

高等学校交流讲义

微生物学

WEISHENGWUXUE

武汉大学、复旦大学、山东大学等校微生物学教研组 編

人民教育出版社

高等学校交流讲义

微 生 物 学

WEISHENGWUXUE

武汉大学、复旦大学、山东大学等校微生物学教研组 編

人 民 教 育 出 版 社



本书系由武汉大学、山东大学、复旦大学等校的代表以各该校原有的微生物学讲义加以修改编写的。其内容包括：微生物的形态构造、新陈代谢、生长繁殖、遗传变异、生态与分类以及微生物与环境间的关系。同时也相应地联系到它们在国民经济建设中的作用。

本书主要适用于综合性大学和高等师范院校的生物系各专业，作为基础课程教材，亦可供高等农、林院校师生参考。本书教学时数为 40 学时左右。

簡 裝 本 說 明

目前 850×1168 毫米規格紙張較少，本書暫以 787×1092 毫米規格紙張印刷，定價相應減少 20%。希鑒諒。

微 生 物 學

武汉大学等校微生物学教研组編

人民教育出版社出版 高等学校教学用书编辑组
北京宣武门内大街 26 号

(北京市书刊出版业营业许可出字第 2 号)

上海市印刷三厂印装
新华书店上海发行所发行
各地新华书店經售

统一书号 13010·989 开本 787×1092 1/32 印张 8 3/16

字数 194,000 印数 1—5,900 定价(5) 0.80

1961 年 8 月 第 1 版 1961 年 8 月上海第 1 次印刷

目 录

第一章 緒論	1
第一节 微生物和研究微生物的目的	1
一、微生物及其在自然界的位置	1
二、微生物在自然界的作用	2
三、微生物学的任务和分科	5
四、微生物学与其他学科的相互关系	6
五、普通微生物学的目的和范围	8
第二节 微生物学发展簡史	9
一、我国古代人民对于微生物学的貢獻	9
二、国外微生物学的发展	11
三、跃进中的祖国微生物学	17
第三节 研究微生物的基本方法	20
一、显微镜观察法	20
二、各种显微术	21
三、染色方法	25
四、培养方法	27
五、純种分离	28
六、生化反应方法	31
七、血清学方法	32
八、同位素法	32
第二章 微生物的形态与构造	33
第一节 細菌	33
一、細菌的形态	33
二、細菌的大小	37
三、細菌細胞的构造	37
第二节 放綫菌	46
一、放綫菌在形态上与生物学上的特点	46
二、放綫菌的构造	47
第三节 病毒与立克次体	48
一、病毒	48
二、立克次体	51
第四节 真菌的代表——酵母菌与霉菌	52

一、酵母菌	53
二、霉菌	55
第三章 微生物的代谢作用	58
第一节 微生物细胞的化学组成	59
一、微生物的水分	60
二、微生物细胞的矿物质	61
三、微生物的有机物成分	62
第二节 微生物的酶	64
一、酶的性质和作用	65
二、微生物体内常见的酶类	65
三、酶的生物学意义及实际应用价值	67
第三节 微生物的营养	68
一、营养的意义、微生物的营养特性及物质的交换	68
二、微生物要求的营养物质和营养类型	71
三、培养及培养基	79
四、微生物学分析法	81
第四节 微生物的呼吸作用	82
一、微生物呼吸作用的特点	82
二、微生物呼吸作用的类型	83
三、呼吸与发酵的关系	86
四、发酵作用的多样性	87
第五节 微生物的代谢产物	89
一、气体状态的代谢产物	90
二、有机的中间代谢产物	90
三、复杂的代谢产物	90
四、分解产物	91
五、其他	92
第六节 微生物代谢作用的特点	93
一、微生物代谢类型的多样性	93
二、微生物代谢类型的可塑性大	93
三、微生物代谢作用的能力强	94
第四章 微生物的生长繁殖	95
第一节 微生物生长繁殖的测定	96
一、测定微生物生长的方法	96
二、测量繁殖的方法	97
第二节 微生物的繁殖方式	98
一、细菌的繁殖方式	98

二、放线菌的繁殖方式	99
三、酵母的繁殖方式	100
四、霉菌的繁殖方式	101
第三节 微生物群体的生长规律	103
一、微生物在液体培养基中的生长	103
二、微生物在固体培养基上的生长	106
第四节 微生物繁殖的特点	108
一、以无性繁殖为主	108
二、繁殖的速度大	108
第五章 微生物的遗传及变异	109
第一节 多形性学说和单形性学说在历史上的争论及其影响	110
一、多形性学说	110
二、单形性学说	110
第二节 微生物的遗传性及其变异性	111
一、微生物遗传变异的特点	112
二、微生物变异的现象	113
第三节 微生物的选种、诱变与培育	116
一、选种、诱变与培育的方法	116
二、各种选种方法的比较	122
第四节 微生物遗传变异与内外条件统一的关系	124
一、遗传的物质基础问题	124
二、外界环境条件在有机体遗传变异过程中的作用	126
第五节 微生物的遗传变异与生产实践	128
一、工业生产方面	128
二、农业方面	129
三、医药卫生方面	130
第六章 微生物的生态学	131
第一节 微生物在自然界中的分布	131
一、土壤中的微生物	131
二、水中的微生物	139
三、空气中的微生物	143
第二节 微生物与物质转化	146
一、不含氮有机质的转化	147
二、含氮物质的转化	149
三、矿物质的转化	157
四、土壤有机复合体的转化	161
第三节 微生物种间以及微生物与其他生物之间的相互关系	164

一、微生物之間的相互关系·····	164
二、微生物和植物之間的相互关系·····	167
三、微生物与人体和动物之間的相互关系·····	169
第七章 微生物的分类和系統进化·····	189
第一节 微生物分类及命名·····	189
一、微生物的分类問題·····	189
二、微生物的分类地位·····	190
三、微生物的分类单位及命名·····	191
第二节 微生物的种、群、变种、地理族、小种、型及品系的概念·····	192
一、种·····	192
二、群·····	193
三、变种·····	194
四、地理族·····	194
五、小种或亚种·····	194
六、型·····	194
七、品系或菌株·····	195
第三节 微生物的分类方法及根据·····	195
一、微生物分类的原则·····	195
二、目前主要的分类系統·····	196
三、微生物的分类根据·····	196
第四节 微生物分类举例·····	201
一、細菌的分类·····	201
二、酵母菌·····	202
三、放線菌·····	202
四、病毒的分类·····	203
第五节 微生物的起源和系統演化問題·····	204
第八章 物理和化学因素对微生物的影响·····	209
第一节 物理因素·····	210
一、温度·····	210
二、干燥·····	215
三、輻射·····	216
四、超声波·····	218
五、渗透压·····	220
第二节 化学因素·····	221
一、氢离子濃度·····	222
二、碱类·····	223
三、重金属盐类·····	223

四、氧化剂.....	224
五、有机化合物.....	225
第九章 微生物在国民经济中的作用	228
第一节 微生物与工业生产.....	228
一、工业微生物的范围.....	228
二、工业微生物中的若干问题.....	239
三、我国微生物工业的辉煌成就.....	241
第二节 微生物与农业建设.....	241
一、土壤微生物与高等植物的营养.....	241
二、细菌肥料的应用及生产.....	242
三、微生物与饲料.....	247
四、抗菌素在农业上的应用.....	248
五、厩肥与堆肥.....	249
六、其他.....	251
七、我国在农业上应用微生物的成就.....	251
第三节 微生物与卫生保健事业.....	252
一、抗菌素在临床上的应用.....	252
二、生物制品.....	253
三、我国卫生保健事业的发展.....	254

第一章 緒論

第一节 微生物和研究微生物的目的

一、微生物及其在自然界的位置

微生物是一群形体微小、构造简单的单細胞及接近单細胞构造的生物，有的甚至沒有細胞构造。广义地說来，微生物包括細菌、酵母菌、霉菌、病毒、放綫菌、单細胞藻类和原生动物。狭义地讲，微生物主要指細菌、酵母菌和霉菌，甚至有专指細菌的。从分类系統来讲，微生物似乎应该是不属于植物界、即属于动物界的生物，但是也有一些既象植物又象动物的中間类型，所以有所謂原始生物界的倡議。而且，象病毒及立克次体等，既不象动物或植物，又不象动植物間的中間类型，自然不能把它們列入动物界或植物界。因之，有人把微生物与其他类生物間的关系和位置作成如下的示意图：

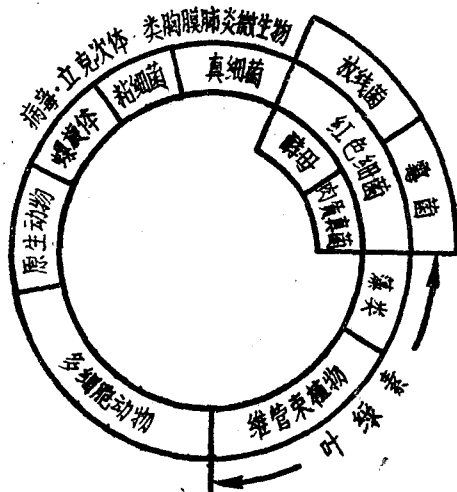


图 I-1. 微生物在生物界的位置。

从图可見，在一方面有些微生物接近于动植物或者就是动植物，在另一方面則不然。由于在各类微生物間不論从生活习性、形态构造、繁殖方式及分布范围等來說，都有一定程度的共同性，尤其突出的是它們在自然界具有非常强烈的物质轉化作用，因之，把微生物归为一类(即微生物界)生物来研究，不仅确属必要，而且符合实际。

二、微生物在自然界的作用

我們了解，要保持地球上生物的繁荣发展，一方面依賴組成有机体的某些关键性元素的不断轉化，另一方面則依賴太阳辐射能通过綠色植物的光合作用，把累积于各种有机物质的化学能直接間接供給所有的其他非綠色有机体。但是那些关键性元素是从哪里来的呢？简单地回答是基于矿化作用，亦即把死去的有机体内有机质中的元素轉变为无机物的作用。虽然有机物的矿化作用可以通过燃烧和动植物的呼吸，但主要是通过微生物的分解作用。据估計，在地球上生物活动的范围(生物圈)內，有90%以上的 CO_2 ，都是細菌和真菌生命活动的产物。从此可見，微生物对于地球上規模最大而同时影响也最大的碳素循环占有多么重要的地位。小小的微生物在宇宙何以有这样偉大的作用呢？我們简单地答复是：由于(一)分布广，(二)代謝强及(三)繁殖快的結果。現在分別加以說明：

(一) 微生物普遍生存于地球上的生物圈內 粗放一点來說，天上12,000米，地面上下(从表土层到高山頂，从70—80厘米土壤內到2,000米地层下)及海洋中(从海平面到以下6,000米)到处都有微生物在活动着。据估計，一亩肥沃田地150厘米深的表土內就含有300公斤以上的真菌和細菌。我們随时随地所取的一把土或一粒土，就是一个微生物世界，其中含有不同种类和不同数量的

微生物。就拿健康的动植物和我们人体的内外部来说,也不例外。

(二)从新陈代谢来讲 由于微生物的身体小,所以它们具有极大的表面/容积比值(如细菌及微小真菌等),正是由于这种关系,它能够在有机体与外界环境间迅速交换营养物质与废物。从单位重量来讲,微生物的代谢强度要比我们人的代谢强度大几百倍、几千倍、几万倍,甚至几十万倍。根据已知微生物的代谢强度,我们估计微生物在一亩肥沃土壤150厘米深表土内的代谢作用强度就相当于几万个人的代谢强度。

此外,由于微生物代谢的多样性,它能以分解自然界中任何一种有机物。的确,除非在特殊条件下,任何一种有机物只要当它不再继续为有机体的组成部分时,它便迅速为地球上生物圈内微生物分解矿化。不过,我们必须知道,微生物界代谢的多样性并不足以反映任何一种微生物的代谢都是多样性的。大家所知道的食性广泛的荧光假单胞杆菌也不过转化200种有机物而已。因此必须指出,微生物对自然界的物质转化是微生物界整体的作用,而不是某种或某几种微生物的作用。

(三)从繁殖速度来讲 微生物繁殖速度非常快。拿细菌来讲,它的细胞在30分钟或更短时间内即行分裂一次,这样,一小时分裂成4个,两小时16个,如此继续下去,当环境适宜时,一个细胞经过4—5天就能形成和地球同样大小的物体。事实上,因为种种限制,这种情况实际并不存在。

从上可见,微生物在自然界尤其在地球化学方面有雄壮的转化作用。其实,微生物在自然界不仅进行物质转化,并且还控制着大气中 CO_2 的分压和植物可利用的 CO_2 分量。如果微生物分解动植物尸体或它们的代谢产物的速度低时,则地球表面便累积动植物尸体和它们的代谢产物,同时由于 CO_2 供应受阻,在地球上生存的各种生物都会因食物不足而慢慢完结;反之,如果微生物代

謝作用过高，則地球表面就要迅速累积一层不含有机物质的砂土和粘土，而不利於植物的生长。因此只有在微生物适量活动下，即既分解有机物免于尸体累积，又保留适当的有机质于土壤中，以便保持土壤的肥沃性和植物能以繼續得到必需的 CO_2 及其他营养物质。这种情况，从土壤有机物中的碳氮比亦可說明。虽然土壤中微生物的种类及数量常随着环境条件而改变，但是这种碳氮比总是接近于 10。这个数字充分反映了加入土壤中腐殖物质的分量与土壤中微生物的全部代謝活动，呈一种稳定的动态平衡。此外，从远景来看，在微生物(自养)氧化无机物(如氨、硫、鉄等)的同时，利用它們释放的能量同化大气中的二氧化碳，这种现象对于实现人們的宿愿——不通过綠色植物而向二氧化碳直接索取有机物质——有很大的启示。

上面重点地指出碳素轉化的輪廓，实则其他任何組成有机体的元素，也同样都参加微生物的轉化作用。在許多情况下，例如各种无机磷被有机体同化后，組成有机磷，当有机体死亡后，又被分解为无机磷，因为地球上生物圈內磷的含量比較少，所以它常常为限制有机体生长的因素。另外有一些元素(象氮及硫等)的轉化并不是由于地球上生物圈內的分量不足，而是缺乏适当的化学組成形式。拿分子氮(N_2)來說，它是組成大气的主要气体，它的含量約占全部大气的 80%，亦即在每亩土壤上含有 5,300 吨氮气。但是，由于大多数植物不能直接利用分子氮，所以它仍然是限制植物生长的主要条件。因此，共生和非共生固氮菌在氮的循环中占有极为重要的地位。

实际上，微生物的作用也还不只限于上述这两个方面，譬如，某些微生物自身的活动及其产物——毒素，能够引起人类和动植物的严重疾病，甚至大量死亡。由于这些微小敌人的作用，在地球上曾发生过严重的瘟疫，它能在短时期內吞噬千万个人的生命，

法、意等国的酿造工业及蚕丝工业由于微生物的破坏作用,几乎一度遭到全軍复沒,举世聞名的 1845 年爱尔兰灾荒(据称餓死 40 余万人)主要是由于馬鈴薯晚疫病大流行的結果。就这几个事例,已不难說明微生物对于人类及动植物的威胁。

这样看来,微生物又成了我們最凶惡的敌人,是的,从病原微生物来看,确是如此。但是,致病微生物只是微生物界的一小部分,从全部微生物来看,通过它們的物质轉化,利用它們在物质轉化过程中某些产物,如酒精、甘油、丙酮丁醇、有机酸、維生素、酶以及脂肪、蛋白质和抗菌素等的发酵或它們的菌体自身,比如干制及压榨酵母及多种其他食用菌等,对現代发酵工业和食品工业的发展,展示出光輝灿烂的远景。

在結束这一段前,还必須指出,同一种微生物在一方面固然能致病,但在另一方面却可能形成重要的工业产品如爱氏核黃菌(*Ashbya gossypii*)和核黃素,而且就是致病的微生物也并不是都对我們有害,譬如杀死害虫和鼠类的病原菌和某些病原菌的噬菌体,反而对我們有益,何况在动植物身体内外都还有一些有益的微生物呢? 总之,这一切都說明只有詳細地了解微生物的作用,才能进一步控制它們的生命活动,使之更好地为我們人类服务。

三、微生物学的任务和分科

前面提出,微生物普遍存在于高空,地表上下及海洋中。它們的作用概括有:(一)地球生物圈内的物质轉化;(二)引起人类及动植物的疾病;(三)发酵与生物合成。在这里直接威胁着我們生命的首推病原微生物,所以微生物学从創始时期起就以鮮明的旗帜同各种致病微生物作斗争。这从細菌学一向都是医用細菌的内容,真菌学基本上是植物病理学的内容可以說明。与微生物学或者說医用微生物学同时发展的另一方面是技术微生物学或者工业微生

物學。這是通過微生物發酵來獲得各種工業原料和工業產品的科學。此外，還有與土壤形成、植物豐產有關的土壤微生物學等。這些分科的微生物學一致指出，微生物學與生產實踐密切相關。從此可見，微生物學是研究農林漁牧豐產、改善人類生活的科學，是開發利用微生物資源、發展工業原料和工業產品的科學，是和疾病作鬥爭、延年益壽的科學。為了便於了解，茲將微生物學各分科列表如下：

普通微生物學：	水的微生物學
微生物生理學	工業微生物學(技術微生物學)：
微生物形態及分類	工業發酵技術
微生物遺傳	生產化學藥品
微生物生態	工業產品的微生物學方法處理
土壤微生物學	工業器材的防霉防腐
食品微生物學：	醫學微生物學：
牛奶微生物學	人體病理學
食品保藏	獸醫學
罐頭保藏	昆蟲病理學
其他保藏	公共衛生
發酵食品及飼料	衛生工程
微生物直接作為食品	植物病理學

把微生物學各分科聯繫在一起來看，當能滿足上述任務。但是任何一個分科顯然都會有它的局限性，只有充分發展分科微生物學，才能更好地帶動普通微生物學；也只有全面發展普通微生物學，才能更好地推動分科微生物學。這從近年來世界各國一致重視分科微生物學和發展普通微生物學的情況，便可說明這個方向的正确性。

四、微生物學與其他學科的相互關係

微生物學(普通微生物學)是研究微生物的形態構造及其生命

活动规律的科学，它的任务在于阐明自然界物质循环及动植物和人类病害的实质，从而达到发展有益微生物、改造或消灭有害微生物的目的。

微生物学与生物学的关系是部分与整体的关系。因此一个生物学工作者固然要对微生物学有一定的了解，但一个微生物学工作者则更应该有生物科学的基本知识。现代生物科学（当然包括微生物学在内）正处在从描述性到创造性的阶段。苏联科学院院长涅斯米扬诺夫认为：“现代生物科学的特征是实验生物学以及生物学与物理学及化学之间的边缘科学，……。”^①当然，应该注意不能因为承认在生物科学中运用物理学和化学新成就的重要意义，就把生物学的规律简单地归结为物理学和化学的规律。另外，从微生物的作用，主要在物质转化方面及病毒的基本研究方面指出，研究微生物学必须依赖于物理及化学方法。末后，从微生物学与工农医药等学科的关系，更指出这些有关学科对研究微生物学的重要性，其他有关学科对于微生物学的要求也正象微生物学对其他有关学科的要求一样。例如对生物自然发生学说的否定和对生命起源的探讨，推动了生物学一般问题的研究，微生物代谢的研究大大地发展了生物化学中间代谢方面的理论，通过微生物来分析碳水化合物、氨基酸及维生素等工作，不仅推动了分析化学的发展，而且对生物检定这门学科起了革命性的作用；利用微生物学方法探矿和研究矿床形成，以及使用碳氢化合物氧化的细菌作指示微生物来确定矿石和土壤中的碳氢化合物，对地质矿床等学科提供了崭新的研究方向等。这些事例足够说明各个有关学科只有相互为用，才能相互推动，相互提高。

① A. H. 涅斯米扬诺夫：科学和共产主义建设，科学通报，1959年，第5期。

五、普通微生物学的目的和范围

(一) 目的 本課程的目的有四：第一，从微生物生物学的精神出发，贯彻统一的生物学体系，即形态、分类、生理、生态及变异遗传等生物科学共同的体系，这种基本精神的具体反映是：在形态方面要求结构与功能统一，在生理方面要求新陈代谢和生长繁殖的统一，在生态及变异遗传方面要求适应性和保守性的矛盾发展统一，也就是说，要在这个课程中，贯彻进化观点、代谢观点和微生物与外界条件统一的观点；第二，要重点掌握微生物自身的生命活动和微生物在自然界物质转化中的作用；第三，要普遍认识到微生物与动植物和我们人类的密切关系；第四，在了解和掌握这些关系的基础上，把它们应用到有关生物学各科中，使之直接间接为社会主义建设服务。

(二) 范围 普通微生物学应当是点面兼顾的一门学科，但更重要的是重视面而突出点。根据这种精神，以下各章讨论的次序是：首先介绍各类微生物的形态、构造，接着便对新陈代谢、生长、繁殖给以重点突出的介绍。遗传变异是微生物生命活动的另一个重要方面。要进一步提高和发展有益微生物，改造有害微生物，便要研究遗传变异。微生物一方面广泛分布于自然界，它以强大的代谢作用来推进物质转化，使地球上生物圈内各式各样有机体得以保持和发展。另一方面，它以种种不同生活方式，普遍生存于动物、植物和我们人体内外，其中除部分有益微生物外，都间接威胁着我们的动植物生产，直接威胁着我们的生命。由于对这些危害的微生物的研究结果，久已发展为分科性的独立学科，如医学微生物学、兽医微生物学、植物病理学、免疫学和免疫生理学等。微生物形态简单而作用复杂，因而研究它的分类及系统发育，只有在全面掌握形态、生理、生态、遗传等方面后，才能正确地进行有关工

作。大家知道,有机体同外界环境条件是个統一整体,如果外界环境条件符合于它的要求,它就能够順利地把机能形态統一起来,而順利地生活着发展着,否則輕則影响生理活动,重則足以引起死亡。在研究有益微生物及控制,甚至消灭有害微生物的同时,不应不重視外界环境条件的影响。末后,通过微生物在工、农、医药等方面的开发利用,說明微生物学在社会主义和将来共产主义建設中的作用。

第二节 微生物学发展簡史

从馬克思主义理論看来,科学是由于生产发展的需要和人們的實踐而产生的。科学随着自然法則的发现和生产中运用这些方法的研究,反过来又影响整个生产和个别部門的发展。恩格斯在自然辯証法中充分地闡明了自然科学与生产的关系,表明了生产对科学发展的決定作用,也表明了科学对生产的影响。科学是循着“实践——理論——实践”的道路发展的。微生物学的发展自然也不例外。下面分述的国内外微生物学方面的发展概况,也可以闡明上述原則的正确性。

一、我国古代人民对于微生物学的貢獻

在我国,微生物学作为一門科学来研究的历史是比較短的。但我們的祖先在应用微生物方面的經驗与創造有着悠久的历史和丰富的經驗是肯定了的。根据“呂氏春秋”里的“仪狄作酒”一語,我們就知道远在公元前二十五世紀,我們的祖先就知道利用微生物制酒,虽然当时还不明白制酒的原理是由于碳水化合物经过酵母菌的发酵作用而釀成的。在殷商时代就知道利用谷粒制酒,这种谷粒古代称之为“蘖”,根据“說文解字”一书,“蘖”就是“芽米”的意思。