人的分泌物中。

由于微生物有着极大的代谢能力和适应性，它们在消除各类污染物上显示出极大的能力。在环境工程中，人们已经把微生物作为水和固体废弃物处理和回用时的重要工具。所谓的生物处理就是在微生物参与下去除污染物的工艺过程。

近 20 年来，环境科学和技术以令人惊讶的速度发展着，以环境微生物学为基础的生物技术在其中起着最重要的作用。没有环境微生物学的知识，先进的环境生物治理技术的开发和应用是不可能的。所以，环境工程工作者必须对微生物在自然界的作用有一定的了解，才能具有开发微生物技术用于环境污染控制的能力。为此，学习环境微生物学的基本知识是必不可少的。

1 环境中的微生物类群

学习指南

经过几代科学家的艰苦研究和探索,人类认识到环境中的微生物类群分别是具有原核细胞型结构的细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、枝原体和衣原体等原核细胞型微生物类群和具有真核细胞型结构的真菌、显微藻类和原生动物等真核细胞型微生物类群以及不具细胞结构的病毒、类病毒、拟病毒和朊病毒等非细胞型微生物类群。科学家们详细地记载了各类群微生物个体的大小、形态、结构、繁殖方式、呼吸方式和营养类型,并确立了以“双名”制原则为它们取了国际上统一的学名,为人们认识和辨别它们打开了方便之门;并且还研究、总结了其个体和群体的生长规律,探讨了它们退化的原因,找到了防止其退化的措施,为人们深入地研究它们打下了良好的基础。

本章学习要求

了解微生物在分类系统中的地位及分类和命名;掌握细菌细胞的结构特点、菌落特征;了解蓝细菌的常见代表属的识别特征;掌握真菌的形态和菌落特征;掌握藻类植物的常见代表属的识别特征和原生动物常见代表属的识别特征;掌握细菌纯培养的群体生长规律;了解微生物群体生长的测定方法;了解微生物的变异实质、类型以及菌种衰退的概念。

1.1 环境微生物概述

微生物是自然界中个体微小、结构简单、肉眼直接看不见(大型真菌除外),必须借助光学显微镜或电子显微镜放大数百倍、数千倍,甚至数万倍才能观察到的微小生物。在自然界的分布极为广泛。江河、湖泊、海洋、土壤、矿层、空气等都有数量不等、种类不一的微生物存在。目前已经确定的微生物种类已达10多万种。其代谢方式多种多样,能够分解利用各种有机物,对于维持自然界的生态平衡起着重要的作用。

1.1.1 微生物的特点

1.1.1.1 个体微小、表面积大

微生物的个体极其微小。1500个头尾衔接的杆菌的长度仅为一粒芝麻的长度,而60~80个肩并肩排列的杆菌宽度仅有一根头发丝的宽度。每毫克的细菌约含有10亿~100亿个个体。

微生物的个体虽小,但单位体积占有的表面积(表面积/体积)很大。大肠杆菌单位体积占有的表面积是人的30万倍。微生物这种小体积大面积的体系,特别有利于它们与周围环境进行物质和能量以及信息的交换。

1.1.1.2 吸收营养快、转化能力强

微生物吸收营养的速度非常快,转化物质的能力非常强。大肠杆菌每小时要消耗其自身体重2000倍的糖。一个细菌在一小时内消耗的糖按质量比相当于一个人在500年时间内所

消耗的粮食，约为人的几百万倍。

微生物吸收营养快、转化物质能力强的特点使其具有迅速地将环境中的污染物分解转化为无害物质的能力，使它们在治理环境污染的工程中担当了主要的角色。

1.1.1.3 代谢旺盛、繁殖迅速

微生物具有惊人的繁殖速度。在37℃下的牛奶中培养大肠杆菌，仅12.5min就能繁殖一代。微生物的高速繁殖特性，大大提高了降解和转化环境污染物的效率，缩短了净化环境的时间。

1.1.1.4 容易变异、适应能力强

微生物在短时间内就能够出现大量的变异后代，对外界环境具有极强的适应能力。使它们对于人工合成的塑料、农药等污染物具有不断更新的降解能力，在治理环境的很多工程中都能发挥巨大的作用。

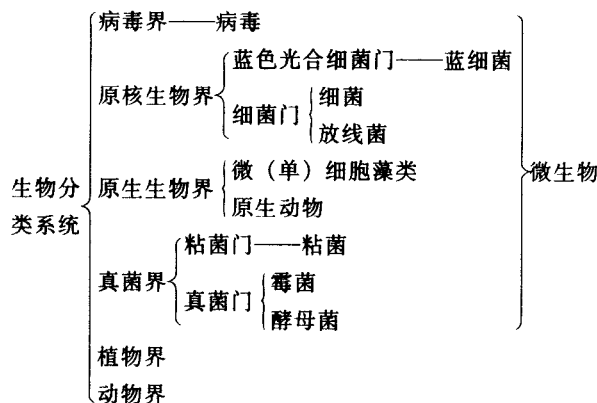
1.1.1.5 种类繁多，分布广泛

目前已确定的微生物种数大约有十万种左右。微生物在地球上的分布极为广泛，从高山到平地，从沙漠到绿洲，从江、河、湖、海到大气层中都生存着各种各样的微生物群体。

微生物具有其他任何动植物无法比拟的代谢类型和代谢产物，对于难降解的污染物具有共同降解的群体优势。

1.1.2 微生物在生物分类系统中的位置

微生物不是生物分类学上的名称。在生物学分类上，目前较为普遍接受的是魏塔克的五界系统，他将生物界分为动物界、植物界、真菌界、原核生物界、真核生物界。有科学家认为，在此基础上还应加上病毒界。微生物是属于病毒界、原核生物界、原生生物界与真菌界四个界的生物。微生物在生物分类系统中的位置见下表。



1.1.3 微生物的分类和学名

1.1.3.1 在生物分类系统中微生物的主要分类单位和学名

(1) 微生物的主要分类单位 在生物分类系统中微生物的主要分类单位由大到小依次为：界、门、纲、目、科、属、种。例如，啤酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae* Hansen) 属于：真菌界 (Fungi) 中的真菌门 (Eumycophyta); 真菌门中的子囊菌纲 (Ascomycetes); 子囊菌纲中的内孢霉目 (Endomycetales); 内孢霉目中的内孢霉科 (Endomycetaceae); 内孢霉科中的酵母属 (*Saccharoronyces*); 酵母属中的啤酒种 (*cerevisiae*)。

(2) 微生物的学名 与动、植物一样，每一种微生物 (病毒除外) 均有一个国际通用的用拉丁文命名的名字，称为微生物的学名。例如，啤酒酵母的学名为

用斜体字编排部分 用正体字编排部分 (使用时一般可省略)

其中用斜体字编排的部分是由两个拉丁文单词组成的。第一个词是由它所在的酵母属的属名“*Saccharomyces*”斜排而成的,字首字母要大写;第二个词是由它所在的啤酒种的种名“*cerevisiae*”斜排而成的,字首字母小写。也就是说,用微生物所在的属名和种名组合而成微生物的学名。这是由瑞典植物学家林奈所创立的“双名制”命名方法。微生物的学名都采用这种方法进行命名(病毒除外)。在学名中用正体字编排的部分是为避免不同发现者在命名同一微生物种时,出现同物异名或同名异物而在拉丁文双命名之后,附上的命名者的姓名或发表年份。例如,上述啤酒酵母学名中的“Hansen”为命名人的姓,一般在使用时可以省略掉。病毒的命名不采用上述命名法则,目前采用英语通用名。

1.1.3.2 按结构类型分类

按有无典型的细胞结构可将微生物分为两大类。

(1) 细胞型微生物 有典型的细胞结构,脱氧核糖核酸 DNA 和核糖核酸 RNA 同时存在。按细胞核的分化程度又可将细胞型微生物分为原核细胞型微生物和真核细胞型微生物两类:

① 原核细胞型微生物。细胞核没有核膜和核仁,只有一条裸露的 DNA,细胞器很不完善,只有核糖体。例如,细菌、支原体、衣原体、立克次体、螺旋体和放线菌都属于这类微生物。

② 真核细胞型微生物。细胞核分化程度高,有核膜和核仁,细胞器完整。真菌属于这类微生物。

(2) 非细胞型微生物 无典型的细胞结构,只能在活细胞内生长繁殖。核酸类型为 DNA 或 RNA,两者不同时存在。例如,病毒、类病毒、拟病毒和朊病毒等都属于非细胞型微生物。

1.1.3.3 按呼吸方式分类

根据对氧的不同要求,微生物可分为三大类。

(1) 好氧微生物 只能在有氧环境中生长的微生物。

(2) 厌氧微生物 在无氧的条件下才能正常生活的微生物。有些厌氧菌对无氧条件要求非常严格,称为严格厌氧菌,或专性厌氧菌。

(3) 兼性微生物 在有氧和缺氧的环境中都能生长的微生物。

1.1.3.4 按营养方式分类

根据对能源和碳源需求的不同,将微生物分为四大类。

(1) 光能自养型微生物 以 CO_2 作为碳源,以无机物为供氢体,通过光合作用来合成细胞的有机质的微生物称为光能自养型微生物。

(2) 光能异养型微生物 它以光为能源,可利用有机物作为供氧体以还原 CO_2 来合成细胞物质的微生物。

(3) 化能自养型微生物 这类微生物的能源来自无机物氧化产生的化学能,碳源是 CO_2 (或碳酸盐)。它们可以在完全无机的环境中生长。

(4) 化能异养型微生物 以有机物为碳源和能源的微生物称为化能异养型微生物。

化能异养型微生物又分为腐生和寄生的两类,前者利用无生命的有机物;后者寄生在活的有机体内,从寄主体内获取营养物质。腐生和寄生中间存在着中间类型,称为兼性腐生或兼性寄生。

1.2 原核微生物

1.2.1 细菌

1.2.1.1 细菌的形态和大小

细菌的基本形态有球状、杆状、弧状和螺旋状等种类，它们分别被称为球菌、杆菌、弧菌和螺菌。

球菌又有各式各样的形态：在细胞分裂后分散而独立存在的称为单球菌；两个联在一起的称为双球菌；四个联在一起的称为四联球菌；八个叠在一起的称为八叠球菌；像一串葡萄的称为葡萄球菌；像链条一样一长串的称为链球菌，如图 1-1 所示。

杆菌也有各式各样的形态：细胞长宽比较大的称为长杆菌；细胞长宽比较小的称为短杆菌；许多个联成一长串的称为链杆菌；末端膨大成棒状的称为棒杆菌，如图 1-1 所示。

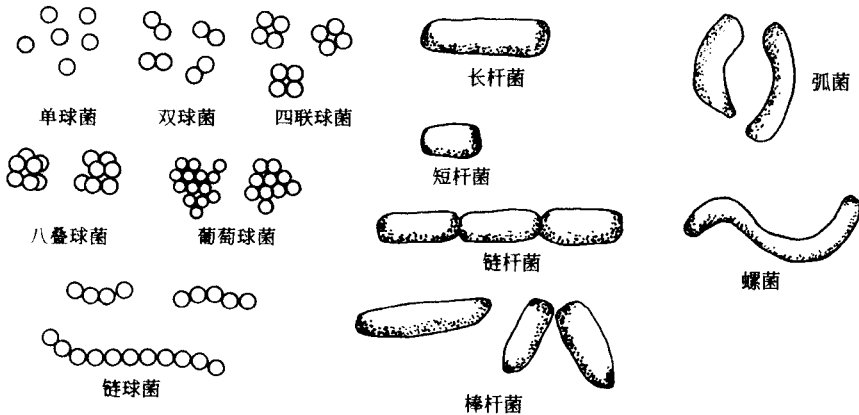


图 1-1 细菌的各种形态

弧菌是菌体略弯曲成弧状的细菌（见图 1-1），这类菌与略微弯曲的杆菌较难区别。

螺菌菌体弯曲盘绕成螺旋状（见图 1-1），螺旋满 2~6 个环。螺旋程度、螺距随菌种而异，有的较短，螺旋紧密；有的较长，并成较多的螺旋和弯曲。还有一种比螺旋菌弯曲得更多、更长的细菌体，称为螺旋体。

一般而言，球菌的直径多在 $0.2\sim 1.5\mu\text{m}$ 之间。大型杆菌一般为 $(1\sim 1.5)\mu\text{m}\times(3\sim 8)\mu\text{m}$ ，中型杆菌为 $(0.5\sim 1)\mu\text{m}\times(2\sim 3)\mu\text{m}$ ，小型杆菌为 $(0.2\sim 0.4)\mu\text{m}\times(0.7\sim 1.5)\mu\text{m}$ 。弧菌为 $(0.3\sim 0.5)\mu\text{m}\times(1\sim 5)\mu\text{m}$ ，螺菌为 $(0.3\sim 1)\mu\text{m}\times(1\sim 50)\mu\text{m}$ 。

1.2.1.2 细菌的菌落形态

由单个细胞或少数细胞在固体培养基表面繁殖形成的肉眼可见的子细胞群体称为菌落。

各种细菌形成的菌落具有相对稳定的形态特征如图 1-2 所示，这些特征包括大小、形状（圆形、假根状、不规则状等）、隆起形状（扩展、凸起、台状、乳头状）、边缘形状（整齐、波浪、锯齿、裂叶、有缘毛等）、表面状态（光滑、皱褶、颗粒、龟裂、同心环等）、光泽（闪光、不闪光、金属光泽等）、颜色、硬度、透明度等。菌落特征对菌种的识别和鉴定有一定意义。

菌落特征取决于组成菌落的细胞结构与生长行为，如具有荚膜的细菌形成光滑型菌落，即其表面光滑、粘稠，而不具有荚膜的细菌则形成粗糙型菌落，其表面干燥、皱褶。