

微生物学

谭洪治 主编



★ 高等教育出版社

★ GAODENG JIAOYU CHUBANSHE

微生物学

谭洪治 主编

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
四川省金堂新华印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张15.25 字数350 000

1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷

印数0001--7 670

ISBN7-04-000581-6/Q·116

定价 3.50 元

前 言

这本《微生物学》教材，是根据国家教委1986年10月在成都召开的全国卫星电视教育中学师资培训教材工作会议的精神，为全国中学在职生物学教师的进修和卫星电视教育而编写的。编写时注意突出成人教育的特点，力求起点适中，由浅入深，通顺易懂，并适当增加图表以帮助理解，突出重点以利于学习。

本书第二、八章由广东教育学院谭洪治编写，第一、五、六、九、十一章由长春教育学院史湘臣编写，第三、四、七、十章由江苏教育学院蓝宇泽编写。谭洪治任主编。

本书编写过程中，得到了山东大学王祖农教授、北京大学钱存柔副教授、复旦大学周德庆副教授、中国人民解放军兽医大学王世若副教授、中山大学吕翠玲老师等的指导和帮助。在编写过程中还得到了广东教育学院、江苏教育学院和长春教育学院领导同志的大力支持与帮助，在此一并致谢。

本书由王祖农教授审稿，对王教授的辛勤劳动，为全国普教培训师资作出的贡献，表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，编写时间仓促，缺点和错误在所难免，恳请各院校在使用过程中提出宝贵意见，以便进一步修订提高。

编 者

1987年10月

目 录

第一章 绪 论	1	三、无机盐	57
第一节 微生物与微生物学	1	四、生长因素	57
一、什么是微生物	1	五、水分	58
二、微生物的特点	1	第二节 微生物对营养物质的吸收	59
三、微生物在生物界中的地位	3	一、营养物质的吸收与细胞膜	59
四、微生物学及其任务	3	二、营养物质透过细胞膜的机制	60
第二节 微生物学的发展	4	第三节 微生物的营养类型	63
一、我国古代对微生物的利用	4	一、光能营养型	63
二、微生物学的发展	4	二、化能营养型	66
三、我国微生物学工作概况	6	第四节 微生物的人工营养环境——	
第三节 研究微生物的重要意义	6	培养基	68
一、微生物是研究生命科学的重要材		一、配制培养基的基本原则	68
料	6	二、培养基的类型	70
二、微生物在生物工程中的重要性	7	第四章 微生物的代谢	74
三、微生物与人类的密切关系	7	第一节 代谢	74
第二章 微生物的形态结构	9	一、代谢的概念	74
第一节 原核微生物	9	二、分解代谢与合成代谢的关系	74
一、细菌	9	第二节 代谢与酶	75
二、放线菌	16	一、酶的特性	75
三、其他原核微生物	21	二、酶的结构与功能	77
第二节 真核微生物——真菌	26	三、酶在微生物细胞中的分布	77
一、酵母菌	27	四、酶的生成与调节	78
二、霉菌	31	第三节 微生物的产能代谢	83
三、大型真菌	36	一、微生物代谢的能量来源	83
四、真核微生物与原核微生物的比较	41	二、微生物代谢的能量传递	83
第三节 病毒	45	三、微生物的主要产能代谢途径	86
一、病毒的概念	45	第四节 微生物的呼吸和发酵	93
二、病毒的形态结构	46	一、有氧呼吸	93
三、病毒的增殖	49	二、无氧呼吸	95
四、烈性噬菌体与温和噬菌体	52	三、发酵	95
五、病毒的类别	53	第五节 微生物细胞物质的合成与	
第四节 微生物主要类群形态特征比较	55	分解	98
第三章 微生物的营养	57	一、细胞物质的合成	100
第一节 微生物的营养物质	57	二、微生物细胞物质的分解	105
一、碳源	57	第六节 微生物的次生代谢物	105
二、氮源	57	第五章 微生物的生长	109

第一节 微生物的生长规律	109	四、原生质体育种	166
一、微生物的个体生长与群体生长	109	五、基因工程	167
二、研究微生物生长的一般方法	113	第八章 传染与免疫	171
第二节 外界因子对微生物生长的影响	115	第一节 传染	171
一、理化因子	115	一、传染源	171
二、化学杀菌剂	119	二、传染途径	171
三、化学治疗剂	120	三、传染类型	172
第六章 微生物生态	122	四、病原微生物的致病作用	172
第一节 自然界微生物的分布	122	第二节 机体的免疫性	174
一、土壤中的微生物	122	一、先天性免疫	174
二、水中的微生物	123	二、获得性免疫	176
三、空气中的微生物	124	第三节 抗原和抗体的免疫反应	178
四、工农业产品中的微生物	124	一、抗原	178
五、正常人体中的微生物	126	二、抗体	179
第二节 微生物间及微生物与其他		第四节 免疫学防治	182
生物间的关系	127	一、人工免疫法	182
一、互生关系	127	二、生物制品	182
二、共生关系	128	第九章 微生物分类	187
三、拮抗关系	130	第一节 微生物的分类单位和命名	187
四、寄生关系	130	一、微生物的分类单位	187
第三节 微生物在自然界的作用	131	二、几个次要分类单位的概念	187
一、微生物与自然界的物质循环	132	三、微生物的命名	188
二、微生物与土壤及生物源矿床的形成	135	第二节 微生物的分类依据	189
第四节 微生物与环境保护	136	一、形态特征	189
一、微生物对环境的污染作用	136	二、生理性状	189
二、微生物对环境的净化作用	137	第三节 微生物的分类系统	190
第七章 微生物的遗传变异与育种		一、细菌分类系统	190
.....	139	二、放线菌的分类系统	191
第一节 微生物的遗传	139	三、酵母菌和霉菌的分类	191
一、微生物的遗传物质	139	四、病毒的分类	193
二、基因——遗传的功能单位	140	第十章 微生物学的基本研究方法	
第二节 微生物的变异	146		194
一、DNA 分子中的碱基配对原则	146	第一节 微生物的纯种分离	194
二、突变机制	146	一、分离微生物需具备的条件和用具	
第三节 基因重组	149		194
一、真核微生物的基因重组	149	二、微生物的接种方法	195
二、原核微生物的基因重组	150	三、微生物的分离方法	197
第四节 微生物的育种技术	155	四、灭菌与消毒	200
一、诱变育种	155	第二节 微生物的培养	206
二、营养缺陷型的分离与鉴别	161	一、表面培养法	206
三、杂交育种	164	二、固体培养法	206

三、深层培养法	207	四、微生物冶金技术的应用	220
四、活体培养法	210	第二节 微生物在农业上的应用	221
第三节 微生物菌种保藏	212	一、根瘤菌的应用	221
一、琼脂斜面冰箱保藏法	212	二、5406 菌肥的应用	222
二、液体石蜡保藏法	213	三、微生物杀虫剂	223
三、麸曲保藏法	213	四、其他方面的应用	225
四、沙土保藏法	214	第三节 微生物在医药方面的应用	226
五、冷冻干燥保藏法	214	一、抗生素	227
第十一章 微生物的应用	217	二、氨基酸	228
第一节 微生物在工业上的应用	217	三、维生素	230
一、微生物酶的应用	217	四、激素类药物	232
二、微生物多糖的应用	219	五、生物制品	233
三、微生物其他代谢产物的应用	220	主要参考书目	234

第一章 绪 论

第一节 微生物与微生物学

一、什么是微生物

在广阔的自然界中,除了种类繁多的动物和植物以外,还存在着一个肉眼难以发现,常被人们忽视的庞大的微生物世界。

什么是微生物呢?顾名思义,微生物是一切微小生物的总称。就是说,生物界中所有形体微小、结构简单的低等生物,统称为微生物。它们包括病毒、细菌、放线菌、立克次氏体、衣原体、支原体、酵母菌和霉菌等,有的学者把单细胞藻类和原生动物也包括在内。由此可见,微生物不是分类学的概念,而是一个十分庞杂的低等生物类群。

微生物的个体相当微小,测量它们的大小通常要用微米(μm)或纳米(nm)为单位,1微米等于1/1 000毫米(mm),1纳米等于1/1 000微米。显然,这样微小的生物,用肉眼一般是看不见的,必须借助显微镜将它们放大几百倍乃至上千倍才能看清,有些微生物,例如病毒,甚至用普通光学显微镜也无法看到,只得借助电子显微镜将它放大几万倍,以至10几万倍才能观察到。此外,从进化的角度看,所有微生物都属于比较简单和原始的低等生命类型。它们有单细胞的个体,如细菌、放线菌及大多数酵母菌,也有简单的多细胞个体,如大多数霉菌,还有一些是根本没有细胞结构的大分子生物如病毒。可见,形体微小,结构简单,这是所有微生物的基本特征。

二、微生物的特点

微生物除了个体微小、结构简单这一基本特征以外,还有一些其他特点也是与众多生物不同的。

(一) 种类繁多

微生物的数量和种类是十分惊人的。一滴水,一颗土粒往往就是一个微生物“社会”。其中以土壤内的生存密度最大,1克较肥沃的土壤常含有几亿到几十亿个微生物,贫瘠土壤每克也含有几百万到几千万个。一只肮脏的苍蝇,全身能携带5亿多个细菌,三对足能粘附700万至1 000万个细菌,可见微生物的密集度之大。微生物的种类也很可观,自然界已知的微生物就有10万种左右。有人估计,这个数字仅占自然界微生物种类的1/10,所以微生物资源的开发潜力是很大的。尤其微生物的生理类型多种多样,如细菌光合作用,化能合成作用,生物固氮作用,厌氧性的生物氧化作用以及烃代谢,合成各种次生代谢产物,如抗生素、毒素、维生素、赤霉素等,分解各种复杂化合物,如纤维素、木素、甲壳素、琼脂、角蛋白,一些塑料等和分解极毒物质,如酚、氰、甲醛、多氯联苯等。显然,微生物多种多样的代谢类型,可为生产实践和科学研究提供丰富的菌种资源。

(二) 分布广泛

微生物是地球上分布最广泛的一类生物。在辽阔的自然界中,无论土壤、水域、空气以及动物、植物、人体内外,都有大量微生物存在。从炎热的赤道,到酷寒的极地;从阳光强烈的万米高空,到终年不见阳光的万米海底;从绿色无边的平原,到荒芜人烟的沙漠;从冰雪高山,到泥泞沼泽,到处都有微生物的踪迹。尤其令人惊奇的是,有些微生物能够在异常的条件下生存,例如耐酸菌能在10%的硫酸溶液中生活,嗜热菌能在温度高达98°C以上的温泉中生活,有的甚至在高达200—300°C的深海底火山口附近也能活动,嗜盐菌在含盐量高达23—25%的死海里,甚至30%的氯化钠溶液中和盐块上存活。显然这是一般生物所望尘莫及的。

(三) 繁殖迅速

微生物的繁殖速度也是同样惊人的,比高等动植物快得多。有些细菌,在适宜条件下,每20分钟就可繁殖一代。例如大肠杆菌,1个细菌经20分钟就分裂成2个,每小时可分裂3次。这样,1个细菌繁殖3代就产生8个细菌,即:

1 小时	$1 \times 2^3 = 8$ 个
2 小时	$8 \times 2^3 = 64$ 个
3 小时	$64 \times 2^3 = 512$ 个
4 小时	$512 \times 2^3 = 4\,096$ 个
⋮	
⋮	

照此速度繁殖下去,24小时就可繁殖72代,其增殖速率是相当惊人的。但因种种条件的限制,这种繁殖速度是不能持久的。尽管如此,微生物这种快速繁殖能力应用到工业发酵上,在短时间内得到大量增殖,收获较多的产物,也是有着重要意义的。

(四) 代谢旺盛

微生物的个体虽然微小,但却有很大的表面积与体积的比值。就是说,物体分割得越细,其单位体积所占有的表面积值就越大,所以,微生物细胞实质上都是一个小体积大面积的独立生活个体,能迅速地和周围环境进行物质交换,因此,微生物具有较强的合成与分解能力,其代谢强度比高等动植物高得多。例如有人研究认为,活跃的大肠杆菌,每小时可消耗自重2000倍的糖。乳酸菌每小时可产生其自重1 000~10 000倍的乳酸。一种产朊假丝酵母(*Candida utilis*)合成蛋白质的能力是大豆的100倍,是肉用公牛的10 000倍。可见,微生物的这种高效率吸收转化能力,是有巨大应用价值的。

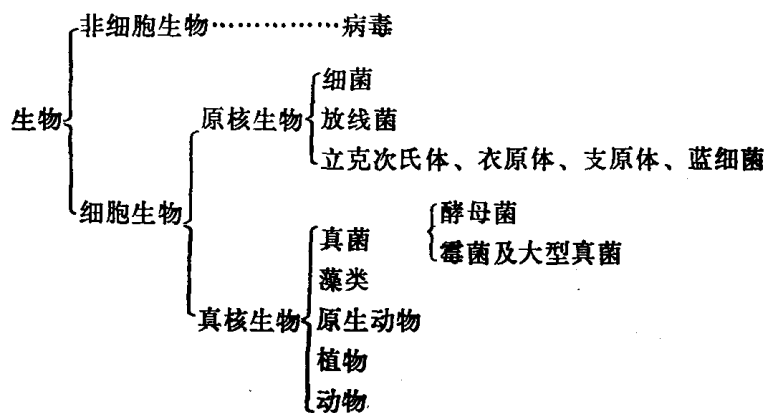
(五) 容易变异

微生物在漫长的进化历程中,其适应性与变异性都较高等动、植物突出。这是由于微生物的个体小,对外界环境条件直接接触而表现特别敏感,因此,当环境剧烈变化时,多数个体容易死亡而被淘汰,少数个体则发生变异而适应新的环境。微生物的这种易变性,从利用微生物的角度讲,既有利又不利。有利的是可以利用其容易变异的特点进行菌种选育,并可在短时间内获得优良菌种。例如青霉素产生菌,最初产量每毫升只有几十单位,可是通过大量人工诱变育种,现已培育出每毫升产量达上万单位的优良菌种。不利的是即便是优良菌种,若保存不当或

在人工培养基上经多次传代后,菌种的优良特性也极易发生退化。例如白僵菌菌种,经30代移种后,其致病力降低50%。可见,充分认识和运用微生物的特点,对利用和改造微生物是极为重要的。

三、微生物在生物界中的地位

在微生物学产生以前,人们曾将所有生物分为植物和动物两大界,这种两界系统已沿用200多年,至今仍在使用。但人类发现微生物并对它们进行深入研究以后认为,有些微生物,如单细胞藻类,近似植物,应属植物界;有些微生物,如原生动物,它们的生物学特性近似动物,应属动物界;而有一些微生物,将它们归入动物界或植物界则均不合适,因此,19世纪70年代,有人提出三界系统,将生物界分为微生物界(或原生生物界),植物界和动物界,这也是人们至今仍然保留的通俗而习惯的概念。现代生物学观点,则将生物区分为细胞生物和非细胞生物两大类,非细胞生物主要是病毒。细胞生物又分为原核生物与真核生物两个进化发展阶段。原核生物包括细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、衣原体、支原体等。真核生物包括真菌、藻类和原生动物三个低等类群以及高等动、植物。



不难看出,微生物在生物界不是一个独立类群,除植物和动物外,其余生物基本上都是微生物学的研究领域,这就充分显示了微生物在生物界的重要地位。

四、微生物学及其任务

微生物学是研究微生物及其生命活动的一门科学。它的研究对象主要包括细菌、放线菌、立克次氏体、衣原体、支原体、病毒、酵母菌和霉菌。它们同工业、农业、医学等有着密切的关系。

自然界的微生物是人类取之不尽,用之不竭的一种生物资源。研究微生物学的根本目的就是为了解开发微生物资源,充分利用微生物对人类有利的一面,控制、改造和消灭其对人类有害的一面,使之更好地为社会主义现代化建设服务,为人类造福。同时,作为中学生物学课教师,认真掌握这门科学,对引导广大中学生热爱大自然,了解生物界,也将发挥重要作用。

微生物学研究的内容比较广泛,涉及微生物的形态结构、分类鉴定、生理生化、生长繁殖、遗传变异、生态分布以及微生物在工业、农业、医疗、环保等各方面的应用,因此,微生物学既是

一门基础科学,又是一门应用科学,根据社会经济发展的需要以及研究任务的不同,现已形成许多微生物学的分支学科。例如侧重于研究微生物学基本理论的有普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学等;按微生物种类分,有细菌学、真菌学、病毒学等;按生态环境划分,又有土壤微生物学、海洋微生物学、太空微生物学等;在应用领域则有医学微生物学、卫生微生物学、食品微生物学、工业微生物学、农业微生物学、粮食微生物学、乳品微生物学、环境微生物学、兽医微生物学、石油微生物学等。近年来随着科学的发展进一步开辟了微生物工程学、微生物化学、分子微生物学、微生物遗传工程等新领域。

第二节 微生物学的发展

一、我国古代对微生物的利用

远在人类发现微生物之前,人类就一直和这些小生物共处一起,同它们打交道,并经过漫长的实践,在利用有益微生物和防除有害微生物方面,不断地积累了经验。

我国是世界文明发达最早的国家之一。几千年来,我们的祖先在认识和利用微生物方面,已有了丰富的经验,并有许多重大发明创造。例如在酿造方面,根据考古发现和历史记载,我国在4 000多年以前就已经利用谷物进行酿酒。3 000多年前的殷商时代,酿酒技术达到相当水平,并已知道利用长有微生物的谷物为“曲”。随着制曲酿酒技术的发展,出现了许多发明创造,如用酸浆调节发酵、加热杀菌防止酒液变质以及红曲的发明等。红曲是我国特产,既可酿酒,又可入药,也是一种无害的食品染料,是我国古代劳动人民的一项重大发明。除酒曲以外,古代还有专用于酿醋、制酱和腌制食品的各类曲,使制醋、制酱以及腌制技术在2 500多年前就已相当普及。

在农业方面,远在商代,人们已懂得用腐烂的野草和粪便作肥料,春秋战国时期,沤制粪肥的应用更为普遍,实际上这些都是利用微生物提高地力的生产技术。此外,我国也很早发现豆科植物可以提高地力,公元前1世纪《汜胜之书》中,提到瓜类和小豆间作;公元3世纪《广志》一书,提到稻田栽培紫云英作绿肥;公元6世纪的《齐民要术》中,已经对不同轮作方式进行比较,强调以豆保谷,养地用地相结合的豆、谷作物轮作制。这些古老的生产经验,实际上都是利用根瘤菌的作用提高土壤肥力,而西方采用轮作制和大规模种植绿肥,则是18世纪的事了。

在医学方面,我们的祖先很早就有狂犬病、伤寒、天花等疫病的流行方式及防治方法方面积累了丰富的经验。公元4世纪初就有如何防治狂犬病的记载;公元11世纪已有种人痘预防天花的记载,后来相继传至俄国、日本、朝鲜、土耳其、英国等地。人痘的发明是我国古代医学的伟大创举,也是对世界医学的一大贡献。

二、微生物学的发展

微生物学的产生,不仅依赖于社会生产的需要,而且也依赖于工艺技术的进步。几千年来,人类已经推测到自然界存在着肉眼看不见的微小生物,但没有显微镜,无法用实验验证。直至17世纪后期,擅长磨制透镜的荷兰人列文虎克(Leeuwenhoek, 1632—1723)使用自己装配的能够放大约300倍的显微镜,对河水、井水、污水等各种感兴趣的物质进行观察,终于闯入一个人类完全陌生的领域。1676年他写信给英国皇家学会,报告了他的发现,说他观察到“大

量难以相信的各种不同的极小的“狄尔肯”(dierken, 意即活泼的物体);他称之为“微生物”。列文虎克的发现为微生物的存在提供了有力的证据。在此基础上,大约到19世纪末,随着社会生产和科学技术的发展,逐步创建了微生物学,其杰出的奠基人是法国的巴斯德(Pasteur, 1822—1895)和德国的柯赫(Koch, 1843—1910)。

巴斯德的贡献几乎包括了微生物学的各个主要方面,通过他的辛勤工作,把微生物学从形态转向生理的研究阶段。他对当时影响法国经济的酒类变质和蚕病危害问题进行了深入研究,证明不同的发酵是由不同种类的微生物引起的,并提出科学的消毒方法。还证明蚕的微粒病、鸡霍乱、炭疽和狂犬病等是由病原菌所引起,并提出接种疫苗的预防方法。他还通过实验否定了微生物能自然产生的所谓“自生说”理论。

柯赫对于疾病的病原学说和微生物方法学有重大贡献。他发现了炭疽杆菌、霍乱弧菌、结核杆菌等病原微生物,创造了许多研究微生物的方法,建立了一套分离、培养、接种、染色等微生物技术,一直沿用至今。

巴斯德和柯赫的杰出工作,奠定了坚实的微生物学的科学基础。至此,微生物学迅速发展起来,并涌现了许多优秀的微生物学家。如德国的布赫纳(Buchner)发现酵母菌的生命活动同酶的联系,推动了微生物代谢的研究。荷兰的拜叶林克(Beijerinck)及俄国的维诺格拉德基(Виноградский)提出了自养微生物和土壤微生物的研究方法,开拓了自养微生物研究的新领域。俄国的伊万诺夫斯基(Ивановский)发现了无细胞结构的病毒,创建了病毒学说,从而扩大了人类对微生物领域的认识。

进入20世纪,微生物学作为一门独立的科学已牢固地建立起来。在此前后,人们利用微生物进行了乙醇、丙酮、丁醇、甘油和各种有机酸,以及蛋白质、油脂的工业化生产,还大批地发现并开始应用了抗生素药物,使微生物学对人类作出了巨大贡献。

随着科学技术的发展,30年代出现电子显微镜,从而对微生物的研究突破了光学显微技术的界限。物理学、化学和生物学的最新技术,也为微生物学提供了重要的研究手段,至此,微生物学进入了一个新的发展阶段,使微生物形态学、生理学和免疫学等方面有了更加广阔深入的发展。特别是微生物超微结构的研究,极大地开阔了人们的视野,揭开了许多微观世界的秘密。这个时期微生物学发展的一个显著特点是同生物化学、遗传学紧密结合起来,开始了分子水平的研究。

1941年比德尔(Beadle)和塔图姆(Tatum)分离了脉孢菌(*Neurospora*, 俗称链孢霉)的生化突变型,提出“一个基因一个酶”的假说,对基因的作用和本质有了进一步的了解,为生化遗传学打下了基础。

1944年埃弗里(Avery)等人通过细菌转化试验,最先证明储存遗传信息的物质是脱氧核糖核酸(DNA),由此发现了遗传物质的化学本质。

1953年华特生(Watson)和克里克(Crick)总结了前人的实验结果,提出了DNA分子双螺旋结构模型及其半保留复制的假说,为奠定分子生物学起了重要作用。

1961年雅各布(F. Jacob)和莫诺(J. Monod)提出操纵子学说,并指出基因表达的调节机制。同年尼伦伯格(M. Nirenberg)等提出遗传密码的理论,从而阐明了遗传信息的表达过程。

以上进展不仅极大地促进了微生物学自身的发展,展示了在新的基础上研究微生物的形态学、生理学、遗传学和分类学的广阔前景,而且也深刻地影响了生物科学的各个方面,为分子生物学和分子遗传学的建立作出了巨大贡献。

三、我国微生物学工作概况

微生物学是一门比较年轻的科学,但在我国解放前,没有专门的微生物科研机构,仅有少数医学院、农学院开设医用细菌学、植物病理学和酿造学等。新中国成立后,百业兴盛,微生物学也出现了飞跃发展的局面。

在工业方面,古老的酿造业恢复了生气,并陆续建立了抗生素、生物制品、酶制剂、石油发酵、微生物农药等发酵工业,使微生物广泛地应用于国民经济的许多部门,如食品、医药、皮革、纺织、石油、化工、冶金以及三废处理、环境保护等方面。

在农业方面,微生物的应用发展较快,研制了多种微生物农药,如防治园林和蔬菜害虫的苏云金芽孢杆菌、青虫菌,防治松毛虫和浮尘子的白僵菌,还有春雷霉素、庆丰霉素、灭瘟素等农用抗生素。微生物肥料有放线菌 5406、自生固氮菌和根瘤菌等多种制剂。此外,赤霉素等生长刺激素、微生物饲料、畜用生物制品、除莠剂等也开展了研究、试制和广泛应用。

在医药方面,抗生素已大规模应用,其他各类生物制品也发展很快,并普遍实行了预防接种,使我国在短期内消灭了鼠疫、霍乱等传染病。病毒性疾病如天花已被消灭,小儿麻痹症、乙型脑炎等也在逐步控制和消灭中。

在基础理论方面,微生物分类、生理、遗传育种等都取得一定成绩。可以相信,在社会主义现代化建设的新的历史时期,在振兴中华精神的鼓舞下,我国的微生物学一定能够赶超世界先进水平,为祖国建设作出新贡献。

第三节 研究微生物的重要意义

微生物学是一门基础理论学科,同时也是一门重要的应用科学,它与国民经济和人民生活密切相关,在关于生命科学和生物工程的研究中也占有重要地位,因此,研究微生物学不仅具有重要的理论意义,也具有巨大的应用价值。

一、微生物是研究生命科学的重要材料

生命科学的研究是当代自然科学中最大的课题之一。长期以来,人们为了揭示生命起源与生命本质的奥秘,曾作过许多探索和努力。本世纪 40 年代,电子显微镜问世,把人们研究生命科学的希望引向并寄托于微生物领域。因为用它们作实验材料较为方便,所以受到研究者的重视。特别是 60 年代以来,由于分子生物学和病毒学的飞跃发展,又给生命科学的研究带来新的希望。病毒在宿主细胞中表现生物的特性,可是离开宿主细胞它就可以成为结晶态的病毒粒子而不具生物特性,所以,人们认为病毒是处于生物与非生物边缘的一种生命形式。尤其是当人们发现病毒核酸传递遗传信息的功能后,从理论上更加充实了这种认识。70 年代初,人们又发现了比病毒更小、更为简单的生命形式——类病毒,它比病毒要小 10 倍,只由 359 个核苷酸组成,却能够侵入宿主细胞表现出生命效应。类病毒的发现把生物与非生物的距离更加接近了,因此,对探索生命本质具有重要价值,通过对它们的研究,必将为探讨生命的本质

和起源提供更多的科学依据。

二、微生物在生物工程中的重要性

生物工程(即生物技术)是一门新型的跨学科的综合性的应用科学。自它问世以来,使人们愈来愈多地认识和预见到,生物工程将会给人类带来广泛而深远的影响。因此,目前世界各国竞相发展生物工程的研究与应用,我国也已经把它列入“七五”科学规划。

生物工程的实施,往往是离不开微生物的作用的。为了获得某种具有重要应用价值或经济意义的发酵产物,首先要获得携带这种遗传性状的所谓目的基因,然后把它转移到作为受体微生物的细胞内,使其成为具有产生某种特定产物能力的发酵工程菌。目前,人们需要的目的基因中,有很多就是从微生物的细胞中提取的;在重新组合基因时,用来切割和连结基因的工具酶,也都是从微生物体内得到的;用作转移运载目的基因的载体,有的是利用细菌体内的质粒,有的则直接利用病毒;至于受体细胞一般都采用细菌,就目前而论,大肠杆菌是其中最常用的。由此看来,微生物在生物工程中的重要地位是显而易见的。从70年代后期起,利用细菌合成动物生长激素释放抑制因子、人生长激素、人胰岛素以及人干扰素等,相继实验成功,有的在改进和完善生产方法;有的正在进行临床试验;有的已投入生产。这些临床药物,如果按常规生产方法,产量有限,价格昂贵,不利推广应用(如5万升人血,才能提取0.1克的纯干扰素;800—1000千克的牛胰腺,才能得到100克胰岛素;100吨羊脑,只能提取5毫克的动物生长激素释放抑制因子)。利用生物工程方法,效率可以成千上万倍地提高。在容积8升的发酵罐中,100克大肠杆菌细胞就可产生5毫克的动物生长激素释放抑制因子;1升细菌培养液在7小时内产生的甲硫氨酸——人生长激素,就相当于从60个尸体的脑垂体中提取出来的数量。

三、微生物与人类的密切关系

早在几千年前,人类就在食品酿造和医学方面开始认识和利用微生物,从此微生物与人类生活建立了密切的关系。现在人类对微生物的开发利用,不仅仅限于食品和医学方面,而是已经扩展到能源工业、冶金工业、化学工业、农、林、牧业以及环境保护等许多国民经济和人民生活的重要领域。

在能源方面,提高石油产量,可利用微生物或微生物的某些产品进行三次采油,1981年美国利用这项技术多得2000万桶原油,价值6亿美元。再生能源的利用也具有很大的诱人前景。地球上每年积累的农、林、牧业废弃物,以及工业污水等,是一个取之不尽用之不竭的再生能源,不少国家积极研究利用它们,通过微生物发酵生产燃料酒精和沼气。如美国一家大酒厂,利用固定化细胞技术装置一个反应器,每日可处理180多万升污水,产生的沼气量可供全厂所需燃料的40%,相当于270多万升的汽油。

在冶金方面,利用微生物浸出法,从贫矿或尾矿的矿石中溶取铜、铀、锰、锌、镭等,是一项颇有成效的技术,故有“细菌冶金”之称。美国利用这项技术所得的铜占全国铜产量的10%以上。我国在这方面的研究和应用也取得了很大进展。

在化工方面,应用微生物的项目更是繁多。如利用微生物生产各种醇类、有机酸、多糖、脂肪、氨基酸、维生素、抗生素、激素和酶制剂等,已有相当的基础。近年来利用微生物生产塑料、

树脂等高分子化合物,在国外也获得成功。尤其是基因工程、固定化酶和固定化细胞等先进生产工艺的应用,更进一步地发挥了微生物在化工生产中的巨大潜力。

在环保方面,利用微生物的降解作用处理废水、废物,消除污染,保护环境,已受到国内外的极大重视。目前,不仅一般的污水、废物,即便是 2,4-D、666 等一些有毒的农药,或氰化物等剧毒物质,也都可以被微生物降解而消除。微生物这种生化活性,还可用人工方法获得更大提高。如利用生物工程方法创造新的菌种,1975 年国外就用生物工程方法,将四种细菌分解石油的特性合并到一种细菌体内,创造了一个所谓“超级菌”,能把原油中 60% 的烃消耗掉,而且速度极快。自然菌种要一年多时间消除的水面浮油,“超级菌”只要几小时即可完成。

在农业方面,微生物的利用同样广泛。例如,根瘤菌、“5406”等菌肥,苏云金芽孢杆菌、白僵菌等杀虫剂,农用抗生素类的应用等,都在生产中发挥了一定的作用。另外,单细胞蛋白(微生物蛋白)的大规模利用,微生物固氮的研究等,也都受到重视。尤其是生物固氮的研究,将来有可能使人类模拟生物固氮生产化肥,或利用微生物固氮基因让农作物获得固氮能力成为现实,从而给农业带来一次革命性的变化。

综上所述,可见微生物与人类息息相关,它对人类的巨大贡献和无法估量的开发潜力,为我们展现了广阔的应用前景。

第二章 微生物的形态结构

微生物除病毒外都具有细胞结构,根据电子显微镜研究细胞结构的不同,可分为原核微生物和真核微生物两大类。它们在细胞核上有显著的区别(图 2-1),原核微生物的细胞核无核膜,核物质裸露,不进行有丝分裂。细菌、放线菌、蓝细菌、立克次氏体、支原体和衣原体属原核生物。真核微生物的细胞核有核膜,行有丝分裂。真菌、单细胞藻类和原生动物属真核生物。

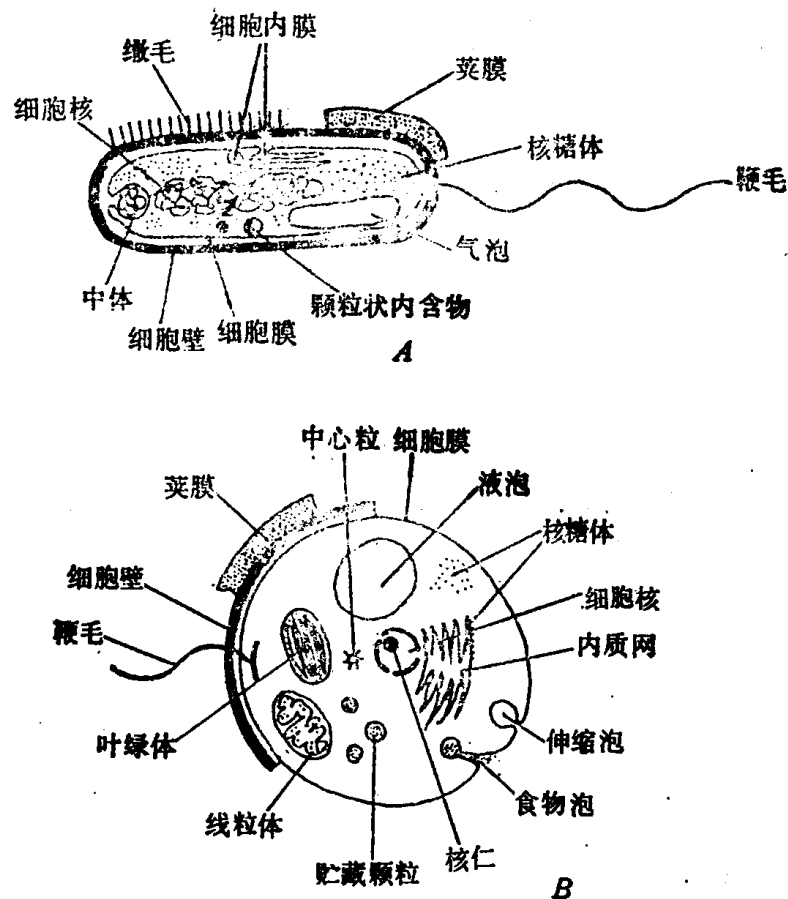


图 2-1 原核微生物(A)和真核微生物(B)的细胞结构
(转引自 杨颐康:微生物学,1986)

第一节 原核微生物

一、细菌

细菌(bacteria)为单细胞原核微生物。在自然界中分布最广,数量最多,与人类关系最为密切,是微生物学研究的重要对象。

(一) 细菌的形态

i. 细菌的形态

细菌的基本形态有球状、杆状和螺旋状三种,分别称为球菌、杆菌和螺旋菌。

(1) 球菌(coccus) 呈球形或近似球形的细菌称球菌。球菌分裂后保持一定的排列方式,在分类鉴定上有重要意义。根据排列状态的不同,可分为球菌、双球菌、链球菌、四联球菌、八叠球菌和葡萄球菌(图 2-2)。

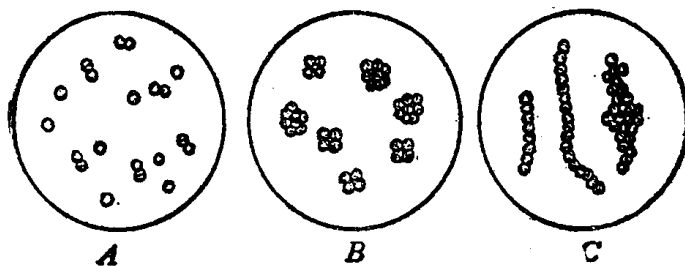


图 2-2 各种球菌

A. 球菌和双球菌; B. 四联球菌和八叠球菌; C. 链球菌和葡萄球菌
(引自 农业微生物学, 1984)

球菌的细胞分裂沿一个平面进行,分裂后的细胞分散并单独存在;双球菌也是沿一个平面进行分裂,但两个球菌成对排列;链球菌的细胞分裂也是沿一个平面进行,但分裂后的细胞排成链状;四联球菌则按两个相互垂直的平面分裂,分裂后每四个细胞在一起呈田字形;八叠球菌是按三个互相垂直的平面进行分裂,分裂后每八个球菌在一起成立方形;葡萄球菌的分裂面不规则,多个球菌在一起形似一串葡萄。

(2) 杆菌(bacillus) 杆状的细菌称为杆菌。它们种类繁多,长短差别很大。短而粗的称为短杆菌;长而细的称为长杆菌;菌体短小,近似球菌的,称为球杆菌;有些杆菌偶而形成分枝的,称为分枝杆菌。有的杆菌菌体很直,有的稍弯曲,略呈弧状。多数杆菌菌体分散,少数可以排列成链状、栅状或八字形。它们的形状和排列方式可作为鉴别菌种的依据之一(图 2-3)。在工农业生产上应用的许多菌是杆菌,如用作杀虫剂的苏云金芽孢杆菌;用作细菌肥料的根瘤菌;用于生产淀粉酶与蛋白酶的枯草杆菌。有的杆菌是致病菌,如引起痢疾的痢疾志贺氏菌;引起伤寒病的伤寒沙门氏菌等。

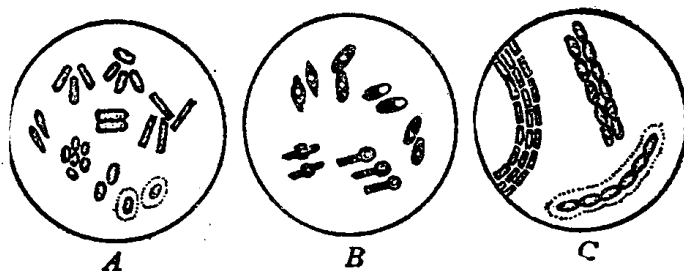


图 2-3 各种杆菌

A. 杆菌; B. 芽孢杆菌; C. 链杆菌
(引自 农业微生物学, 1984)

(3) 螺旋菌 (spirillum) 根据其弯曲情况不同可分为弧菌和螺菌。弯曲不足一圈, 呈弧状或逗号形的叫弧菌; 弯曲超过一圈呈螺旋状的称螺菌(图 2-4)。

细菌的形态与温度、菌龄、培养基的浓度和成分等条件有关。在幼龄期和适宜的环境条件下, 表现正常的形态, 当培养条件改变或菌体衰老时, 常引起形态的改变。

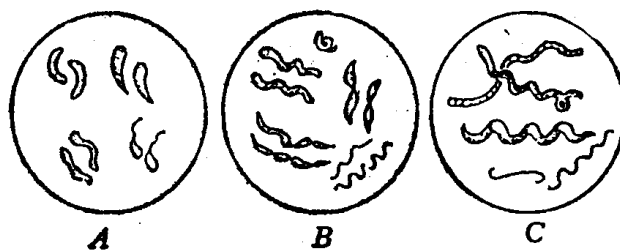


图 2-4 各种螺旋菌
A. 弧菌; B. 螺菌; C. 螺旋体
(引自 农业微生物学, 1984)

2. 细菌的大小

细菌个体很小, 必须在显微镜下才能看见。其大小可以用测微尺在显微镜下进行测量。球菌以直径大小表示, 一般约 0.5—2 微米; 杆菌以长×宽表示, 一般长 1—5 微米, 宽 0.5—1 微米; 螺旋菌则测量其弯曲形长度。影响细菌形态变化的因素, 也影响细菌的大小。一般幼龄细菌比成熟的或衰老的细菌要大。

(二) 细菌细胞的基本结构

细菌细胞的结构, 可分为基本结构和特殊结构两类。基本结构是指几乎所有细菌都具有的结构, 包括细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核、核糖体和内含物。特殊结构是某些细菌在一定条件下所具有的结构, 如荚膜、芽孢和鞭毛(图 2-5)。

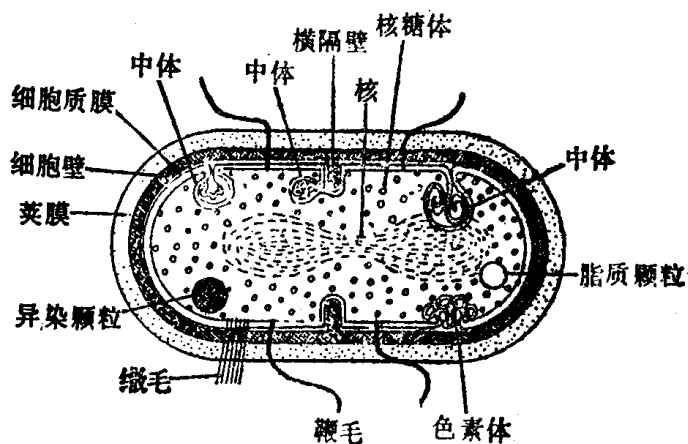


图 2-5 细菌细胞结构模式图
(引自 粮食微生物学, 1984)

1. 细胞壁

是包在细胞表面的坚韧而略有弹性的结构, 有保护细胞及维持外形的功能, 主要化学成分为肽聚糖。肽聚糖是由 N-乙酰葡萄糖胺、N-乙酰胞壁酸以及短肽聚合而成的多层网状结构大分子化合物。不同种类细菌细胞壁中肽聚糖的结构与组成不完全相同, 细胞壁的结构和化学成分也不尽相同。有的细胞壁只有一层, 由肽聚糖、磷壁酸(亦称垣酸)、蛋白质组成; 有的为二层结构, 里面一层是由肽聚糖组成的致密层称内壁层, 外面一层为不规则的波浪形称外壁