



北京市高等教育精品教材立项项目

微生物应用技术

林海 主编

WEISHENGWU

YINGYONG JISHU



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



国家示范性高等职业院校规划教材

微生物应用技术

第二版

WUJIANGUO WU
JINGYUANGS JIANGUO

WUJIANGUO WU
JINGYUANGS JIANGUO

北京市高等教育精品教材立项项目

微生物应用技术

主 编 林 海

副主编 李天昕 陈月芳 周北海

冶金工业出版社

2011

内 容 简 介

本书针对微生物在生产及其生活中的应用进行编写,内容包括微生物的发现和基础知识及其在环境工程、矿业工程、石油工业、食品工业、医药工业、土壤及其他方面的应用。

本书可作为高等院校相关专业的教学用书,也可供从事微生物方面工作的工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物应用技术/林海主编. —北京:冶金工业出版社,
2011. 2

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 978-7-5024-5454-8

I. ①微… II. ①林… III. ①微生物学—实验—
高等学校—教材 IV. ①Q93—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 013327 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 于昕蕾 张 卫 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5454-8

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 2 月第 1 版,2011 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;19.5 印张;515 千字;298 页

39.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

微生物技术作为生命科学和生物技术发展的重要基础和先导,在解决人类面临的人口健康、资源紧缺、环境污染、粮食危机、生态破坏等严峻挑战方面具有不可替代的作用,因此发展微生物应用技术成为目前微生物学的研究热点之一。微生物技术作为生物技术的一个重要分支,目前已广泛应用于环境保护、矿业工程、石油工业、食品工业、医药、农业及其他工业领域,本书基于目前“宽口径、工程型”人才培养模式编写,力求为生物技术以及相关专业人才培养提供一本实用性强的教材。

本书结合目前国内外的最新研究成果,从环境污染治理、矿业、石油、食品、医药、农业等6个方面比较全面而有重点地介绍了微生物技术应用的基础知识和工程案例。在本书编写过程中,引用了国内外许多专家、学者和现场工程技术人员的新近研究成果,博士生董颖博、汪涵、霍汉鑫,硕士生赵志英、杨晓璐、吴文婷、于璐璐、李娜、许雅楠、张文卓、谭元思、隋梦琪、高琨、任艳等提供了各种帮助,在此深表感谢。

作为北京市高等教育精品教材立项项目和北京科技大学“十二五”规划教材,本书的出版得到北京市教育委员会、北京科技大学教务处、北京科技大学研究生院教材建设基金的资助。

书中的不足之处,敬请读者批评指正。

北京科技大学土木与环境工程学院
林 海 李天昕 陈月芳 周北海
2011年1月

目 录

1 绪论	1
1.1 微生物的发现	1
1.2 微生物的定义、化学组成和分类	1
1.2.1 微生物的定义	1
1.2.2 微生物的化学组成	2
1.2.3 微生物的分类和命名	3
1.3 微生物在自然界物质循环中的作用	4
1.3.1 碳素循环	5
1.3.2 氮素循环	5
1.3.3 硫循环	5
1.3.4 磷循环	5
1.3.5 铁循环	6
1.3.6 其他元素的循环	6
1.4 微生物学的发展历史	6
1.5 微生物的应用	7
1.5.1 微生物在环境保护中的应用	7
1.5.2 微生物在农业生产中的应用	7
1.5.3 微生物在食品工业中的应用	8
1.5.4 微生物在新能源开发中的应用	8
1.5.5 微生物在医疗和制药方面的应用	8
1.6 微生物应用技术的现状及前景	9
2 微生物在环境保护中的应用	10
2.1 三种基本处理方法	10
2.1.1 好氧处理	10
2.1.2 厌氧处理	13
2.1.3 兼氧	17
2.2 微生物技术在污水处理中的应用	17
2.2.1 活性污泥法	17
2.2.2 生物膜法	23
2.2.3 厌氧处理法	27
2.2.4 几种重点行业污水生物处理技术	35
2.3 微生物技术在城市固体废物处理中的应用	50
2.3.1 堆肥	50

2.3.2	卫生填埋	53
2.3.3	厌氧发酵	55
2.4	微生物在大气污染物的降解和转化中的应用	56
2.4.1	吸收法	56
2.4.2	洗涤法	58
2.4.3	过滤法	58
2.5	微生物与生物修复	60
2.5.1	微生物修复的机理及影响因素	60
2.5.2	污染土壤的微生物修复	62
2.5.3	污染河流的微生物修复	62
2.5.4	污染湖泊的微生物修复	67
2.5.5	污染地下水的微生物修复	67
2.5.6	污染海洋的微生物修复	69
2.5.7	污染大气的微生物修复	69
2.6	微生物絮凝剂的应用	70
2.6.1	微生物絮凝剂的种类	70
2.6.2	微生物絮凝剂的制备及絮凝机理	73
2.6.3	微生物絮凝剂的应用实例	75
3	微生物技术在矿业工程中的应用	79
3.1	微生物浸出提取	79
3.1.1	硫化矿的微生物浸出	79
3.1.2	微生物预氧化提金	86
3.1.3	碳酸盐、磷酸盐的微生物分解	88
3.2	微生物浮选	88
3.2.1	细菌对矿物可浮性的影响	88
3.2.2	微生物浮选在煤脱硫中的应用	90
3.2.3	微生物浮选药剂	93
3.3	微生物絮凝法在选矿中的应用	96
3.3.1	产生微生物絮凝剂的微生物类群	96
3.3.2	微生物药剂在选矿中的絮凝原理	96
3.3.3	微生物絮凝剂在选矿方面的研究现状	97
3.4	矿山废水的微生物处理	99
3.4.1	矿山酸性废水的处理技术	99
3.4.2	含重金属离子矿山废水处理技术	99
4	微生物在石油工业中的应用	102
4.1	微生物采油及微生物产物采油概述	102
4.1.1	微生物采油法(MEOR)	102
4.1.2	微生物产物采油法	104

4.2 石油工业微生物的应用技术	105
4.2.1 微生物在石油勘探中的应用	105
4.2.2 微生物在石油开采中的应用	106
4.2.3 石油的微生物脱硫	109
4.2.4 石油的微生物脱蜡	110
5 微生物在食品工业中的应用	116
5.1 微生物在食品制造中的应用	116
5.1.1 面包制作	116
5.1.2 豆腐乳的制作	118
5.1.3 泡菜制作	121
5.1.4 酱油酿造	123
5.1.5 食用醋生产	126
5.1.6 味精生产	129
5.1.7 氨基酸生产	133
5.1.8 发酵乳制品生产	134
5.2 微生物在饮料生产中的应用	137
5.2.1 酒精饮料	137
5.2.2 啤酒饮料	141
5.2.3 酸乳饮料	144
5.3 微生物在酶制剂生产中的应用	146
5.3.1 微生物淀粉酶	146
5.3.2 微生物蛋白酶	150
5.3.3 微生物脂肪酶	152
5.3.4 果胶酶	156
5.4 微生物在有机酸生产中的应用	158
5.4.1 微生物生产有机酸的种类	158
5.4.2 微生物生产有机酸的应用原理及方向	159
5.5 微生物在油脂开发中的应用	162
5.5.1 常见产油微生物种类	163
5.5.2 微生物油脂的生产工艺	163
5.5.3 微生物油脂的开发利用	165
5.5.4 微生物油脂的研究方向与展望	166
6 微生物在医药方面的应用	167
6.1 微生物药物的主要类型	167
6.2 微生物作为生物制品在医药中的应用	168
6.2.1 疫苗	168
6.2.2 类毒素	169
6.2.3 免疫血清	169

6.3	微生物产生的多糖	170
6.4	微生物次级代谢产物	170
6.4.1	抗生素药物来源	171
6.4.2	抗生素的种类	171
6.4.3	抗生素作用的逆反效应与后效应	172
6.4.4	抗生素的不良反应	173
6.5	微生物转化药物	173
6.5.1	微生物转化与新药开发	174
6.5.2	微生物转化与甾体药物	174
6.6	微生物药物的开发	175
6.6.1	微生物新药	175
6.6.2	微生物仿制药	175
6.6.3	干扰素	175
6.6.4	核苷酸	177
6.6.5	维生素	178
6.6.6	甾体类药物	180
6.7	疾病的诊断	182
6.7.1	形态学诊断	182
6.7.2	免疫学诊断	184
6.7.3	气相色谱法诊断	186
6.7.4	放射元素测量法诊断	188
6.7.5	阻抗测量法诊断	189
7	微生物技术在农业中的应用	191
7.1	微生物与土壤的生物活性	192
7.1.1	微生物与土壤肥力	192
7.1.2	土壤酶	194
7.2	微生物农药	195
7.2.1	农用抗生素	196
7.2.2	微生物杀虫剂	203
7.3	微生物肥料	211
7.3.1	根瘤菌剂	211
7.3.2	菌肥	214
7.4	微生物饲料	224
7.4.1	青贮饲料	224
7.4.2	糖化饲料	233
7.4.3	微生物蛋白饲料	235
7.5	食用菌栽培	238
7.5.1	食用菌生物学特征	238
7.5.2	食用菌栽种技术	247

7.6 微生物技术在水产养殖中的应用	257
7.6.1 改善养殖水体环境	257
7.6.2 提高菌种运输及培育的成活率	262
7.6.3 生态防病	264
8 微生物在其他工业中的应用	265
8.1 微生物技术在生物工程领域的应用	265
8.1.1 微生物在生物鉴定中的应用	265
8.1.2 微生物在生物工程中的应用	265
8.2 微生物在造纸工业的应用	267
8.2.1 微生物制浆	267
8.2.2 微生物漂白	268
8.2.3 废纸酶法脱墨	268
8.2.4 酶法纤维改性	269
8.3 微生物在纺织、印染和洗涤行业中的应用	269
8.3.1 纤维素酶的应用	269
8.3.2 蛋白酶的应用	269
8.3.3 淀粉酶的应用	270
8.3.4 果胶酶的应用	270
8.3.5 脂肪酶的应用	270
8.3.6 过氧化氢酶的应用	271
8.4 生物塑料	271
8.4.1 生物塑料的分类	271
8.4.2 生物塑料的制备机理	272
8.4.3 生物塑料的降解机理	280
8.5 微生物传感器	284
8.5.1 微生物传感器的原理	284
8.5.2 微生物传感器的应用	286
参考文献	292

1 绪 论

微生物(microorganism,简称 microbe)是包括细菌、病毒、真菌以及一些小型的原生动物等在内的一大类生物群体,它个体微小,却与人类生活密切相关。微生物在自然界中可谓“无处不在,无处不有”,涵盖了有益有害的众多种类,涉及健康、医药、工农业、环保等诸多领域。微生物是地球上最早出现的生命形式,是自然界中最小的生物。微生物的作用非常巨大,没有微生物的活动地球上的生命就不会存在。

1.1 微生物的发现

微生物是荷兰人列文·虎克(Antoni van Leeuwenhoek)于1673年发现的。列文·虎克(1632~1723年),出生在荷兰德尔夫特市,他从小家境贫困,靠编篮筐和酿酒谋生。在列文·虎克16岁的时候,父亲就去世了,他不得不到一家叫阿姆斯特丹的店铺里当学徒。6年后,22岁的列文·虎克回到家乡,结了婚,自己开了一个家庭实验室,把自己的业余时间 and 精力都投入到了这个实验室里。有一次,列文·虎克透过两片透镜看东西,发现很小的东西被放大了许多倍,这引起了他的兴趣。从此,他花在磨制镜片上的时间更多了。渐渐地,列文·虎克磨制的镜片放大倍数越来越高。为了用起来方便,他用两个金属片夹住透镜,再在透镜前面安上一根带尖的金属棒,把要观察的东西放在尖上观察,并且用一个螺旋钮调节焦距,这样就制成了一架简单的显微镜。连续好多年,列文·虎克先后制作了400多架显微镜,最高的放大倍数达300倍,他利用自制的显微镜观察各种生物和雨水,并惊异地发现这些物质里头有许多奇形怪状的“小人国”居民,这就是后来所说的微生物。

列文·虎克的发现为微生物的存在提供了强有力的证据。1673年,列文·虎克将自己从显微镜中观察到的微生物世界记录下来,用信件陆续寄给了当时的英国皇家学会,成为第一个发现微生物的科学家。大约200年后,人们在用效率更高的显微镜重新观察列文·虎克描述的形形色色的“小动物”,并知道它们会引起人类严重疾病和产生许多有用物质时,人们才真正认识到列文·虎克对人类认识微生物所作出的伟大贡献。

1.2 微生物的定义、化学组成和分类

1.2.1 微生物的定义

微生物一词并非生物分类学的专有名词,而是指一类肉眼看不见或看不清楚的微小生物的总称。人们通常要借助光学显微镜或者电子显微镜才能看清它们的形态和结构。微生物通常包括:细菌、病毒、真菌、放线菌、立克次体、支原体、衣原体、螺旋藻等。它们的大小和特征如表1-1所示。

表 1-1 微生物形态、大小和细胞类型

微生物	大小近似值	细胞特征
病毒	0.01 ~ 0.25 μm	非细胞的
细菌	0.1 ~ 10 μm	原核生物
真菌	2 μm ~ 1mm	真核生物
原生动物	2 ~ 1000 μm	真核生物
藻类	1 μm ~ 几米	真核生物

在自然界中也有一些例外,如许多真菌的实体、蘑菇等肉眼可见,某些藻类可以长到几米长。一般来说,微生物可以被认为是一些形体小、结构简单的低等生物。它们中的大多数是单细胞,即使是多细胞,也没有许多细胞类型。

1.2.2 微生物的化学组成

微生物细胞与其他生物的化学元素组成成分相似,主要由 C、H、O、N、P、S 以及各种矿质元素构成。其中 C、H、O、N 是微生物细胞的主要组成元素,占细胞干重的 90% ~ 97%,其余 3% ~ 10% 为 P、K 等矿质元素。微生物细胞含 C 量约占细胞干重的 50%,H 占细胞干重的 7% 左右。而 N 元素含量变化比较大,幼龄细胞含 N 量比老龄细胞高。表 1-2 列出了微生物细胞的化学组成和含量。

表 1-2 微生物细胞的化学组成含量(干重), %

成分	细菌	酵母菌	霉菌
水	75 ~ 85	70 ~ 80	85 ~ 90
蛋白质	50 ~ 80	32 ~ 75	14 ~ 52
核酸	10 ~ 20	6 ~ 8	1 ~ 2
糖类	12 ~ 28	27 ~ 63	7 ~ 40
脂类	5 ~ 20	2 ~ 15	4 ~ 40
无机元素	2 ~ 30	4 ~ 7	6 ~ 12

微生物细胞的这些元素主要以水、有机物和无机盐的形式存在。微生物细胞所含的物质多种多样,既有无机化合物,又有有机化合物,有机化合物中又包含低分子物质和高分子物质。细胞有机物成分的分析通常采取两种方式:一是用化学方法直接抽提细胞内的各种有机成分,然后加以定性和定量分析;另一种是先将细胞破碎,然后获得不同的亚显微结构,再分析这些结构的化学成分。无机物是指与有机物相结合或单独存在于细胞中的无机盐(inorganic salt)等物质。微生物化学组成因微生物的种类、生理状态和环境条件不同而不同,但通过对各种微生物细胞的化学组成和灰分的分析以及发酵产物中各种无机元素的分析,可大概看出微生物所需要的营养物质。

1.2.2.1 水

水是细胞维持正常生命活动所必不可少的,一般可占细胞重量的 70% ~ 90%。细胞湿重(wet weight)与干重(dry weight)之差为细胞含水量,常以百分率表示:(湿重 - 干重)/湿重 \times 100%。将细胞外表面所吸附的水分除去后称量所得重量即为湿重,一般以单位培养液中所含细胞重量表示(g/L 或 mg/mL),但在具体测量过程中,常由于细胞表面吸附水分除去程度的不同

而导致测量结果有误差,聚集在一起的单细胞微生物表面吸附的水分难以除去,这些吸附的水分可占湿重的10%。采用高温(105℃)烘干、低温真空干燥和红外线快速烘干等方法将细胞干燥至恒重即为干重。值得注意的是,采用高温烘干法会导致细胞物质分解,而利用后两种方法所得结果较为可靠。

1.2.2.2 矿质元素

矿质元素约占细胞干重的3%~10%。将细胞干物质烘干成灰,得到各种矿质元素的氧化物,称为灰分。在这种灰分中以磷的含量最高,约占灰分元素的50%,其次为钾,约占灰分总量的20%,其余元素如钠、镁、钙、铁、锰、铜等含量较少。这些含量甚微的元素称为微量元素,与之相对应的其他含量较高的元素称为主要元素。微生物细胞中的几种主要元素的含量见表1-3。

表1-3 微生物细胞中的几种主要元素的含量(干重),%

元 素	细 菌	酵 母 菌	霉 菌
C	50	49.8	47.9
N	15	12.4	5.2
H	8	6.7	6.7
O	20	31.1	40.2
P	3	—	—
S	1	—	—

1.2.2.3 有机物质

微生物细胞的干物质有90%以上是有机物。主要是蛋白质、核酸、碳水化合物、脂类、维生素及其降解产物。根据其作用可分为三类:一是结构物质,包括高分子的蛋白质、多糖、核酸和脂类等,它们是细胞壁、细胞核、细胞质和细胞器的重要结构成分;二是贮藏物质,包括存在于细胞内的多糖和脂类;三是代谢底物和产物,包括存在于细胞内的糖、氨基酸、核苷酸和微生物等低分子质量化合物。它们既是细胞内同化成高分子化合物的前体,也是进一步分解代谢的中间产物,有些还能够以次生代谢产物的形式积累于细胞内或分泌到环境中。

1.2.3 微生物的分类和命名

1.2.3.1 微生物的分类

分类是人类认识微生物,进而利用和改造微生物的一种手段,微生物工作者只有在掌握了分类学知识的基础上,才能对纷繁的微生物类群有一清晰的轮廓,了解其亲缘关系与演化关系,为人类开发利用微生物资源提供依据。除病毒之外,微生物和其他生物分类一样,分为七个基本的分类等级或分类阶元,由上而下依次是:界、门、纲、目、科、属、种。在分类中,若这些分类单元的等级不足以反映某些分类单元之间的差异时,也可以增加亚等级。

在上述分类单位中,种(species)是最基本的分类单位。作为分类单位的等级,微生物的种可以看作是:具有高度特征相似性的菌株群,这个菌株群与其他类群的菌株有很明显的区别。正是由于微生物种的划分缺乏统一的客观标准,分类学上已经描述的种潜藏着不稳定性,有的种可能会随着认识的深入、分种依据的变化而进行必要的调整。

亚种(subspecies),当某一个种内的不同菌株存在少数明显而稳定的变异特性或遗传性而又

不足以区分成新种时,可以将这些菌株细分成两个或更多的小的分类单元——亚种。亚种是正式分类单元中地位最低的分类等级。

型(form),常指亚种以下的细分,当同种或同亚种不同菌株之间的性状差异,不足以分为新的亚种时,可以细分为不同的型。

菌株(strain),从自然界分离得到的任何一种微生物的纯培养物都可以称为微生物的一个菌株;用实验方法(如诱变)所获得的某一菌株的变异型,也可以称为新的菌株,以便与原来的菌株相区别。菌株是微生物研究 and 应用中最基本的操作实体。一般来讲,自然界中的种应该是有限的,但菌株是无限的。菌株的表示方法是在种名后面加编号、字母或其他符号,以示区别。

1.2.3.2 微生物的命名

微生物的命名和其他生物一样,都按国际命名法命名,即采用林奈氏(Linnaeus)所创立的“双名法”。每一种微生物的学名都隶属于种而命名,由两个拉丁字或希腊字或者拉丁化了的的其他文字组成。属名在前,规定用拉丁字名词表示,首字母要大写,由微生物的构造、形状或由著名的科学家名字而来,用以描述微生物的主要特征。种名在后,用拉丁形容词表示,首字母小写,为微生物的色素、形状、来源、病名或著名的科学家姓名等,用以描述微生物的次要特征。此外,由于自然界的生物种类繁多,为了命名更明确,避免误解,故在正式的拉丁名称后面附着命名者的姓。例如。金黄色葡萄球菌的学名为:*Staphylococcus aureus* Rosenbach 1884;属名为:葡萄球菌;种名为:金黄色 命名人的姓 命名年份。

1.3 微生物在自然界物质循环中的作用

微生物是物质循环中的重要成员。微生物参与所有的物质循环,大部分元素及其化合物都受到微生物的作用。在一些物质循环中,微生物是主要的成员且起到主要的作用;而一些过程只有微生物才能进行且起独特作用;而有的则是循环中的关键过程且起到关键作用。

自然的物质循环可以归结为(1)无机物质的有机质化或生物合成作用;(2)有机物质的无机质化或分解作用两个对立的过程。微生物在自然界中广泛分布,同时由于微生物种类繁多,不同种类微生物的细胞内具有不同的酶体系,在进行生命活动时,各种微生物能利用周围环境中的不同有机质为养料进行物质代谢,最后分解成无机化合物。微生物最大的价值也在于其分解功能。它们分解生物圈内存在的动物和植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,再供初级生产者使用。由于微生物的生命活动,使自然界数量有限的植物营养成分能够周而复始地循环利用,在自然界的碳素、氮素以及各种矿质元素的循环中微生物起着重要的作用。

植物体一部分被动物用作食料,一部分以残株和其他残余物的形态归还到土壤之中。动物残体以及排泄物迟早也要进入土壤,故自然界有机物质的分解作用主要是在土壤中并在各类群微生物的参与下进行的,它影响着土壤的肥力和植物营养。植物从土壤中吸收氮、磷、钾及各种矿质营养元素,这些元素在土壤中以不同的状态存在。土壤中很多腐生性微生物将有机质分解,使其中氮、磷、硫等植物营养元素释放出来。土壤中的各种矿物质所含的硫、磷、钙、镁、铁、钾等,可由各类微生物生命活动所产生的酸类,如碳酸、有机酸以及硝酸、硫酸、磷酸等部分地溶解出来。有些微生物引起某些矿质化合物的氧化和还原。微生物生命活动的结果,一方面能使各种植物营养元素成为植物可以直接利用的状态,另一方面也能引起一些植物营养元素的损失或者变为植物不能吸收利用的状态。例如铁、锰氧化物沉淀以及硝酸盐、硫酸盐还原生成游离氮或硫

化氢等。

1.3.1 碳素循环

碳是构成生物体的主要元素,碳素循环主要包括空气中二氧化碳通过光合作用形成有机化合物,以及有机物被分解释放出二氧化碳到大气中,这是自然界最基本的物质循环。光能和化能自养生物把大气中的二氧化碳固定为有机碳——活细胞的组分。然后,一部分有机碳通过食物链在生态系中转移。食物链各营养级机体的呼吸作用释出二氧化碳,机体的排泄物和尸体被还原者分解而释出二氧化碳。在有氧条件下,有机物被好氧和兼性厌氧的异养微生物代谢,有机碳的最终代谢产物为二氧化碳,剩下不可降解或降解很慢的含碳化合物即腐殖质。参与分解的微生物包括真菌、细菌和放线菌。生态系中的微生物区系处于不断变化的状态以适应基质的变化。环境中氮、磷等元素的浓度可影响有机物降解速率。菌体 C:N:P 比例接近 100:10:1,氮、磷含量不足会限制有机物的分解。在厌氧条件下,有机物的分解几乎完全是细菌的作用。微生物在厌氧条件下分解有机物释放能量少,这导致了细胞得率低,有机物分解速率慢,基质降解不彻底,产物主要是有机酸、醇、二氧化碳、氢等。产甲烷菌可使之转化为甲烷,这是最重要的厌氧转化之一。

1.3.2 氮素循环

元素氮也是生命所必需的。在活细胞内,氮是所有氨基酸、核酸(DNA 和 RNA)及其他许多重要分子的主要组分。分子氮在大气中的含量很丰富,约占 79%,但绝大多数生物无法直接利用。只有当游离氮被“固定”成为含氮化合物后,才能被这些生物吸收利用,氮成为活细胞的一部分并进入生态系统中的食物链。氮在生态系统中的循环涉及一系列相当复杂的过程,这些过程大多是由微生物调节的。

1.3.3 硫循环

硫是生物的重要营养元素,它是一些必需氨基酸和某些维生素、辅酶等的成分。在自然界中,硫以元素硫、无机硫化物和有机态硫的形式存在。生物圈中的硫进行着许多复杂的氧化还原反应,这些反应大多是由微生物调节的。自然界中的硫和硫化氢,经微生物氧化作用形成 SO_4^{2-} , SO_4^{2-} 在缺氧环境中可被微生物还原成 H_2S ,也可被植物或微生物同化还原成有机硫化物,成为自身的组成成分。动物食用植物和微生物,又将其转变成动物的有机硫化物;当动、植物和微生物的尸体,以及排泄物中的有机硫化物被微生物分解时,再以 H_2S 和 S 的形态返回自然界,于是整个硫素循环完成。概括地说硫素循环包括分解作用、同化作用、硫化作用和反硫化作用。微生物参与硫素循环的各个过程,并在其中起重要作用。硫的生物地球化学循环包括:还原态无机硫化物的氧化、异化硫酸盐还原、硫化氢的释放(脱硫作用)、同化硫酸盐还原。微生物参与所有这些循环作用。

1.3.4 磷循环

磷是所有生物必需的营养元素,在生态系统中储量并不丰富。在生物体中以磷酸盐形式结合在有机物中,是核酸、磷脂等的重要组成成分。此外磷在细胞能量代谢中起核心的作用(ATP, ADP),在能量过剩时,细胞以多聚磷形式储存能量,当缺少能量时又可以分解多聚磷提供能量。磷的生物地球化学循环,不在价态的改变,而只是在无机磷和有机磷之间或固定态和自由磷之间的循环转化,微生物在其中起着重要的中介作用。

1.3.5 铁循环

铁循环的基本过程是氧化和还原,只有二价的亚铁才能被植物、微生物等吸收和利用,转化为含铁有机物。二价铁、三价铁和含铁有机物在微生物的作用下发生氧化、还原和螯合反应,推动铁的循环。微生物对铁作用表现在三个方面:

铁的氧化和沉积:中性环境中,在铁氧化菌的作用下亚铁化合物被氧化成铁化合物而沉积下来。

铁的还原和溶解:细菌还原高价铁为亚铁是自然界中铁溶解的主要方式。

铁的吸收和同化:微生物可以产生非专一性和专一性的铁螯合剂作为结合铁和转运铁的化合物。

1.3.6 其他元素的循环

自然界中的微生物,除了参与及推动上述元素的循环之外,还以多种方式进行着许多元素的同化代谢和异化代谢,与其他生物协同作用,如氢、氧、铁、钙、锰、硅等,各种元素的循环不是独立进行的,而是相互影响相互制约的。微生物在这些元素的循环中的作用主要有:(1)有机物的分解作用。(2)无机离子的固定作用和同化作用。(3)无机离子和化合物的氧化作用。(4)氧化态元素的还原作用。

1.4 微生物学的发展历史

因为微生物很小,构造又简单,所以人们充分认识它,并发展为一门学科,与其他学科相比较晚。尽管如此,我国人民很早就开始微生物的应用了,我国是最早应用微生物的国家之一。4000多年前我国酿酒已经十分普遍。在农业中,已经在利用豆科植物轮作提高土壤肥力。这些事情说明,尽管人们当时对微生物并不了解,但早已经同微生物打交道了。微生物学真正作为一门学科,是从有显微镜开始的。微生物学的发展史可分为五个时期,即史前期、初创期、奠基期、发展期和成熟期。

(1)史前期 (约8000年前~1676年)。史前期是指人类还未见到微生物个体,尤其是细菌细胞前的一段漫长的历史时期,大约在距今8000年前直至公元1676年间。当时的人类虽未见到微生物的个体,却自发地与微生物频繁地打交道,并凭自己的经验在实践中开展利用有益微生物和防治有害微生物的活动。但由于在思想方法上长期停留在“实践—实践—实践”的基础上,因此只能长期处于低水平的应用阶段。

(2)初创期 (1676~1861年)。人们对微生物的利用非常早,但是却始终无法证实微生物的存在。直到荷兰人列文·虎克发明了显微镜,利用其观察并描绘了雨水、牙垢、血液、污水中的微小生物,其研究结果发表在了英国《皇家学会科学研究会报》上,为微生物的研究创造了条件。从1676年列文·虎克用自制的单式显微镜观察到细菌的个体起,直至1861年近200年的时间,在这一时期中,人们对微生物的研究仅停留在形态描述的低级水平上,而对它们的生理活动及其与人类实践活动的关系却未加研究,因此,这一时期又称为“形态学时期”。

(3)奠基期 (1861~1897年)。微生物作为一门学科,是在19世纪中期才发展起来的。以法国人巴斯德(L. Pasteur)和德国人柯赫(Robert Koch)为代表的科学家研究了微生物的生理活动,并与生产和预防疾病联系起来,为微生物学奠定了理论和技术基础。奠基期从1861年巴斯德根据曲颈瓶试验彻底推翻生命的自然发生说并建立胚种学说起,直至1897年这一段时间。其

特点为:1)建立了一系列研究微生物所必要的独特方法和技术;2)借助于良好的研究方法,开创了寻找病原微生物的“黄金时期”;3)把微生物学的研究从形态描述推进到生理学研究的新水平;4)开始客观上以辩证唯物主义的“实践—理论—实践”的思想方法指导科学实验;5)微生物学开始以独立的学科形式形成,但当时主要还是以其应用性分支学科的形式存在。

(4)发展期 (1897~1953年)。1897年德国人 E. Buchner 用无细胞酵母菌压榨汁中的“酒化酶”(zymase)对葡萄糖进行酒精发酵成功,建立了现代酶学,从而开创了微生物生物化学研究的新时代。此后,微生物生理、代谢研究蓬勃开展起来。1929年英国医生 A. Fleming 发现青霉素能抑制细菌生长。1944年,美国土壤微生物学家 Waksman 等找到了链霉素、氯霉素等数百种抗生素,抗生素工业开始发展起来。20世纪30年代电子显微镜的发明,突破了光学显微镜的限制,为微生物等学科提供了重要的观察工具。

(5)成熟期 (1953年至今)。从1953年4月25日 J. D. Watson 和 H. F. C. Crick 在英国的《自然》杂志上发表关于 DNA 结构的双螺旋模型起,整个生命科学就进入了分子生物学研究的新阶段,同样也是微生物学发展史上成熟期到来的标志。电子显微镜的应用、同位素示踪原子的应用、生物化学和生物物理学等边缘学科的建立,推动了微生物学向分子水平的纵深方向发展。20世纪是生命科学发展的关键阶段,微生物在其中发挥了不可替代的独特作用,微生物世界是一个广阔的天地,等待着我们去研究和发现。

1.5 微生物的应用

微生物与人类的生活息息相关,它与人类社会和文明的发展有着极为密切的关系。微生物与人类关系的重要性和对于人类已有文明所做出的贡献,有着光辉的记录。微生物在人类的社会生活中有着广泛的应用。

1.5.1 微生物在环境保护中的应用

在全面推进经济发展的同时,滥用资源、破坏环境的现象也日益严重。面对全球环境的一再恶化,提倡环保成为全世界人民的共同呼声。而生物除污在环境污染治理中潜力巨大,微生物参与治理则是生物除污的主流。应用生物降解能力使有害废物无害化或低毒害化,是当今环境治理的主要研究方向。微生物作为生物界的主要降解类群,在水体污染、固体废弃物污染、重金属污染、化合物污染、石油及大气污染等治理过程中,均取得显著效果。如在污水处理过程中,微生物可有效去除污水中的有机物。微生物在污水中能繁殖生长,并通过氧化还原发酵等途径分解氧化有机物,把有害有毒物质转化为无害无毒有机物,从而在污水治理中发挥作用。目前,污水的微生物处理主要有活性污泥法、生物膜法、厌氧处理法、氧化塘法等。又如,在受重金属污染土壤的修复中,微生物可以对土壤中的重金属进行固定、移动或转化,改变它们在土壤中的环境化学行为,可促进有毒、有害物质解毒或降低毒性,从而达到生物修复的目的。从目前来看,微生物修复是最具发展和应用前景的生物修复技术,值得人们关注。

1.5.2 微生物在农业生产中的应用

人类在农业生产中对微生物资源的利用已经有四五千年的历史,如酿酒、制醋等。近代,随着现代生物技术的不断进步,微生物作为一种重要的资源,由于其生长周期短、易于大规模培养等优点,已经被运用于农业生产的方方面面。我国是一个传统的农业大国,在农业现代化进程中,对农业微生物资源的开发利用尤为重要。近年来,以微生物饲料、微生物肥料、微生物农药、