

微生物学

張元龍編

高等教育出版社

微 生 物 学

張 元 龙 編

高 等 教 育 出 版 社

本書系根据 1955 年 7 月高等教育部印發的微生物学教学大綱編写而成。除緒論部分外，全書共分三篇(十六章)。第一篇是以細菌为主介紹微生物的形态特征及其生命活动規律的基本知識。第二篇是在了解微生物生命活动規律的基础上进一步來闡明微生物对自然界所發生的作用以及对农業生产实践的意义。第三篇是以威廉斯学說及最近的研究成果來說明微生物在腐植質形成及其分解过程中的作用以及在高等植物营养中的作用，主要在于明确土壤微生物总合体的关系，从而可以說明农業技术措施对于控制微生物学过程的可能性。

本書可供高等农林院校师生以及有关部門科学工作者参考。

微 生 物 学

張元龍編

高等教育出版社出版北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第054号)

京華印書局印刷 新华書店發行

統一書号13010·497 開本 787×1092 1/16 印張
字數 214,000 印數 0001—4,000 定價(10) ¥1.30
1958年12月第1版 1958年12月北京第1次印刷

序

微生物学是生物科学的一个特殊部門,也是农业生物学基础的一部分;它是土壤学、耕作学和农业化学的基础課程,又对植物病理学、农产品加工等課程提供了微生物的基本知識;因而它在农学专业、果蔬专业和植保专业的教学計劃中就占有重要地位;这門課程是我国解放以后才作为各个农业院校的一門专业基础課而开设的。

本书系根据 1955 年 7 月高等教育部印发的微生物学教学大綱的内容和教学法指导书的精神,在我院原有微生物学的教材基础上,并主要参考 M. B. 斐多罗夫著的微生物学、M. B. 費多罗夫著的土壤微生物学、Buchanan E. D. and Buchanan R. E.: Bacteriology、Frobisher M. JR.: Fundamentals of Bacteriology、Waksman S. A.: Soil Microbiology、Waksman S. A.: Principles of Soil Microbiology 以及北京农业大学、华中农学院、南京农学院的微生物学教学大綱和讲义等編写而成;根据教学計劃的规定,经过 1955—1957 三年的試教与修正,基本上可以按时完成。虽然如此,但在本书的編写中錯誤和不妥之处必仍难免,希望讀者指正。

張元龙謹識

1958 年 7 月于河南农学院

目 录

序.....	vi
緒論.....	1
微生物学的研究对象及其在农业生产上的意义.....	1
微生物学发展簡史.....	1
第一篇 微生物的普通形态学与普通生理学	
第一章 細菌的形态学.....	7
細菌的大小.....	7
超显微鏡微生物的大小.....	7
細菌的外部形态.....	9
細菌細胞的构造.....	11
A. 細菌細胞的外膜.....	11
B. 細菌細胞的原生质.....	13
細菌的芽孢.....	14
細菌的运动器官.....	15
細菌的繁殖、发育与变异.....	16
第二章 細菌的分类.....	18
細菌分类的原则.....	18
細菌各科、属的特征.....	18
A. 眞細菌綱.....	19
B. 粘細菌綱.....	24
B. 螺旋体綱.....	24
第三章 放綫菌、酵母菌和蕈菌及土壤微生物的基本类群.....	25
放綫菌的形态和分类.....	25
酵母菌和霉菌的形态学特征.....	27
A. 酵母菌的形态学特征.....	27
B. 霉菌的形态学特征.....	29
土壤微生物的基本类群及其在土壤中的作用.....	33
A. 眞菌.....	33
B. 土壤藻类.....	40
B. 土壤原生动物.....	41
F. 滤过性毒和噬菌体.....	41
第四章 酶及其在微生物生命活动中的意义.....	41
酶的性質.....	42
酶的化学本质.....	42
酶作用的化学.....	43
酶在微生物引起物质轉化中的作用.....	44
第五章 微生物的代謝作用.....	46
微生物的营养.....	46
微生物的化学組成.....	46
微生物对营养物质的吸收.....	48
微生物的碳素来源.....	48
A. 自營微生物.....	49

B. 异营微生物	50
B. 中间异营微生物	50
微生物的氮素来源	50
灰分元素	51
生长辅助因素	52
微生物的呼吸	52
呼吸作用	52
微生物呼吸作用的类型	53
A. 嫌气性的呼吸作用	53
B. 兼性的嫌气性呼吸作用	54
B. 好气性呼吸作用	55
呼吸时热的散发及其在农业实践中的应用	55
第六章 微生物与外界环境条件的关系	56
各种物理因素、化学因素及生物因素对微生物的影响	56
A. 物理因素	56
B. 化学因素	58
B. 生物因素	58
灭菌与消毒的原理	59
A. 灭菌的原理及其实用价值	59
B. 消毒的原理及影响消毒剂的因素	62
食品保藏过程中改变环境条件控制微生物作用的实际应用及其原理	63
第二篇 由微生物引起的自然界物质转化	
第七章 由微生物所引起的不含氮有机物质的转化(发酵作用和氧化作用)	66
酒精发酵	68
乳酸发酵	69
丁酸发酵和丁醇丙酮发酵	74
酒精氧化为醋酸	76
脂肪与烃类的氧化	77
霉菌所引起的碳水化合物的氧化	79
第八章 由微生物所引起的不含氮有机物质的转化(纤维素与果胶质的分解)	80
果胶物质的分解	80
纤维素的分解	81
木素和多缩戊糖的氧化	84
第九章 由微生物所引起的含氮物质的转化(氨化作用、硝化作用及反硝化作用)	86
氨化作用	87
A. 尿素、氰氨化钙、尿酸、马尿酸和几丁质的氨化	87
B. 蛋白质的氨化	89
B. 在含氮化合物分解时不含氮有机物对氮累积的影响	93
硝化作用	94
A. 氨氧化为硝酸的过程	94
B. 硝化细菌的特性	95
B. 硝化作用的条件及各种土壤中的硝化作用	97
反硝化作用	98
第十章 由微生物所引起的含氮物质的转化(自生微生物的固氮作用)	100
自生固氮菌的特性及其在土壤中的分布	101
自生固氮菌固定大气氮素的化学机理	104

其他土壤細菌真菌和藍綠藻的固氮作用.....	105
自生固氮微生物在土壤氮素平衡中的意义.....	105
自生固氮細菌在农业实践中的应用.....	106
第十一章 由微生物所引起的含氮物質的轉化(根瘤細菌的固氮作用)	109
根瘤細菌的特性.....	109
根瘤的形成.....	112
根瘤細菌和豆科植物的相互关系.....	113
根瘤菌剂在农业实践中的应用.....	114
非豆科植物的共生固氮作用.....	117
第十二章 硫、磷、鉄等化合物的轉化	119
硫的轉化.....	119
磷的轉化.....	123
鉄的轉化及参与此种轉化的微生物.....	126
第三篇 土壤中的微生物学过程	
第十三章 微生物在土壤中的分布及其相互关系	128
土壤是适于微生物居住的环境.....	128
土壤中細菌的类型与分布.....	128
土壤中真菌藻类及原生动物的类型与分布.....	131
土壤中微生物間的相互关系.....	133
第十四章 土壤微生物在土壤有机質的分解及腐殖質形成过程中的作用	135
作用的一般方向及其在农业生产上的意义.....	135
土壤腐殖質的形成和累积及其决定条件.....	137
土壤腐殖質形成和分解的調节.....	138
第十五章 微生物和高等植物間的相互关系	139
根际微生物及其在植物生活中的意义.....	139
菌根在植物营养上的意义.....	142
第十六章 土壤理化性質及农业技术措施对土壤微生物的影响	143
气候条件、土壤类型、耕作、施肥、灌溉、排水等对土壤微生物作用的影响.....	143
局部灭菌及其在农业生产上的意义.....	147
主要参考文献.....	150

緒 論

微生物学的研究对象及其在农业生产上的意义

微生物学的研究对象是微生物，微生物是細小的、肉眼不可見的生物；主要除包括細菌外，尚有其他如放綫菌、酵母菌、霉菌，若干藻类与原生动物等。

微生物学〔由希腊字 $\mu\iota\chi\rho\sigma$ (細小的) 与 $\beta\iota\omicron\varsigma$ (生命) 而来〕，是研究微生物的形态、分类、生理和影响微生物生命活动之环境条件，及其在自然界各种物质轉化过程中所起的作用，簡言之：微生物学是研究微生物生命活动的科学。

微生物的生命活动，在农业生产上，具有重大意义；因为土壤中生存着大量的微生物，它們能引起各种物质的轉化（例如，有机物质的矿物质化、无机物质的合成等）而供給农作物营养上必要的物质，由于满足了植物生长的要求，必然会提高农产品的收获量。故而研究土壤肥料、作物栽培，如不顧及土壤微生物的生命活动，欲提高其生产，实为不可能之事。所以农学家必須知道，微生物的特性及其与环境条件的关系；并須学会支配微生物的生命活动，使其向着我們所需要的方向，即朝着农作物增产的方向发展，才能达到提高生产之目的。如此，更可以說明了，微生物学与其他农业科学之間有着密切的关系；微生物学又是其他农业科学賴以解决一系列生产問題的重要基础。

微生物学发展簡史

祖国古代劳动人民的偉大貢獻 微生物的發現虽然是近代的事(細菌的發現是在十七世紀末叶)，但我国古代劳动人民(远在两千年以前的祖先)却在生产中、日常生活中及医药卫生方面，發現了不少关于微生物作用的規律，他們并掌握和利用了这些規律，給人类創造了不少的财富和幸福。

积肥瀝粪、翻土压青，是有意識創造有机质的腐熟条件。我国古代农书“齐民要朮”（賈思勰著）上記載着：“凡谷田綠豆小豆底为上”；“谷田必須岁易”。农諺有云：“換茬不換土，一亩一石五”；“种瓜不重茬，重茬把心挖”。这說明劳动人民是有意識地以輪栽制来改善土壤的环境条件并防止病虫害的发生，也是劳动人民在农业生产中，掌握和控制微生物生命活动規律的實踐。

酒之釀造，我国古书早有記載。玉篇（梁顧野王撰）云：“酒，杜康所作”。陶潜（晋寻阳人）集述酒詩序云：“仪狄（夏人）造酒，杜康（周人）潤色之。”除此之外，发面和制造麦芽糖，都是劳动人民在食品工业中控制和掌握微生物生命活动規律的實踐。

种痘預防天花，西洋人將此功績归之于眞納（Jenner 1749—1823），而眞納本人則將此种偉大的創造，归功于东方的（中国的）医药术士；可見种痘預防天花，是我国劳动人民早在医

藥衛生方面,掌握并控制病毒(滤过性毒)的傳染和免疫作用規律的實踐。

祖国历代的典籍中,記載了不少的关于微生物生命活動的規律及其利用的知識;显然,书之于典籍的,亦仅历代劳动人民所累积的极少一部分。試觀在封建社会中,文字傳記,主要是掌握在統治階級手里;統治階級的士大夫(知識分子),是脫离人民的,輕視劳动的,因此,在他們的笔下,也就不可能充分地写出来劳动人民的丰富生产知識和經驗。

呂文虎克研究工作的意义与微生物形态学的发展阶段 微生物形体甚小,非肉眼所能窺視,故其发现,必有賴于扩大鏡之助。在十七世紀末叶,是資本主义开始发展的时代;由于农业、工业、航海业的实际需要而刺激了科学研究的发展;其中以物理学的光学部分,获得了

突飞猛进;当时除发明了供航海与天体觀測的望遠鏡外,更发明了复式显微鏡。

首先发现微生物而并有記載者,当推呂文虎克 (Antony van Leeuwenhoek, 荷人)。氏于 1676—1683 年間用自制的显微鏡(如图 2,最高可达 300 倍),由污水、动物的粪便、胡椒水、啤酒和自己的牙垢中,曾发现各种不同的微生物,如細菌(图3)、酵母菌和原生动物等。此等发现,記載于 1695 年发表的“自然界之秘密”一书中。自該书出版



图 1. 安东·呂文虎克(1632—1723)。

后,学者們均集中于微生物的研究;发现日多,記載日丰,于是,积累了許多形态的描述,是为

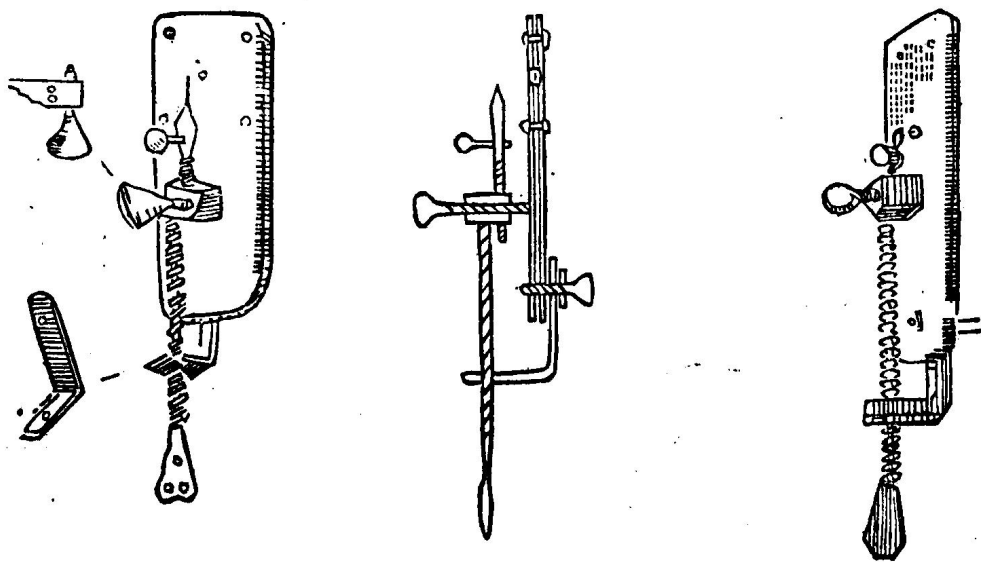


图 2. 呂文虎克显微鏡。

微生物学的形态学发展阶段。

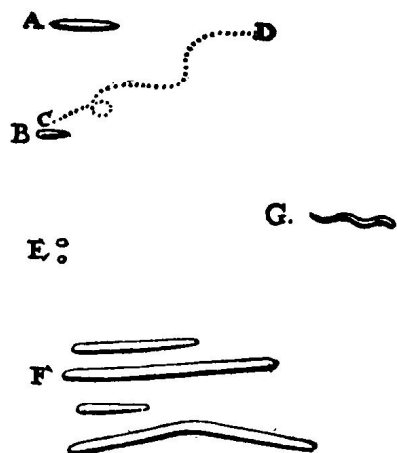


图3. 1683年吕文虎克首先绘制的细菌图。(加热至 60°C — 65°C , 历20—30分钟), 将葡萄汁灭菌后, 接入优良纯种酵母菌, 经过发酵, 可得品质极佳的葡萄酒。

1870年, 巴氏从事研究蚕的微粒子病成功后, 随建立检疫和隔离制度。

1877年, 巴氏又开始研究鸡霍乱, 后又研究动物的炭疽病, 先后制成菌苗, 施行预防注射, 使鸡与绵羊皆获得免疫的效果。然后, 巴氏又转入研究狂犬病, 将病毒通过家兔脑髓, 而使其毒力减弱, 得以制成狂犬病疫苗, 对于狂犬病之防治, 收效颇宏。

由上述观之, 巴氏的工作, 不但开始了微生物学的生理学研究阶段, 同时, 又为工业、农业及医学微生物学从此打下了良好的基础。

在巴斯德的同时或稍后, 涌现出许多卓越的微生物学家。柯赫(R·Koch, 1843—1907, 德人) 首先创用可液化的固体培养基, 而得到细菌的纯培养, 在微生物学技术上, 贡献甚巨。在形态学和分类学方面, 由于学者的研究和论辩, 内容更为充实和明确(到现在截止, 实际上还没有一个可以称为基本上完整的细菌分类系统); 在生理学方面, 与生物化学的发展有密切联系, 且起着互相推动的作用(酵母菌的生理学和酶化学就是这样), 直到现在为止, 关于微生物的代谢作用, 已经累积了不少的宝贵知识, 且大部已应用到生产上。

土壤和农业微生物学的发展概况 巴斯德虽然没有直接研究过土壤和农业微生物学过

巴斯德研究工作的意义与微生物生理学的发展阶段 自从吕文虎克发现微生物以后, 阅百余年中, 概为微生物形态的观察, 未尝能接触微生物生命活动的研究; 能将微生物之生命活动和自然界的现象联系起来而进一步阐明微生物与人类生活间具有密切关系者, 当自巴斯德(Louis Pasteur, 法人)的研究始。在十九世纪六十年代, 欧洲资本主义工业正在蓬勃发展; 尤以农业产品加工(如葡萄酒的生产、啤酒的酿造、蚕丝业等), 品质要求优良, 因而, 在科学面前就提出了一系列的问题。

巴氏由1857年转入葡萄酒与啤酒变质的研究, 首先就发现了酵母菌为酒精发酵的原因, 并创立巴氏灭菌法



图4. 路易·巴斯德(1822—1895)。

程,但在发酵和尿素分解等方面的研究工作,已指出了研究土壤微生物的新方法;因而,对于土壤和农业微生物学的发展,起着极其重大的作用。

远在十九世纪七十年代,微生物学家和农学家们就开始注意到,微生物在土壤中的特殊作用。

首先从豆科植物(羽扇豆和桤木)根瘤中观察到呈杆状的根瘤细菌细胞和呈分枝状的假菌体的是沃罗宁(Woronin, 1866)。他并认为,这种细菌与根瘤的形成有直接关系。至于根瘤细菌的纯培养,则是别依也林克(Beijerinck, 1888)首先作出的,并命名为 *Bacterium radicola*。

赫尔利格(H. Hellriegel, 德人)于1888年提出关于共生性氮素固定作用的论文,证明根瘤细菌与豆科植物在营养上的联系,并指出微生物学对于农业生产的重要意义。

根瘤细菌的研究,仅仅是土壤微生物和高等植物共生的一个例子。此外,在1880年,Ф. М. 卡明斯基首先由水晶兰根的切片中,观察到根尖为真菌的菌丝所包被;他认为这种真菌和水晶兰必有营养上的联系;这种联系,为后来研究工作者所证实。由此可以说明,高等植物和菌根真菌的共生现象,无疑是卡明斯基首先发现的。

关于微生物参与腐殖质形成作用的研究,是在1882—1885年间,由柯斯特切夫(И. А. Костычев)首先进行的,他用真菌培养所作的接种试验,曾使得植物残体在生长出菌丝的周围变成暗褐色;因而,作出结论说:“土壤真菌积极参加暗褐色产物在土壤中的形成。”除此之外,他还研究过,蛋白质在土壤中的再生过程。这些研究,虽然仅可用来解决纯土壤学问题所采用的方法,而其研究工作,确为理解微生物在土壤中的作用提供了极其宝贵的结果。

由以上各学者对根瘤细菌、菌根真菌及参与腐殖质形成的微生物之观察而奠定了土壤生物的研究基础。

维诺格拉斯基(С. Н. Виноградский)的研究工作,对土壤和农业微生物学的发展,起着

一个极其重要的推动作用。他开始研究硫细菌(1887年),其次研究铁细菌(1888年),然后进行研究硫化细菌(1890)。他创用了选择培养基,首先获得硝化细菌的纯培养;证明硝化作用,是由两群不同种的微生物所完成;更进一步证明,硝化细菌能直接同化CO₂,利用CO₂合成有机质的过程,称为化学合成作用。这是近五十年来,在植物生理学方面最杰出的发现之一。

1892年,维诺格拉斯基又进行了固氮菌的研究,他于丁酸细菌群中,获得一种嫌气性自生固氮细菌,名为巴氏固氮梭菌(*Clostridium Pasteurianum*)。



图5. 维诺格拉斯基(1856—1953)。

在維諾格拉斯基分出巴氏固氮梭菌后不数年中, 別依也林克(1901年)也由土壤中分出好气性自生固氮細菌, 并名之为 *Azotobacter*。

由于維諾格拉斯基制訂的土壤微生物研究法, 而决定了最近 50 年来土壤和农业微生物学飞速发展的成就。

在十九世紀末叶, 对于土壤中蛋白質的分解(含氮有机質的轉化)和纖維素的分解(不含氮有机質的轉化), 都作了詳細的研究。布特开維奇(В. С. Буткевич) 曾用霉菌培养进行蛋白質的研究, 不但发现了氨是蛋白質分解的最終产物, 而且还对这个事实作了十分精确的解释, 于是随成为理解土壤中氨化作用的基础。

1899 年, 奥梅梁斯基(В. Л. Омелянский) 在波波夫(Л. Попов, 1873)的研究基础上, 曾經获得纖維素的氢发酵和甲烷发酵細菌的純培养; 这种細菌, 能把纖維素分解成簡單的最終产物(醋酸、丁酸、二氧化碳、氢、甲烷)。

奥梅梁斯基还詳細研究过, 使果胶物質及各种有机酸盐发酵的細菌、硝化細菌、固氮細菌及其他許多細菌。这些研究工作, 不但扩大了对土壤中发酵过程的概念, 同时, 也提供了这些細菌在自然界广泛分布的新資料。

此外, 关于一些稳定的有机化合物之分解, 如碳氢化合物、脂肪等, 也有人进行了一些研究; 它对于自然界中碳的循环, 具有重要意义。

威廉斯(В. Р. Вильямс, 1863—1939)关于农业原理和土壤肥沃性的学說, 不仅規定了土壤学和耕作学的任务, 同时也規定了土壤学和农业微生物学的任务。在威廉斯学說指导下, 苏联的微生物学家对于微生物生态学(微生物区系和根际細菌等方面的研究工作)、土壤腐殖質的形成过程、土壤中各类微生物及其活动等主要問題上, 都提出了非常重要的科学理論, 創造了不少有实践意义的应用技术, 丰富了土壤和农业微生物学的内容, 不断地貢獻給社会主义农业建設。

近来, 在土壤微生物的研究工作中, 还指出一个重要的方向, 即所謂生态学方向。Б. А. 伊薩琴科、Е. И. 米苏斯金等微生物学家所提供的試驗資料, 可以說明各种土壤中典型微生物群落在鉴定土类和土壤状态时, 甚至可以利用它的某些代表者, 当作指示微生物。

除此之外, И. 克拉西尔尼科夫、Е. 別列卓娃、Я. 胡嘉科夫等, 对于在高等植物根表面或直接与根相連接的土层中发育着的根际微生物群落, 也进行了一系列的研究。根据这些研究, 就可肯定地說, 在每一种植物根的周圍, 都選擇有某一微生物区系, 它們因植物发育时期的不同而有显著的改变。它們在植物生活方面, 特别是在植物的营养状况方面, 起着极其重



图 6. 奥梅梁斯基(1867—1928)。

要的作用。

由上述可知,土壤和农业微生物学是在1861—1890年間奠定了基础的;至1891—1910年間,即得到了迅速的发展,特別地丰富了内容;从1911年起已正式成为一門与农业科学关系最密切的土壤微生物学。

祖国微生物学目前发展情况 我国在解放前,科学和科学工作者所受到的是封建社会的、愚蠢的冷遇和迫害,是帝国主义的、殖民地文化的毒害和利用。在土壤和农业微生物学方面,只有一星半点的昏暗无光的学术工作。

自从解放以来,由于党和政府对科学的重视,随着农业生产的恢复和发展,对科学提出了要求。土壤和农业微生物学方面的科学研究工作,分別在各有关结构中成立,并发展起来。在苏联的先进工作指导下,科学工作者們,在許多問題上正在进行研究工作,且有些研究成績,已經在农业实践中大規模推广,并获得了增产效果。数年来,張宪武在东北推广的大豆根瘤菌剂;胡济生在华北推广的花生根瘤菌剂,都是显著的例子。陈华癸对于水稻田根层微生物的研究,姜隆后对于堆肥中放线菌的研究等,对提高教学质量及結合农业生产实践,均有一定的成果。

此外,我国久負盛名的工业微生物学家方心芳和他的共同研究工作者,于1956—1957年間曾先后发表了关于酵母菌定向变异的研究論文,說明了他們培育出来的耐高温酵母和耐氟化鈉酵母在酒精酿造方面对防除三大害菌(醋酸菌、乳酸菌和丁酸菌)成效卓著;同时,又証实了米丘林定向变异学說的正确性。

現今,在全国範圍內已有几个科学研究机关成立了土壤和农业微生物学研究单位;各农业高等院校和一部分綜合性大学中,早已开出課程;有些院校已建立了專門的教学研究单位,在課程改革的基础上,抽出一部分力量从事于土壤和农业微生物学的研究工作,土壤和农业微生物学在中国发展起来了。

第一篇 微生物的普通形态学与普通生理学

第一章 細菌的形态学

在微生物学的研究范围中,虽然包括有細菌、放綫菌、酵母菌、霉菌、若干藻类、原生动物以及滤过性毒等,但就本課程内容所涉及的,仍以細菌为主;故各章将皆以細菌为重点而叙述之。

細菌的大小

細菌体形甚微小,非肉眼所能窺視,必借显微鏡才能察觉。用以測定細菌大小的单位为微米,以希腊字母(μ)代表之。一微米等于千分之一(0.001)毫米,約等于二万五千分之一($1/25,000$)吋。各种細菌的大小皆不相同;縱为同一种細菌,因菌細胞之老幼与培养环境条件的不同,其大小亦每有差别。如球菌中之乳酸鏈球菌(*Streptococcus lactis*),直徑为0.5—0.6微米;尿素小球菌(*Micrococcus ureae*)为1.0—1.5微米;最大的如泡硫細菌属中之*Thiophysa volutans*,其直徑为7—18微米;似此大型种类,在球菌中亦甚少;一般的球菌細胞,直徑只有1—2微米。

杆菌中的枯草有孢杆菌(*Bacillus subtilis*)为1.2—3.0 $\times$ 0.8—1.2微米,真菌形有孢杆菌(*Bac. mycoides*)为1.6—3.6 $\times$ 0.8—1.0微米;巨大有孢杆菌或磷肥有孢杆菌(*Bac. megatherium*)为3.0—9.0 $\times$ 1.0—2.0微米,德氏乳酸杆菌(*Lactobacillus Delbruckii*)为2.8—7.0 $\times$ 0.4—0.7微米;但一般其細胞长度不超过1—4微米,宽度不超过0.5—1.0微米。只有少数种类,如貝氏硫細菌属中之奇異貝氏硫細菌(*Beggiatoa mirabilis*),其細胞直徑可达50.0微米。

超显微鏡微生物的大小

以現今最优良的显微鏡尚不能察視的微生物,称为超显微鏡微生物。一般物体的大小,必須超过肉眼可見光波长度的一半时,才能看到。在光譜中能看到的光波长度是4,000—8,000Å^①。就最短可見光波(4,000Å)的一半,当为0.2微米。如果被檢物体小于0.2微米时,虽最优良显微鏡亦不能察視;此乃完全决定于光学的規律。近代电子显微鏡(图7)之发明,不但弥补了此种缺陷,而且扩大了研究微生物的領域。

在超显微鏡微生物的类群中,其与人生具有重大关系的,当推噬菌体与滤过性毒。

① Å(Angstrom unit)是表示光波长度的单位。 $A = \frac{1}{10} \text{ 毫米} = \frac{1}{10,000} \text{ 微米} = \frac{1}{10,000,000} \text{ 毫米} = \frac{1}{250,000,000} \text{ 吋}。$

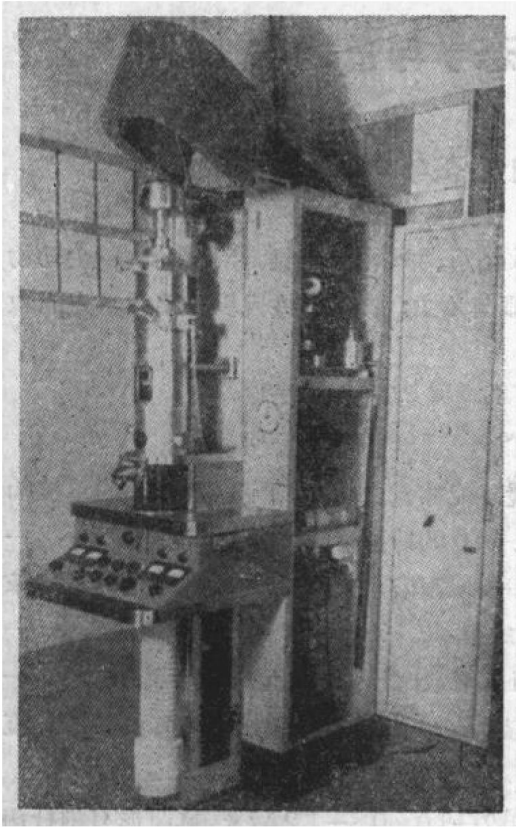


图7. 近代的普通 RCA 电子显微镜, 镜的主要部分系无色钢质空心圆柱(左方); 顶端装有电子枪, 是为光源; 柱之下部; 适在管理装置的上方, 具有观察室, 室有三窗, 同时多数人皆可由此窗观察物象。

(仿 Frobisher)

如今由电子显微镜照相, 已经证明噬菌体是微小的超显微镜的生物, 当其可与被溶解的生活细菌接触时, 即可引起该生活细菌细胞之裂解(图8); 因其具有溶解细菌之能力, 故名噬菌体; 噬菌体种类不一, 形性各异。

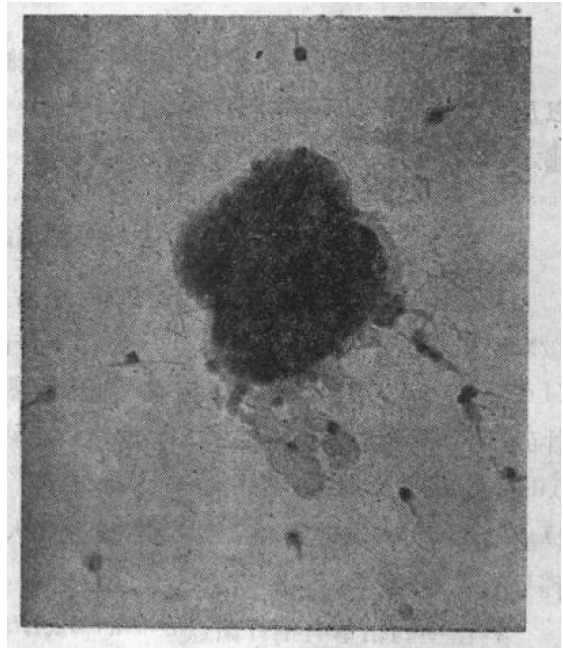


图8. 噬菌体进攻大肠杆菌细胞的初期(混合后约五分钟), 已经裂解的菌细胞及断裂的鞭毛, 尚清晰可见; 又可看到若干噬菌体已侵入细胞壁中而开始繁殖。

(电子显微镜摄影 $\times 30,000$)

(仿 Frobisher)

烟草花叶病的病原体, 系伊凡诺夫斯基(И. И. Ивановский, 1864—1920, 苏联人)于1892年所发现。因其能通过滤菌器(图9), 且能加害于烟草, 故名滤过性毒。滤过性毒种类甚多, 由其所引起的动植物和人类的疾病, 亦较细菌所引起者为多。

用以测定噬菌体与滤过性毒的单位为毫微米^①。如 T_2 型大肠杆菌噬菌体为 60×80 毫微米; 烟草花叶病滤过性毒为 15×280 毫微米。

最近, 微生物学家们又证明了可见细菌的不可见形态。即在某些细菌的后期培养中, 可见型的细胞能够转变为更微小的, 可以通过滤菌器的非细胞形态, 一般称为细菌的滤过型。此滤过型遇适宜环境, 又可发展为该细菌的可见形态。

① 毫微米 (milli-micron 以 $m\mu$ 符号表之, $m\mu = \frac{1}{1000}\mu$)。

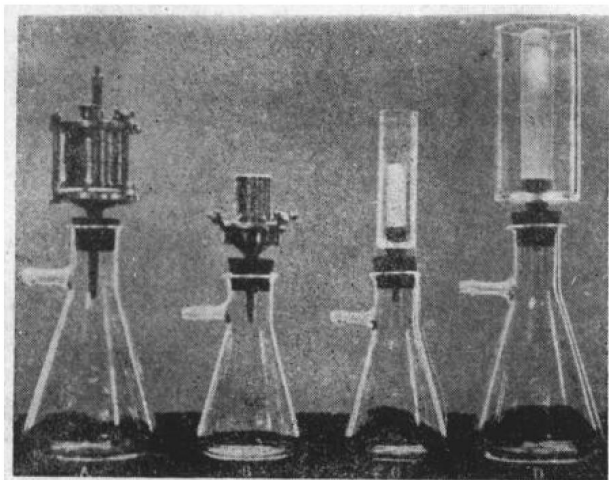


图 9. 几种普通滤菌器用于滤出液体中的細菌
A—Seitz-werke 滤菌器, 系加压滤过型; B—小型 Seitz-werke 滤菌器, 系减压滤过型; C、D—Berkefeld 滤菌器, 示滤烛连于滤液瓶上以备应用。
(仿 Jordan and Burrows)

噬菌体滤过性毒和細菌的滤过型, 皆系超显微鏡微生物; 且滤过性毒能以結晶形体出現(图 10), 可以說, 它是生命的非細胞形态, 又是生物进化过程中最原始的形态。

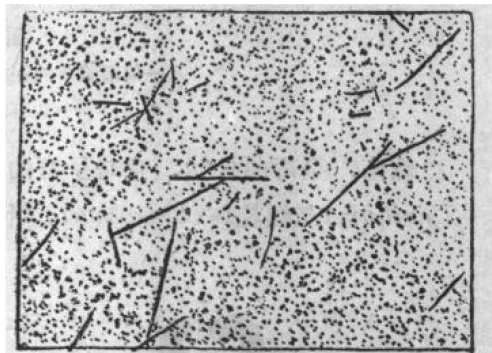


图 10. 烟草花叶病毒的純粹化学結晶形体。
(仿 W. M. Stanley)

細菌的外部形态

菌細胞有三种基本形态, 即: 球形、直杆状和曲杆状。呈球形的細菌, 叫做球菌(*Coccus*); 呈直杆状的細菌, 叫做杆菌(*Bacillus*); 呈曲杆状的細菌, 叫做螺菌(*Spirillum*)。

球菌单一存在时, 呈正圓形, 但每互相連合; 有两个細胞連在一起的——双球菌(*Diplococcus*); 有多数細胞互相連接而呈鏈状的——鏈球菌(*Streptococcus*); 有每四个細胞相联的——四联球菌(*Tetracoccus*); 有每八个細胞連在一起, 而呈包囊状或立方形的——八联球菌(*Sarcina*); 有多数細胞連合而呈葡萄簇状的——葡萄球菌(*Staphylococcus*) (图 11)。

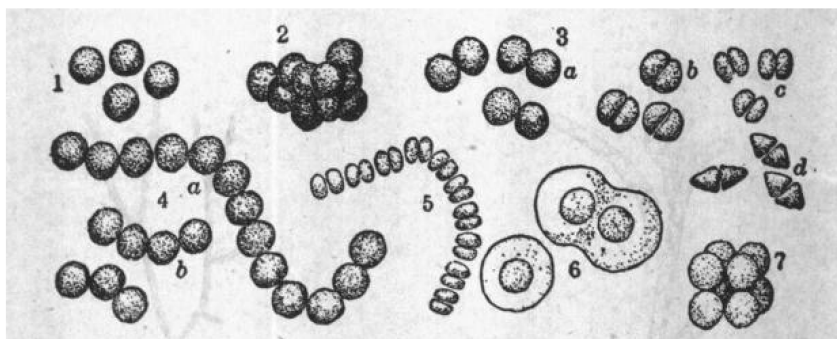


图 11. 球菌的各种形态:

1—細胞菌; 2—葡萄球菌; 3—双球菌; 4—鏈球菌; 5—含有双球菌的鏈球菌;
6—具有荚膜的細胞菌; 7—八联球菌。(仿 Buchanan)

杆菌, 呈直杆形; 杆的长短、粗細、頂端平截或鈍圓, 每因菌种不同而各异。杆菌大多单独分散而存在, 但亦有多数細胞連接在一起的——鏈杆菌(*Streptobacillus*)。能产生芽孢的杆菌, 名有孢杆菌; 不能产生芽孢的杆菌, 名无孢杆菌(图 12)。

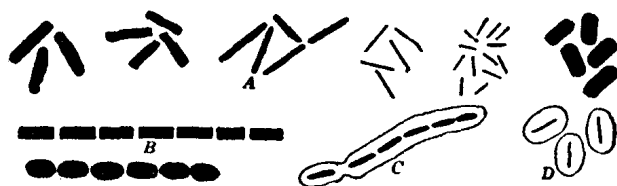


图 12. 杆菌的各种形态:

A—菌细胞单独存在; B—链杆菌; C—具有荚膜的链杆菌;

D—具有荚膜的杆菌。(仿 Buchanan)

螺菌, 呈弯曲杆状; 有略呈弯曲的——弧菌 (*Vibrio*); 有弯曲呈螺旋形的——螺菌 (*Spirillum*) 与螺旋体 (*Spirochaeta*) (图 13)

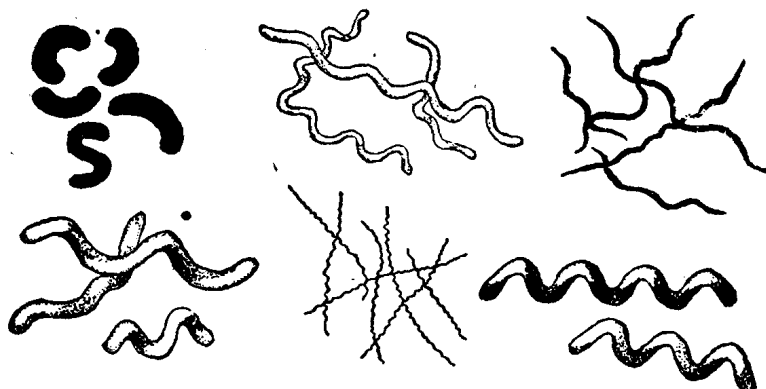


图 13. 螺菌的各种形态。(仿 Buchanan)

除此之外, 尚有綫菌 (*Trichobacteria*), 形若細絲, 具有分枝或不具分枝, 分枝又有真假之别 (图 14)。

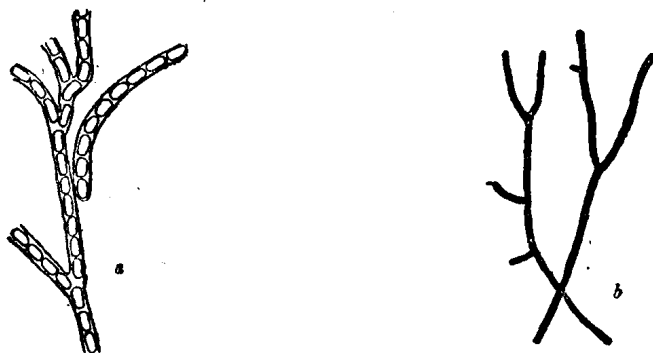


图 14. 綫菌的分枝形态。a—假分枝; b—真分枝。(仿 Buchanan)

細菌在不适宜的生活条件下, 每出現不正常的形态, 是为衰頹形态 (Involution forms) (图 15); 在某些种細菌中尤易見之。